



Diseño de conductores virtuales para evaluar los sistemas de asistencia a la conducción: modelo cognitivo del conductor

Helios de Rosario Martínez¹, Juan Manuel Belda Lois², José S. Solaz Sanahuja¹, José Laparra Hernández¹, Nicolás Palomares Olivares¹, Elisa Signes i Pérez¹, Rakel Poveda Puente¹, Clara Solves Camallonga¹

¹ Instituto de Biomecánica (IBV).
Universitat Politècnica de València.
Edificio 9C. Camino de Vera s/n.
(46022) Valencia. España

² Grupo de Tecnología Sanitaria
del IBV, CIBER de Bioingeniería,
Biomateriales y Nanomedicina
(CIBER-BBN)

La complejidad de los nuevos vehículos, con una elevada carga de información al conductor y con la posibilidad de conducción autónoma en ciertos momentos o tramos, hace necesaria la puesta a punto de herramientas que permitan evaluar el impacto de la tecnología sobre el conductor en fases muy previas de desarrollo. El objetivo del trabajo que se está desarrollando en el marco del proyecto [DIVEO](#) (proyecto en colaboración IVACE 2016) permitirá desarrollar una serie de conductores virtuales que serán de gran utilidad en el análisis del efecto en la seguridad y el modo de conducción de los nuevos sistemas que, progresivamente, van incorporándose en los nuevos modelos de automóvil. Los modelos cognitivos de conductor en desarrollo son herramientas de *software* que permitirán futuras ampliaciones y modificaciones y que posibilitan el análisis de sistemas que se encuentran en estado embrionario.



INTRODUCCIÓN

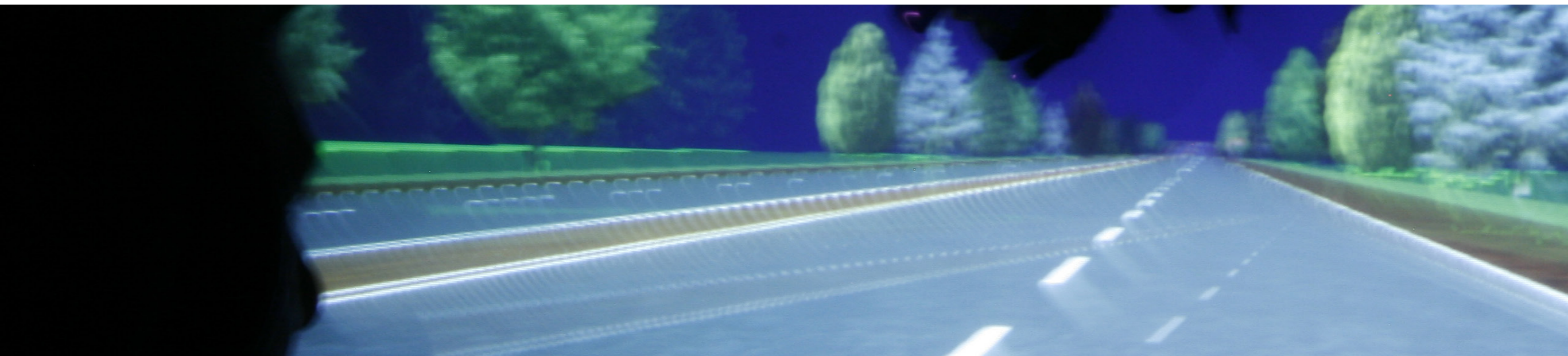
La conducción de vehículos es una tarea compleja, que involucra mecanismos de atención y acciones de control a distintos niveles y en distintas escalas temporales: el conductor necesita tomar las decisiones necesarias para llegar a su objetivo, en función de las condiciones del tráfico y el entorno existentes en cada momento, lo que involucra el desarrollo de mecanismos de control y coordinación motora sofisticados.

Además, el aumento de los sistemas automáticos en el automóvil y la pervasividad de los distintos elementos de información y comunicación que usamos continuamente (véanse, por ejemplo, los terminales de telefonía móvil, navegadores y otros dispositivos de “infotainment”) hacen cada vez más importante conocer de qué manera se produce la interacción entre el conductor y los distintos elementos con que interactúa en el interior del vehículo para garantizar una conducción segura.

Esta necesidad se hace aún más patente en los nuevos paradigmas de conducción que están cobrando fuerza hoy en día gracias a los avances tecnológicos de la industria de la automoción, como la conducción autónoma a través

de los “vehículos inteligentes”. En estos vehículos, durante ciertos tramos de trayectos largos, el conductor podrá permitirse un mayor grado de libertad para simultanear la conducción con otras tareas secundarias, aunque esta situación puede cambiar en lapsos de tiempo muy cortos.

Por todo ello, la valoración del puesto de conducción durante los últimos años se ha ido desplazando del campo puramente experimental hacia el análisis de los procesos cognitivos y mentales. Siguiendo esta tendencia y en el marco del proyecto DIVEO, desarrollado en colaboración con los Institutos Tecnológicos ITI y AIMPLAS, el IBV ha sido el responsable del objetivo orientado al desarrollo de nuevas herramientas que permitan a los investigadores simular estos complejos procesos para múltiples tipologías de escenarios y personas. Esto ayudará a definir funciones para la gestión de la carga cognitiva (*workload management functions*), con el objetivo de resolver conflictos potenciales entre funciones individuales y su interacción con el conductor. El resultado contribuirá de forma significativa a diseñar los futuros puestos de conducción y sus interfaces con el conductor (Engström and Hollnagel, 2007).





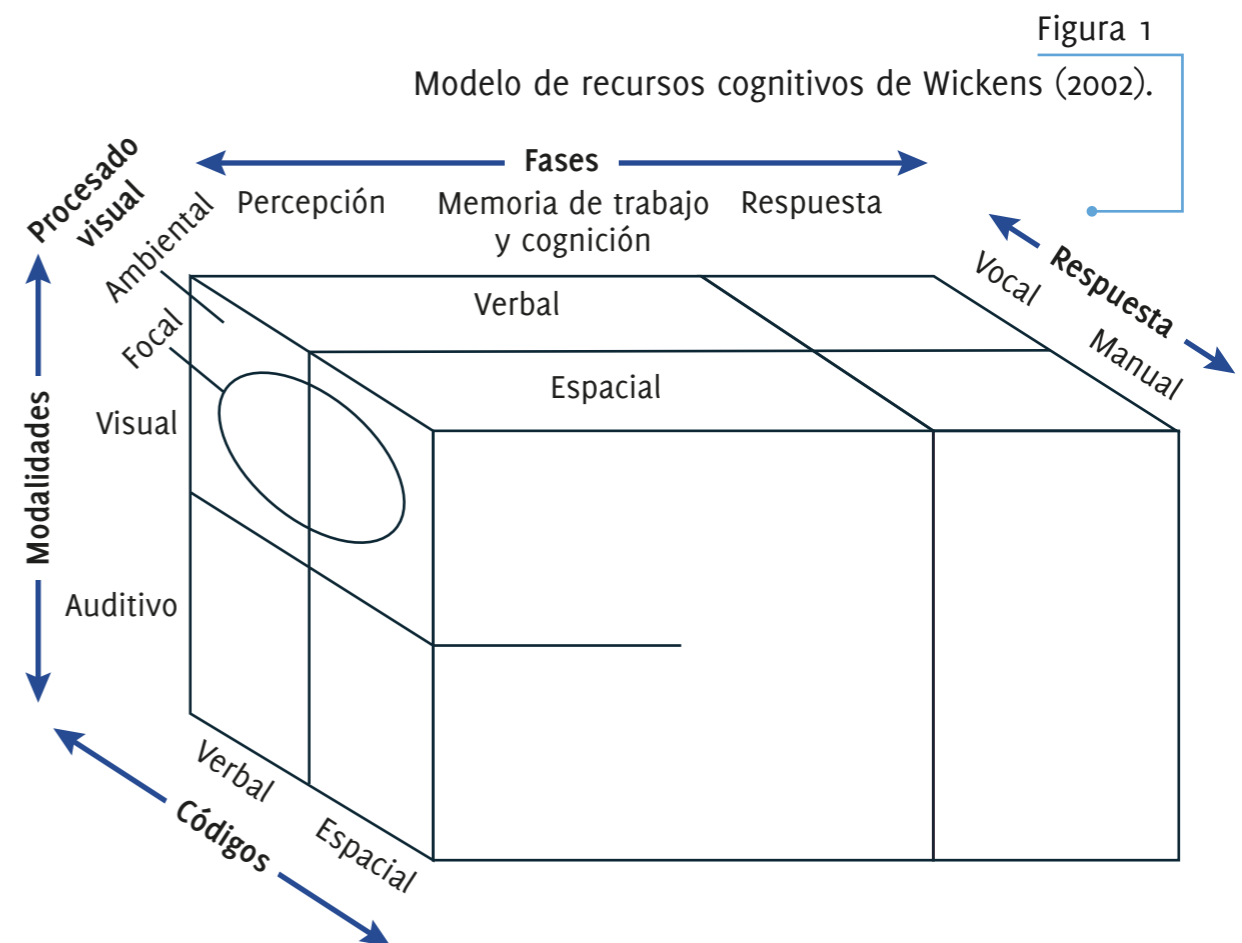
SELECCIÓN DEL MODELO COGNITIVO

El trabajo realizado en la primera anualidad del proyecto DIVEO ha partido de una actualización del conocimiento científico-técnico existente en referencia al uso de modelos cognitivos orientados a la conducción y de las herramientas informáticas disponibles para implementarlos. En el estudio realizado se han encontrado diversas aproximaciones, aunque con una gran disparidad y una proporción desigual entre marcos teóricos desarrollados e implementaciones prácticas. Tras dicha exploración, se puede decir que, a pesar de existir un gran número de modelos cognitivos teóricos orientados a aspectos relacionados con la conducción, no existe un marco común aceptado para el modelado del comportamiento del conductor.

Entre la gran variedad de estrategias para modelar los procesos cognitivos del conductor que se han identificado en la bibliografía, el desarrollo que se está llevando a cabo en el proyecto DIVEO se centra en la categoría de modelos funcionales de procesado de la información, en los que la actividad cognitiva se caracteriza como una secuencia de pasos computacionales, incluyendo la percepción, la toma de decisiones y la selección de la respuesta más adecuada (Engström and Hollnagel, 2007). El orden y los tiempos asociados a la ejecución de estas secuencias dependen de los mecanismos de atención y las limitaciones modeladas de los recursos cognitivos del conductor. En el caso de la conducción de vehículos, existen modelos de este tipo que han sido aplicados a modelos de conducta al volante más generales como el de Wickens (2002), en el que se considera que los recursos cognitivos que una persona dedica a una tarea están estructurados en cuatro “dimensiones”: la relacionada con el tipo de información empleada (espacial

o verbal), la vía en la que se transmite esa información (auditiva o visual), la forma en la que se centra la interacción con el entorno (percepción de estímulos, respuesta del cuerpo), y –en el caso de que sea una tarea de percepción– cómo está distribuida la información que hay que procesar (enfocada en un punto, o repartida en el entorno).

Según este modelo, la capacidad del ser humano de realizar tareas complejas o simultanear distintas tareas depende no solo de la cantidad de información que hay que procesar y la demanda temporal (incluyendo aspectos como la urgencia o prioridad asignada a las tareas), sino también de en qué medida las distintas “subtareas” pueden repartirse los distintos tipos de recursos cognitivos o compiten entre ellas.





Operativamente, esto se traduce en forma de unas matrices con “costes de concurrencia”, que permiten cuantificar en las múltiples dimensiones la demanda cognitiva de una o varias tareas como pueden ser conducir buscando un destino, y a la vez atender a las señales de tráfico, otros vehículos y eventos de la carretera, sistemas de información dentro del vehículo, etc. A través de esas cantidades, considerando unos recursos cognitivos limitados, se puede determinar la velocidad de respuesta ante unos estímulos (o fallos a la hora de responder si las tareas tienen un tiempo de respuesta limitado, como esquivar un obstáculo).

Desde el punto de vista de la implementación, se han investigado los diversos tipos de modelos cognitivos del conductor: basados en arquitecturas cognitivas, como ACT-R y SOAR, (Salvucci, 2006), y los basados en series de eventos discretos, como IMPRINT, una aplicación de la administración pública de los Estados Unidos originalmente orientada al modelado de la conducción de vehículos militares.

Las arquitecturas cognitivas son un marco general en el que se definen modelos modulares de la mente, con una orientación próxima a los desarrollos de Inteligencia Artificial (IA), con el fin de representar en un sistema computacional las capacidades cognitivas humanas. Aunque tienen un gran potencial para representar fielmente el modo de funcionamiento de la mente y pueden modelar la resolución de problemas complejos, también la complejidad que implica su programación es muy grande. Por otro lado, los modelos de eventos discretos no están específicamente orientados a modelar la mente, sino escenarios más generales de forma simplificada, como un conjunto de procesos y eventos que

interactúan entre ellos, provocando su desencadenamiento, finalización o interrupción, dependiendo de cómo se desarrolla la secuencia de sucesos. Por ejemplo, en un escenario de conducción pueden definirse procesos y eventos como el recorrido de un vehículo, el cruce del vehículo con una señal, obstáculo u otro elemento del entorno, acciones como acelerar, frenar, cambiar de dirección, las acciones mediante las que el conductor interactúa con lo que percibe del entorno y los controles del vehículo, etc.

Los modelos basados en los eventos discretos son más asequibles para escenarios de complejidad baja o media, y permiten una integración más directa de reglas que relacionan estímulos con respuestas, que es uno de los objetivos principales a la hora de valorar la interacción del conductor con las nuevas interfaces del vehículo, más que la comprensión del funcionamiento de la mente. Por estas razones, se ha decidido implementar este tipo de modelos de eventos discretos, utilizando las reglas de carga cognitiva definidas en el modelo de Wickens.

Figura 2

El conductor va a recibir cada vez más información y estímulos. El impacto de la tecnología en la carga mental es crítico.





IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO

Como aplicación práctica de estos modelos cognitivos, se ha decidido implementar un escenario de simulación del “*Lane Change Test*”: una metodología validada y ampliamente usada para evaluar la carga cognitiva y la seguridad de sistemas que pueden distraer la atención de los conductores, a través de un simulador de conducción. A nivel conceptual es una prueba sencilla: consiste en recorrer un trayecto y realizar simultáneamente tareas secundarias (encender la radio, atender las indicaciones del navegador), al mismo tiempo que surgen indicaciones en la carretera para cambiar entre tres carriles. Se evalúa la capacidad de reacción y la trayectoria realizada por el vehículo.

La implementación de este método se encuentra estandarizada a través de la norma ISO 20622 (2010). Es una de las herramientas que el IBV tiene puesta a punto en su laboratorio de conducción, y se emplea en la evaluación de productos y sistemas embarcados que pueden suponer una potencial distracción para el conductor. El objetivo marcado por el proyecto DIVEO es ampliar la aplicación de la norma: de herramienta de evaluación sobre prototipos a una herramienta de evaluación de diseños, empleando usuarios “virtuales”.

Una de las ambiciones dentro de este objetivo es emplear herramientas informáticas abiertas y de amplio uso, que permitan la independencia de soluciones específicas y propietarias, con el fin de facilitar la transferibilidad y la ampliación. Con esta perspectiva se ha escogido el lenguaje de programación Python, un lenguaje de propósito múltiple, libre, público y gratuito, que permite implementaciones y usos muy diversos con propósito de investigación, indus-

trial y comercial y con una gran comunidad de usuarios y desarrolladores. Uno de los desarrollos es la “librería” SimPy para simulación de eventos discretos, potencialmente útil para simular recorridos de vehículos en diversos tipos de escenarios.

Figura 3

Pruebas en el simulador de conducción de IBV.





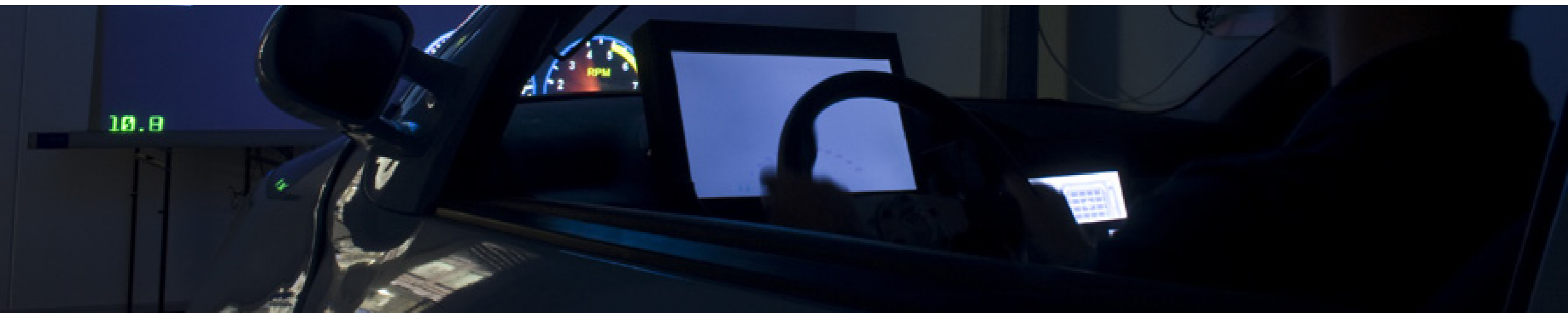
En la primera anualidad del proyecto se ha trabajado en una extensión de los “entornos”, en un estudio para verificar la viabilidad de usar SimPy para construir escenarios relacionados con el control de un vehículo con complejidad creciente. Se han programado varios escenarios, desde el más simple y elemental con un solo vehículo realizando un trayecto sin interrupciones, hasta uno en el que varios conductores interactúan con obstáculos en un tramo de carretera, empleando modelos basados en márgenes de seguridad para intentar sortearlos, teniendo en cuenta distintas capacidades de reacción tanto del conductor como del vehículo mismo, según velocidades del vehículo y distancias a las que el conductor es capaz de detectar los obstáculos.

De este modo, se han creado automóviles, tramos de carretera y obstáculos virtuales, que pueden interactuar entre sí. También se han creado entornos donde estos elementos conviven y se realiza la interacción, así como un proceso que permite una monitorización (observación) de la situación.

Si bien los eventos (sucesos relevantes) se definen de forma dinámica, ha de haber procesos de monitorización a intervalos de tiempo para que el modelo sepa cuándo ha

de generarse un evento. Pero usar intervalos fijos no es eficaz, porque deberían ser tan pequeños como el mínimo tiempo de reacción o de cambio en el entorno, mientras que en la mayor parte del trayecto es esperable que no haya eventos o cambios relevantes (los coches avanzan por la carretera sin que ocurra nada especial). Para resolverlo, ha sido necesario programar tiempos de espera variables que consideran de forma automática cuál es el tiempo en el que podría haber un cambio en las interacciones, debido a eventos futuros.

Por ejemplo, si la conducción de un vehículo se encuentra en un estado “estacionario”, a una velocidad constante, se da un “salto” de tiempo para ese vehículo hasta que haya algún elemento que altere ese estado, incluyendo señales, obstáculos u otros objetos al alcance visual del conductor que puedan alterar la conducción. Durante las maniobras que se efectúen en esa interacción se considera un intervalo mínimo. La simulación de lo que hacen varios vehículos puede realizarse en paralelo a intervalos distintos, si están lo bastante separados como para que no haya interacción entre ellos. Esto permite realizar evaluaciones complejas en un corto periodo de tiempo, dado que eliminamos del cálculo el tiempo en el que no sucede nada relevante.





CONCLUSIÓN

La arquitectura de SimPy ha demostrado ser adecuada para simular los escenarios propuestos de interacción entre vehículos, carreteras y obstáculos. La cantidad de código necesario aumenta de forma progresiva según la cantidad de elementos e interacciones se hace más compleja, aunque este crecimiento del código parece ser controlable.

El principal paso siguiente será modelar los procesos cognitivos. Para ello se podrán utilizar los objetos implementados en SimPy, asociados a un nuevo tipo de objeto: “conductor”. Los objetos relacionados con la “macroescala” de la carretera (vehículos, obstáculos, carriles, señalizaciones, etc.) pueden añadirse al modelo desarrollado, sin interactuar con los modelos cognitivos. Por su parte, el modelo cognitivo del conductor sólo habría de actuar con el control del vehículo (velocidad, aceleración, frenado...), así como con algunos elementos externos que pudieran ponerse al alcance visual en procesos de percepción. □

Referencias

- Engström, Johan and Erik Hollnagel (2007) “A General Conceptual Framework for Modelling Behavioural Effects of Driver Support Functions.” *In Modelling Driver Behaviour in Automotive Environments*, 61–84. Springer. http://link.springer.com/chapter/10.1007/9781846286186_4.
- Kandemir, Cansu, Holly A. H. Handley and Deborah Thompson (2016) “A Workload Model to Evaluate Distracters and Driver’s Aids.” *International Journal of Industrial Ergonomics*. Accessed September 22. [doi:10.1016/j.ergon.2016.09.004](https://doi.org/10.1016/j.ergon.2016.09.004).
- Salvucci, Dario D. (2006) “Modeling Driver Behavior in a Cognitive Architecture.” *Human Factors: The Journal of the Human Factors*

and Ergonomics Society **48(2)**, 362–80. <http://hfs.sagepub.com/content/48/2/362.short>.

Wickens, Christopher D. (2002) “Multiple Resources and Performance Prediction.” *Theoretical Issues in Ergonomics Science* **3(2)**, 159–77. <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14639220210123806>.

Agradecimientos



Ref. IMDECB/2016/4

En colaboración:

