

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 víctimas 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.

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

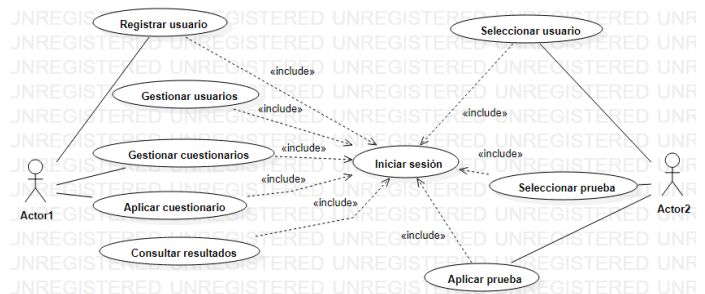
	Scrum	Gestión de proyectos tradicional
El énfasis está en	Personas	Procesos
Documentación	Sólo mínima - según se requiera	Exhaustiva
Estilo de procesos	Iterativo	Lineal
Planificación por adelantado	Baja	Alta
Priorización de los requisitos	Según el valor del negocio y regularmente actualizada	Fijo en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

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.



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 iniciará 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.

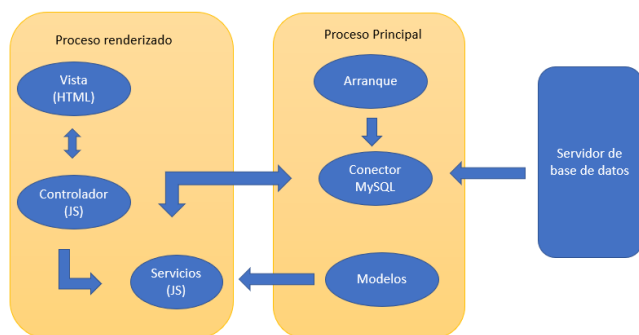


Fig. 2. Componentes del sistema.

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):

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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

Aplicación de Gestión de SSCAVR

SSCAVR

Usuarios Resultados Cuestionario

Inicio > Resultados > Resultados de las pruebas

Resultados de las pruebas

Nombre Prueba Estatus Tiempo Ver detalle

Giacomo Guizzoni	Familiarización con el vehículo	Completada	00:05:30	Ver detalle
Marco Botton	Invasión de carriles	Completada	00:03:15	Ver detalle
Mariah MacLachlan	Límites de velocidad	Fallida	00:02:45	Ver detalle
Valerie Liberty	Vuelta prohibida	Completada	00:04:29	Ver detalle
Guido Jack Guizzoni	Familiarización con el vehículo	Sin realizar	00:04:23	Ver detalle

Generar reporte

Aplicación de Gestión de SSCAVR

SSCAVR

Usuarios Resultados Cuestionario

Inicio > Resultados > Resultados de los cuestionarios

Resultados de los cuestionarios

Nombre Cuestionarios Puntaje Ver detalle

Giacomo Guizzoni	Conceptos básicos de conducción	80%	Ver detalle
Marco Botton	Conceptos básicos de conducción	90%	Ver detalle
Mariah MacLachlan	Conceptos básicos de conducción	100%	Ver detalle
Valerie Liberty	Conceptos básicos de conducción	100%	Ver detalle
Guido Jack Guizzoni	Conceptos básicos de conducción	70%	Ver detalle

Generar reporte

Fig. 4. Reporte de resultado de prueba.

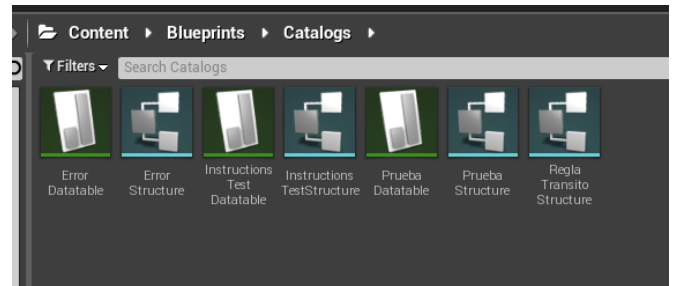
Para lograr que la simulación fuese lo más cercana a la realidad se diseñó un circuito de prueba en un entorno urbano, en el cual se incluyen diferentes señalamientos de tránsito como: disco de vuelta prohibida, semáforo, señalamiento de límite de velocidad, cruce peatonal y carriles confinados de autobús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



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 despliegan 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”.

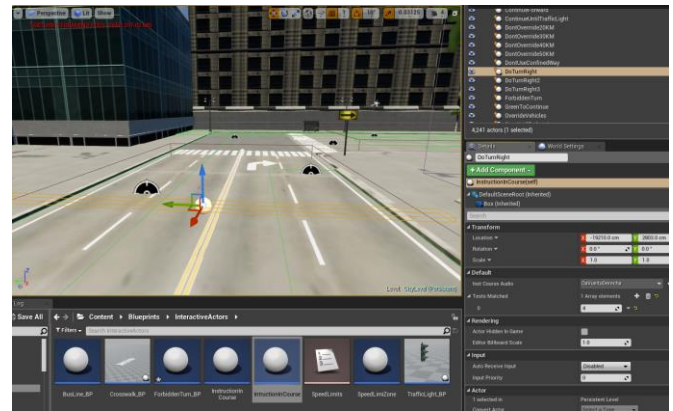


Fig. 9. InteractiveActor: InstructionInCourse

Por último 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

mentar 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 disminuyó 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?

29 respuestas

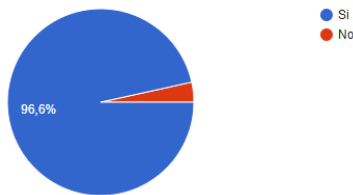


Fig. 11. Encuesta de calidad: Pregunta 7

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:

30 respuestas

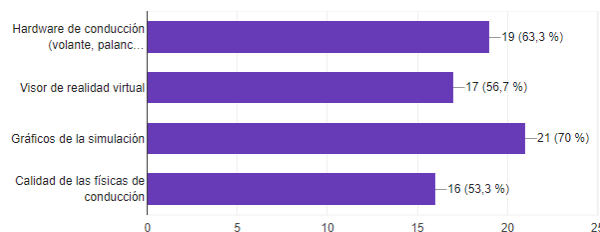


Fig. 12. Encuesta de calidad: Pregunta 8

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 correspond

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: <http://info.apex.mx/simulador-de-manejo-cotizaciones>.
- [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/GettingStarted/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.\(URL\)](http://www.(URL))
- [20] J. Jones. (1991, May 10). Networks (2nd ed.) [Online]. Available: <http://www.atm.com>
- [21] (Journal Online Sources style) K. Author. (year, month). *Title*. *Journal* [Type of medium]. Volume(issue), paging if given. Available: [http://www.\(URL\)](http://www.(URL))
- [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:

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).