INTERACCION
Revista Digital de AIPO
Asociación Interacción Persona-Ordenador
Vol. 4, No 2 (2023)
ISSN 2695-6578

Propuesta de un Gamepad para Sensar Movimientos del Jugador y su Integración a un Exergame

Proposal of a Gamepad to Sense Player's Movements and its Integration into an Exergame

Aldana del Gener
Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI) - CIC. Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina
aldana.gamepad@gmail.com

Cecilia Sanz
Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI) - CIC. Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina
csanz@lidi.info.unlp.edu.ar

Luciano Iglesias
Instituto de Investigación en Informática LIDI (III-LIDI) - CIC. Facultad de Informática, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Buenos Aires, Argentina
li@info.unlp.edu.ar

Recibido: 30.10.2023 | Aceptado: 30.11.2023
DOI: https://doi.org/10.65234/interaccion.100

Palabras Clave

Videojuegos activos
Gamepad
Controlador de videojuego
Caminata en el lugar
Locomoción inmersiva

Resumen

Los exergames se han vuelto una tendencia en la investigación actual y una posible alternativa frente al crecimiento exponencial de los hábitos de vida sedentarios. Este tipo de videojuegos interactivos buscan promover la actividad física mientras se realiza algo gratificante, generando en cada persona motivación y estimulación en el tiempo empleado para hacer ejercicio. En este trabajo se presenta el desarrollo de un prototipo de controlador de videojuegos (gamepad), con funcionalidades para el sensado del movimiento del jugador que puede ser integrado a diferentes exergames. Esto constituye un aporte frente a las alternativas comerciales que presentan barreras como la necesidad de un espacio suficiente para la captura del movimiento del jugador, o poseen costos elevados para desarrolladores indie. Además, se implementó un mini-exergame, "Capitana Aldana", al que se integra el controlador. En el marco del trabajo se evaluó la usabilidad y la experiencia del usuario durante sesiones con el exergame creado usando el gamepad. Los resultados dan cuenta de la utilidad del gamepad y de su efectividad, lo que posibilita avanzar y profundizar en la investigación.

Keywords

Exergame
Gamepad
Videogame controller
Walking in place
Immersive locomotion

Abstract

Exergames have become a trend in current research and a possible alternative to the exponential growth of sedentary lifestyle habits. This type of interactive video games seek to promote physical activity while doing something rewarding, generating in each person motivation and stimulation in the time spent to exercise. This work presents the development of a prototype of a video game controller (gamepad), with functionalities for the sensing of the player's movement that can be integrated to different exergames. This is a contribution to the commercial alternatives that present barriers such as the need for sufficient space to capture the player's movement, or have high costs for indie developers. In addition, a mini-exergame, "Capitana Aldana", to which the controller is integrated, was implemented. Within the framework of the work, the usability and user experience during sessions with the exergame created using the gamepad was evaluated. The results show the usefulness of the gamepad and its effectiveness, which makes it possible to advance and deepen the research.

1. Introducción

En las últimas dos décadas, el desarrollo tecnológico, industrial y científico ha mejorado la calidad y esperanza de vida, pero también trajo consigo un crecimiento exponencial de los hábitos de vida sedentarios, en detrimento de la realización de actividad física habitual. Sánchez et al. (2015) hacen referencia a esta nueva vertiente conocida como "sedentarismo tecnológico". La necesidad de innovar en las prácticas del ejercicio tradicional dio origen a los exergames, o videojuegos de ejercicio, videojuegos interactivos que buscan hacer de la actividad física algo gratificante, generando en cada persona motivación y estimulación suficiente en el tiempo empleado para hacer ejercicio (Muñoz, Villada, y Giraldo Trujillo, 2013).

Cortis et al. (2020) indican que durante la reciente pandemia en 2020 se produjo una revalorización de los exergames como una alternativa versátil para mantener los niveles de actividad física en épocas de confinamiento, pues la práctica de estos permitió que las personas realizaran ejercicio en casa o en espacios reducidos, dejando atrás el prejuicio que ha asociado a los videojuegos con estilos de vida sedentarios e inactividad.

Del Pozo-Cruz et al. (2022) indican que la caminata además de ser un excelente ejercicio para aumentar el gasto energético, reducir la masa corporal y alcanzar una mejora cardiovascular se ha convertido en un fenómeno social que se ha posicionado, en España, como el tipo de actividad física más practicado en la actualidad. Marti et al. (2015) mencionan que los exergame de carreras de marcha física virtual, en relación a la salud, involucra los principales grupos musculares del cuerpo y, respecto del aspecto lúdico e inmersivo, da al jugador una falsa sensación de movimiento natural en el mundo del juego a través de movimientos repetitivos.

Los videojuegos del tipo exergames, a menudo, utilizan tecnologías que rastrean el movimiento del cuerpo del jugador, un enfoque para realizar actividad física y así ayudar a las personas a ser más activas, mejorando su calidad de vida. Hoy en día, existen distintos dispositivos comerciales que posibilitan exergames tales como Kinect (Microsoft), PlayStation Move (Sony), Nintendo Switch (Nintendo), Oculus (Facebook/Meta), etc. Cada uno implementa la detección de movimiento con distintas técnicas tanto a nivel software como hardware (cámaras, controladores de tipo “varita”, sensores, etc). Estos dispositivos poseen diversas restricciones como: el espacio habitacional requerido para poder ser utilizados de manera óptima, la falta de detección del movimiento de la parte inferior del cuerpo y, a nivel desarrollo, la dificultad de los desarrolladores indie y laboratorios académicos para adquirir las licencias y kits de desarrollo debido a su costo. Estas razones han motivado la creación de un gamepad, cuya descripción es foco de este trabajo, utilizando hardware abierto como el caso de Arduinos y sensores disponibles en el mercado. Al mismo tiempo, la propuesta considera movimiento en espacios reducidos y toma en cuenta las acciones de: caminar, correr y saltar. En el recorrido, se investigó sobre videojuegos activos o exergames y su importancia en la promoción de la actividad física y beneficios en la salud. Además, se estudiaron técnicas de locomoción, en particular en exergames basados en realidad virtual (VR) para integrar adecuadamente el factor “inmersión”. También, se abordó el concepto de controlador de videojuegos (gamepad), y se analizaron 4 tecnologías creadas por marcas comerciales para implementar exergames y sus limitaciones. Se llevó adelante un análisis de algunos antecedentes de experiencias concretas de exergames con gamepads, que incluyen resultados de interés; y a partir de ellos se abordaron las bases y requerimientos para el desarrollo del gamepad.

2. Contexto

2.1 Controlador de juego

Un controlador de juego, o simplemente controlador o mando de juego, es un dispositivo de entrada utilizado en videojuegos o sistemas de entretenimiento para controlar típicamente un objeto o personaje en el juego. Según Brown et al. (2010), su función principal es facilitar la interacción del usuario con el software de juegos de computadora. Por lo general, un controlador se conecta a una consola de videojuegos (consola de juegos) o a una computadora, ya sea físicamente (a través de algunos de los puertos de la consola o USB) o de forma inalámbrica. Estos dispositivos de entrada que se han clasificado como controladores de juegos incluyen teclados, ratones, joysticks, así como aquellos con un propósito específico, como volantes de conducción, pistolas de luz, almohadillas direccionales, guitarras, detección de movimiento, pantallas táctiles, etc. Este trabajo se centra especialmente en 2 tipos de controlador:

- El "joypad" que es uno de los más utilizados, generalmente consta de varios botones de acción combinados con uno o más botones o palancas omnidireccionales. El jugador debe sostenerlo con ambas manos y operar sus botones y palancas con el pulgar, el índice y el dedo medio. Los botones de acción suelen manipularse con los dedos de la mano derecha, mientras que la entrada direccional se maneja con los de la izquierda; y
- el "controlador por detección de movimiento", que es un tipo de controlador que utiliza acelerómetros u otros sensores para seguir el movimiento del jugador y de esta manera proporcionar información al videojuego.

Estas dos últimas tecnologías son la base del gamepad presentado en este artículo.

2.2 Inmersión y Locomoción basada en Movimiento

Marti et al. (2015) afirma que los exergames que invitan al jugador a explorar un entorno virtual por medio del movimiento de los brazos y/o caminar en el lugar (WIP), logran alcanzar una sensación mucho más matizada del juego a que si simplemente se estuvieran empujando joysticks. Este tipo de locomoción se la conoce como Locomoción Basada en Movimiento, más precisamente, el movimiento de los pies, o *Walking in Place*. Fue clasificada por Cherni, Métayer, y Souliman (2020) como una de las técnicas de locomoción utilizadas en realidad virtual. Se clasifican en las siguientes:

Centradas en el cuerpo del usuario: con el fin de aumentar la sensación de movimiento propio del usuario, mejorar la percepción espacial, la orientación y la experiencia del usuario. Dentro de las técnicas de locomoción centradas en el cuerpo se pueden mencionar las siguientes alternativas:

locomoción basada en la inclinación donde la acción de caminar se logra inclinando todo el cuerpo o sólo partes de él en la dirección deseada. Se pueden clasificar en basadas en el seguimiento del movimiento de la cabeza, del tronco, de los brazos (*Arm-Swinging*), de los pies (WIP o *Walking In Place*) y combinaciones de éstas.

simulación de caminata: permite a los usuarios explorar un mundo virtual que es considerablemente más grande que la habitación donde se encuentra el usuario, girando interactivamente la escena virtual sobre el usuario, de modo que estos son guiados imperceptiblemente por un camino físico que difiere del camino que se percibe en el mundo virtual.

Centradas en periféricos externos: Este enfoque utiliza técnicas de rastreo de señales mediante el uso de periféricos externos. Se dividen en: Semi-naturales y No-naturales.

Mixtas: son una combinación de técnicas centradas en el cuerpo del usuario y las orientadas a periféricos externos

Si bien la locomoción basada en el movimiento es la forma más adecuada en que se puede aplicar ejercicio a un videojuego, originalmente, se desarrolló como un enfoque de interfaz y experiencia de usuario en el entorno de VR.

Este trabajo abarca la técnica basada en el seguimiento de movimiento de pies "caminata en el lugar" o *Walking-in-place* (WIP) que es lo más cercano a simular la acción de caminar en el mundo real. Este método rastrea el movimiento de los pies del usuario y luego, traduce el mismo en movimiento en el entorno virtual. De este modo, alienta a los usuarios a involucrar todo su cuerpo en una forma realista de caminar tanto como sea posible. Además, genera una tasa inferior de mareo por movimiento comparado a otras técnicas (Lee, Ahn y Hwang, 2020).

2.3 Tecnologías comerciales

Para realizar este trabajo se analizaron las siguientes tecnologías comerciales centradas en exergames:

- Xbox Kinect: Lanzado en 2010, es un sensor de movimiento desarrollado por Microsoft que utiliza cámaras RGB, proyectores y sensores infrarrojos para rastrear los movimientos del cuerpo del jugador. Es capaz de mapear la profundidad y realizar cálculos de tiempo de vuelo[6] (Zhang, 2012).
- PlayStation Move: Un sistema de control de movimiento desarrollado por Sony Computer Entertainment para su consola PlayStation 3 en 2010, que incluye una varita de movimiento, un controlador tipo cámara y una cámara PlayStation Eye. El sistema asigna un color al orbe y la cámara se encarga de detectarlo, rastrearlo y calcular la posición con la ayuda de sensores inerciales (Visi y Faasch, 2018).
- Nintendo Switch: Una consola de videojuegos lanzada en 2017 que incluye controladores desmontables llamados Joy-Cons, que utilizan sensores de movimiento para detectar los movimientos del jugador y pueden usarse de forma individual o conjunta (Ramolete et al., 2020).
- Oculus Rift: Un sistema de realidad virtual desarrollado por Oculus VR, adquirido por Facebook en 2014, que utiliza gafas de realidad virtual y sensores de seguimiento de cabeza para crear experiencias de juego inmersivas. Realiza un seguimiento de la posición de sí mismo y de sus controladores en el espacio 3D utilizando un sistema conocido como Oculus Insight, que utiliza las 5 cámaras en el HMD (*Head Mounted Display*) para rastrear puntos en el entorno y los LEDs infrarrojos en los controladores, y sumado a la información de acelerómetros en el HMD y los controladores, predice la ruta más probable del HMD y los controladores (Monica y Aleotti, 2022).

Estas tecnologías aportan conceptos innovadores a la experiencia de los exergames. Por ejemplo, Kinect presenta el concepto de "sin controlador", capacidades de realidad aumentada (AR) y proporciona un kit de desarrollo de código abierto. Move puede realizar un seguimiento de tres dimensiones con alta precisión y una latencia de procesamiento mínima. El sensor infrarrojo de Switch puede distinguir gestos de mano, y Nintendo tiene un sólido respaldo como empresa de videojuegos que se centra en los exergames, con un precio adecuado para los programadores. Por último, pero no menos importante, Oculus y su innovador sistema de cámaras y detección de movimiento se han utilizado ampliamente para juegos de fitness; funciona en Android y no se necesita un kit de desarrollo adicional para los desarrolladores.

Sin embargo, estas tecnologías también presentan ciertas limitaciones para los desarrolladores *indie* de exergames, como el alto precio de los kits de desarrollo y el tedioso proceso de aceptación para publicar juegos en las plataformas de Sony, Microsoft o Nintendo. Además, algunas de estas tecnologías han sido descontinuadas y pasaron a trabajar con otros tipos de aplicaciones, también requieren una cantidad significativa de espacio libre para que las cámaras sigan los movimientos del cuerpo, y algunas no pueden seguir la parte inferior del cuerpo. Otras pueden provocar mareos en el jugador o son costosas porque los dispositivos (como los controladores de varita y las cámaras) se venden por separado.

[6] Cálculos de tiempo de vuelo son ecuaciones de movimiento parabólico para definir la trayectoria y composición de un movimiento rectilíneo uniforme en el eje X y un movimiento rectilíneo uniformemente acelerado en el eje Y.

3. Trabajos antecedentes

A continuación se presentan algunos trabajos de los cuales se obtuvieron consideraciones importantes para el desarrollo del gamepad presentado en este trabajo.

3.1 Activate your Gaim: A toolkit for input in active games

GAIM o *General Active Input Model* es un conjunto de herramientas (API) desarrollado por Brehmer, Graham y Stach (2010) que simplifica la programación de exergames al abstraer los detalles de los dispositivos de entrada activa a través de una API de alto nivel que oculta los detalles del dispositivo. Todos los dispositivos de entrada extienden una interfaz IPower y, a través de un archivo de texto simple, el usuario selecciona el dispositivo a utilizar. Dependiendo del dispositivo o dispositivos seleccionados en el archivo, la API determina qué clase utilizar para implementar IPower. Esto permite a los desarrolladores escribir código de manera independiente del dispositivo de entrada utilizado y a los jugadores utilizar los dispositivos que tienen disponibles sin necesidad de recompilar o utilizar un código especial para diferentes dispositivos.

3.2 *Challenges in Virtual Reality Exergame Design*

Shaw et al. (2015) aborda e identifica en su trabajo *"Challenges in Virtual Reality Exergame Design"*, cinco desafíos principales asociados con el uso de tecnologías inmersivas en los exergames:

1. Proporcionar una experiencia de usuario atractiva. Esto incluye aspectos como la inmersión, la retroalimentación háptica, la comodidad del usuario y la interacción intuitiva.
2. La precisión en la detección y el seguimiento de los movimientos del cuerpo del jugador es esencial en los exergames. La tecnología utilizada para capturar y procesar estos movimientos debe ser confiable y precisa para garantizar que los juegos respondan de manera coherente a las acciones del jugador.
3. Motivación y Compromiso a Largo Plazo: Mantener a los jugadores comprometidos y motivados.
4. La selección apropiada del punto de vista del jugador.
5. La seguridad de los jugadores es una preocupación importante en los exergames, especialmente en la realidad virtual. El diseño debe abordar cuestiones como el mareo por movimiento, la fatiga física y la prevención de lesiones relacionadas con el juego.

Para el experimento se desarrolló un prototipo exergame que consistía en una pista de carreras con obstáculos que el usuario debe esquivar para poder avanzar; y el objetivo era obtener la mayor puntuación. Para esta experiencia utilizaron como gamepad un sistema conformado por: una bicicleta fija conectada a un microcontrolador Arduino para regular la velocidad, una cámara Microsoft Kinect para detectar la inclinación del usuario, un casco VR para emular la cámara en primera persona y un monitor para representar la cámara en tercera persona.

El estudio de los desafíos antemencionados, relevaron consideraciones para futuros trabajos en el área. Además, se descubrieron otras complicaciones provenientes del uso de los cascos VR y la latencia, entre otros.

3.3 *VRun: running-in-place virtual reality exergame*

VRun es un prototipo de exergame de realidad virtual desarrollado por Yoo y Kay (2016), que permite a los jugadores correr físicamente en el lugar (WIP) para desplazarse a través de un mundo virtual. El objetivo de *VRun* es involucrar a las personas, en particular a aquellas que no pueden visitar el gimnasio con regularidad, permitiéndoles hacer ejercicio en cualquier lugar. El estudio evalúa la efectividad de la técnica WIP para crear entornos inmersivos y compara la inmersión y viabilidad del videojuego presentado: *VRun*, en tres condiciones de visualización diferentes:

- Pantalla de escritorio o pantalla de computadora portátil, un formato ampliamente disponible.
- Pantalla grande o proyector; y
- HMD.

Se utilizó un cuestionario de usabilidad (SUS) para recopilar los comentarios de los usuarios, y los resultados indicaron la experiencia del usuario de los participantes jugando al exergame con cada uno de los dispositivos mencionados anteriormente; las limitaciones que encontraron y sus sugerencias son interesantes para futuras implementaciones.

4. Descripción del gamepad propuesto para sensar movimiento

Tomando los resultados de la revisión de antecedentes y las consideraciones presentadas en la introducción, vinculadas a las limitaciones de las propuestas comerciales, se procedió al diseño del Gamepad. Éste debe reconocer los eventos de tipo *walking in place* (WIP) que realice el usuario: “Caminar”, “Correr” y “Saltar”; y además, 6 eventos de entrada (5 digitales y 1 analógico) presentes en gamepads convencionales (botones y palancas).

El gamepad propuesto en este trabajo consta de 3 componentes:

- Componente Tobillera (CT): encargado de sensar los movimientos de tipo WIP de usuario y enviar dicha información al Componente Central (CC).
- Componente Gamepad (CG): encargado de sensar los eventos de entrada digital de tipo “pulsar botón” y la entrada analógica provista por el movimiento del stick; y enviar dicha información al Componente Central (CC).

- Componente Central (CC): Encargado de conectarse al ordenador, y recibir las señales provenientes de los componentes Tobillera y Gamepad.

4.1 Consideraciones de diseño

Se consideró que los elementos que lo compongan sean económicos y de una fabricación relativamente sencilla; es por eso que se utilizaron para su fabricación placas y sensores Arduino, ya que son fáciles de conseguir, de bajo coste y plataforma abierta; y las carcasas de los componentes fueron modeladas con Blender e impresas en 3D. La instalación del controlador con el computador host es de tipo Plug and Play[7], por lo que requiere una intervención mínima por parte del usuario. La interconexión entre los componentes es de tipo inalámbrica para reducir el uso de cables. Para medir el movimiento del usuario se entrenó un algoritmo capaz de reconocer los distintos eventos ("Caminar", "Correr" y "Saltar"); y, se priorizó que el dispositivo detector de movimiento sea más liviano y cómodo que un smartphone; y no requiera un gran espacio habitacional para ser utilizado. Así se busca atender a las barreras encontradas con los dispositivos comerciales.

4.2 Componentes del Gamepad

A continuación, se detallan los componentes que forman parte del Gamepad propuesto y cómo se relacionan entre sí (ver Fig. 1).

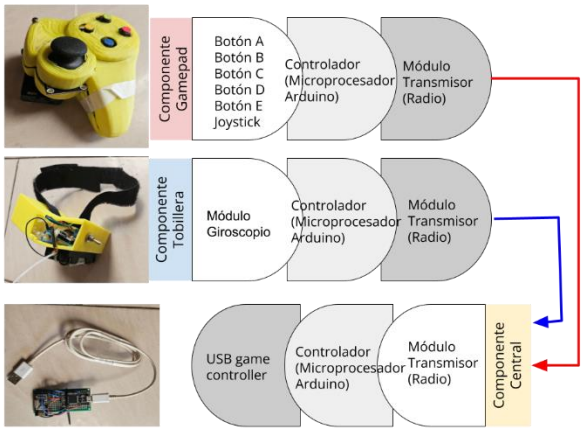

Figura 1: Diagrama de relación de componentes

4.2.1 Componente Tobillera (CT)

Para sensar los movimientos de tipo WIP que realice el jugador, se desarrolló un dispositivo detector de movimiento de tipo tobillera (ver Fig.2) que resultase liviano, cómodo y fácil de utilizar. Este dispositivo se coloca en el tobillo del jugador, sensa la potencia (medida de la intensidad de la actividad del jugador) de la caminata del jugador; y por medio de un algoritmo entrenado, determina los eventos de tipo caminar, correr y saltar que se realicen. Para esto se utilizó un Módulo de tipo giroscopio, el MPU9250 conectado a un Microcontrolador Arduino ProMicro Leonardo; y éste a su vez, se conecta a un Módulo Transmisor nRF24L01.

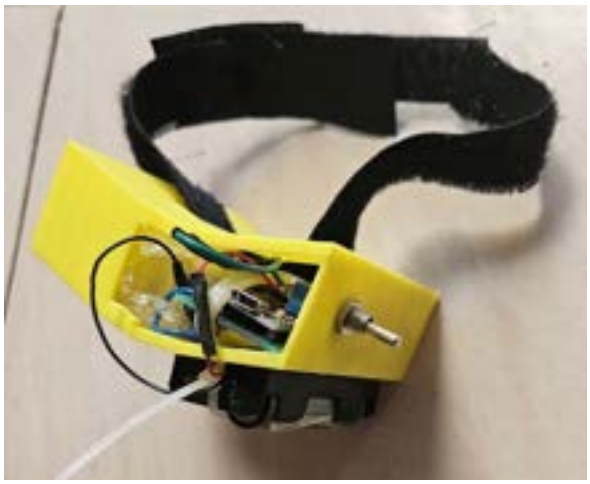

Figura 2: Componente Tobillera (CT)

El Componente Tobillera (CT) realiza los siguientes pasos:

1. El microcontrolador obtiene los valores de potencia y variación de los ejes x, y, y z que provee el módulo MPU9250.
2. El microcontrolador a partir de los valores obtenidos previamente calcula la velocidad de carrera del jugador y determina su estado actual (“caminando”, “corriendo” o “saltando”). Caso contrario, se considera un estado default “descansando”.
3. Los datos se encapsulan en una estructura de tipo registro con dos campos “origen” y “estado” que indican: cuál fue el componente que originó el mensaje (en este caso, la tobillera) y el estado del mismo (“caminando”, “corriendo”, “saltando” o “descansando”) respectivamente.
4. El mensaje, con el registro en su interior, se envía al Componente Central por medio del módulo transmisor.

4.2.2 Componente Gamepad (CG)

Para el Componente Gamepad (CG) se utilizó una variación de un joypad tradicional, ya que el mismo cuenta con una arraigada historia y familiaridad con los jugadores de videojuegos y la mayoría de los controladores de juegos modernos son una variación de éste. Este componente (ver Fig.3); sólo utiliza el lado derecho del joystick convencional, el cual tradicionalmente, maneja la direccionalidad de la cámara, la vista y el “apuntar”; esto es así, porque el movimiento del

[7] "Plug and Play" (Enchufar y Reproducir) es un término que se utiliza en tecnología para describir la capacidad de un dispositivo o componente de hardware para funcionar de manera casi automática cuando se conecta a una computadora o sistema sin requerir configuraciones o instalaciones complicadas por parte del usuario.

personaje (generalmente controlada por el stick izquierdo) es relevado por los eventos del Componente Tobillera. El componente cuenta con un stick, 4 botones de acción y un botón adicional ubicado en el mismo stick (comercialmente se lo refiere como R3). Para el diseño del circuito interno del CG se utilizó un Microcontrolador Arduino ProMicro Leonardo al cual se le conectaron la entrada analógica (stick) y las 5 entradas digitales representadas por los botones. Estos eventos al ser accionados por el jugador son procesadas por el microcontrolador y enviadas al Componente Central (CC) por medio de un Módulo Transmisor nRF24L01 conectado a la placa controladora.

Figura 3: Componente Gamepad (CG)

Los pasos que realiza el Componente Gamepad (CG) son los siguientes:

1. El jugador presiona los botones o mueve el stick del CG.
2. El microcontrolador detecta las señales y las decodifica.
3. Los datos se encapsulan en una estructura de tipo registro indicando los eventos accionados y el origen de la señal.
4. El mensaje, con el registro en su interior, se envía al Componente Central por medio del módulo transmisor

4.2.3 Componente Central (CC)

El Componente Central (ver Fig.4) es un dispositivo que se conecta a un computador host a través de USB y corre una aplicación que emula un dispositivo de entrada de tipo controlador de juego Joypad. Este componente tiene como objetivo recepcionar los mensajes enviados por CT y CG; y, dependiendo del contenido del mensaje, traduce los mismos como eventos provenientes de un controlador convencional conectado al computador que está corriendo el videojuego (Ver tabla 1). Para el diseño del circuito interno del CC se utilizó un Microcontrolador Arduino ProMicro Leonardo, en él se instaló la librería Arduino Joystick. Esta librería genera que el controlador sea reconocido por la computadora host como un joystick genérico. El microcontrolador está conectado a un Módulo Transmisor nRF24L01 encargado de recibir los mensajes vía radio.

Figura 4: Componente Central (CC)

Los pasos que realiza el Componente Central (CC) son los siguientes:

1. El microcontrolador recibe de manera asincrónica los mensajes a través del transmisor provenientes de los componentes CG y CT.
2. El microcontrolador abre los mensajes, lee el registro enviado y determina quién fue el emisor.
3. Dependiendo de qué componente fue el emisor decodifica la acción a realizar (ver Tabla 1).

Tabla 1: Fragmento de eventos reconocidos por el CC

Origen	Registro	En CC representa
CG	BotonA	Joystick.PressButton(0)
CT	estado = caminando	Joystick.PressButton(5)
CT	estado = corriendo	Joystick.PressButton(7)
CT	estado = saltando	Joystick.PressButton(4)

5. Integración del gamepad con el exergame Capitana Aldana

Para probar la usabilidad del gamepad, se desarrolló un mini-exergame de exploración RPG en primera persona: "Capitana Aldana".

El videojuego se construyó utilizando el motor de videojuego Godot, el cual es Open-Source y permite exportar aplicaciones a distintas plataformas, en este caso, se exportó a una aplicación de escritorio Windows. El modelado de los objetos se hizo con Blender. En el mapa de entradas de Godot se definió una lista de acciones y se asociaron las mismas a eventos provenientes de un gamepad convencional. En la Tabla 2 se muestra cómo se relacionaron los eventos del videojuego con las entradas del Gamepad propuesto.

Tabla 2: Fragmento de eventos reconocidos por el CC y como se asocian a acciones del videojuego "Capitana Aldana"

Registro	En CC representa	Descripción
BotonA	Joystick.PressButton(0	Aceptar/agarrar
estado = caminando	Joystick.PressButton(5)	Avanzar hacia delante
estado = corriendo	Joystick.PressButton(7)	Avanzar hacia delante corriendo
estado = saltando	Joystick.PressButton(4)	Avanzar hacia delante saltando

5.1 Descripción del exergame

El videojuego cuenta con una serie de misiones de tipo "búsqueda de objetos" que el personaje debe cumplir en una isla desierta (Ver Fig.5). Para ello, el jugador debe "Caminar" a través de la isla, "Correr" para escapar de los enemigos que se encuentre en el camino y "Saltar" para escalar los terrenos más elevados de la isla, recoger frutas y diamantes para recuperar salud o nadar (mediante "saltos") cuando caiga en los lagos.

Figura 5: Captura de pantalla del videojuego "Capitana Aldana"

Además, cuenta con un sistema de preguntas y respuestas para obtener ayudas para encontrar los objetos perdidos en la isla. Capitana Aldana cuenta con un sistema de conteo de pasos, saltos, tiempo de actividad y lleva una tabla de posiciones. Hacia el final del juego, el objetivo es obtener el mayor puntaje en la tabla de posiciones. La actividad física es valorada en el sistema de puntos del juego (Ver Fig. 6).

6. Pruebas con usuarios

En esta sección se presenta la evaluación del prototipo de gamepad propuesto junto al videojuego desarrollado. La usabilidad de un sistema, tal como se define en la norma ISO 9241 Parte 11, refiere a la capacidad de un software de ser comprendido, aprendido, usado y ser atractivo para el usuario, en condiciones específicas de uso. Es por ello, que las medidas de usabilidad se concentran en 3 aspectos fundamentales: Eficacia, eficiencia y satisfacción.

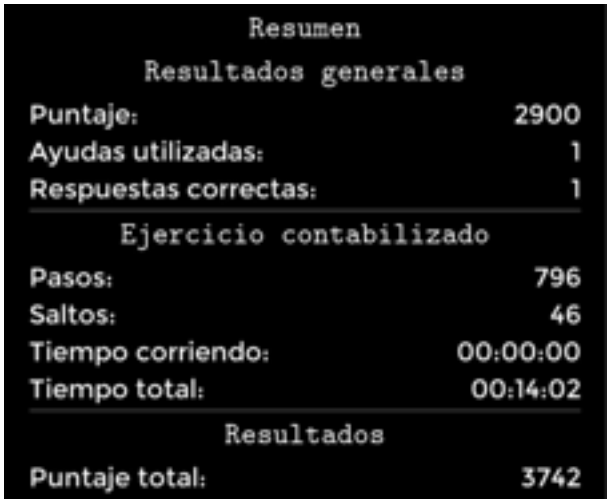

Figura 6: Captura de pantalla del resumen de actividad al final de la partida

Para la evaluación, se decidió utilizar el Cuestionario SUS (System Usability Scale) para medir la usabilidad del prototipo. También se agregaron algunas preguntas abiertas al cuestionario para tener más información de la experiencia.

6.1 Contexto de las pruebas

Inicialmente se realizaron pruebas informales con usuarios cercanos al entorno de desarrollo del prototipo, de esta manera se testeó la exactitud y la velocidad en la respuesta que el controlador producía en el juego. Como resultado, surgieron observaciones que condujeron al rediseño de la forma de la tobillera para que sea más adaptable a la forma del tobillo del jugador; se agregó color a los botones del gamepad para que sean fácilmente identificables; se cambiaron los bancos de baterías que alimentaban los dispositivos; se implementó la contaduría de pasos; se colocaron carteles cuando las misiones se concluían, se agregó la tabla de posiciones al final del nivel, entre otros.

Para las pruebas con usuarios reales, con el fin de tener participantes de diferentes ámbitos y con distintas características, se llevaron a cabo las pruebas en dos contextos. El primero contó con la participación de 4 alumnos de la Facultad de Informática de la UNLP: entre 20 y 24 años, 3 de género masculino y uno de género femenino; con experiencia en el uso de videojuegos. El segundo fue un departamento de tecnologías de la información, por fuera del ámbito educativo. Este grupo estuvo conformado por 6 participantes, 3 de género masculino y 3 de género femenino, de entre 40 y 63 años; 2 con nivel de experiencia alta en el uso de videojuegos, 1 con experiencia, pero no usuario habitual (media); y los restantes tenían un nivel de experiencia baja. En la Tabla 3 se puede apreciar un resumen de las características de perfil de los participantes.

Tabla 3: Resumen de las características de perfil de los participantes

Participante	Edad	Género	Contexto	Nivel de experiencia en videojuegos
A	20	M	G1	Alta
B	24	M	G1	Alta
C	21	F	G1	Alta
D	21	M	G1	Alta
E	49	M	G2	Alta
F	47	F	G2	Baja
G	40	F	G2	Media
H	63	M	G2	Baja
I	46	M	G2	Alta
J	60	F	G2	Baja

6.2 Procedimiento

Para las pruebas con ambos grupos se convocó a los participantes y se les explicó el objeto de la prueba. Luego, se procedió a presentar el gamepad y sus aspectos básicos como el funcionamiento de los botones, el avance en el campo de juego usando la tobillera y la forma en que se maneja la visión con el stick del gamepad. Una vez explicados estos fundamentos se procedió a iniciar la sesión de juego, ésta no tendría límite de tiempo y el objetivo fue intentar finalizar el nivel.

Las pruebas transcurrieron sin mayores inconvenientes (Ver Fig. 7). En el grupo G1 el dispositivo respondió bien y todos lograron completar el nivel, a excepción de un caso donde el jugador entró a un "área inaccesible" del juego del que no logró salir por lo que no pudo completar el nivel (participante C). La duración promedio de las sesiones de juego finalizadas fue entre 13 y 15 minutos con un promedio de 1700 pasos dados.

Las pruebas con el grupo G2 también transcurrieron sin mayores inconvenientes; el dispositivo respondió satisfactoriamente, a excepción de un caso donde el gamepad se apagó y hubo que repararlo. A diferencia del grupo anterior solo 3 jugadores lograron completar el juego; los demás alegaron fatiga y decidieron dar por finalizada la sesión (participantes E, G e I). La duración promedio de las sesiones de juego finalizadas fue entre 12 y 17 minutos con un promedio de 2100 pasos (incluye saltos) contabilizados. Vale destacar que los jugadores que decidieron no hacer uso de las ayudas fueron los que más pasos dieron y más tiempo tardaron, mientras que los que más rápido lo lograron utilizaron las ayudas, que ofrece el propio juego, para localizar los elementos.

Al finalizar las sesiones, se agradeció la participación de los colaboradores y se les envió el cuestionario SUS para recoger el feedback. Además, se conversó con ellos para conocer su opinión, preguntándoles qué les había parecido la experiencia.

Figura 7: Fotos sesiones de prueba

7. Síntesis de Resultados

Las respuestas al cuestionario SUS, arrojaron un puntaje de 84.37 del grupo G1 y 83.25 del grupo G2, el Gamepad se posiciona por encima del promedio de lo indicado para este cuestionario (68) entre "Bueno" y a una mínima distancia de "Excelente" (Ver Fig. 8). El exergame también recibió una crítica general favorable de 4.5/5 por parte del grupo G1 y 4.6/5 del grupo G2.

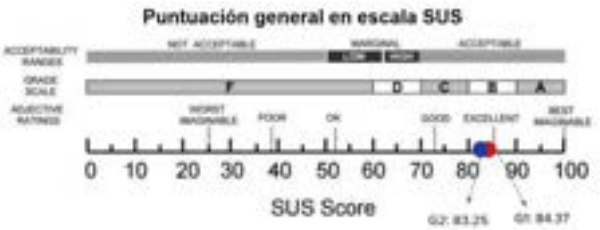

Figura 8: Resultados del Cuestionario SUS, donde se marca en azul el resultado para el Grupo 2 y en rojo para el Grupo 1

La integración del Gamepad con el videojuego fue valorada positivamente (Ver Fig. 9); se la calificó como intuitiva y como una buena manera de integrar los movimientos de la parte superior e inferior del cuerpo al juego. Los participantes del grupo G1 mostraron interés en conocer sobre esta tecnología implementada; propusieron ampliarlo para ambientes multijugador y videojuegos de deporte y terror. Por la parte técnica, se descubrió que en los participantes de elevada estatura la tobillera presentaba algunos problemas para contabilizar los pasos generando algunos bugs; por lo que se sugirió implementar una sección de configuración y entrenamiento de la tobillera.

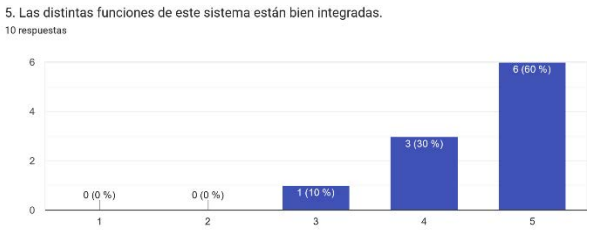

Figura 9: Resultados sobre la integración de las funciones del sistema

El grupo G2, a pesar de un inicial escepticismo al describir oralmente el funcionamiento del gamepad, presentó entusiasmo ante el desarrollo una vez que lo testearon, y lo señalaron como algo novedoso. Los usuarios habituales de videojuegos lo encontraron como una alternativa divertida a los controladores convencionales; mientras que los participantes que no son usuarios habituales lo valoraron como una buena opción para realizar actividad física en días de lluvia o viento. Es importante mencionar que los participantes de este grupo con baja experiencia en el uso de videojuegos lograron completar el exergame. El apartado gráfico del videojuego también fue valorado positivamente así como los sonidos de ambiente, los efectos al recolectar los objetos, completar misiones, entre otros ayudaron a crear un entorno inmersivo. También, algunos usuarios valoraron negativamente la desconexión que sufrió la tobillera durante la prueba, pero señalaron que les gustaría ver futuras evoluciones del producto y que se implementaran más niveles de dificultad al juego.

Ambos grupos valoraron la propuesta como una buena opción para realizar actividad física. En relación a la pregunta sobre si les gustaría probar otros juegos que integren el mando y la tobillera, el 100% de los participantes indicó que sí.

8. Conclusiones

En este trabajo se presentó la propuesta de un prototipo de gamepad y un exergame llamado Capitana Aldana, en donde se integra el uso del gamepad. Esta propuesta surge a partir de revisar las opciones de gamepad comerciales y analizar algunas de sus limitaciones como: la necesidad de contar con un espacio físico amplio para la buena detección de los movimientos del jugador, el costo para desarrolladores *indie* y para pequeñas empresas, entre otras. Además, para su diseño y para las pruebas se consideraron los antecedentes revisados, tomando ideas de estos para la propuesta que aquí se ha presentado.

El gamepad fue implementado y está funcional, en pruebas con usuarios, su usabilidad ha sido muy bien valorada a partir del uso del cuestionario SUS. También, recogiendo opiniones a través de preguntas abiertas y en diálogo con los participantes, se ha dado cuenta de que todos consideran este tipo de propuestas como muy buena alternativa para realizar actividad física.

Si bien la muestra de usuarios con la que se han llevado adelante las pruebas es pequeña, y esto resulta una limitación, se espera avanzar con nuevas pruebas en el corto plazo e investigar si se encuentra alguna relación significativa entre las variables vinculadas al perfil de los participantes (experiencia previa en videojuegos, edad, sexo, etc.) y la finalización del videojuego y otros aspectos relacionados con el desempeño.

Es importante aclarar, que también el gamepad con el exergame fue utilizado en una jornada de innovación en el ámbito educativo universitario, pero con público visitante en general, dando muy buena respuesta en su utilización, aunque no se hicieron indagaciones formales en este espacio, sí se realizó una observación de las posibles barreras en su utilización y posterior a estas experiencias se abordaron mejoras en el juego.

9. Trabajos Futuros

Como trabajo futuro, se avanzará en mejoras del gamepad, específicamente en el diseño físico para evolucionarlo en un producto, y también se trabajará en diseñar diferentes exergames para integrarlos y realizar nuevas pruebas. Además, se avanzará en la investigación con una muestra mayor de participantes, profundizando en la posible correlación entre las variables relacionadas con el perfil y el desempeño de los jugadores.

Agradecimientos

Se agradece a los voluntarios que dedicaron su tiempo a llevar a cabo las pruebas y cuyo aporte valioso reafirma las bases de este trabajo.

Trabajo financiado parcialmente por el III-LIDI – CIC, FI UNLP (Proyecto F11/031). Esta publicación es parte del proyecto de I+D+i: TEMOR, TED2021-130374B-C22, financiado por MCIN/ AEI/10.13039/ 501100011033/ y por la Unión Europea NextGenerationEU/ PRTR y del Proyecto PLEISAR PID2022-136779OB-C31

Referencias

Bond, S., Laddu, D., Ozemek, C., Lavie, C., y Arena, R. (2019, 09). Exergaming and virtual reality for health: Implications for cardiac rehabilitation. Current Problems in Cardiology, 46. Retrieved from https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31606141/

Brehmer, M., Graham, T., y Stach, T. (2010, 05). Activate your gaim: A toolkit for input in active games. Future Play 2010: Research, Play, Share - International Academic Conference on the Future of Game Design and Technology. doi: 10.1145/1920778.1920800

Brooke, J. (1995, 11). Sus: A quick and dirty usability scale. Usability Eval. Ind., 189. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/228593520 SUS A quick and dirty usability scale

Brown, M., Kehoe, A., Kirakowski, J., y Pitt, I. (2010, 12). Beyond the gamepad: Hci and game controller design and evaluation. In (p. 197-219). doi: 10.1007/978-1-84882-963-3 12

Cherni, H., Métayer, N., y Souliman, N. (2020, 03). Literature review of locomotion techniques in virtual reality. International Journal of Virtual Reality, 20, 1-20. doi: 10.20870/IJVR.2020.20.1.3183

Cortis, C., Giancotti, G., Rodio, A., Bianco, A., y Fusco, A. (2020, 05). Home is the new gym: Exergame as a potential tool to maintain adequate fitness levels also during quarantine. Human Movement, 21. doi:10.5114/hm.2020.94826

Del Pozo-Cruz, J., Alfonso-Rosa, R., Ramos-Munell, J., Álvarez-Barbosa, F., Gallardo Gómez, D. y del Pozo Cruz, . (2022, 12). ¿CUÁNTOS PASOS SON NECESARIOS PARA MEJORAR LA SALUD HUMANA? Recomendaciones para un envejecimiento activo y saludable: Guía de la Red de Investigación Healthy-Age, 13. (p. 279-293)

Lee, J., Ahn, S., & Hwang, J.-I. (2018, 08). A walking-in-place method for virtual reality using position and orientation tracking. Sensors, 18, 2832. doi: 10.3390/s18092832

Marti, A. C., Alvarez Pitti, J. C., Guixeres Provinciale, J., Lisón, J. F., y Baños Rivera, R. (2015, 02). Opciones alternativas para prescribir actividad física entre niños y adolescentes obesos: marcha rápida con el apoyo de videojuegos activos. Nutrición Hospitalaria, 31.

Matthies, D., Manke, F., M¨uller, F., Makri, C., Anthes, C., y Kranzlm¨uller, D. (2014, 07). Vr-stepper: A do-it-yourself game interface for locomotion in virtual environments. Retrieved from https://arxiv.org/abs/1407.3948

Monica, R. y Aleotti, J. (2022). Evaluation of the Oculus Rift S tracking system in room scale virtual reality. Virtual Reality. 26. 10.1007/s10055-022-00637-3.

Muñoz, J., Villada, J., y Giraldo Trujillo, J. (2013, 07). Exergames: a technological tool for the physical activity abstract. , 19, 126-130. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/317502441Exergames a technological tool for the physical activity Abstract

Ramolete, G., Almirante, J., Mondragon, J., Ting, C., Cohen, M. y Custodio, B. (2020). Physical Design Assessment of the Nintendo Switch Controller Configurations. 10.1007/978-3-030-51038-1_29.

Shaw, A., W¨unsche, B., Lutteroth, C., Marks, S., y Callies, R. (2015, 01). Challenges in virtual reality exergame design. Conferences in Research and Practice in Information Technology Series, 162, 61-68. Retrieved from https://openrepository.aut.ac.nz/handle/10292/8787?show=full

Sánchez, M., Martinez Martinez, A., Zurita Ortega, F., Chacón Cuberos, R., Espejo-Garcés, T., y Cabrera Fernandez, A. (2015, 01). Uso de videojuegos y su relación con las conductas sedentarias en una población escolar y universitaria. Journal for Educators, Teachers and Trainers, 6, 40-51.

Visi, F. y Faasch, F. (2018). Motion Controllers, Sound, and Music in Video Games: State of the Art and Research Perspectives. 10.1007/978-3-319-72272-6_8.

Yoo, S., y Kay, J. (2016, 11). Vrun: running-in-place virtual reality exergame. In (p. 562-566). doi: 10.1145/3010915.3010987

Zhang, Z. (2012). Microsoft Kinect Sensor and Its Effect. IEEE Multimedia - IEEEMM. 19. 4-10. 10.1109/MMUL.2012.24