**WEBLINK:** [**http://elpais.com/elpais/2014/05/14/eps/1400084708\_661294.html**](http://elpais.com/elpais/2014/05/14/eps/1400084708_661294.html)

**Conducir sin manos** [Guillermo Abril](http://elpais.com/autor/guillermo_abril/a/) [22 MAY 2014 - 13:00 CET](http://elpais.com/tag/fecha/20140522)

**El coche autónomo circula ya sobre el asfalto. Vehículos inteligentes capaces de rodar sin piloto**

**Son solo prototipos, pero auguran una revolución en el tráfico, el urbanismo y el estilo de vida**

* [**Relájese y disfrute, quien conduce es su coche**](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/11/05/actualidad/1383677461_116849.html)
* [**Vía libre al coche sin conductor**](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2012/09/26/actualidad/1348690331_453072.html)

[Ciencia](http://elpais.com/tag/ciencia/a/)

Las afueras de Berlín resplandecen esta mañana de primavera. La vegetación en el bulevar se muestra frondosa y de un verde vivo. Los ciclistas van por la carretera ligeros de ropa, anuncian la llegada del verano. Algunos levantan el brazo para marcar el giro. Otros no dan ninguna pista. Los autobuses cargan y descargan, formando un enjambre de vehículos en torno a la parada. Los ciudadanos caminan lentamente por los pasos de peatones. Hay coches aparcados a la derecha y otros rastreando aparcamiento. La vía podría ser de dos carriles, pero no hay líneas que lo delimiten. El tráfico se muestra denso y fluido. Caótico. Sin patrón fijo. El investigador de robótica Paul Czerwionka, sentado en el asiento del copiloto de un Volkswagen Passat, con un portátil abierto sobre sus piernas, acaba de comentar que, al principio, cuando sacaban el automóvil a la calle, la gente se tapaba la cara o hacían un corte de mangas. “Se pensaban que éramos de Google Street View” y, por tanto, que acabarían apareciendo en las imágenes de 360 grados con las que la compañía estadounidense permite asomarse al mundo de forma virtual.

La confusión es lógica. El Passat en cuyo interior nos encontramos lleva encima un artilugio que podría ser una cámara. Una torre láser de 64 haces ondeando a 10 hercios. En el portón del maletero una placa avisa: “Coche de pruebas”. Y unas letras añaden: “El futuro asegurado”. La frase la estampó la compañía que se arriesgó a cubrir el prototipo en caso de accidente. El coche tiene licencia para conducir por Berlín. De momento sigue parado. Una voz metalizada surge del salpicadero: “System is ready [sistema preparado]” y Czerwionka explica lo que se ve en su ordenador. El mundo exterior trazado con líneas. Recuerda al esqueleto de un videojuego. La vida a tiempo real, vista a través de siete láseres, siete radares y cinco cámaras. En el centro de la calzada artificial aparece una raya verde. “Muestra por dónde el coche ha de conducir. Ahora le estamos ordenando: ‘Ve a este *checkpoint* [una coordenada de GPS] y después a este otro y luego vuelve al primero. Así que lo que va a hacer es subir y bajar esta calle”.

Su compañero Fritz Ulbrich, el investigador sentado en el asiento del piloto, pregunta: “¿Listos?”. Presiona un botón y la máquina escupe: “Engaged [enlazado]”. El volante gira solo a la izquierda, el vehículo avanza sin que nadie pise los pedales, se coloca poco a poco sobre la línea verde imaginaria y se une al tráfico mañanero. Resulta imposible ahogar una risa nerviosa, a medio camino entre el terror y la admiración. Es quizá el primer efecto cuando uno sube a bordo de un coche autónomo. Pero su conducción dulce, recta y precavida enseguida se impone. Un robot inteligente al mando. Que no fuma, no bebe y no consulta el móvil. Programado para no distraerse. Para ser conservador, nunca agresivo. Capaz de tomar decisiones instantáneas. Un sueño futurístico rodando por el corazón de Europa. En el que algunos vislumbran un mundo sin accidentes, y un tráfico racional que devuelva la ciudad a sus habitantes. Un reto para la industria del automóvil, que ve cómo planea sobre ella la amenaza de los coches colectivos. [*Made in Germany,* han bautizado a su prototipo en el grupo de Inteligencia Artificial de la Universidad Libre de Berlín.](http://www.autonomos.inf.fu-berlin.de/made-in-germany) Pero su instigador, [Raúl Rojas, el director del departamento, es un matemático de 58 años de origen mexicano.](http://www.inf.fu-berlin.de/inst/ag-ki/rojas_home/pmwiki/pmwiki.php)

Alto, robusto y parco en gestos, Rojas habla con el tono monocorde que uno podría atribuirle a las máquinas que ha creado. En 1998, su equipo comenzó a experimentar con robots futbolistas. La idea era [competir en RoboCup, un certamen creado en 1997](http://www.robocup.org/) (en la edición de 2013 se retaron 410 equipos de 45 países) y cuyo objetivo es poner a prueba los avances en inteligencia artificial. En la categoría de fútbol, se enfrentan sobre el terreno cinco contra cinco criaturas autónomas, todas queriendo hacerse con el balón y meter gol en la portería contraria. El requisito básico consiste en que los robots funcionen por sí mismos. Han de ser capaces de tomar decisiones en función de lo que ven (a este territorio de la robótica se le llama *percepción)* y articular un movimiento en consecuencia *(control).*

[Los microrobots de Rojas, llamados FU-Fighters, correteando como cucarachas, ganaron el campeonato mundial en 2004 y 2005](https://www.youtube.com/watch?v=EkXHwJMCFNw). Reto cumplido. En 2006, [la Agencia de Proyectos de Investigación Avanzados de Defensa de Estados Unidos (DARPA) convocó el](http://archive.darpa.mil/grandchallenge/) [*Urban Challenge*](http://archive.darpa.mil/grandchallenge/)*,* una carrera de vehículos por zona urbana, con el destacable requisito de que los coches se condujeran solos. Sin piloto ni guía y con un objetivo, llegar a la meta. Como los futbolistas, pero a través de 96 kilómetros en zona urbana. Rojas vio una oportunidad para seguir motivando a su equipo. “Necesitábamos un nuevo desafío”.

***El volante gira solo a la izquierda, el vehículo avanza sin que nadie pise los pedales, se coloca poco a poco sobre la línea verde imaginaria***

No era la primera llamada de este tipo. En 2004, DARPA celebró el *Grand Challenge* en el desierto de Mojave, una carrera pionera de larga distancia para vehículos sin conductor. Debían recorrer 240 kilómetros por sí mismos. Un reto sin precedentes, al estilo americano. [En las imágenes de archivo, se ve cómo los vehículos, con enormes ruedas, cargados de sensores y radares, comienzan a circular dubitativos por sendas de arena. *Pick ups* y tanquetas, SUV modificadas, incluso una motocicleta.](https://www.youtube.com/watch?v=wTDG5gjwPGo) Tras la señal de salida, algunos vehículos se paran. O culebrean. Golpean las vallas publicitarias. Continúan entre los gritos del público. El comentarista del evento dice en un momento dado: “Un vehículo para cruzar el desierto, con el objetivo de mantener a nuestros jóvenes militares fuera de peligro”. Esa era la idea. En 2001, el Congreso de EE UU se había propuesto que un tercio de sus vehículos de combate fueran no tripulados. Un año después, DARPA lanzó la convocatoria y ofreció mil dólares de premio. Hubo 15 finalistas. Ninguno acabó la carrera. El certamen se declaró desierto. Pero se convocó un campeonato para el año siguiente y se duplicó la cuantía del premio.

Al segundo *Grand Challenge* se presentaron casi doscientos equipos; 23 llegaron a la final. Cinco cruzaron la meta. [El ganador, Stanley, un Volkswagen Touareg azul cobalto](http://tecnologia.elpais.com/tecnologia/2005/10/10/actualidad/1128932879_850215.html) similar a un todoterreno de rali, se exhibe desde 2008 en el Museo Smithsonian de Historia Natural, en Washington. Su arquitectura había sido diseñada y programada por un equipo de la Universidad de Stanford (California), bajo la batuta de [Sebastian Thrun, director del laboratorio de inteligencia artificial.](http://robots.stanford.edu/)

En 2006, cuando Rojas se animó a participar con su grupo en el reto urbano de DARPA se desplazó a Stanford, donde su equipo se nutrió de las enseñanzas de Thrun. “Motivaron a nuestro equipo”, según una memoria del proyecto. [El primer coche autónomo del equipo berlinés se comenzó a armar a partir de una furgoneta Dodge Caravan.](http://www.autonomos.inf.fu-berlin.de/introduction/darpa-urban-challenge) La compraron por eBay. Antes había pertenecido a un discapacitado, tenía los pedales adaptados y se manejaba con un *joystick.* Durante meses instalaron y programaron. La bautizaron *Spirit of Berlin.* Por supuesto, Rojas había acudido antes a la mayoría de las compañías de la industria con la esperanza de lograr un coche para el *Urban Challenge.* “Nadie me lo quiso dar”, cuenta el matemático. “Muchas compañías no querían ni investigar. A sus clientes, decían, les gusta conducir”.

Tal y como lo ve el profesor, el coche sin piloto abre la puerta a compartir transporte de forma masiva. Uno presionaría un comando en su móvil y el vehículo aparecería para recogerle, sumándose a la trayectoria de otros ocupantes con los que comparta ruta. “Para mí un vehículo autónomo es un taxi operando 24 horas al día, siete días por semana. Es absurdo tener un automóvil para usarlo un 4% al día [casi una hora], el uso medio en Berlín”. La gran amenaza para la industria. Aunque algo ha empezado a cambiar en los últimos años. En 2006 nadie le donó un vehículo. Ocho años más tarde, [cuando nos encontramos con Rojas en Madrid hace tres semanas, el profesor había sido invitado por Línea Directa,](http://sociedad.elpais.com/sociedad/2014/04/23/actualidad/1398280222_147626.html) una aseguradora española que ha empezado a interesarse por un territorio minado de interrogantes. Como enumeraba Francisco Valencia, uno de los directivos: “¿Al ocupante se le considera conductor o pasajero? ¿Ha de tener permiso de conducir? Si causa un accidente, ¿dónde está la responsabilidad? ¿A quién ha de repetir la aseguradora? ¿Al fabricante del *software?* ¿Al del vehículo?”.

Teresa de Pedro, una veterana investigadora de inteligencia artificial del Centro Superior de Investigaciones Científicas español, compara [los vehículos autónomos del proyecto Autopía](http://www.car.upm-csic.es/autopia/) con “un ciego que aprende de memoria el camino por el que tiene que ir”. Eso son los mapas. “La trayectoria de referencia”, lo llaman aquí, en la sede del CSIC en Arganda del Rey (Madrid). No todos cuentan con la capacidad de Google. Y a falta de caros radares y torres láser, en la universidad se han centrado en el *control* del robot, y no en la percepción. Aun así, [el departamento logró trasladar hace dos años su prototipo *Platero* de El Escorial a Arganda: 98 kilómetros de forma autónoma por vía urbana e interurbana](http://www.car.upm-csic.es/autopia/videos.php). Otro vehículo (manual) rodaba unos metros por delante, registrando la *trayectoria de referencia* y enviándola a tiempo real al coche sin conductor. Jorge Godoy, un alumno recién doctorado del departamento, lo resume así : “El coche es una persona ciega que confía en ti”. Acaba de ordenar a *Platero* que realice la “demo conos tipo 4”. Y el vehículo avanza y gira el volante y resuelve una recta trazando un zigzag perfecto sin tirar un solo cono. Pero si hubiera cambiado los obstáculos de sitio el coche se habría quedado bloqueado, sin saber qué hacer. Un mapa erróneo. Una vez le ocurrió algo similar: frente a los conos, se equivocó y ordenó al vehículo que se dirigiera a la rotonda. El coche resolvió la ecuación saliéndose de la calzada y empotrándose contra una grada. “Un error humano es lo que te va a pasar casi siempre”, dice Godoy.

***Google asegura que su tecnología ‘sin piloto’ podría reducir a la mitad los 1,2 millones de fallecidos anuales en accidentes de carretera en el mundo***

El factor humano se encuentra detrás de la gran mayoría de los accidentes. Las curvas de distribución de siniestros con víctimas mortales por horas muestran en Europa un repunte significativo a partir de las cuatro de la tarde. Vuelta del trabajo. La hora de mayor fatiga. [En España, la distracción y el despiste causan cuatro de cada 10 accidentes mortales (dato de 2010)](http://asp-es.secure-zone.net/v2/index.jsp?id=5938/10033/21337&startPage=37). [Cuando Google hizo público su proyecto, aseguró que su tecnología podría llegar a reducir a la mitad los 1,2 millones de fallecidos anuales en accidentes de carretera en el planeta](http://googleblog.blogspot.com.es/2010/10/what-were-driving-at.html) (“queremos fundamentalmente cambiar el mundo con esto”, declaró uno de los fundadores de Google a *The New Yorker).* Las máquinas, a diferencia de los humanos, son inflexibles con las normas. “Lo que hacen, lo hacen siempre”, según la investigadora Teresa de Pedro, del CSIC. En un mundo ideal, en el que solo condujeran robots, muy probablemente la siniestralidad se reduciría al mínimo. El reto, de momento, es la implantación gradual en un entorno caótico e impredecible: el hábitat normal de los humanos. La coexistencia entre el robot y el hombre. Uno es inflexible; el otro, lo contrario. Lo dice Rojas en Berlín: “Los humanos rompen las reglas de manera que uno nunca se lo espera”.

La difícil cohabitación con la vida. Donde a las personas les basta detectar un gesto en el peatón para saber si quiere cruzar la calle o si está ahí de pie, esperando. Un coche autónomo, programado de forma no agresiva, se quedaría parado hasta que la persona cruzara. Y sería el último en meter el morro en una rotonda colapsada. Jamás podría estar seguro de que el conductor que le viene de frente, en un adelantamiento en carretera, se va a meter de nuevo en su carril. “La computadora tiene que hacer supuestos sobre la vida real y tener sentido común. El tráfico es un contrato social. Todos queremos sobrevivir y llegar a nuestro destino. Pero programar esos supuestos, ese sentido común, es muy difícil”, dice Rojas. Él vislumbra un futuro en el que en 30 años veremos modelos autónomos circulando. A finales del siglo XXI, pronostica, el tráfico será controlado por una unidad central.

Javier Alonso, un investigador español en la Universidad de Karlsruhe (Alemania), asegura que la tecnología está lista. La podría comprar cualquier persona con dinero. Pero el comportamiento de las máquinas aún muestra agujeros. “Un éxito del 98% es un gran avance en investigación, pero en el mundo real necesitas la certeza absoluta”, expone Alonso. En *percepción,* campo en el que destaca su facultad, ya existen trabajos en los que se pretende adivinar las intenciones de los peatones. Un modelo predictivo sobre el impredecible comportamiento de nuestra especie. [Su grupo en Karlsruhe participó también en el *Urban Challenge* de 2007](http://www.mrt.kit.edu/annieway/uc07.html). Su vehículo llegó a la final, pero fue desconectado antes de acabar el recorrido. Desde 2010, [el mismo equipo ha colaborado con Daimler en un prototipo de Mercedes Clase S que en agosto de 2013 recorrió 100 kilómetros en vía urbana e interurbana, con tráfico real, sin intervención humana](http://elpais.com/elpais/2014/05/14/eps/%20http%3A/technicity.daimler.com/en/autonomous-driving-in-the-tracks-of-bertha-benz/). “De lo más complejo que se ha hecho”, destaca Alonso. Pero el vehículo, añade, llegó a un estrechamiento en la calle y paró. “Todos los coches en sentido contrario pasaban. Y no veía nunca el hueco. El conductor tuvo que apagar el modo automático y atravesar manualmente”. Un coche conservador es el último de la calle. La ciudad sigue siendo el gran reto. El caos. [La última entrada en el blog de Google sobre su coche, publicada hace dos semanas, se detenía en el asunto](http://googleblog.blogspot.com.es/2014/04/the-latest-chapter-for-self-driving-car.html): “Peatones que cruzan sin mirar. Coches que surgen de un bandazo. Camiones de reparto estacionados en doble fila […] Durante el último año hemos centrado nuestro foco en dominar la conducción en ciudad”. Y también, gracias a un intenso *lobby,* han logrado que tres Estados admitan la conducción autónoma en sus calles.

Ese es precisamente el hábitat natural de *Made in Germany,* el vehículo con licencia para conducir por Berlín del departamento de Rojas. [El único vehículo europeo al que, de momento, uno se puede subir para verlo rodar en territorio comanche. Salen a la calle a menudo.](https://www.youtube.com/watch?v=YZqL6j2D5H4) El equipo programa en un simulador, recoge el coche en un garaje lleno de inventos y cachivaches robóticos, y prueba los algoritmos sobre el asfalto. Ensayo y error.

***“La computadora tiene que hacer supuestos sobre la vida real y tener sentido común. Pero programar ese sentido común es muy difícil”, dice el matemático mexicano Raúl Rojas***

Habíamos abandonado el Passat poco después del enlace. “Engaged”. Se ha colocado sobre la línea verde del mapa virtual. Las autoridades de tráfico exigen que una persona vaya con las manos atentas al volante y los pedales (si los pisa se oye un pitido, como en los vehículos de autoescuela), y otra siempre concentrada en la evolución del *software* en la pantalla. Fritz Ulbrich y Paul Czerwionka, los alumnos de Rojas. El ordenador vuelve a hablar: “Rojo”, dice y se detiene en el semáforo. “Verde” y continúa la marcha. El circuito elegido suma un par de kilómetros. Un bulevar con discos y pasos de cebra que el vehículo ha de remontar hasta llegar a un giro de 180 grados donde ha de ceder el paso a los vehículos con prioridad que vienen en sentido contrario, e incorporarse de nuevo a la vía para desandar el camino por la otra calzada. Un pequeño laboratorio real. Por mucho que se parezca, el escenario nunca es el mismo. Una bicicleta pasa cerca, ala derecha. En la siguiente vuelta pasan tres. Ulbrich va divagando sobre la relación hombre-máquina: “El tiempo que el coche necesita para decidir es mucho menor. Si reconoce algo, frena al instante. Lo cual es también un problema. En tráfico normal, lo peor que puedes hacer es detenerte de pronto: los humanos tienden a no respetar la distancia de seguridad”, y llega el primer susto. En el giro en U, el vehículo cede el paso y cambia de sentido, pero se encuentra un autocar delante, invadiendo el carril. Ulbrich acerca sus manos al volante y exclama sin tocarlo: “¿Qué está pasando?”. El coche esquiva el trasero del autocar de milagro. “Eso estuvo muy justo”. En la misma vuelta, el coche se detiene sin motivo aparente. “¿Qué pasa ahora?”, dice Ulbrich. Enseguida se da cuenta del fallo: el Passat se encuentra cediendo el paso erróneamente a los vehículos que se incorporan desde la izquierda, cuando no tienen prioridad. “Creí que había arreglado este *bug”,* añade y salva el agujero en la programación en modo manual. Enseguida vuelve a conectar el piloto autónomo. Pero unos metros después percibe que el coche se aproxima al cambio de sentido a gran velocidad. Ve un coche acercándose peligrosamente a su derecha y de su garganta brota un “¡ou, ou ou oouuu!” y luego se oye el pitido del freno como un anticlímax. El coche se detiene justo a tiempo. “No me he fiado”, dice Ulbrich, quizá influido por los sucesos anteriores o porque espera el nacimiento de su primer hijo en cuestión de horas. “Creo que habría frenado. Pero nunca se sabe”. Y no hay forma humana de saberlo. De momento, mejor no correr riesgos.