

# Diseño Interactivo de Escenarios para Simulación de Conducción.

Inmaculada Coma(\*), Silvia Rueda(\*), Mar Sánchez(\*), Marcos Fernández(\*\*)

(\*) INTRAS. Instituto de Tráfico y Seguridad Vial. Universitat de Valencia.

(\*\*) Instituto de Robótica. Universitat de Valencia.

e-mail: Inmaculada.Coma@uv.es

Resumen:

*El diseño de escenarios, cuyo objetivo es la evaluación y formación de conductores, es una tarea compleja ya que requiere, por una parte el diseño del escenario tridimensional, y por otra el diseño de las situaciones dinámicas de conducción. Habitualmente estos escenarios se diseñan utilizando herramientas de modelado de propósito general, y mediante un lenguaje de programación o un lenguaje script para el diseño de las situaciones dinámicas. En este trabajo se presenta una herramienta que permite el diseño interactivo de los escenarios de conducción.*

Palabras clave:

*simulación de conducción, diseño de escenarios, evaluación y formación de conductores.*

## 1. Introducción

El uso de simuladores de conducción se ha convertido en una herramienta esencial en el campo de la investigación sobre seguridad en los vehículos y comportamiento de conductores. Para la investigación con simuladores de conducción, es necesario crear nuevos escenarios de conducción adecuados al tipo de experimentos que se vayan a realizar[1].

Durante el proceso de diseño de situaciones de conducción, el primer paso será determinar la utilización que va a tener el simulador, y qué tipo de comportamientos queremos evaluar o mostrar al sujeto. Esto nos delimitará el tipo de situaciones a diseñar. Así, si el simulador va a ser utilizado en una autoescuela para enseñar a conductores noveles, el tipo de escenarios a diseñar estará enfocado a la enseñanza del manejo básico de los mandos del vehículo y de maniobras sencillas. En cambio, un simulador que sea utilizado para la investigación necesitará tener diseñadas situaciones más complejas que permitan medir determinadas variables del comportamiento de los conductores. Por tanto, el primer paso en el proceso de diseño de escenarios, será el estudio de las variables que queremos medir, y qué tipo de situaciones pueden ser más adecuadas para medirlas. A continuación habrá que generar dichos escenarios.

Desde el punto de vista informático, diseñar nuevos escenarios para cada experimento es una tarea ardua. Por una lado hay que diseñar la escena tridimensional que vamos a representar: carreteras, entorno urbano o interurbano, señales de tráfico y marcas viales, etc. Además del diseño

de la parte visual del escenario necesitamos crear las estructuras de datos necesarias para que el usuario pueda conducir por el escenario. Finalmente hay que generar el tráfico circundante, que puede ser tráfico autónomo (vehículos sin un comportamiento predefinido) o tráfico controlado (vehículos que realizan acciones concretas en un momento determinado). El diseño de los escenarios se realiza habitualmente mediante distintos métodos.

Habitualmente, la escena tridimensional se genera con una herramienta de diseño 3D comercial (por ejemplo, Multigen), luego se genera mediante código C o C++ la estructura lógica de esta carretera y el comportamiento de los vehículos [2]. Otra de las formas utilizadas para este diseño es mediante el uso de lenguajes de script [3][4], escribiendo un fichero de tipo texto en el que se especifican las características de la carretera y el comportamiento de los vehículos, para a continuación compilar y ejecutar el fichero.

Estos métodos para el diseño de escenarios, aunque finalmente obtienen resultados satisfactorios, tienen el inconveniente de que hasta que no se diseña todo no se pueden ver los resultados. En este artículo veremos un sistema para el diseño de escenarios de forma interactiva, que permite generar tanto la escena tridimensional (carreteras y entorno) como las situaciones dinámicas de conducción (comportamiento de vehículos).

Veamos a continuación cuáles son las aplicaciones de la simulación de conducción como herramienta de evaluación y formación, y los requisitos de los escenarios diseñados para tal propósito.

## **2. La Simulación de Conducción como Herramienta de Evaluación y Formación.**

La tarea de conducir puede ser vista desde diferentes niveles conceptuales. Según una de las clasificaciones más comunes es posible distinguir entre los siguientes niveles: control, táctico y estratégico [5]. El nivel de Control, o manejo del vehículo, se refiere fundamentalmente a manipulación de los mandos. El nivel Táctico, basado en reglas, se refiere al uso de la vía, a la realización de maniobras en la conducción y a la toma de decisiones según cada situación; y el nivel Estratégico, que hace referencia a cuestiones más globales, de planificación del viaje.

Habitualmente los métodos de evaluación de conductores se centran en la evaluación de las aptitudes que un sujeto tiene para conducir, aspecto este muy importante pero no el único. En este sentido, los simuladores de conducción permiten llevar a cabo una evaluación más global de los sujetos, ya que por sus características permite no solo la evaluación de las aptitudes, que correspondería al nivel de control, sino que permite una evaluación a nivel táctico, pudiendo evaluar de manera realista cómo un sujeto afronta determinadas situaciones de tráfico.

Ahora bien, lo primero que debe tener un simulador de conducción cuyo objetivo es la evaluación y la formación es realismo y validez aparente, ya que desde el punto de vista del usuario existen una serie de factores importantes [6] que pueden afectar la credibilidad y fiabilidad del sistema. Este aspecto es de suma importancia puesto que la finalidad del sistema es proporcionar una serie de indicaciones a los usuarios acerca de su actuación como conductores, evaluar su estilo de conducción, y además como sistema de formación ofrecer una serie de recomendaciones o sugerencias acerca de cómo corregir sus deficiencias. En este sentido, si el sistema de evaluación resulta poco creíble, es difícil que los conductores evaluados acepten como fiable los resultados que se obtengan de su actuación, es decir, desvalorizan el sistema.

Así pues, para lograr este grado de realismo en el sistema es necesario tener en cuenta dos aspectos:

- a) El tecnológico, es decir, todos aquellos elementos que hacen que el sistema sea más o menos creíble, tales como disponer de un vehículo completo, donde el sujeto evaluado maneja todos los mandos igual que en un vehículo real; disponer de una pantalla de proyección que abarca completamente el ángulo de visión humana; generar un sistema de sonido adecuado, etc.
- b) Los escenarios de conducción: Un escenario de conducción se refiere a una situación determinada de tráfico que tiene un principio y un fin donde los elementos están perfectamente sincronizados [7], de tal manera que en el tiempo que dura cada escenario al conductor se le toman una serie de medidas en relación a su ejecución, tanto a nivel de control como táctico. En base a estas medidas que quedan registradas y conforme a unos parámetros de evaluación se obtiene un resultado de la actuación del sujeto como conductor.

Por tanto, el realismo de los escenarios es un aspecto fundamental desde el punto de vista de la evaluación y la formación, ya que si el sujeto evaluado no percibe las situaciones como realistas, desvalorizaría el sistema de evaluación por considerarlo poco creíble, sobre todo en aquellos casos en los que el resultado fuera muy negativo.

Para obtener este grado de realismo y credibilidad necesario, la selección y construcción de los escenarios debe tener en cuenta unos criterios básicos. McGehee [7] señala las siguientes recomendaciones sobre la forma de construir escenarios de simulación de conducción desde el punto de vista de los factores humanos:

- 1) Deben diseñarse escenarios que puedan servir para evaluar a la mayor parte de la población. No es conveniente que los escenarios sean sólo apropiados para condiciones o poblaciones muy específicas.
- 2) Deberían utilizarse situaciones de conducción que sean importantes e interesantes. Esas situaciones además deberían evitar que los sujetos modificaran su estilo normal de conducción.
- 3) Hay que evitar la sensación de que puede haber un peligro inesperado acechando a cada momento al sujeto evaluado. Esto llevaría a que el conductor modificara su estilo de conducción habitual, provocando, por ejemplo, que condujera más lentamente de lo habitual para evitar accidentes.
- 4) Los escenarios deberían corresponder a situaciones de conducción normal, realistas. Es conveniente evitar que los sujetos tengan accidentes en el simulador, ya que les puede generar una sensación de inseguridad.
- 5) Es necesario realizar una sincronización perfecta. Este es uno de los aspectos más difíciles de la creación de escenarios de conducción, ya que es necesario que todos los sujetos experimenten cada escenario de la misma manera o los resultados obtenidos no serán comparables entre ellos. No se debe dejar nada al azar en el sentido de que un sujeto decida por ejemplo cambiar de carril y “estropee” la sincronización del escenario siguiente.
- 6) Hay que realizar experiencias pilotos con sujetos que no conozcan el recorrido para así examinar si llevan a cabo comportamientos inesperados o impredecibles que trastorquen el espíritu de las situaciones desarrolladas.

Además de estas recomendaciones, en la construcción de escenarios cuyo objetivo es la evaluación y la formación o asesoramiento de los conductores deberían tenerse en cuenta también los siguientes aspectos [8]:

- 1) Las situaciones diseñadas no deben parecer producto de causas excepcionales, y que las hagan aparecer como inverosímiles.
- 2) Los vehículos situados en los escenarios no deberían transgredir el reglamento de conducción, al menos en exceso, ya que en caso de producirse un incidente en el que el sujeto evaluado tuviera una mala actuación como conductor, siempre atribuiría la culpa al otro.
- 3) No debería haber muchos incidentes. La conducción no debería convertirse en una carrera de obstáculos.

La tarea de diseñar escenarios realistas teniendo en cuenta al usuario final es una tarea compleja que requiere una gran cantidad de reajustes durante el proceso de construcción de los mismos. Hasta ahora las herramientas utilizadas en el diseño de escenarios no permitía realizar un trabajo conjunto entre la persona especializada en el diseño de escenarios o situaciones y la persona que finalmente los programa; es decir, tienen la dificultad de que no permitían trabajar de forma interactiva. A continuación veremos el sistema de diseño de escenarios desarrollado por los autores.

### **3. Diseño Interactivo de Escenarios de Conducción.**

Una vez seleccionados el tipo de escenarios que queremos diseñar, comenzamos con el proceso de diseño. Para la generación de los escenarios es necesario crear distintas bases de datos. Estas son: la base de datos visual y topológica, y la base de datos de situaciones dinámicas.

#### ***3.1. Generación de la Base de Datos Visual.***

El diseño de la base de datos visual y topológica consistirá en la generación de las estructuras lógicas que representan las carreteras, y su representación visual. Además de carreteras, deberemos generar los elementos visuales del entorno, tales como terreno, edificios, mobiliario urbano, señales de tráfico, etc.

Las herramientas de modelado 3D habituales están preparadas para el modelado de todo tipo de objetos, pero no contienen opciones específicas para el modelado de carreteras, que nos permitan generar sus estructuras lógicas necesarias a la hora de conducir sobre ellas y de generar situaciones dinámicas. Para ello, necesitaremos generar los caminos de circulación para cada vía o cruce (carriles), y las conexiones entre ellos.

Para facilitar y automatizar este diseño se ha construido una herramienta con un interfaz de alto nivel.

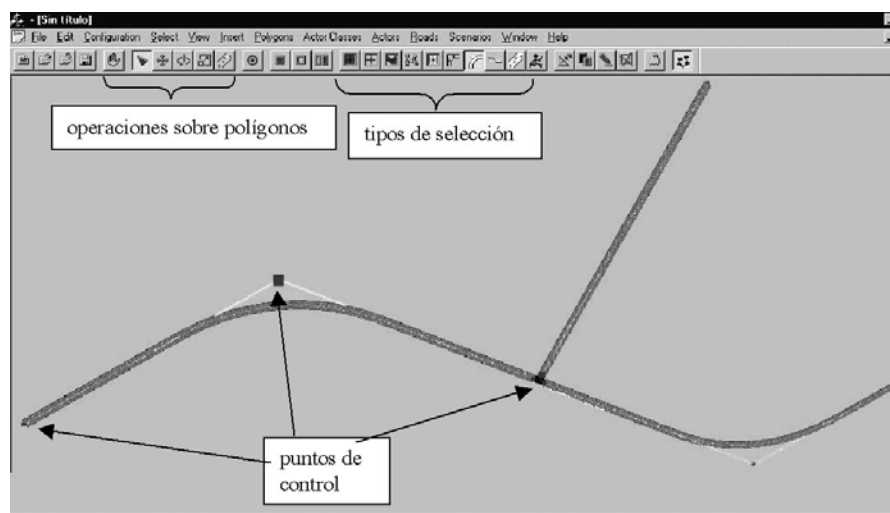
La herramienta de diseño de carreteras se ha incluido en una herramienta propia de modelado de propósito general orientada a tiempo real [9]. Para el modelado de objetos tridimensionales utilizados en la visualización en tiempo real se requiere tener una estructura jerárquica en forma de árbol, que será recorrida en el proceso de dibujado. En dicho árbol tenemos distintos tipos de nodos (nodos de transformación, de nivel de detalle, etc.), y los nodos hojas que representan a los nodos

poligonales. Durante el proceso de generación de la imagen se va recorriendo el árbol y se aplican las propiedades de los distintos tipos de nodos sobre los polígonos.

Para poder incluir opciones específicas para el diseño de carreteras en esta herramienta, ha sido necesario añadir nuevos tipos de nodos que almacenarán las características específicas de las carreteras, y nos permitirán modificarlas desde el interfaz.

La forma de las carreteras está basada en las definiciones que utilizan los ingenieros para diseñar las carreteras reales, en concreto, tendremos tramos rectos, curvos y espirales para definir la forma de la carretera en planta, y tramos rectos con acuerdos parabólicos entre ellos para definir el perfil.

Para hacer sencillo el diseño, se agrupan distintos tramos de carreteras, y se les da forma a través de lo que llamamos ‘puntos de control’. Moviendo únicamente tres puntos de control se varía la forma de la planta de un tramo de carretera. El perfil de la carretera se puede variar también a partir de una serie de puntos de control, que se pueden situar donde se quieran, y se pueden mover de forma independiente a los puntos de planta. (Ver figura 1).



**Figura 1.** Interfaz para el diseño de carreteras mediante puntos de control.

Además de los tramos de carretera necesitamos también introducir intersecciones, que servirán para unir dos o más tramos. Los polígonos de la intersección se generan automáticamente a partir de los puntos de los tramos de carretera que se unen a ella, y el movimiento de éstas se realiza también a partir de un punto de control.

Una vez creada la forma de la carretera, se pueden seleccionar entre distintos tipos de sección (autopista, interurbana, urbana, etc.), así como el número de carriles por cada sentido de cada uno de los tramos. Dependiendo del tipo de sección se generarán los polígonos adecuados, y se añadirán las texturas correspondientes, incluyendo las marcas horizontales.

Esta facilidad para modificar la escena tridimensional es muy importante durante la fase de diseño del escenario, ya que habitualmente se realizan diversas pruebas hasta conseguir el escenario definitivo.

El siguiente paso para poder completar la escena, será la generación del entorno (terreno o edificios). Esta generación se podrá realizar de forma automática o bien importando archivos externos. El interfaz para el diseño del entorno cuenta con todo tipo de facilidades para el

movimiento, traslación, escalado, etc. de dichos polígonos, así como distintos modos de selección y visualización de la escena. Esto nos permitirá completar la escena, añadiendo señales horizontales, semáforos y todo el decorado que necesitemos, y también modificarla si el resultado obtenido no es el deseado.

Para poder conducir por la escena generada necesitaremos crear primero las estructuras de datos necesarias, es decir los carriles (rutas por las que un vehículo puede pasar). El programa permite la generación automática de dichos carriles, y también incluye opciones para poder modificar la forma de éstos cuándo sea necesario. Esto será especialmente útil en el caso de las intersecciones especialmente complejas (rotondas o intersecciones que unen un gran número de tramos), donde necesitamos que los vehículos circulen por ellas de forma correcta.(Ver figura 2).

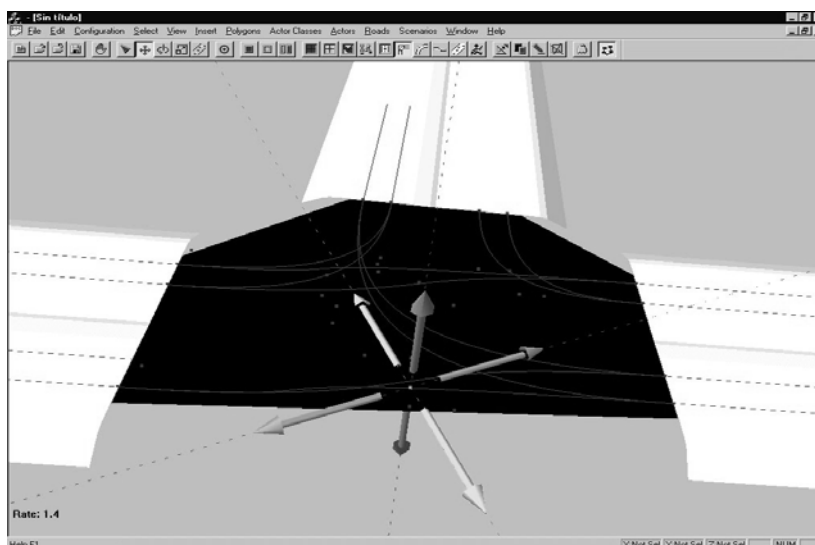


Figura 2. Generación y movimiento de carriles.

### ***3.2. Especificación de Escenarios Dinámicos.***

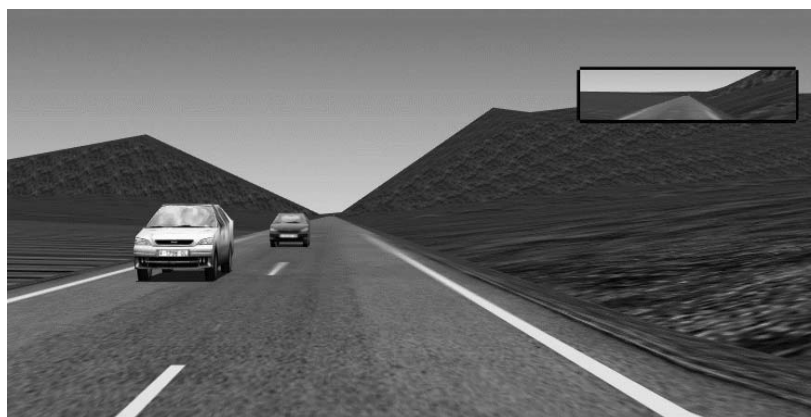
El diseño de escenarios dinámicos, es decir, de los comportamientos de los vehículos situados en el entorno del conductor es una parte fundamental para el diseño de experimentos de simulación de conducción. En estos experimentos, necesitamos tener la capacidad de repetir el mismo tipo de situaciones para los distintos sujetos a los que se somete a evaluación. Por ello es necesario crear mecanismos para activar comportamientos en los vehículos circundantes al conductor. Además, debemos poder tomar medidas del comportamiento del conductor (velocidad, distancia de seguridad, etc.) en las situaciones creadas.

El diseño de estos escenarios se realiza habitualmente utilizando algún lenguaje de programación estándar (C o C++), o algún lenguaje de script específico para el diseño de situaciones. La ventaja de diseñar los escenarios de esta forma, es que nos da gran flexibilidad, ya que podemos acceder a todos los vehículos implicados y modificarlos como queramos. Pero el inconveniente es que los usuarios sin conocimientos de programación, no pueden desarrollar o modificar nuevos escenarios.

Para facilitar el diseño de escenarios hemos creado unas estructuras de datos que nos permiten incluirlo dentro de nuestra herramienta de generación de escenas tridimensionales, y poder realizar dicho diseño mediante un interfaz. Con ello, podremos diseñar interactivamente las situaciones de conducción, y ver, en la misma herramienta el resultado final. Todo ello nos permitirá crear, visualizar, y modificar si es necesario un escenario de conducción dentro de una misma herramienta.

Se han introducido una serie de clases que servirán para almacenar y ejecutar los escenarios diseñados. El tipo de comportamientos que podrán ser diseñados desde el interfaz serán, por una lado rutas predefinidas para obligar a un vehículo a seguir un camino dado en algún momento de la simulación, y por otro cualquier tipo de comportamiento que podamos dividir en acciones sencillas. En la herramienta se ha introducido una base de datos con las acciones más habituales de los vehículos (cambios de velocidad, de posición, de carril etc.) de forma que el diseñador sólo tiene que situar el vehículo en su posición inicial, establecer el momento en que empezará a ejecutarse la situación y aplicarle las acciones que realizará.

Como ejemplo de escenarios diseñados, vemos en la figura 3, una situación de conducción interurbana, en la que se ha forzado a un vehículo que viene en dirección contraria a seguir una trayectoria irregular, pisando la línea discontinua de separación entre carriles, para así poder medir el comportamiento del conductor. En este caso, se ha medido la velocidad y el desplazamiento lateral con respecto a las líneas longitudinales, para comprobar si el conductor disminuye la primera y se acerca al arcén.



**Figura 3.** Escenario de conducción interurbano.

En la figura 4 vemos otro ejemplo de escenario, en este caso urbano. Las calles, edificios, vehículos y el mobiliario urbano han sido creados con nuestra herramienta. La situación dinámica en este caso consiste en un vehículo que realiza una frenada brusca, y con ello se trata de evaluar el tiempo de reacción del sujeto.



**Figura 4.** Escenario de conducción urbano.

#### **4. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.**

Se ha desarrollado una herramienta para el diseño de escenarios de conducción que facilita enormemente la tarea, ya que al introducir un interfaz gráfico puede ser utilizada por usuarios no expertos en programación.

Si bien la parte del diseño de los escenarios tridimensionales ya ha sido completada, la parte del diseño dinámico de situaciones todavía está en proceso de mejora. En estos momentos se está introduciendo la posibilidad de que además de diseñar interactivamente las situaciones se pueda adjuntar código C o C++ como comportamiento de determinados vehículos, que luego será compilado y ejecutado en la misma herramienta.. Esto nos permitirá tener una herramienta útil para usuarios no expertos, y a la vez con posibilidades para que programadores puedan introducir situaciones más complejas.

#### **5. BIBLIOGRAFÍA.**

1. Bayarri, S.; Fernández, M. y Pérez, M. (1996). Virtual reality for driving simulation. Communications of ACM. Vol. 39 N° 5, pp. 72-77
2. Bailey, A.C.; Jamson, A.H.; Parkes, A.M. y Wright, S. (1999). Recent and Future developments of Leeds Driving Simulator. Proc. of Driving Simulation Conference (DSC'99). Paris.
3. Kearney, J.; Willemsen P. (1999). Scenario Languages for Driving Simulation. Proc. of Driving Simulation Conference (DSC'99). Paris.
4. Wolffelaar, P.van y Winsum, W. (1996). Traffic generation and scenario control in the TRC driving simulator. Proc. of Scenario'96. Orlando.
5. Rasmussen, J., (1987). Reasons, Causes and Human Error. In New Technology and Human Error (eds) J. Rasmussen, k. Duncan and J. Laplat. John Wiley and Sons Ltd.
6. Schiff, W.; Arnone, W.; and Cross, S. (1994). Driving assessment with computer-video scenarios: More is sometimes better. Behavior Research Methods, Instruments, and Computers. Vol, 26, pp.192-194.
7. McGehee, D. V. (1986). Designing Driving Simulation Scenarios: A Human Factors Perspective. Wokshop on Scenario and Traffic Generation for Driving Simulations. Iowa.
8. Sánchez, M.; Valero, P.; Pareja, I. (2000). Interfaz de Usuario en el Desarrollo de un Simulador de Conducción. Interacción 2000. I Jornadas de Interacción Persona-Ordenador. Granada 2000.
9. Coma, I.; Rodríguez, R.; Fernández, M.; Martínez, E. y Caselles, P.(1998). Artgraph: Un entorno integrado de desarrollo y ejecución de aplicaciones 3D en tiempo real. Actas de Congreso Español de Informática Gráfica (CEIG'98). Ourense.