ISBN: 978-628-96613-1-6. ISSN: 2414-6390. Digital Object Identifier: https://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2025.1.1.2414

Virtual reality driving experience of a Formula SAE type vehicle and its physiological affectations

José de Jesús Cordero Guridi[1]; Luis Cuautle Gutiérrez[2]; Félix Quirino Morales[3]
[1]Facultad de Ingeniería Industrial, Logística, Manufactura y Automotriz, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Mexico, josejesus.cordero@upaep.mx and [3]Facultad de Ingeniería Industrial, Logística, Manufactura y Automotriz, Universidad Popular Autonoma del Estado de Puebla, México, felix.qurino@upaep.mx.
[2]Facultad de Ingeniería Industrial, Logística, Manufactura y Automotriz, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla – Secretaria de Ciencias, Humanidades, Tecnologia e Innovación, México, luis.cuautle@upaep.mx

Abstract*– This work describes the findings from the creation of a virtual reality driving experience simulator, where the validation of the experience with a group of individuals was considered. From this process, various physiological effects caused by the characteristics of the simulator and the parameters associated with it were discovered. The simulator created with the Unity platform, for the FORMULA SAE competition, has been described and presented in previous works and the experience has been described by its participants. This document presents the variables discovered in the simulator, which influence said physiological effects in the participants of the vehicle journey on the F1-type track. The results obtained and analyzed showed the influence of various variables on the physiological conditions of the participants, as well as the effects caused in the users that resemble the real driving conditions for the Formula type vehicle. This information was validated with a new group of engineering students and participants of the FORMULA SAE project, where the results will allow the content of the simulator to grow, as well as taking the necessary precautions when using it.

Keywords*-- Virtual Reality, Formula SAE, Unity, Driving experience, VR sickness

Virtual reality driving experience of a Formula SAE type vehicle and its physiological affectations

José de Jesús Cordero Guridi[1]; Luis Cuautle Gutiérrez[2]; Félix Quirino Morales[3]
[1]Facultad de Ingeniería Industrial, Logística, Manufactura y Automotriz, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Mexico, josejesus.cordero@upaep.mx and [3]Facultad de Ingeniería Industrial, Logística, Manufactura y Automotriz, Universidad Popular Autonoma del Estado de Puebla, México, felix.qurino@upaep.mx.
[2]Facultad de Ingeniería Industrial, Logística, Manufactura y Automotriz, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla – Secretaria de Ciencias, Humanidades, Tecnologia e Innovación, México, luis.cuautle@upaep.mx

Abstract*– Este trabajo describe los hallazgos de la creación de un simulador de conducción de realidad virtual, donde se consideró la validación de la experiencia con un grupo de individuos. A partir de este proceso, se descubrieron diversos efectos fisiológicos causados por las características del simulador y los parámetros asociados a él. El simulador creado con la plataforma Unity para la competencia FORMULA SAE se ha descrito por sus participantes. Este documento presenta las variables descubiertas en el simulador, que influyen en dichos efectos fisiológicos en los participantes del recorrido del vehículo en la pista de F1. Los resultados obtenidos y analizados mostraron la influencia de diversas variables en las condiciones fisiológicas de los participantes, así como los efectos causados en los usuarios que se asemejan a las condiciones reales de conducción para el vehículo de Fórmula 1. Esta información se validó con un nuevo grupo de estudiantes de ingeniería y participantes del Proyecto Formula SAE, donde los resultados permitirán ampliar el contenido del simulador, así como tomar las precauciones necesarias al usarlo.

***Keywords*—Realidad Virtual, Fórmula SAE, Experiencia de manejo, Unity, Enfermedad de realidad virtual**

I. INTRODUCCION

La realidad virtual (VR por sus siglas en inglés) puede ser definida como la ilusión de la participación en un entorno sintético en lugar de la observación externa de dicho entorno. La realidad virtual se basa en tridimensional (3D), estereoscópico, head-trace pantallas, seguimiento de mano/cuerpo y sonido biaural. la realidad virtual es una experiencia inmersiva y multisensorial. Un sistema VR consta de una pantalla montada en la cabeza del usuario (VR HMD), un sistema de seguimiento de cabeza y/o cuerpo y un subsistema de procesamiento. el gráfico la fidelidad y la baja latencia general del sistema son especialmente importante para lograr una buena experiencia de usuario [1].

Se pueden distinguir distintos tipos de dispositivos VR, siendo entre los más conocidos los sistemas HTC VIVE y Oculus Rift como se observan en la figura 1, los cuales permiten mejores niveles de interacción virtual, que también puede ser llamada realidad virtual inmersiva. La realidad virtual como tecnología ha tenido un aumento en el desarrollo de aplicaciones en la última década, teniendo como uno de las principales áreas, la simulación como método de verificación de procesos y productos. Este fenómeno ha provocado que a partir de diversas aplicaciones se encuentre en el factor fisiológico, una variable de análisis importante para el desempeño de la simulación y su interacción con el usuario.

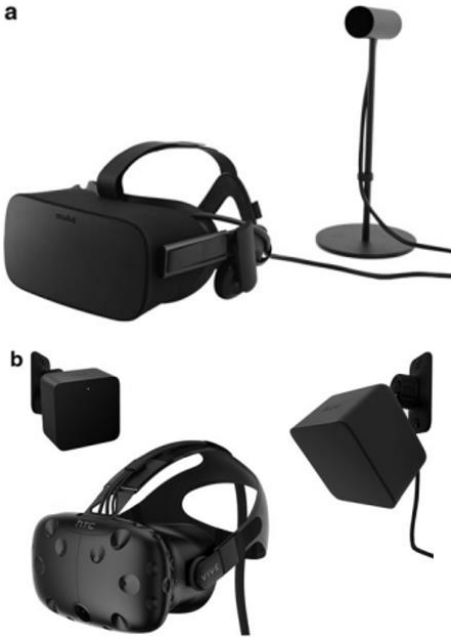

Fig. 1 Sistemas de realidad virtual inmersiva de última generación, a) Oculus Rift y b) HTC VIVE [2]

A partir de estas aplicaciones, se ha descubierto un fenómeno conocido como “enfermedad de realidad virtual” (virtual reality sickness), el cual comprende una serie de factores fisiológicos que afectan al usuario de la experiencia de realidad virtual. La expansión de la tecnología de realidad virtual (VR) ha provocado un interés en esta ciber enfermedad, que se considera un subtipo de enfermedad por movimiento inducida por la inmersión en realidad virtual [3].

La presentación del contenido de realidad virtual entregado a los usuarios puede inducir o incluso reducir la enfermedad de realidad virtual. Es más probable que un viaje en montaña rusa induzca enfermedad de realidad virtual a un nivel de gravedad donde los usuarios solicitarán interrumpir la experiencia. Por ejemplo, casi el 67% de participantes en un estudio utilizando un entorno virtual de montaña rusa no pudieron completar un tiempo de exposición de 14 minutos y se categorizaron los resultados encontrados de acuerdo a algunos parámetros como tipo de contenido, estimulación

visual, locomoción y tiempo de uso de la experiencia virtual [4].

Varios estudios han ahondado en el análisis de las afectaciones de la realidad virtual en la fisiología de sus participantes. Entre ellas, la mitigación de los efectos fisiológicos causados por realidad virtual, mediante un juego de carreras con dos niveles de control. A los participantes se les requirió encontrar objetivos mientras maniobraban con un volante en el entorno virtual [5]. El análisis de los efectos de diferentes tipos de simulaciones, siendo una de ellas con el uso de dispositivos como Oculus Rift y Samsung Gear. En el estudio, se empleó una población de 15 estudiantes con edad promedio de 27 años [1]. Los resultados descritos muestran que el tipo de contenido y la longevidad del tipo de tecnología virtual, inciden mayormente en la afectación fisiológica de los participantes. A través de un estudio en el que participaron 89 personas con edades entre los 19 y 36 años con tecnologías 2D, como pantallas, pero también con sistemas de realidad virtual para navegar a través de un laberinto se encontró que los elementos virtuales inmersivos generaron las mayores afectaciones [6].

En conjunto con lo anterior, diversos estudios han ahondado en el desarrollo de experiencias de manejo, con la finalidad de obtener simulaciones y análisis de producto. En este caso, el desarrollo de una experiencia de manejo en realidad virtual con Unity y HTC VIVE en conjunto con la programación de un robot Kuka, en donde se realizó un trayecto tipo de un vehículo todo terreno. Los resultados de encuestas hechas a participantes de una universidad mexicana reportaron buenas impresiones de la simulación, aunque no reportaron ninguna incidencia adicional fuera del entorno virtual [7]. Se destaca también la experiencia de manejo en realidad virtual con el uso de Oculus Rift y Unity3D, donde se reportaron incidencias fisiológicas en cerca del 84% de los participantes, donde cada uno de los 25 individuos tuvieron 30 minutos en promedio en la experiencia de manejo [8]. Finalmente, el desarrollo de una experiencia de manejo autónomo en realidad virtual mediante fotogrametría mediante la herramienta Unreal, usando el dispositivo HTC VIVE para construir un escenario con realidad gráfica cercana a la realidad, aunque no reportaron ningún dato sobre la incidencia fisiológica en los usuarios del estudio [9].

Respecto a los métodos para medir el mareo por realidad virtual se clasifican en subjetivos y objetivos. Los estudios subjetivos suelen medir esta experiencia mediante herramientas como el Cuestionario de Simulación de Mareo (SSQ), el Cuestionario de Susceptibilidad al Mareo por Movimiento (MSSQ) y el Cuestionario de Mareo por RV (VRSQ) [10]. La presente investigación consiste en el desarrollo de un simulador de manejo en realidad virtual, el empleo por parte de una muestra por conveniencia de usuarios en cuatro diferentes velocidades y la identificación de sus efectos fisiológicos principalmente el mareo a través de un cuestionario propio.

II. METODOLOGÍA

Formula SAE es una competencia automotriz, donde el objetivo es la planeación, diseño y manufactura de un vehículo tipo Fórmula, basado en un reglamento para Universidades que compiten alrededor del mundo, especialmente en Estados Unidos, Europa y Latinoamérica. Para la competencia 2022, se preparó un diseño digital del vehículo y como parte de la validación del diseño, se desarrolló una experiencia de un circuito basado en una pista. Se muestra un panorama general del modelo en la figura 2.

Fig. 2 Experiencia de manejo Formula SAE

En la figura 3 se muestra un diagrama del proceso desarrollado para generar una simulación de una experiencia de manejo [11].

Para esta experiencia de manejo se consideró el equipo disponible en el laboratorio de realidad virtual, que consiste en un Visor VIVEPro con pantalla AMOLED Dual de 3.5" diagonal con resolución 2280 x 1600 pixeles, campo de visión de 110 grados y audífonos de alta resolución certificada (removibles) y una computadora Workstation 0SCEK2U procesador Intel(R) Xeon(R) Gold 6128 CPU @ 3.40 GHz con memoria RAM de 64 GB con sistema operativo de 64 bits y procesador x64, tarjeta Nvidia quadro p6000 con 24GB, así como del software de realidad virtual y aumentada Unity.

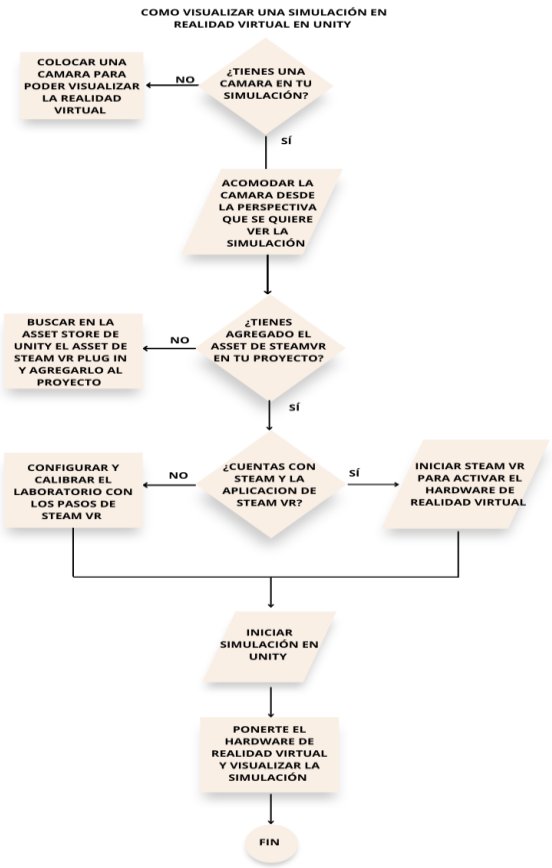

Fig. 3 Diagrama de flujo de experiencia de manejo [11]

Una vez considerados los pasos para la experiencia de manejo, se tuvo a consideración el manejo de las variables adecuadas que impactaran en las condiciones fisiológicas de los usuarios.

III. Modelo Virtual de Experiencia de Manejo

El modelo empleado para la evaluación fue el desarrollado para un proyecto automotriz, el cual consistió en un modelo tipo Fórmula, el cual se desplaza a través de un circuito de las mismas características del tipo de vehículo. La longitud de la pista es de 5.3 kilómetros. En las figuras 4 y 5, se muestran imágenes del vehículo y la pista empleada para la experiencia virtual.

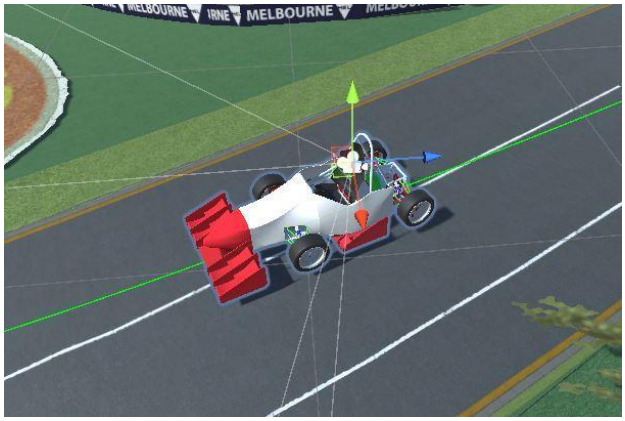

Fig. 4 Modelo digital de vehículo en el entorno virtual

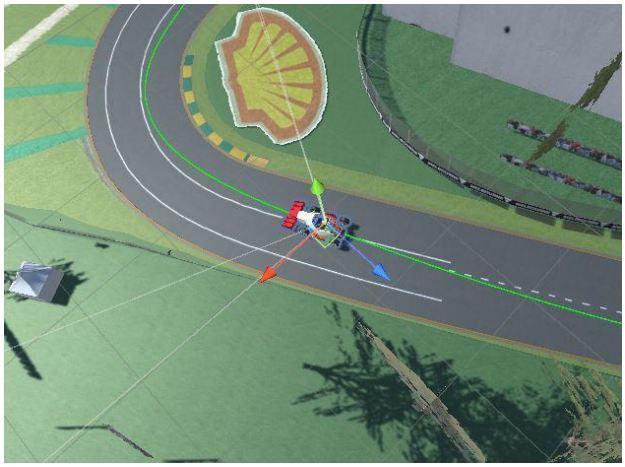

Fig. 5 Modelo de vehículo en movimiento en el entorno virtual

En la figura 6, se muestra la imagen desde los visores de realidad virtual, el cual se mantiene durante la experiencia completa y donde el usuario siempre tiene una visualización frontal hacia la pista

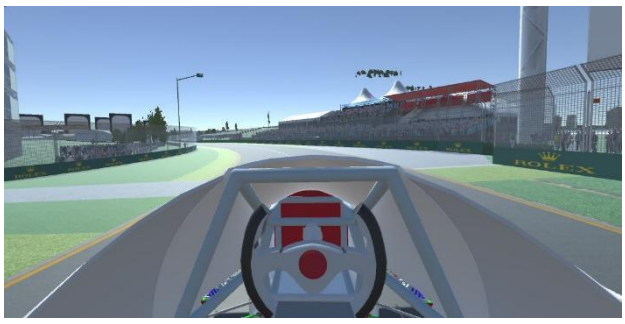

Fig. 6 Vista de modelo virtual en movimiento

Respecto de los usuarios, la posición de los mismos para la experiencia virtual fue sentados en una posición cómoda en un entorno que les permitiera estar relajados. La figura 7

muestra la posición de uno de ellos antes de la experiencia virtual.

Fig. 7 Posición de manejo de usuarios del modelo

Finalmente, el tiempo en el que los usuarios estuvieron en la experiencia fue aproximadamente de 7 min. Por otra parte, dentro de las funciones del modelo en Unity se contó con propiedades para el ajuste de velocidad dentro del entorno virtual. En la figura 8 se muestran los controles, los cuales provienen de un script programable en Unity.

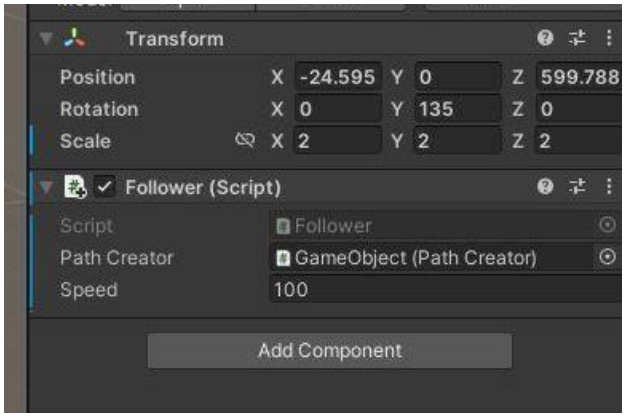

Fig. 8 Modificación de Velocidad

Se controló este parámetro de velocidad para realizar el análisis con los usuarios, usando diferentes valores, los cuales se muestran en la tabla 1.

TABLA I
PROPIEDADES DE VELOCIDADES EN LA EXPERIENCIA DE MANEJO VIRTUAL

Velocidad en software	Velocidad de auto	Tiempo por vuelta
30	113 km/hr	2 min 49 segundos
50	189 km/hr	1 min 41 segundos
70	265 km/hr	1 min 12 segundos
90	340 km/hr	56 segundos

A partir del manejo de variables mostradas previamente, se realizó una encuesta a una muestra no probabilística por conveniencia de 27 usuarios de carreras de ingenierías, de los cuales 19 fueron hombres y 8 mujeres con edad promedio de 20 años. Este factor fue importante debido a que se buscó que los participantes tuvieran experiencia previa con tecnologías digitales y con tópicos de ingeniería. La recolección de datos se realizó tomando en cuenta una relación de 4 velocidades dentro del simulador, siendo 30, 50, 70 y 90 unidades de velocidad del simulador. Cada usuario tuvo un tiempo aproximado de 7 minutos en el simulador, con una postura sentada, como se muestra en la figura 8.

Fig. 8 Posición de participantes en estudio de simulador de manejo

Las unidades de velocidad del simulador, implicaron algunos elementos distinguibles, por ejemplo, el tiempo de recorrido de pista es menor en velocidades altas y para velocidades bajas la cantidad de vueltas es mayor.

IV. RESULTADOS

Al finalizar el tiempo de simulación, se preguntó a los participantes en una escala con valores establecidos (sin mareo, mareo y mareo fuerte) para sus sensaciones

fisiológicas, específicamente el mareo producido por el recorrido en pista, estos resultados se muestran en la figura 9.

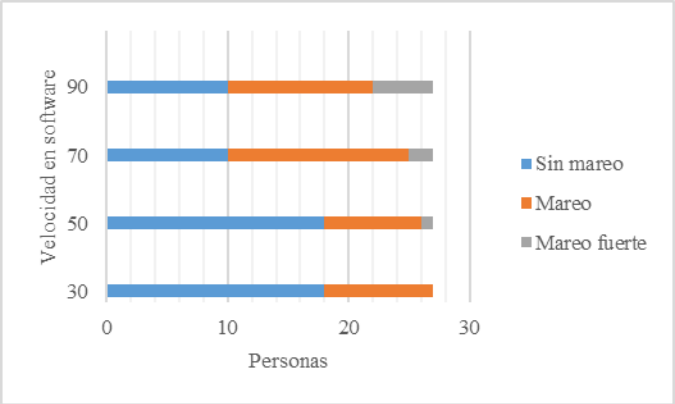

Fig. 9 Resultados de evaluación de sensaciones de mareo en la experiencia de manejo en relación a la velocidad.

De la información obtenida, se encuentra que una buena parte de los participantes declararon encontrar mareo en cierto rango de velocidades, especialmente a partir de las 50 unidades de velocidad de la simulación. Siendo el valor más alto de afectación en la velocidad de 90. Una buena parte de los usuarios, declararon también una estabilización en las sensaciones fisiológicas con el tiempo de la simulación. Esto coincide con los hallazgos de síntomas como el mareo por movimiento inducido (VIMS por sus siglás en inglés) y la fatiga ocular [12].

Adicionalmente, se solicitó como pregunta abierta comentarios para la mejora de la experiencia, donde se resaltó la necesidad de sonido y del uso de un volante para "sujetarse". De la misma forma, añadir variaciones en la pista fue sugerido para encontrarse con diversas situaciones fisiológicas que la experiencia real de manejo del vehículo pudiese presentar.

V. Conclusiones y Trabajo Futuro

La competencia Formula SAE dentro de los diferentes puntajes requiere de pruebas dinámicas que ponen en consideración las características físicas del vehículo, y también del piloto del mismo. El simulador desarrollado y presentado previamente, considera dentro de sus capacidades la necesidad de apegarse a los requerimientos técnicos del evento, sin embargo, en este documento se presenta el manejo e incidencia de una variable que presenta un fenómeno importante para la competencia universitaria. A partir del hallazgo presentado, el manejo correcto del simulador y sus variables señala oportunidades importantes para la competencia y el desarrollo de los pilotos para el evento, así como el proceso de investigación y desarrollo del vehículo. Este simulador presenta retos en su desarrollo técnico, pero también en sus mediciones obtenidas de la experiencia para los usuarios del mismo. En el futuro se considerará la medición sistemática de diferentes condiciones fisiológicas, como la evaluación de la postura de ejecución de la experiencia, así como factores fisiológicos como actividad cerebral, ocular, mediciones de la presión sanguínea y de la respiración [13]. En términos del simulador desarrollado se considerará un marco de reposo con objetos virtuales independientes del entorno virtual que funcionen como elementos visuales fijos con el objeto de reducir el mareo por parte de los usuarios [14]. Así también se tomará en consideración el manejo del tiempo de la experiencia, debido a que un evento de manejo de un vehículo tipo Formula SAE puede tomar hasta 4 horas continuas de manejo en competencia. Por último, para reducir el impacto en los usuarios se empleará un método que consiste en pre exponer a estos al mareo por realidad virtual para que se adapten a él [15]. Estos tópicos presentan condiciones para el desarrollo de futuras versiones del simulador, como el manejo correcto de la velocidad en Unity, y la relación correcta con el evento real de la competencia, así como la medición con mayores parámetros de las sensaciones fisiológicas obtenidas en el uso del simulador. Los resultados presentados presentan un punto de partida para el análisis y la retroalimentación adecuada para la programación del simulador en su siguiente etapa.

Agradecimiento y Reconocimiento

Los autores desean agradecer a la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, por el uso de las instalaciones y las facilidades otorgadas en el desarrollo de este trabajo. Así como a la Secretaria de Ciencias, Humanidades, Tecnología e Innovación por su apoyo en la realización de esta investigación.

Este trabajo fue financiado totalmente por la Universidad Autónoma del Estado de Puebla A.C.

Referencias

[1] J. Guna, G. Geršak, I. Humar, M. Krebl, M. Orel y M. Pogačnik, "Virtual reality sickness and challenges behind different technology and content settings," Mobile Networks and Applications, 25(4), 1436-1445, 2020.

[2] A. Borrego, J. Latorre, M. Alcañiz y R. Llorens, "Comparison of Oculus Rift and HTC Vive: feasibility for virtual reality-based exploration, navigation, exergaming, and rehabilitation," Games for health journal, 7(3), 151-156, 2018.

[3] A. Mazloumi Gavgani, F.R. Walker, D. M. Hodgson y E. Nalivaiko, "A comparative study of cybersickness during exposure to virtual reality and "classic" motion sickness: are they different?," Journal of Applied Physiology, 125(6), 1670-1680, 2018.

[4] D. Saredakis, A. Szpak, B. Birckhead, H. A. Keage, A. Rizzo y T. Loetscher, "Factors associated with virtual reality sickness in head-mounted displays: a systematic review and meta-analysis," Frontiers in human neuroscience, 14, 96, 2020.

[5] R. Shi, H. Liang, Y. Wu, D. Yu y W. Xu, "Virtual reality sickness mitigation methods: A comparative study in a racing game," Proceedings of the ACM on Computer Graphics and Interactive Techniques, 4(1), 1-16, 2021.

[6] S. Martirosov, M. Bureš, y T. Zítka, “Cyber sickness in low-immersive, semi-immersive, and fully immersive virtual reality,” Virtual Reality, 26(1), 15-32, 2022.
[7] L. Cuautle Gutiérrez, J.D.J. Cordero Guridi, J. Carrillo Aguilar y E. Lebano Pérez, “Simulation of an All-Terrain Vehicle Driving Experience Using Virtual Reality,” in Smart Trends in Computing and Communications, Springer, Singapore, 2022, pp. 51-60.
[8] Q. C. Ihemedu-Steinke, D. Sirim, R, Erbach, P. Halady y G. Meixner, “Development and evaluation of a virtual reality driving simulator,” Mensch und Computer 2015–Workshopband.
[9] G.D. Gomes, R. Flynn y N. Murray, “A QoE evaluation of an immersive virtual reality autonomous driving experience,” in 2020 Twelfth International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX), 2020, pp. 1-4.
[10] R. Lee, Y.S. Kim, “VR Sickness Evaluation Method Using Recurrence Period Density Entropy,” Appl. Sci. 14, 4483, 2024, https://doi.org/10.3390/app14114483
[11] E.R. Solís-Arriaga, J. D. J. Cordero-Guridi, A. Velázquez-Méndez y K.J. Pérez-Reyes, “Development of a virtual reality driving experience of a Formula SAE-type vehicle,” Computational Journal, 6(15), 14, 2022.
[12] R. Ono, Y. Matsuura, K. Nakane y H. Takada, “Physical effects of motion sickness for comfortable VR viewing” 141, 9, 2021, pp. 940-947, https://doi.org/10.1002/ecj.12338
[13] E. Chang, H. T. Kim y B. Yoo, “Virtual reality sickness: a review of causes and measurements,” International Journal of Human–Computer Interaction, 36(17), 1658-1682, 2020.
[14] M. Baek, H. Kim, “Investigating the effects of density and opacity of rest frames for VR sickness reduction,” Virtual Reality, 29, 41, 2025, https://doi.org/10.1007/s10055-025-01116-1
[15] J.-h. Won, H.C. Na y Y.S. Kim, “A New Training Method for VR Sickness Reduction,” Appl. Sci. 14, 3485, 2024, https://doi.org/10.3390/app14083485