Desarrollo de Videojuego de Carreras Utilizando al Smartphone como Timón

Jorge A. QUINO
Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
Lima, Lima, Perú

Adolfo G. CRISPIN
Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
Lima, Lima, Perú

Alfredo BARRIENTOS
Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
Lima, Lima, Perú

Miguel E. CUADROS
Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas
Lima, Lima, Perú

RESUMEN

Uno de los géneros más populares de videojuegos han sido los de carreras. Aquí hay una fuerte demanda por controladores con diseño de timón que hacen de la experiencia de juego más inmersiva y entretenida. No obstante, estos controladores suelen ser caros y no todos los jugadores pueden adquirirlos. En el afán de encontrar una alternativa más accesible que ofrezca la misma inmersión a los jugadores de este género se implementó SmartDrive, un videojuego de carreras para Android programado en Unity 3D. SmartDrive utiliza dos smartphones Android 5.0 o superior conectados vía un hotspot WiFi, uno se usa como pantalla del juego y otro como un timón gracias a sus sensores de movimiento. La validación contó con 30 participantes que jugaron y brindaron sus valoraciones mediante una encuesta. Los resultados finales destacaron la aceptación de SmartDrive en los participantes al ofrecer una experiencia inmersiva con una mecánica de juego novedosa e intuitiva, e implementada con recursos más económicos. Este estudio mostró el potencial de SmartDrive como una alternativa accesible y sin perder el grado de entretenimiento.

Palabras Claves: Android, Controlador de Videojuego, Hotspot WiFi, Sensor de Movimiento, Smartphone, Unity 3D y Videojuego de Carreras.

1. INTRODUCCIÓN

Los videojuegos de carreras han sido uno de los géneros más populares en la industria y que ha evolucionado a través de múltiples franquicias en más de cuatro décadas de historia. Desde el lanzamiento de Gran Trak 10 en arcade hasta las últimas entregas de Forza y Gran Turismo en las plataformas móviles y de sobremesa de última generación. El género de las carreras se mantiene como uno de los más consumidos a nivel mundial [1], y particularmente en iOS y Android tal como lo indicó una infografía de la compañía GO-Globe que lo posicionó en cuarto lugar dentro el top de los géneros de videojuegos móviles con mayor entrada [2].

El concepto de inmersión en los videojuegos implica la capacidad de un videojuego para involucrar al jugador física y mentalmente con realismo, mayor alcance o buena jugabilidad [3]. Para aumentar dicha capacidad en el género de carreras existen en el mercado periféricos con diseño y funcionalidad de timón que reemplazan a mandos convencionales. Ejemplos destacados de periféricos inmersivos son el Serafim R1/R1+ [4] y el Toy-Con Car de Nintendo Labo Vehicle Kit [5]. Los modelos de Serafim se conectan por Bluetooth a consolas, smartphones y computadoras, y cuestan a partir de 100 USD [6]. El Toy-Con Car es uno de los accesorios del Nintendo Labo Vehicle Kit para carreras, cuenta con una tecnología de conexión exclusiva para la consola Nintendo Switch, y adquirirlo junto a la consola cuesta alrededor de 340 USD [7].

El costo económico de los periféricos anteriormente mencionados supone a menudo un factor de restricción para jugadores interesados en una experiencia inmersiva, especialmente para los que provienen de países en vías de desarrollo como Perú y otros de Latinoamérica, donde hay un consumo notable del género de carreras. Por ello se visualizó una oportunidad para proponer mediante el presente estudio una solución más accesible que alcance a más jugadores del género de carreras y que a la vez agregue un nivel de inmersión suficiente a la experiencia de juego.

2. ESTADO DEL ARTE

En relación con el presente estudio, se realizó una investigación sobre el uso de sensores de movimiento, Unity 3D y smartphones como dispositivos de control en sistemas dentro del ámbito de ingeniería de software. Con esta investigación sobre los conceptos mencionados se validó si las herramientas y tecnologías descritas en este estado del arte serían de utilidad para implementar el videojuego de carreras SmartDrive y alcanzar un nivel de inmersión decente para la experiencia de juego. La diversidad de usos encontrados de estas tecnologías y herramientas se detalla a continuación.

Smartphone como controlador

Leandro Torok, Mateus Pelegrino, Daniela Trevisan, Anselmo Montenegro y Esteban Clua [8] implementaron una aplicación móvil que permite usar un smartphone como un controlador de videojuegos dinámico, con controles personalizables que se ajusten a los escenarios de un videojuego. Esta aplicación móvil llama a un API con rutinas de aprendizaje automáticas, que recolectan los toques en la pantalla del jugador y los convierten en datos de entrada para el videojuego según el escenario. Spyros Vosinakis y Anna Gardelli [9] presentaron una aplicación móvil de navegación que permite a un smartphone

interactuar con contenidos 3D integrados en espacios públicos junto a un estudio comparativo frente al uso de otros dispositivos como Kinect. En ambos estudios se validó la utilidad del smartphone para ofrecer un buen nivel de dinamismo e inmersión en contextos de interacción con videojuegos y aplicaciones de navegación.

Sensores de movimiento

Los sensores de movimiento son hardware que registran el movimiento de un smartphone producto de la interacción directa con el usuario o con el ambiente en el que se encuentra [10]. En la actualidad los smartphones cuentan con giroscopios o acelerómetros integrados, y se han utilizado en múltiples estudios para fines diversos. Sara Hernández, Rubén Fernández y Luis Hernández [11] desarrollaron un método basado en deep learning para estimar la dirección de un vehículo en movimiento con el sensor de un smartphone captando las señales de dirección. Kim et. al [12] propusieron y diseñaron el uso de los sensores de movimiento del smartphone en el ámbito de la medicina, integrado en un proceso de aseguramiento de la calidad de aceleradores lineales.

Zhuo et. al [13] usaron sensores de movimiento para recolectar información cuando los usuarios deslizan, escriben o ven videos en un smartphone con la finalidad de clasificar las actividades de los usuarios en estudio. Yumin Yao, Ling Song y Jin Ye [14] elaboraron un modelo de predicción del índice de masa corporal con redes neuronales acorde a los movimientos de las personas captados con los sensores de un smartphone. Georgios Tsaramirsis, Seyed Buhari, Mohammed Basheri y Milos Stojmenovic [15] presentaron un método de desplazamientos en entornos virtuales usando los sensores del smartphone junto con técnicas de machine learning para reconocer el movimiento de una persona y que sea replicado por un avatar virtual. Los estudios descritos demuestran una contribución significativa de los sensores de movimiento del smartphone, ya que en conjunto con otras herramientas y técnicas se han trabajado para obtener resultados positivos que muestran el potencial de las soluciones presentadas.

Unity 3D

Unity es un motor de desarrollo de videojuegos, aplicaciones y experiencias en 2D y 3D para una variedad plataformas móviles y de sobremesa [16]. Al tratarse de un software multiplataforma, Unity se ha utilizado en diversos estudios de ingeniería de software. Bhavya Dube, Raef Kazi, Akash Malya y Manjusha Joshi [17] implementaron una simulación de conducción autónoma de un vehículo con pistas y obstáculos programada en Unity, que trabaja con redes neuronales y fue entrenada con procesamiento de imágenes. Khalid Darabkh, Farah Alturk y Saade Sweiden [18] emplearon Unity en el desarrollo de una aplicación de dibujo cooperativa en realidad virtual con chat textual incluido para estudiantes universitarios de ingeniería y medicina.

Olaverri-Montreal et. al [19] presentaron una simulación de tránsito de vehículos y peatones como parte de una plataforma de asistencia al conductor para mejorar la seguridad en carreteras y reducir los accidentes de tránsito. Pablo Garcia-Aunon, Juan Roldán y Antonio Barrientos [20] desarrollaron una simulación de ciudad inteligente, un concepto futurista que promueve el uso de tecnologías de comunicación para monitorear el tránsito en la ciudad. Trombetta et. al [21] implementaron un videojuego de interacción física y percepción de movimiento para motivar a los pacientes que sufrieron accidentes cerebrovasculares en sus sesiones de rehabilitación. Los estudios mencionados generaron resultados positivos en sus validaciones y demostraron la versatilidad de Unity

Tecnologías de comunicación

En el estudio de Luis Atencio, Bruno Aybar y Alfredo Barrientos [22] se condujo un análisis comparativo de mecanismos de comunicación en tiempo real entre dispositivos Android y iOS. Un conjunto de tecnologías fue evaluado cuantitativamente según los tiempos de rendimiento y los canales de comunicación que usen, tales como Bluetooth, WiFi o Internet en la nube. Los resultados resaltaron el buen rendimiento de las tecnologías que usan WiFi como canal de comunicación en tiempo real, principalmente en entornos de red local.

3. IMPLEMENTACIÓN

Diseño

El modelo C4 [23] se empleó para diseñar la arquitectura de software de SmartDrive debido a su descomposición jerárquica y fácil nivel de comprensión. Este modelo permite mostrar hasta cuatro perspectivas que consisten en abstracciones que describen la estructura de cualquier sistema en términos de contenedores, componentes y código, además de incluir a las personas que son usuarios del sistema. En esta sección se presenta hasta tres diagramas de perspectiva para comprender la arquitectura de software de SmartDrive.

Diagrama de contexto: la Fig. 1 muestra el videojuego SmartDrive como el sistema de la arquitectura. Para SmartDrive solo existe un usuario y una relación, el cual es el jugador que juega con sus smartphones sincronizados.

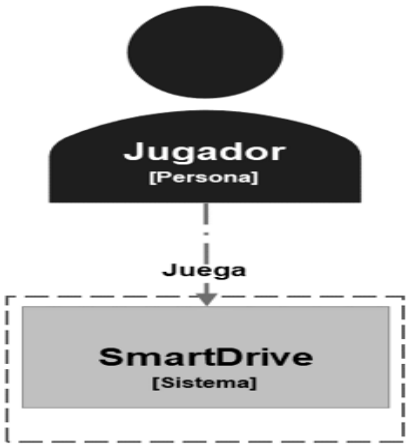

Fig 1. Diagrama de contexto de SmartDrive

Diagrama de contenedores: la Fig. 2 muestra los dos contenedores de SmartDrive: modo pantalla y modo control. Estos contenedores están ubicados por separado en cada smartphone del jugador y que luego se sincronizan como cliente-servidor. El contenedor de modo pantalla muestra la acción en curso, y está en el smartphone que tiene su hotspot WiFi activado para buscar la conexión con un controlador. El contenedor de modo control es el otro smartphone donde el jugador controla al vehículo, y que se conecta al hotspot del modo pantalla para sincronizar las acciones del jugador a la navegación de SmartDrive.

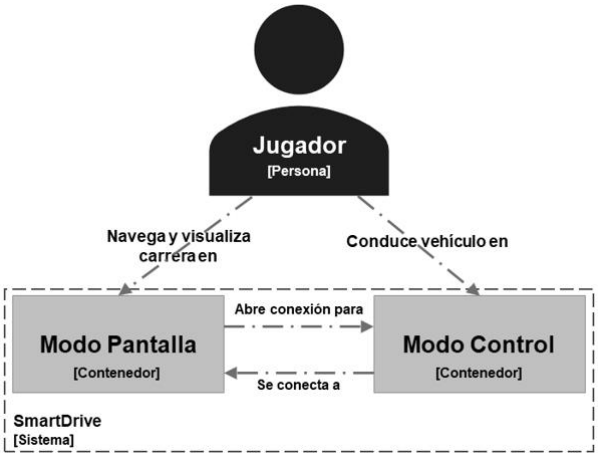

Fig. 2. Diagrama de contenedores de SmartDrive

Diagrama de componentes: las Fig. 3 y Fig. 4 descomponen los contenedores en componentes que representan un conjunto de código en Unity que realiza una tarea específica en el videojuego según el modo seleccionado por el jugador en un smartphone.

Componentes del modo control:

1) Interfaz principal: gestiona los datos de entrada recibidos mediante la interacción del jugador con la interfaz de usuario.
2) Movilidad vehicular: gestiona el movimiento del vehículo detectada mediante los botones y sensores de movimiento del smartphone.
3) Actividad gráfica: gestiona los datos de entrada en las gráficas del videojuego.
4) Assets: gestiona los recursos como imágenes, audio y objetos del mapa.
5) Conexión y cliente: gestiona la conexión y transmisión de datos al smartphone en modo pantalla.
6) Compatibilidad y permisos: gestiona los permisos requeridos en Android.

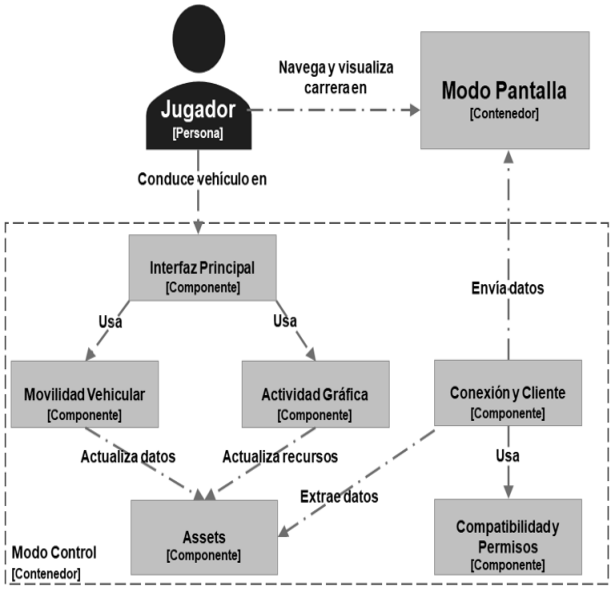

Fig. 3. Diagrama de componentes del modo control de SmartDrive

Componentes del modo pantalla:

1) Interfaz principal: gestiona de los datos de entrada recibida mediante la interacción del jugador con la interfaz de usuario.
2) Controlador de competencia: gestiona de las acciones del videojuego y vehículos oponentes.
3) Monitorización: gestiona el tiempo, mapa, y velocímetro de la carrera en curso.
4) Datos de configuración y progreso: gestiona las preferencias de configuración y progreso del jugador.
5) Compatibilidad y permisos: gestiona los permisos requeridos en Android.
6) Conexión y servidor: gestiona la conexión y transmisión de datos desde el smartphone en modo control.

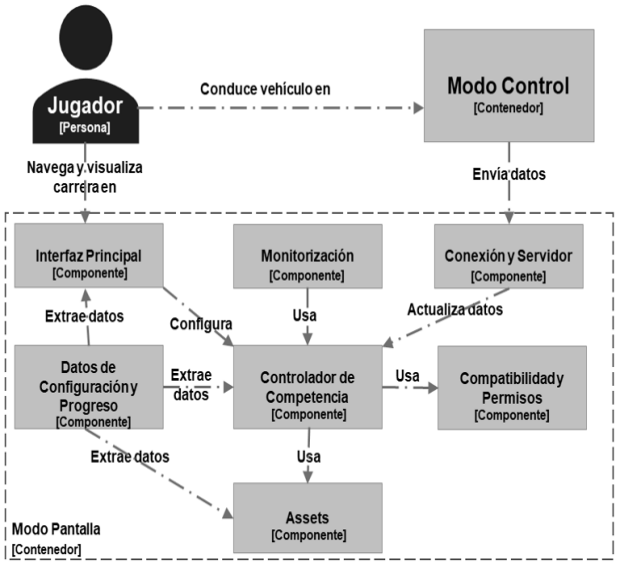

Fig. 4. Diagrama de componentes del modo pantalla de SmartDrive

Desarrollo

Una conexión del estilo cliente-servidor se usa para sincronizar los smartphones pantalla y control; el smartphone pantalla funciona como servidor con su hotspot WiFi activado y el control se conecta al servidor como cliente, tal como se presenta en la Fig. 5.

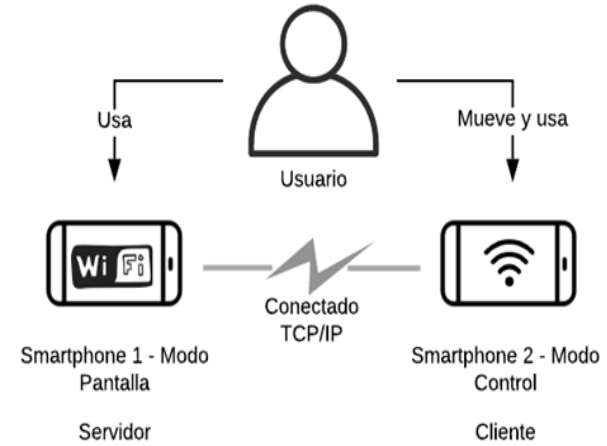

Fig. 5. Sincronización cliente-servidor en SmartDrive

Para implementar esta sincronización cliente-servidor se utilizó la API de Mirror Networking [24] en Unity, la cual provee recursos de conexión que permiten la transferencia de datos entre dos smartphones. Esta API emplea llamadas de procedimiento remoto que dirigen datos desde el cliente al servidor y viceversa como se muestra en la Fig. 6.

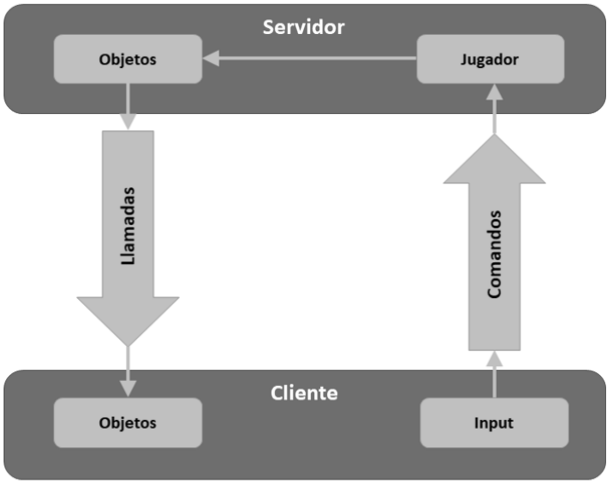

Fig. 6. Diagrama de llamadas remotas en la API de Mirror Networking

En el modo control de SmartDrive el jugador visualiza una interfaz de usuario que permite controlar el vehículo de la carrera. Tal como se muestra en la Fig. 7 cuenta con dos botones con diseño de pedales de freno y acelerador para avanzar, detener y retroceder el vehículo. La dirección del vehículo hacia la izquierda o derecha se controla mediante el acelerómetro del smartphone, el cual detecta el movimiento manual del jugador en sentido horario o antihorario. Los datos detectados por el sensor se envían mediante las llamadas remotas al smartphone pantalla. Además, esta interfaz también habilita la vibración del smartphone cuando el vehículo colisiona con un objeto u oponente de la carrera.

Fig. 7. Interfaz de modo control con botones de freno y acelerador

En el modo pantalla de SmartDrive se tienen diversas interfaces de navegación para que el jugador sincronice los smartphones, seleccione su vehículo y nivel de dificultad, visualice las instrucciones, y visualice la carrera en curso como se muestra en la Fig. 8. Durante la carrera se visualiza elementos como el tiempo, minimapa, botón de menú de pausa, posición actual y velocímetro. El minimapa y velocímetro se ven afectados por los movimientos del jugador en el smartphone en modo control.

Fig. 8. Interfaz del modo pantalla durante el transcurso de una carrera

Para complementar la experiencia de SmartDrive también se otorga al jugador un manual digital para construir un kit de cartón con diseños que se pueden ensamblar con los smartphones. Este manual lo puede descargar desde un enlace indicado en el menú de instrucciones de SmartDrive. La Fig. 9 muestra el diseño ensamblado para el smartphone que controla el vehículo del videojuego, con forma de un mando que se ajusta a las dimensiones del smartphone y permite al jugador sostenerlo con ambas manos.

Fig. 9. Kit de cartón de SmartDrive

4. VALIDACIÓN

Convocatoria de participantes

Se llevó a cabo una prueba experimental para validar el videojuego SmartDrive que contó con la participación de 30 personas entre hombres y mujeres estudiantes y egresados de ingeniería de software y carreras afines. Al inicio del estudio se realizó una encuesta a estudiantes y egresados de ingeniería de software y afines para conocer los dispositivos móviles que tenían para jugar un videojuego. Se les pidió la cantidad de dispositivos móviles que podrían conseguir y el detalle del sistema operativo, versión, y capacidad de memoria y almacenamiento. Se recolectaron más de 60 respuestas, de las cuales alrededor de 30 personas indicaron que tenían a su alcance por lo menos dos smartphones Android versión 5.0 o superior. Por este motivo, se limitó la participación en la prueba a 30 personas que cumplían los requisitos técnicos y con los que mostraron disponibilidad de tiempo para agendar una reunión

de inducción y otra para realizar la encuesta de valoración del videojuego SmartDrive.

El plan de validación requirió que los 30 participantes seleccionados y que brindaron su consentimiento instalen la aplicación de SmartDrive en los dos smartphones Android, revisar las instrucciones del videojuego y el manual digital del kit de cartón, jugar en un período de dos a tres días, y por último realizar la encuesta de Google Forms en una reunión de Zoom o Microsoft Teams bajo supervisión de un moderador del estudio. Debido a la pandemia de COVID-19 durante la cual se realizó el proceso de validación, solo se contactó a los participantes por reuniones virtuales y correo electrónico.

Análisis de resultados

Una vez finalizadas las pruebas con los 30 participantes, se recolectaron y analizaron los resultados obtenidos de las encuestas con la finalidad de entender la percepción de los participantes respecto al videojuego SmartDrive. El análisis se resumió en tablas con el propósito de contrastas números y porcentajes por cada sección de preguntas en la encuesta realizada.

La Tabla I recopila las respuestas sobre la percepción general de los participantes después de jugar SmartDrive. Cinco atributos de percepción se evaluaron con una escala lineal de 1 al 5, y los porcentajes respectivos se calcularon con el método top two box que considera solo los dos valores más altos de la escala. Los cinco atributos se definieron como:

1) Entretenido: qué tanto disfrutaron de jugar el videojuego.
2) Fácil: qué tan fácil fue manejar con los controles y completar el videojuego.
3) Intuitivo: qué tan comprensibles son los menús e instrucciones del videojuego.
4) Creativo: qué tan diferente y novedoso es el videojuego respecto a la jugabilidad tradicional de carreras.
5) Inmersivo: qué tanto los jugadores se involucran en el videojuego.

Un resultado mínimo de 80% se esperaba por cada atributo con excepción del atributo de fácil donde solo se esperaba un mínimo de 50%. Los resultados indicaron que un 93,3% estuvo de acuerdo que el juego era entretenido, 83,3% que era intuitivo e inmersivo, 96,7% que era creativo y 50% que era fácil.

Tabla I. Resultados de la percepción general de SmartDrive

Entretenido					
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**%T2B**
0	0	2	15	13	93,33%
Fácil					
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**%T2B**
0	3	12	9	6	50,00%
Intuitivo					
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**%T2B**
0	2	3	10	15	83,33%
Creativo					
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**%T2B**
0	0	1	13	16	96,67%
Inmersivo					
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**%T2B**
0	0	5	13	12	83,33%

La Tabla II muestra más resultados con porcentajes simples de preguntas de sí o no para conocer la satisfacción de los participantes y la ratio de participantes que construyó el kit de cartón propuesto para complementar la experiencia de SmartDrive. Los resultados fueron los positivos con las primeras dos preguntas, ya que el 96,7% de participantes indicaron que jugarían nuevamente SmartDrive y lo recomendarían a sus familiares y amigos. Por otro lado, los resultados de la tercera pregunta de la sección indicaron que solo el 26,7% de participantes construyeron el kit de cartón para jugar SmartDrive. A partir de aquí las siguientes secciones de preguntas se dividieron en dos grupos, entre los participantes que no construyeron el kit y los que sí lo lograron.

Tabla II. Resultados de satisfacción con SmartDrive

¿Jugarías SmartDrive de nuevo?			
Sí	**No**	**%Sí**	**%No**
29	1	96,67%	3,33%
¿Recomendarías SmartDrive a un familiar o amigo?			
Sí	**No**	**%Sí**	**%No**
29	1	96,67%	3,33%
¿Construiste el kit de cartón SmartDrive?			
Sí	**No**	**%Sí**	**%No**
8	22	26,67%	73,33%

La Tabla III muestra resultados del primer grupo de 22 participantes sobre los motivos por los que no construyeron el kit de cartón para jugar SmartDrive. Las razones más comunes fueron la falta de tiempo y no poder reunir los materiales con un 54,5% y 45,5 respectivamente.

Tabla III. Resultados de motivos para no construir el kit de cartón

Motivo	**Participantes**	**%**
No entendió el manual.	1	4,55%
Difícil de construir.	1	4,55%
No reunió los materiales	10	45,45%
Falta de tiempo	12	54,55%
Sin interés o necesidad.	3	13,64%
No es cómodo para jugar.	1	4,55%

La Tabla IV muestra los resultados del segundo grupo de 8 participantes que sí construyó el kit de cartón. Mediante la escala lineal de 1 a 5 y el método top two box se midió la satisfacción de este grupo con el kit. Los resultados indicaron que el 100% estuvo satisfecho con el uso del kit.

Tabla IV. Resultados de satisfacción con el uso del kit de cartón

¿Qué tanto te gusto usar el kit de cartón SmartDrive?					
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**%T2B**
0	0	0	4	4	100,00%

La Tabla V muestra resultados sobre la facilidad para construir el kit de cartón. Se empleó la escala lineal y método top two box, y se obtuvo que solo un 25% consideró que fue fácil de construir el kit de cartón, por debajo de la expectativa de un 50%.

Tabla V. Resultados sobre la facilidad de construir el kit de cartón

¿Qué tan fácil fue construir el kit de cartón SmartDrive?					
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**%T2B**
0	0	6	2	0	25,00%

5. CONCLUSIONES

Finalizado el estudio se concluye que en líneas generales SmartDrive cumplió buena parte de las expectativas como una experiencia inmersiva de videojuego de carreras. Los resultados de la validación resaltan la experiencia de SmartDrive como entretenida, intuitiva, creativa e inmersiva. Considerando las limitaciones en recursos de hardware y software, la experiencia de Unity del equipo de estudio y la disponibilidad de los participantes por la coyuntura de la pandemia, se valora este primer estudio como un éxito.

Todavía hay oportunidades para mejorar aún más la experiencia de juego que ofrece SmartDrive. En las ideas para un próximo estudio se encuentra en optimizar la sincronización entre smartphones con nuevas tecnologías y aprovechar el potencial de Unity como motor de desarrollo. Incluso también hay oportunidad de mayor investigación de tecnologías de transmisión de datos más universales y accesibles para reducir el costo económico de una experiencia de juego inmersiva.

También se determinó que el kit de cartón debe mantenerse como un adicional para los jugadores porque no todos cuentan con la disponibilidad de tiempo y materiales para construirlo. A pesar de la baja acogida del kit de cartón, SmartDrive todavía recibió buenas valoraciones por parte de los participantes que igual se mostraron conformes con el uso de dos smartphones para jugar. También son bienvenidas mejoras al diseño del kit de cartón para que sea más cómodo y complemente mejor la inmersión en los videojuegos de carreras.

6. AGRADECIMIENTOS

Brindamos nuestros más sinceros agradecimientos a los profesores de la Escuela de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, así como a los participantes del proceso de validación y equipo de proyecto que contribuyeron a la realización del presente estudio

7. REFERENCIAS

[1] MARCA, Juegos de carreras, los tapados de los eSports, Web: https://www.marca.com/esports/otros-juegos/2019/04/20/5cbb50ceca4741ce128b45b2.html.

[2] GO-Globe, The State of Mobile Gaming Industry – Statistics and Trends, Web: https://www.go-globe.com/mobile-gaming-industry/.

[3] GameDesigning, Game Immersion: The Power of Experience, Web: https://www.gamedesigning.org/learn/game-immersion/.

[4] Serafim, Serafim R1/R1+. Serafim Racing Wheel for Smartphones, Consoles, and PC, Web: https://www.serafim-tech.com/download/serafim_r1/serafim_r1_and_plus_eng.pdf.

[5] Nintendo, Nintendo Labo Vehicle Kit, Web: https://labo.nintendo.com/kits/vehicle-kit/.

[6] Serafim, Serafim R1 series are racing wheels that support phones, consoles and PC, Web: http://www.serafim-tech.com/products/serafim-r1-series-are-racing-wheels-that-support-smart-phones-game-consoles-and-pc-windows.html.

[7] Hipertextual, Nintendo Labo: lo bueno, lo malo y lo feo de la revolución del cartón, Web: https://hipertextual.com/2018/01/nintendo-labo-opinion-bueno-feo-malo-revolucion-carton.

[8] L. Torok, M. Pelegrino, D. Trevisan, A. Montenegro y E. Clua, "Smart controller: introducing a dynamic interface adapted to the gameplay", Entertainment Computing, Vol. 27, 2018, pp. 32–46.

[9] S. Vosinakis y A. Gardeli, "On the use of mobile devices as controllers for first-person navigation in public installations", Information, Vol. 10, No. 7, 2019.

[10] Android Developers, Motion sensors. Web: https://developer.android.com/guide/topics/sensors/sensors_motion?hl=es-419.

[11] S. Hernández, R. Fernández y L. Hernández, "Estimating vehicle movement direction from smartphone accelerometers using deep neural networks", Sensors, Vol. 18, No. 8, 2018.

[12] H. Kim, H. Lee, J. I. Park, C. H. Choi, S. Y. Park, H. J. Kim y S. J. Ye, "Smartphone application for mechanical quality assurance of medical linear accelerators", Physics in Medicine and Biology, Vol. 62, No. 11, 2017.

[13] S. Zhuo, L. Sherlock, G. Dobbie, Y. S. Koh, G. Russello y D. Lottridge, "Real-time smartphone activity classification using inertial sensors—recognition of scrolling, typing, and watching videos while sitting or walking", Sensors, Vol. 20, No. 3, 2020.

[14] Y. Yao, L. Song y J. Ye, "Motion-to-BMI: Using motion sensors to predict the body mass index of smartphone users", Sensors, Vol. 20, No. 4, 2020.

15] G. Tsaramirsis, S. M. Buhari, M. Basheri y M. Stojmenovic, "Navigating virtual environments using leg poses and smartphone sensors", Sensors, Vol. 19, No. 2, 2019.

[16] Unity, Unity Documentation, Web: https://docs.unity3d.com/Manual/index.html.

[17] B. Dube, R. Kazi, A. Malya y M. Joshi, "Simulation of a self-driving car and comparison of various training methods", Advances in Intelligent Systems and Computing, No. 1039, 2020, pp. 392–403.

[18] K. A. Darabkh, F. H. Alturk y S. Z. Sweidan, "VRCDEA-TCS: 3D virtual reality cooperative drawing educational application with textual chatting system", Computer Applications in Engineering Education, Vol. 26, No. 5, 2018, pp. 1677–1698.

[19] C. Olaverri-Monreal, J. Errea-Moreno, A. Díaz-Álvarez, C. Biurrun-Quel, L. Serrano-Arriezu y M. Kuba, "Connection of the SUMO microscopic traffic simulator and the Unity 3D game engine to evaluate V2X communication-based systems", Sensors, Vol. 18, No. 12, 2018.

[20] P. Garcia-Aunon, J. J. Roldán y A. Barrientos, "Monitoring traffic in future cities with aerial swarms: developing and optimizing a behavior-based surveillance algorithm", Cognitive Systems Research, Vol. 54, 2019, pp. 273–286.

[21] Trombetta, P. P. Bazzanello, M. R. Brum, E. L. Colussi, A. C. B. De Marchi y R. Rieder, "Motion Rehab AVE 3D: A VR-based exergame for post-stroke rehabilitation". Computer Methods and Programs in Biomedicine, No. 151, 2017, pp. 15–20.

[22] L. Atencio, B. Aybar y A. Barrientos, "Comparative Analysis of Cross-Platform Communication Mechanisms", Proceedings of the 2nd International Conference on Compute and Data Analysis – ICCDA, 2018.

[23] C4 Model, The C4 model for visualising software architecture, Web: https://c4model.com/.

[24] Mirror Networking, Remote Actions, Web: https://mirror-networking.com/docs/Articles/Guides/Communications/RemoteActions.html.