# REVISTA INCAING ISSN 2448 9131

# Simulador Virtual para Conducción de un Automóvil

David Araujo Díaz, Laura Méndez Segundo, Rodolfo Romero-Herrera

Resumen - Este artículo consiste de un sistema que emplea realidad virtual para simular el manejo de un automóvil particular automático, en el cual el usuario puede aprender a interactuar con un automóvil para manejar de una forma correcta con el fin de evitar accidentes. El sistema también permite evaluar el conocimiento sobre el reglamento de tránsito para evitar foto-multas, en un entorno seguro y controlado, que puede ayudar a mejorar ciertos aspectos de la conducción del usuario. Se consideró distintos tipos de pruebas de conducción, las cuales consisten en: conceptos básicos de conducción, maniobras básicas y conducción en tránsito.

Índice de Términos - Simulación de conducción, realidad virtual, modelos 3D.

# I. INTRODUCCIÓN

Los accidentes son hechos lamentables que causan victimas en muchas de las ocasiones fatales; desafortunadamente en México la entrega de licencias de conducir no muestra muchos requerimientos, tales como aprobar un examen, etc. Aunado a esto las personas que quieren aprender a conducir no están exentas de sufrir un accidente cuando están aprendiendo, bien sea por que desconocen el reglamento de tránsito o por que como es lógico tiene miedo de situarse detrás de un volante. Para atender esta problemática se tienen la opción de usar un simulador que por supuesto no conlleva algún peligro, ni para el conductor, ni para otras personas.

Se desarrolló un simulador en realidad virtual para el manejo de un automóvil particular automático, en el cual el usuario puede aprender a interactuar con un automóvil para manejar de una forma correcta con el fin de evitar accidentes en la vida real. Dada el área de oportunidad

que la realidad virtual representa en diversas áreas como auxiliar al proceso de aprendizaje, es que se incorpora esta tecnología en este proyecto [1] [2].

Este simulador surge como una propuesta para brindar más opciones para la educación vial impartida en cada escuela de manejo registrada, para utilizarlo como complemento en sus planes de enseñanza [3]. De esta manera, las personas que aspiren a adquirir la licencia de conducción tipo A, serán los usuarios potenciales de este simulador.

El objetivo es implementar un sistema simulador de manejo de un automóvil particular automático, como un medio para la evaluación de una correcta conducción, programando el comportamiento de modelos 3D en un entorno de realidad virtual, asistida por hardware de conducción para PC. Bajo la hipótesis de que la práctica, aunque sea virtual mejorara la habilidades de manejo y como consecuencia se perderá el miedo al conducir y disminuirán los accidentes.

# A. Trabajos Relacionados

En [4], Vection VR ofrece a través de un simulador con un equipo especializado, la experiencia de aprender a manejar con una amplia gama de servicios basados en el conocimiento y manejo del hardware. En [5], se habla de un proyecto sobre conducción en realidad virtual implementado en Argentina que aprovecha las cualidades de la realidad virtual para mejorar la experiencia de aprendizaje del usuario. Proporciona: Cambios automáticos o manuales, un supervisor, personalización de pruebas, menús interactivos y visión de 360°. En [5], se presenta el Simulador de Automóvil desarrollado por APEX Racing Simulators el cual cuenta con el Aula del Examen de Licencia de Manejo en Manual o Automático

Documento recibido el 12 de septiembre del 2022. Este trabajo fue apoyado por el Instituto Politécnico Nacional y la Escuela Superior de Cómputo.

David Araujo Díaz Profesor de tiempo complete de la Escuela superior de cómputo en la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación del Instituto Politécnico Nacional.; e-mail: daraujo@ipn.mx.

Laura Méndez Segundo Profesora de tiempo complete de la Escuela Superior de Computo del Instituto Politécnico Nacional; e-mail: <a href="mailto:lmendez@ipn.mx">lmendez@ipn.mx</a>.

Rodolfo Romero Herrera. Profesor colegido de la Escuela Superior de Computo del Instituto Politécnico Nacional; e-mail: rromeroh@ipn.mx

que estima si el conductor tiene las capacidades y conocimientos requeridos, lanzando automáticamente el resultado de aprobado o no aprobado en un PDF no modificable. Todo controlado desde la nube.

Es indudable que un buen conductor influye en la disminución accidentes, por esta razón es importante contar con cursos de manejo que también consideren educación vial [7]; De igual forma es importante que un conductor maneje consiente que su temor al volante, ya que puede dañar su forma de conducir afectando no solo su educación vial, de igual forma puede producirse un accidente [8]. De la misma manera la agresividad es otra conducta que afecta a conductores; por esto es importante que se tengan cursos que simulen un escenario real al conducir [9].

En [10] Se incluye el desarrollo de dos módulos de un simulador de manejo simple, consistentes en la modelación de la respuesta dinámica de los vehículos a las distintas perturbaciones, y a la modelación del aspecto visual del simulador. En [11] se describe el proceso de pruebas de dinámica vehicular, específicamente de maniobrabilidad al límite sobre modelos virtuales para que un vehículo todo terreno tenga un comportamiento seguro para su manejo en vías públicas, evitando volcaduras y sobre viraje. En [12] se desarrolló un simulador para aprendizaje de conducción vehicular utilizando un motor de videojuegos 3D, en el cual se propusieron objetivos tales como ayudar mediante el simulador al aprendizaje de las personas que lo utilicen y cumplir con un nivel alto de satisfacción del usuario final del simulador. En [13] se marca como objetivo la creación de una interfaz de programación de aplicaciones (API) para modificar el comportamiento de la simulación en una intersección con semáforos, en un simulador

Cabe mencionar que algunos de estos otros simuladores no hacen uso de dispositivos de realidad virtual en lo absoluto, y aquellos que lo hacen carecen de una alta tasa de refrescamiento de la imagen en su respuesta hacia los visores de VR que emplean, lo cual afecta la experiencia del usuario. Aunado a esto su costo es elevado y requieren de equipo y personal especializado para su instalación.

# II. DESARROLLO

# A. Metodología

La metodología de este proyecto está basada en Scrum, tomando las buenas prácticas de desarrollo de software en base a la experiencia de los desarrolladores para construir el modelo de procesos que más se ajuste al proyecto. En la tabla 1 se resumen muchas de las diferencias entre los modelos tradicionales de gestión de proyectos y Scrum.

TABLE I
DIFERENCIAS ENTRE EL MODELO TRADICIONAL Y
SCRUM

SCRUM		
	Scrum	Gestión de proyectos tradicional
El énfasis está en	Personas	Procesos
Documentación	Sólo mínima - según se requiera	Exhaustiva
Estilo de procesos	Iterativo	Lineal
Planificación por adelantado	Baja	Alta
Priorización de	Según el valor	Fijo en el plan
los requisitos	del negocio y	de proyecto
_	regularmente	
	actualizada	
Garantía de	Centrada en el	Centrada en el
calidad	cliente	proceso
Organización	Auto-organizada	Gestionada
Estilo de gestión	Descentralizado	Centralizado
Cambio	Actualizaciones	Sistema
	a la lista	formal de
	priorizada de	gestión del
	pendientes del	cambio
	producto	
Liderazgo	Liderazgo	Mando y
	colaborativo y	control
	servicial	
Medición del	El valor del	Conformidad
rendimiento	negocio	con el plan

# B. Diagrama de casos de uso

La figura 1 muestra el diagrama de casos de uso del sistema:

- 1) Iniciar sesión. Se carga una pantalla con el nombre de Inicio de sesión. Se encuentran dos etiquetas con su respectiva casilla para ingresar lo datos los cuales son: usuario y contraseña. El botón con el nombre "ENTRAR" valida los datos pedidos y si son los correctos los manda a la siguiente interfaz de Bienvenidos. Para el Administrador se carga una pantalla con el nombre de Bienvenidos. Tiene acceso a 3 botones: Usuarios, Resultados y cuestionario.
- 2) Registrar usuario. Se carga un listado de usuarios con los campos de Nombre, usuario, sexo, edad. Así como también dos campos extras donde se puede editar o eliminar al usuario. En el campo de eliminar usuario al ser seleccionado aparecerá una pantalla emergente donde se pregunta si desea eliminar a

dicho usuario. También se da acceso a una búsqueda específica. Puede "Agregar Usuario" mediante tres botones Usuarios, Resultados, Cuestionario. El administrador puede cargar un formulario con los siguientes datos: Nombre, Apellido Paterno, Apellido Materno, Edad y Sexo. También puede eliminar los cambios realizados en los campos o "Agregar Usuario" con la finalidad de registrar al usuario después llenarlos los campos de dicho formulario.

- 3) Aplicar cuestionario. Tiene la función de cargar una tabla donde se encuentra con los siguientes campos: Nombre, preguntas, editar, eliminar. En el campo eliminar se visualiza una pantalla emergente donde nos indica con un mensaje si estamos seguros de eliminar el cuestionario. Se encuentra un buscador, esto para hacer búsquedas en específico. También puede "Crear cuestionario".
- 4) Gestionar usuario. Carga un formulario con los siguientes datos: Nombre, Apellido Paterno, Apellido Materno, Edad y Sexo. Puede eliminar los cambios realizados en los campos o "Actualizar" con la finalidad de guardar los cambios que se han realizado.
- 5) Gestionar cuestionario. Carga una tabla donde se encuentran los siguientes campos: preguntas, editar, eliminar. El campo eliminar borra la pregunta. En el campo de preguntas estas se formulan. En el campo de editar nos aparecerá una pantalla emergente donde se podrá corregir la pregunta o cambiar totalmente. También puede guardar el cuestionario. Es factible "Agregar preguntas" y campos de las posibles respuestas las cuales solamente pueden ser 3 con un campo llamado "correcta" indicando el número.
- 6) Consultar resultados. Carga la pista que contenga las vialidades, señalamientos y objetos necesarios para evaluar cada una de las pruebas.
- 7) Seleccionar usuario. Carga una tabla donde se podrá visualizar los usuarios con la siguiente información: apellido paterno, apellido materno, sexo y edad. Tendrá un botón para " Actualizar la tabla".
- 8) Seleccionar prueba. Se muestra una pantalla con la lista de las pruebas a realizar. Se muestra en la parte superior derecha el usuario a realizar dichas pruebas. Al seleccionar cada prueba, aparecerá de lado derecho información tal como: Si la ha realizado o no, el tiempo realizado y la dificultad. Puede regresar al Menú Principal o Iniciar una nueva Prueba.

- 9) Aplicar prueba. Permite realizar diversas pruebas:
  - Zigzag. Deberá realizar 5 vueltas alternadas (derecha e izquierda) durante el recorrido de esta pista.
  - Rotonda. Deberá realizar una vuelta de aproximadamente 270° en sentido a las manecillas del reloj.
  - Direccionales. Aparecerá un panel flotante con las indicaciones sobre esta pista para explicarle al usuario el uso de las direccionales.
  - Invasión de paso peatonal. Se cargará la pista que contenga el cruce peatonal. Se registrará el tiempo realizado en la parte inferior del cronómetro de conducción al terminar esta prueba.
  - Semáforos. Se cargará la pista que contenga los semáforos.
  - Vuelta prohibida. Se cargará la pista que contenga el señalamiento de vuelta prohibida.
  - Invasión a carril confinado. Se cargará la pista que contenga los carriles confinados.
  - Límites de velocidad. Se cargará la pista que contenga las vialidades con distintos límites de velocidad.

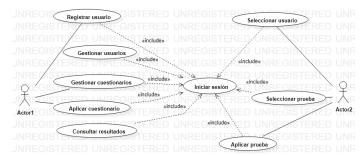


Fig. 1. Diagrama de Casos de Uso.

# C. Pasos de una prueba

Habrá un punto de inicio para el vehículo. Aparecerán las indicaciones en un panel de alerta sobre como completar la prueba. Al terminar de leer las indicaciones de la prueba el usuario podrá comenzar la prueba presionando el botón de comenzar prueba. Las únicas indicaciones que se le darán al conductor son sobre que ruta debe tomar para completar la prueba. Comenzará una cuenta regresiva indicándole al usuario para que ponga en marcha el vehículo y empezar. Se iniciará un cronómetro de conducción con la finalidad de registrar el tiempo que se tardó el usuario en completar la prueba. Un temporizador de prueba en cuenta regresiva podrá ser visualizado en la parte inferior del cronómetro de conducción, el cual establece un límite de tiempo para completar la prueba. Si

se llega al límite y aún no se ha completado la prueba entonces se calificará la prueba como fallida. En caso contrario, se calificará como completada. El vehículo iniciara en una vialidad primaria y se evaluará que tenga la velocidad adecuada. Así mismo, estará presente el carril confinado de principio a fin de la prueba. Después se pasará a una vía secundaria en donde llegará al final de una cuadra y se presentarán las pruebas del semáforo, vuelta prohibida y paso peatonal. Entrará por una zona escolar y durante el recorrido sobre esta se presentará la prueba de las direccionales. El camino de la derecha llevará el vehículo al final de la prueba. De lo contrario, si toma el otro camino se tendrá que regresar por ahí mismo ya que tendremos bloqueado el mapa hasta cierto punto de esa calle. El vehículo debe de llegar a un punto final para completar la prueba. Se registrará el tiempo realizado en la parte inferior del cronómetro de conducción al terminar esta prueba. Se registrarán los errores cometidos por el conductor durante la prueba y se mostrarán las infracciones que vaya acumulando. El botón "pruebas" tiene la función de enviarnos a una interfaz donde se visualizarán los resultados de las pruebas.

#### III. DESARROLLO

Para el desarrollo de este sistema se creó una aplicación de realidad virtual utilizando el motor de gráficos Unreal Engine 4 [14], haciendo uso del visor de realidad virtual Oculus Rift y el hardware de conducción de Logitech.

Se muestran los componentes de la aplicación en la figura 2. Esta basando en el patrón vista controlador. El sistema simulador de conducción está constituido por dos subsistemas: la aplicación de realidad virtual para realizar las pruebas asistidas por el hardware de conducción para computadora y una aplicación de gestión en la cual se pueden consultar los resultados de las pruebas hechas en el simulador.

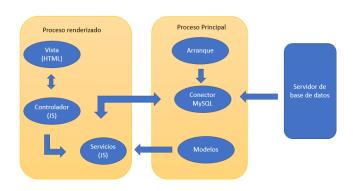


Fig. 2. Componentes del sistema.

La aplicación cuenta con la funcionalidad de creación y aplicación de cuestionarios para la evaluación de los conocimientos teóricos del usuario acerca del reglamento de tránsito. Básicamente, la aplicación de realidad virtual está formada por 4 funciones (Figura 2):

- El controlador del sistema se encarga de validar el cumplimiento de las reglas de tránsito cargadas en el sistema con base en las interacciones del automóvil controlado por el usuario y los elementos de tránsito en el circuito dentro del ambiente de simulación.
- Los servicios de la base de datos se encargan de almacenar la información del usuario que realiza la prueba, así como de registrar en la misma los resultados.
- La lógica del automóvil se divide en tres procesos: lógica de conducción, lógica de detección de eventos y lógica de panel de notificaciones.
- 4) El módulo del circuito de prueba contiene a los elementos interactivos de tránsito, las instrucciones de prueba en curso y los menús de selección de pruebas y usuario.

El panel de notificaciones con el que cuenta el automóvil dentro de la simulación muestra al usuario instrucciones sobre las acciones que debe de realizar para lograr la correcta conducción con base en los reglamentos considerados en el sistema. Además, se notifica por medio de mensajes de audio al usuario para evitar distracciones (Figura 3).



Fig. 3. Panel de notificaciones.

Una vez concluida la prueba, se puede consultar el reporte de resultados dentro de la aplicación de gestión, donde se despliega el capítulo, artículo, fracción e inciso correspondiente a las infracciones cometidas, así como el monto de la correspondiente penalización en unidad de cuenta y en puntos de licencia (Figura 4). También se pueden mostrar los resultados de los cuestionarios de reglamento de tránsito.





Fig. 4. Reporte de resultado de prueba.

Para lograr que la simulación fuese lo más cercana a la realidad se diseñó un circuito de prueba en un entorno urbano, en el cual se incluyen diferentes señalamientos de tránsito como: disco de vuelta prohibida, semáforo, señalamiento de límite de velocidad, cruce peatonal y carriles confinados de autobús (Figura 5).



Fig. 5. Circuito urbano.

A diferencia de la pantalla de selección de usuarios, la

pantalla de pruebas es un catálogo estático en la base de datos, por tanto, se prestó para guardar el catálogo de pruebas de lado de *Unreal Engine* en un componente que se le denomina *Datatable*, al cual se puede acceder desde el *Content Browser* seleccionando el archivo *PruebaDatatable*. Ver figura 6.

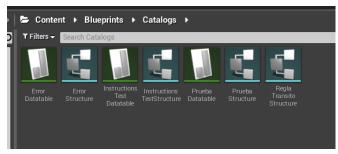


Fig. 6. Directorio Catálogos del Content Browser.

La parte de validación de las infracciones es de las más importantes del simulador ya que consiste en evaluar en cada una de las pruebas si el conductor cometió una infracción o no. Para detectar si un usuario cometió una infracción en una prueba, se hacen uso de los eventos *Dispatchers*; son aquellos que se comunican con el *SystemController*, el cual, es el que contiene toda la lógica para evaluar si se aplica la infracción o no. Los eventos *Dispatchers* los invoca la clase *BP\_CarMesh2*, la cual es la encargada de controlar todos los movimientos del automóvil que está siendo utilizado por el usuario durante las pruebas. Ver figura 7.



Fig. 7. Ubicación de BP\_CarMesh2

Así mismo, existen *actores* que están dentro de los mapas, que, su función es interactuar con el automóvil para activar una posible infracción en caso de que aplique. Dichos actores hacen referencia a alertas como: dar una vuelta prohibida, invasión de un carril confinado o paso peatonal, sobrepasar el límite de velocidad en una determinada vía, pasarse la luz roja del semáforo, etc.

Estos actores están concentrados en una carpeta llamada *InteractiveActors* que se puede acceder desde el *Content Browser*. Se tomará como ejemplo la explicación de cómo se detecta si la vuelta prohibida fue cometida por el usuario, ya que para los demás actores la lógica es relativamente la misma.

Como podemos ver en la Figura 8, el actor de vuelta prohibida consta de 2 flechas rojas (de lado derecho tenemos la flecha A y de lado izquierdo tenemos la flecha B), teniendo cada una su caja de colisiones. Para que se provoqué la infracción de vuelta prohibida basta con atravesar la caja de colisiones de la flecha A, de lo contrario, si se atraviesa la caja de colisiones de la flecha B y posteriormente la caja de colisiones de la flecha A, no se provocará ninguna infracción.



Fig. 8. InteractiveActor de vuelta prohibida

De la misma manera que se ejecuta el evento de Overlap del actor ForbiddenTurn\_BP, se ejecuta el evento de vehículo, el cual es BP\_CarMesh2 que escucha distintos eventos de Overlap, algunos ejemplos pueden ser:

- Cuando pasa sobre un paso peatonal.
- Cuando pasa por una zona del semáforo.
- Cuando pasa por una zona de límites de velocidad.
- Cuando pasa por un carril confinado.
- Cuando pasa por alguna de las cajas de colisiones del actor de vuelta prohibida.
- Cuando pasa por alguna caja de colisión para una instrucción en curso.

El módulo de instrucciones consta de dos tipos de instrucciones: las que se despliegan en el panel de notificaciones y las que son por audio. Para las instrucciones de inicio de cada prueba, (las cuales, son las que se desplieguen en el panel de notificaciones y a la vez se ejecutan por audio), se cuenta con un Datatable llamado *InstructionsTestDatatable*. Lo que se hizo, fue implantar cada instancia de este actor en los mapas con el respectivo audio y pruebas relacionadas para que se

ejecute. Por ejemplo, se puede ver en la figura 9, para el caso de "da vuelta a la derecha".



Fig. 9. InteractiveActor: InstructionInCourse

Por ultimo con la herramienta para la creación de gráficos en 2D se creó el panel de notificaciones, el cual puede ser encontrado en Content Browser.

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizaron pruebas con 30 personas, aplicándole a éstas un cuestionario de conocimientos teóricos y una serie de pruebas prácticas en el simulador. Las pruebas que se realizaron fueron:

- Matriz de pruebas de escenarios de la aplicación de gestión
- Matriz de pruebas de escenarios del simulador

Así mismo, se realizaron 3 sesiones de pruebas con la comunidad.

Las últimas sesiones fueron 5 en total, sumando un total de 33 pruebas realizadas.

La pantalla de "Menú de pruebas" muestra las 10 pruebas de conducción.

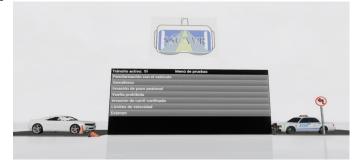


Fig. 10. Pantalla de Menú de pruebas

Después de efectuarse las pruebas, el 70% de los usuarios demostraron haber aprendido cuando menos una de las conductas detectables por foto-multa. Cabe

mencionar que el 80% de los usuarios afirmaron que les fue de utilidad el contar con mensajes durante las pruebas, las cuales les fueran instruyendo para lograr una mejor conducción.

Una de las ventajas del software es que disminuyo el temor a manejar casi un 100 % como se puede observar en la figura 11. Siendo este, uno de puntos más importantes para disminuir los accidentes sobre todo en personas que comienzan a manejar.

¿Crees que al realizar las pruebas en un simulador disminuye el miedo al volante?

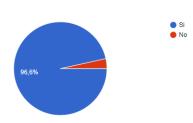
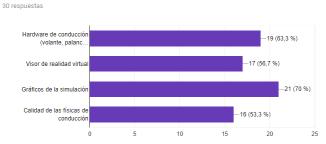


Fig. 11. Encuesta de calidad: Pregunta 7

29 respuestas

El realismo que puede proporcionar el uso de mundos virtuales se evidencia si se observa la gráfica de la figura 12. Se obtuvieron los mayores porcentajes en los puntos de Hardware de conducción y en el visor de realidad virtual.

Indica cuales de los siguientes elementos consideras más importantes para el realismo del simulador:



Fig, 12. Encuesta de calidad: Pregunta 8

# V. CONCLUSIÓN

Hoy en día el uso de nuevas tecnologías para ayudar en diversas áreas de la enseñanza es cada vez más común, tal es el caso de la realidad virtual. Con este proyecto se propone una solución al problema de no contar con un simulador que permita dar a conocer las conductas detectables por foto-multa en la Ciudades, haciendo uso de la realidad virtual y hardware de conducción para PC. El diseño que se planteó permitió desarrollar dos aplicaciones en diferentes lenguajes de programación y

establecer comunicación entre ellas sin complicaciones adicionales.

Se consiguió la programación de comportamientos de modelos en Tres Dimensiones (3D). Se logró la programación de la lógica de las pruebas de conducción correspondientes a la licencia tipo A. Se diseñaron pruebas de conducción en base al reglamento de tránsito (razones didácticas y heurísticas) y se diseñó la Base de Datos (BD) para el registro de resultados.

# A. Trabajo a futuro

Como trabajo a futuro se proponen:

- Agregar más reglas de tránsito a las validaciones del sistema, así como más conductas detectables por foto-multa.
- Incluir más circuitos de prueba que agreguen variedad de situaciones, por ejemplo, calles estrechas, vialidades de más de cuatro carriles, carriles confinados en carriles centrales, etc.

Agregar pruebas para el desarrollo de otras habilidades de conducción, tales como, estacionarse, cambio de velocidades, integrarse a vías rápidas, etc.

#### RECONOCIMIENTO

Los autores agradecen al Instituto Politécnico Nacional por el apoyo recibido para la realización de este proyecto.

# REFERENCES

- [1] Flores Cruz, Jesús Alberto, Camarena Gallardo, Patricia, Avalos Villarreal, Elvira, "La realidad virtual, una tecnología innovadora aplicable al proceso de enseñanza de los estudiantes de ingeniería". Apertura. Octubre 2014. [en línea] [Fecha de consulta: 14 de marzo de 2017] Disponible en:<a href="http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=6883572">http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=6883572</a> 5008> ISSN 1665-6180
- [2] Menjivar Valencia, Eduardo. "La realidad virtual como recurso didáctico en la Educación Superior." (2022).
- [3] Gobierno de la Ciudad de México, Secretearía de Movilidad, "Trámites y Servicios. Escuelas de Manejo Registradas". [Fecha de consulta: 14 de marzo de 2017]. Disponible en: <a href="http://www.semovi.cdmx.gob.mx/tramites-y-servicios/vehiculos-particulares/escuelas-de-manejo-registradas">http://www.semovi.cdmx.gob.mx/tramites-y-servicios/vehiculos-particulares/escuelas-de-manejo-registradas</a>.
- [4] BNOME SPRL, "VECTION VR". [Fecha de consulta: 05 de marzo de 2017]. Disponible en: <a href="http://www.vectionvr.com/en/vrdrivingschool.html">http://www.vectionvr.com/en/vrdrivingschool.html</a>
- [5] Universidad de la Matanza, Argentina, "VR Drive". [Fecha de consulta: 05 de marzo de 2017]. Disponible

en:

https://m.facebook.com/ProyectoVRDrive/about/.

- [6] APEX Racing Simulators, "SIMVIAL® AUTOMOVIL". Noviembre 2016 [Fecha de consulta: 05 de marzo de 2017]. Disponible en: <a href="http://info.apex.mx/simulador-de-manejo-cotizaciones">http://info.apex.mx/simulador-de-manejo-cotizaciones</a>.
- [7] Figueroa Quimis, Norma, Mirian Valdiviezo Cordova, and Juan Carlos Campuzano. Análisis de la implementación de los programas de educación en seguridad vial como mecanismo preventivo en la reducción de accidentes de tránsito en la provincia de Santa Elena (2017-2021). Diss. ESPOL. FCSH., 2022.
- [8] Costa, Rafael T. da, et al. "Virtual reality exposure therapy for fear of driving: analysis of clinical characteristics, physiological response, and sense of presence." *Brazilian Journal of Psychiatry* 40 (2018): 192-199.
- [9] Jiménez, Sergio Sedano. "Agresividad vial de conductores de autos particulares en Cuernavaca, Morelos." (2022).
- [10] Romero Navarrete, José Antonio, et al. Generalidades sobre el entrenamiento de conductores y el desarrollo de simuladores de manejo. *Publicación Técnica*, 2004, no 240.
- [11] Fernández Sánchez, Francisco José, et al. Evaluación de la maniobrabilidad de un vehículo comercial en un simulador de manejo. 2020.
- [12] Osorio Villamar, Rommel Alfredo; Vera Moreno, Rafael Steven. Desarrollo de un simulador para el aprendizaje de conducción vehicular utilizando un motor de videojuegos 3D. 2021. Tesis Doctoral. Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones.
- [13] González, Pedro Apolinar Molina; Biosca, Saúl Antonio Obregón. Desarrollo de una interfaz de programación de aplicaciones para el comportamiento real vehicular en intersección semaforizada, en el simulador AIMSUN. *Perspectivas de la Ciencia y la Tecnología*, 2018, vol. 1, no 2, p. 30-41.
- [14] Unreal Engine 4, "Hardware & Software Specifications", [Fecha de consulta: 05 de marzo de 2017]. Disponible en: https://docs.unrealengine.com/latest/INT/GettingStar ted/RecommendedSpecifications/ M.
- [15] R. E. Haskell and C. T. Case, "Transient signal propagation in lossless isotropic plasmas (Report style)," USAF Cambridge Res. Lab., Cambridge, MA Rep. ARCRL-66-234 (II), 1994, vol. 2.
- [16] E. E. Reber, R. L. Michell, and C. J. Carter, "Oxygen absorption in the Earth's atmosphere,"

- Aerospace Corp., Los Angeles, CA, Tech. Rep. TR-0200 (420-46)-3, Nov. 1988.
- [17] (Handbook style) *Transmission Systems for Communications*, 3rd ed., Western Electric Co., Winston-Salem, NC, 1985, pp. 44–60.
- [18] Motorola Semiconductor Data Manual, Motorola Semiconductor Products Inc., Phoenix, AZ, 1989.
- [19] (Basic Book/Monograph Online Sources) J. K. Author. (year, month, day). *Title* (edition) [Type of medium]. Volume(issue). Available: http://www.(URL)
- [20] J. Jones. (1991, May 10). Networks (2nd ed.) [Online]. Available: <a href="http://www.atm.com">http://www.atm.com</a>
- [21] (Journal Online Sources style) K. Author. (year, month). Title. *Journal* [Type of medium]. Volume(issue), paging if given. Available: <a href="http://www.(URL">http://www.(URL)</a>)
- [22] R. J. Vidmar. (1992, August). On the use of atmospheric plasmas as electromagnetic reflectors. *IEEE Trans. Plasma Sci.* [Online]. *21(3)*. pp. 876—880. Available: http://www.halcyon.com/pub/journals/21ps03-vidmar

# Biografía Autor(es)

Araujo Díaz David. Fue Coordinador del Programa de Maestría en Ciencias en Sistemas Computacionales Móviles en el 2015. Desde el año 2003, Profesor Investigador de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional (ESCOM - IPN) en el Programa de Maestría en Ciencias en Sistemas Computacionales Móviles con las asignaturas de Programación de Dispositivos Móviles, Realidad Virtual y Seminario; además de cursos de actualización docente de VRML (Virtual Reality Modeling Language), AutoCAD, X3D y Diseño Digital. En el 2009 desempeño el cargo de Jefe del Departamento de Posgrado. Presidente de la Academia de Redes y Sistemas Operativos, y Jefe de Asignatura de Sistemas Operativos y Estructuras de Datos. Del año 2002 al 2003 Ingeniero de Diseño en Industrias Sola Basic, S.A. y desde 1999 como Laboratorista de Audio en el Ultralaboratorio Siglo XXI de Grupo Elektra, S.A.

M en C. Araujo -Técnico en Electrónica y - Segundo Lugar en Calificaciones del Ciclo Escolar 88/89 de Técnico en Electrónica, en 1990. De -Alto Promedio y Rendimiento en 1992. Mejor Promedio en el Ciclo 1992-1993, en 1993. Certificate of Award for Perfect Attendance en 1994. Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica de la Generación 1990-1995 Mejor Estudiante de la Maestría en Ciencias en Ingeniería

Eléctrica del CINVESTAV IPN y de -Mejor Estudiante de la Maestría en Ciencias en la Especialidad de Computación del CINVESTAV-IPN en el 2002.

Laura Méndez Segundo. Profesor de tiempo completo (40 horas) de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la Escuela de Computación del IPN, desde febrero de 2000 a la fecha.

ISOSA, S.A. de C.V. Líder de Proyecto de 1997 - 1999 Instituto Mexicano del Petróleo, Líder de Proyecto, Analista y desarrollador de Sistemas de Información. (1995-1997). Facultad de Psicología UNAM, programador y analista de sistemas (1991-1994). Profesor Investigador de tiempo completo en la Escuela Superior de Computación del Instituto Politécnico Nacional. Participación en congresos nacionales e internacionales presentando temas de investigación en el área de computación. Supervisión de tesis a nivel de pregrado. Participación como profesor tutor.

Licenciatura en Informática (1986-1990) Universidad Veracruzana, Xalapa, Ver. Obtención del título: 11 de diciembre de 1992 Maestría en Ciencias en Ingeniería Eléctrica especialidad en Computación (1991-1993) Centro de Investigaciones y Estudios Avanzados del IPN, México D.F. Obtención del Título: 9 de diciembre de 1998

Rodolfo Romero Herrera. Profesor de tiempo completo en la ESCOM-IPN.

Es autor de varios artículos en Congresos Nacionales e Internacionales, así como en revistas indexadas. Autor de 5 libros publicados.

Maestro en Ciencias egresado de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME -IPN).