



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
INSTITUTO UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN DEL AUTOMÓVIL  
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PROFESIONALES DE AUTOMOCIÓN



# Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

**Felipe Jiménez Alonso**

Catedrático de Universidad  
Director de la Unidad de Sistemas Inteligentes en Vehículos  
Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA)  
Universidad Politécnica de Madrid (UPM)  
e mail: felipe.jimenez@upm.es

Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

1

## ¿ACCIDENTES, ERRORES, FALLOS?



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

2

# I+D+i

## CONDUCCIÓN AUTÓNOMA Y CONECTADA COMO EJE DE I+D+i



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

3

# RETOS TECNOLÓGICOS

RETOS TÉCNICOS

Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

4

# RETOS TECNOLÓGICOS



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

5

# RETOS TECNOLÓGICOS

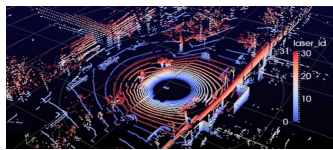
## Percepción del entorno con sensores embarcados

Representación completa y fiable del entorno que garanticen, en la medida de lo posible, no tener falsos positivos o negativos.

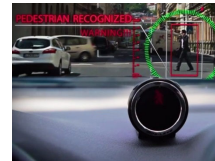
Sensores de características muy diferentes



Apropiados en algunos casos pero ineficaces por ellos solos en otros



Fusión sensorial



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

6

# RETOS TECNOLÓGICOS



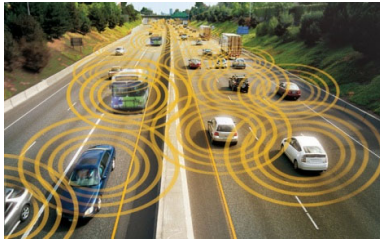
PERCEPCIÓN

Tecnologías  
Fusión  
Integración

Tecnologías  
Estándares  
Volumen datos  
Calidad datos

RETOS  
TÉCNICOS

COND. CONECTADA



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

7

# RETOS TECNOLÓGICOS

Percepción del entorno con comunicaciones inalámbricas

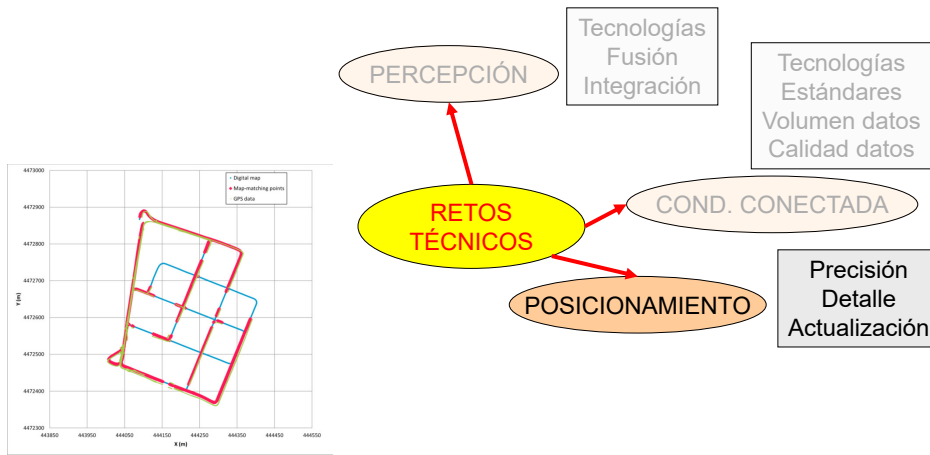


Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

8

# RETOS TECNOLÓGICOS



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

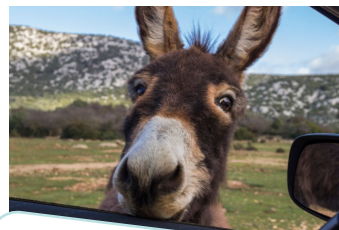
9

# RETOS TECNOLÓGICOS

## Posicionamiento como sensor secundario

El alcalde de un pueblo de Cerdeña planta cara a Google Maps

Prohíbe que se utilice esta aplicación para llegar a su pueblo porque se pierden demasiadas personas



La tecnología de los navegadores en vehículos ya se empezó a implantar hace casi 30 años

Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

10

# RETOS TECNOLÓGICOS

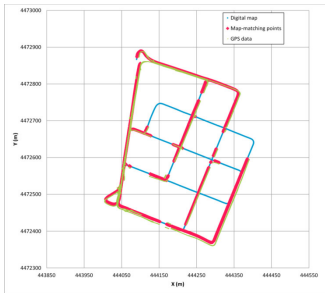
## Posicionamiento como sensor secundario

### POSICIONAMIENTO

- PRECISIÓN (hasta nivel de carril)

### MAPAS ELECTRÓNICOS

- PRECISIÓN
- DETALLE
- ACTUALIZACIÓN



### FUSIÓN

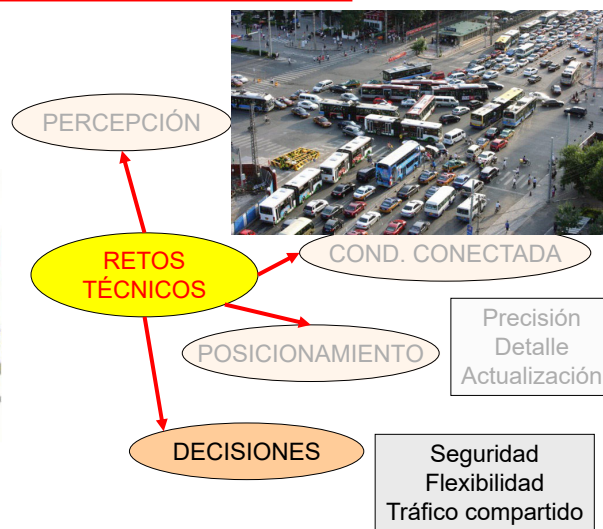
- Posicionamiento
- Fuentes de información
- Map-matching

Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

11

# RETOS TECNOLÓGICOS



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

12

# Temas abiertos

## Toma de decisiones

¿QUÉ LE PEDIMOS A LA INTELIGENCIA EMBARCADA?

FIABILIDAD

FLEXIBILIDAD

Integración en entornos desestructurados

El vehículo autónomo no sabe gestionar el caos, un humano sí.

EMULAR COMPORTAMIENTO  
HUMANO

- Observancia de normas
- Responsabilidad



Gestión eficaz del espacio compartido

Retos y cuestiones abiertas para  
la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

13

# Temas abiertos

## Toma de decisiones

Esencia de la IA:

Los sistemas que conocen el entorno aprenden de él.

¿Cuánto llegan a conocer del  
entorno?

¿Qué variables pierden y cuales  
pueden ganar respecto a la  
conducción manual?



Retos y cuestiones abiertas para  
la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

14

# Temas abiertos

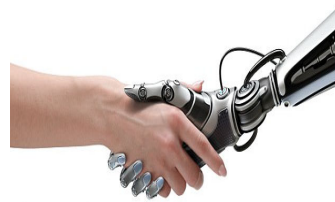
## Toma de decisiones

**IA débil:** tareas concretas  
**IA fuerte:** está por llegar y es lo que hacen los humanos

**IA explicable:** es difícil saber la razón y camino seguido hasta la solución y se persigue haya trazabilidad en su razonamiento

### Desafíos:

- Percepción y cognición
- Verificación y validación
- Personalización



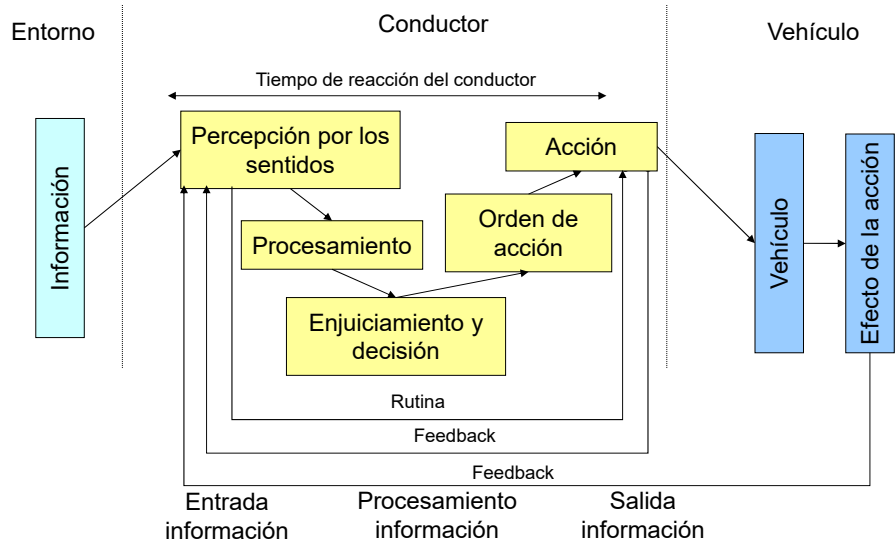
**Se da papel al humano en la conducción para que desempeñe la IA fuerte que no se dispone todavía en escenarios complejos**

Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

15

# Temas abiertos

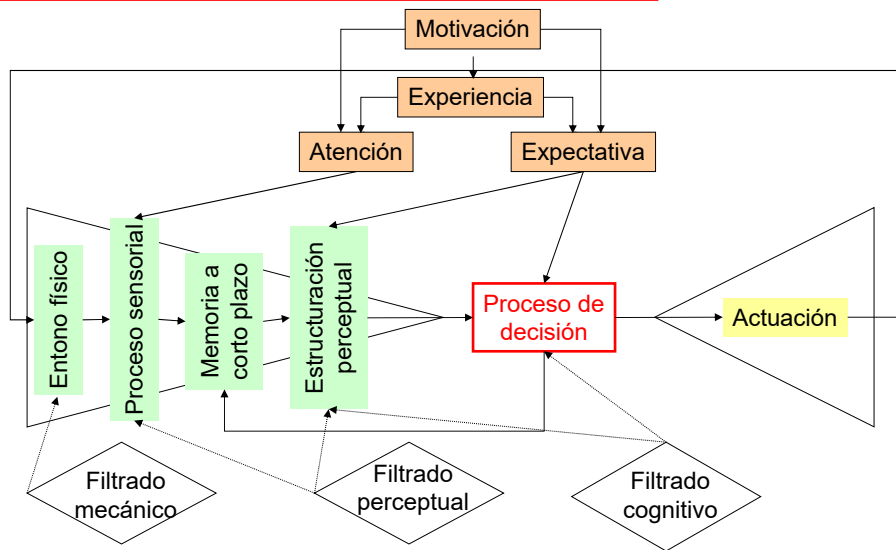


Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

16

# Temas abiertos

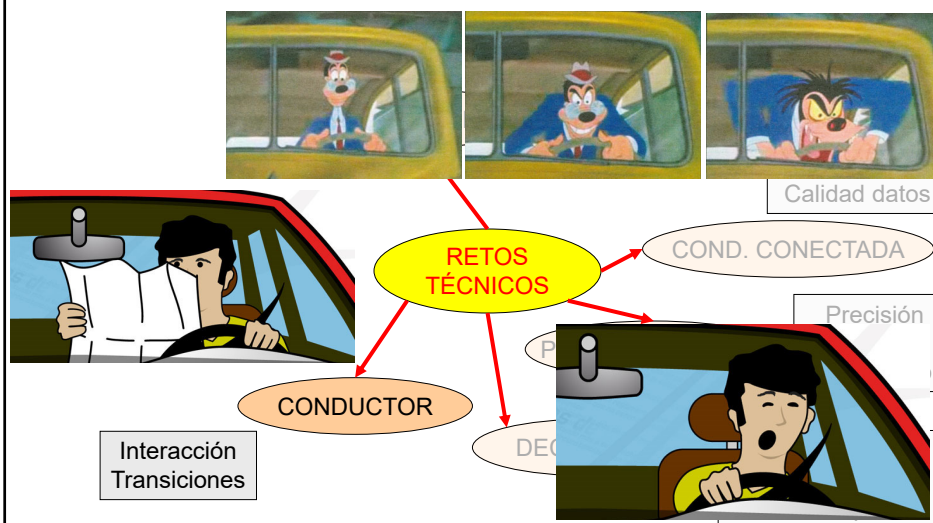


Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

17

# RETOS TECNOLÓGICOS



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

18

# RETOS TECNOLÓGICOS



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

19

# RETOS TECNOLÓGICOS

## Interacción con la infraestructura

- Aspectos físicos



- Aspectos no físicos



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

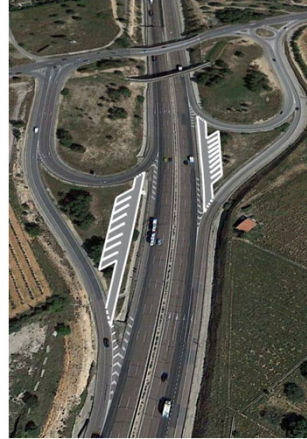
Felipe Jiménez Alonso

20

# RETOS NO TÉCNICOS

## Interacción con la infraestructura

- Aspectos físicos:
  - Mejoras en el trazado
  - Mejoras / adaptación en la señalización
  - Infraestructuras específicas
- Aspectos no físicos:
  - Intercambio de información

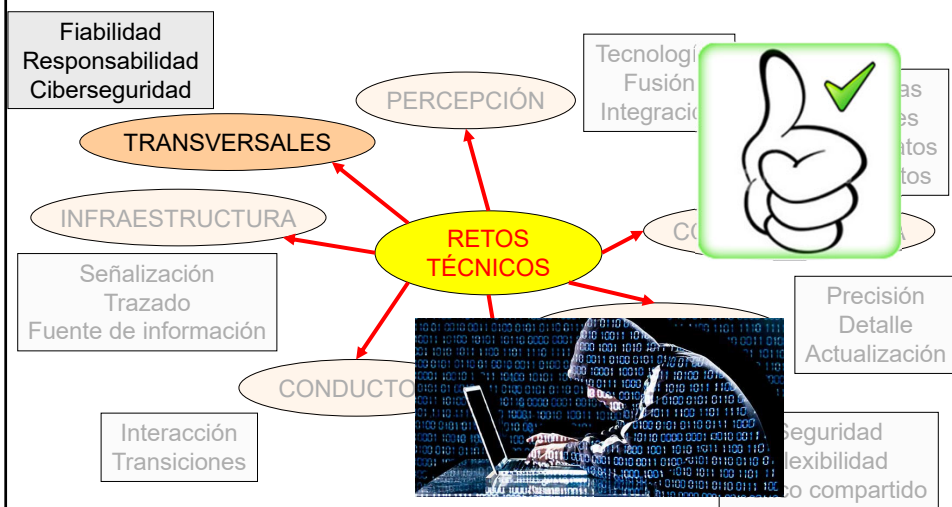


Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

21

# RETOS TECNOLÓGICOS

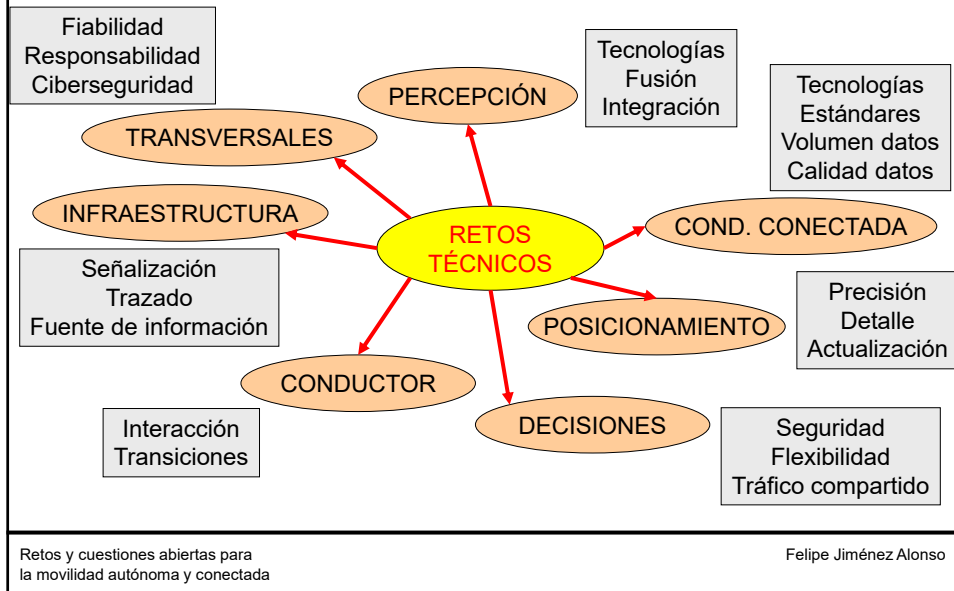


Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

22

# RETOS TECNOLÓGICOS



23

# RETOS TECNOLÓGICOS

**¿CONDUCCIÓN TOTALMENTE AUTOMATIZADA O AUTOMATIZACIÓN EN SITUACIONES CONCRETAS COMO AYUDA PARA LA MEJORA DE LA SEGURIDAD Y LA EFICIENCIA?**



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

24

## RETOS TECNOLÓGICOS

---

¿ES POSIBLE LA CONDUCCIÓN  
AUTÓNOMA SIN QUE SEA  
COOPERATIVA?



Retos y cuestiones abiertas para  
la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

25

## RETOS TECNOLÓGICOS

---

NECESIDAD DE PLANIFICACIÓN SOBRE  
LA INFRAESTRUCTURA  
¿INFRAESTRUCTURA DEDICADA O  
INTELIGENTE?



Retos y cuestiones abiertas para  
la movilidad autónoma y conectada

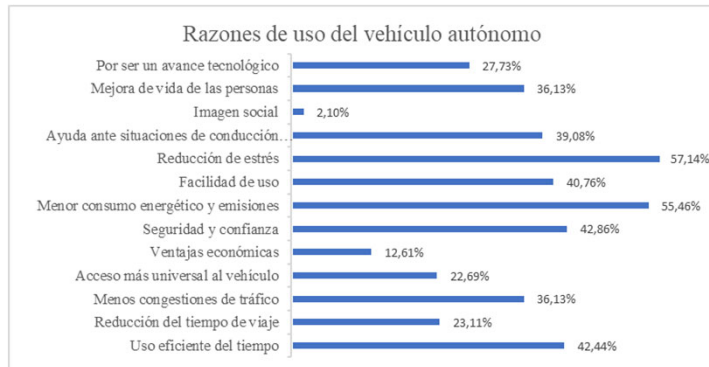
Felipe Jiménez Alonso

26

# RETOS NO TÉCNICOS

## ASPECTOS SOCIALES

- Aceptación de los usuarios de los vehículos autónomos
- Aceptación de otros usuarios



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

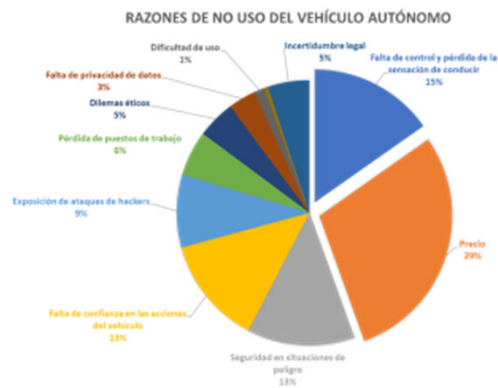
Felipe Jiménez Alonso

27

# RETOS NO TÉCNICOS

## ASPECTOS SOCIALES

- Aceptación de los usuarios de los vehículos autónomos
- Aceptación de otros usuarios



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

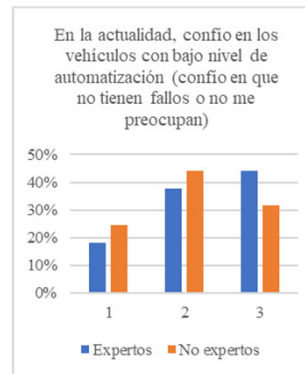
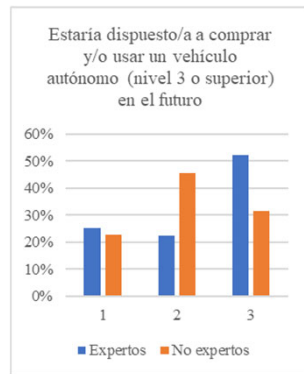
Felipe Jiménez Alonso

28

# RETOS NO TÉCNICOS

## ASPECTOS SOCIALES

- Aceptación de los usuarios de los vehículos autónomos
- Aceptación de otros usuarios



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

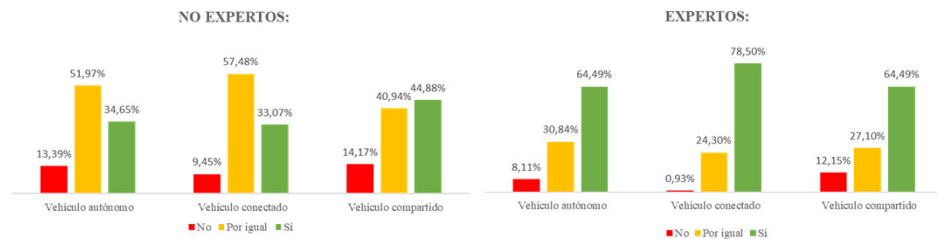
29

# RETOS NO TÉCNICOS

## ASPECTOS SOCIALES

- Aceptación de los usuarios de los vehículos autónomos
- Aceptación de otros usuarios

### ¿LAS VENTAJAS SUPERAN A LAS DESVENTAJAS?



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

30

# RETOS NO TÉCNICOS

## SECTORES AFECTADOS

- Empresas aseguradoras
  - ¿Quién paga el seguro?
  - ¿Cuánto cuesta la prima del seguro y qué cubre?
- Autoescuelas
  - ¿Qué deben enseñar?
- Profesionales del transporte
  - ¿Cómo afecta a la operación, tiempos de descanso...?
- Transporte público (taxi, bus)
  - ¿El vehículo autónomo sustituiría esos puestos de trabajo?
- Fabricantes de vehículos
  - ¿Se movería el mercado a tener menos parque de mayor valor?
  - ¿Cómo se relacionarían con los nuevos actores?

Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

31

# RETOS NO TÉCNICOS



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

32

# RETOS NO TÉCNICOS

## ASPECTOS LEGALES Y ORGANIZATIVOS

- Homologación
- Normas de circulación
- Responsabilidad
- Consideraciones éticas
- Gestión de la información

Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

33

# CONSIDERACIONES ÉTICAS

La **eliminación completa de accidentes** parece todavía muy lejana y el traspaso de responsabilidades del conductor a la máquina conlleva unas implicaciones éticas relevantes, ya que el ente de decisión cambia de forma radical en los niveles 4 y 5 de los vehículos autónomos.

Al igual que el conductor se puede encontrar ante situaciones éticas, que pueden tener **repercusiones legales**, el vehículo deberá enfrentarse a escenarios equivalentes cuando tenga el control.

En este sentido, es preciso tener en cuenta que un vehículo autónomo se enfrentaría a **decisiones con un alto grado de incertidumbre**, por lo que situaciones moralmente ambiguas pueden ocurrir con frecuencia.

La aplicación de las leyes requiere de una **interpretación humana** que desde el sentido común sea capaz de subsanar las contradicciones que existan en un conjunto de reglas, pero ningún sistema funciona como un sistema ético completo debido a la dificultad de **sintetizar decisiones éticamente complejas** en un conjunto de normas.

Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

34

# CONSIDERACIONES ÉTICAS

Cabe preguntarse quién será legal y éticamente responsable en estos supuestos.

Se barajan 2 alternativas principales:

- **Atribuir la responsabilidad a los fabricantes:** Este enfoque tiene sentido desde el punto de vista legal ya que son ellos los responsables del producto final. No obstante, esto puede desincentivar la inversión retrasando el desarrollo de una tecnología que tiene el potencial de reducir el número de víctimas en carretera. Por otro lado, eximir a los fabricantes de cualquier responsabilidad legal desalentaría a las compañías a realizar mejoras marginales en la seguridad de los vehículos.
- **Atribuir la responsabilidad al conductor:** Este enfoque se sustenta con el argumento de que el conductor es moralmente responsable ya que ha decidido correr el riesgo de utilizar el vehículo sabiendo que este podría causar un accidente, incluso cuando este no ha tenido la opción de tomar el control de vehículo.

Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

35

# CONSIDERACIONES ÉTICAS

## LEYES DE LA ROBÓTICA

1. Un vehículo automatizado no puede lesionar a un ser humano o, por inacción, permitir que un ser humano sufra daños.

Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

36

# CONSIDERACIONES ÉTICAS

## LEYES DE LA ROBÓTICA

1. Un vehículo automatizado no puede lesionar a un ser humano o, por inacción, permitir que un ser humano sufra daños.
2. Un vehículo automatizado debe obedecer las órdenes que le den los seres humanos, excepto cuando dichas órdenes entren en conflicto con la Primera Ley.



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

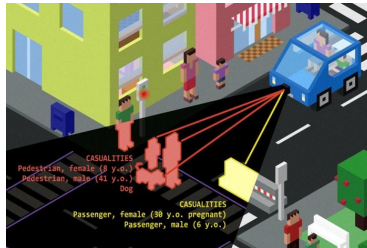
Felipe Jiménez Alonso

37

# CONSIDERACIONES ÉTICAS

## LEYES DE LA ROBÓTICA

1. Un vehículo automatizado no puede lesionar a un ser humano o, por inacción, permitir que un ser humano sufra daños.
2. Un vehículo automatizado debe obedecer las órdenes que le den los seres humanos, excepto cuando dichas órdenes entren en conflicto con la Primera Ley.
3. Un vehículo automatizado debe proteger su propia existencia siempre que dicha protección no entre en conflicto con la Primera o Segunda Ley.



Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

38

# CONSIDERACIONES ÉTICAS

## MODELO DE 3 FASES

- **Fase 1: Ética racional**

El sistema recompensa los comportamientos que llevan a minimizar los daños globales. La valoración de dichos daños debe ser suficientemente estandarizada y transparente con el fin de que se eviten situaciones de excesiva sobreprotección. Estas métricas deben ser independientes de los estándares de seguros, y pueden presentar dificultades en un escenario de alta incertidumbre.

# CONSIDERACIONES ÉTICAS

## MODELO DE 3 FASES

- **Fase 2: Enfoque híbrido racional e IA**

Se plantea el uso de un software que sea capaz de entender decisiones éticamente correctas. De esta forma, a partir de datos de accidentes reales y simulaciones, y las valoraciones éticas de expertos, podría inferir las actuaciones que debe tomar en cada caso. Un aspecto clave en este enfoque es el entrenamiento con un amplio conjunto de escenarios.

# CONSIDERACIONES ÉTICAS

## MODELO DE 3 FASES

- **Fase 3: Feedback usando lenguaje natural**

Se están desarrollando técnicas para mejorar el entendimiento de salidas de herramientas de IA. Estas técnicas están basadas en extraer explicaciones basadas en reglas de las redes neuronales y traducir el conocimiento interno de una red neuronal en un conjunto de reglas simbólicas, que luego se pueden expresar como lenguaje natural.

Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

41

# CONSIDERACIONES ÉTICAS

C. Luetge (2017), "The German ethics code for automated and connected driving". J. Philosophy Technol., vol. 30, pp. 547-558

## CUESTIONES GENERALES

- Regla 1
  - El objetivo de los vehículos autónomos es la mejora de la seguridad y mejorar las posibilidades de movilidad.

## BENEFICIOS ÉTICOS DE LA CONDUCCIÓN AUTÓNOMA

- Regla 2
  - La protección de los usuarios tiene prioridad en los vehículos autónomos sobre cualquier otra utilidad y solo se debería permitir su circulación si reduce la siniestralidad de los vehículos conducidos de forma manual.
- Regla 3
  - La Administración Pública debe garantizar la seguridad de los vehículos autónomos
- Regla 4
  - La responsabilidad en la toma de decisiones debe estar alineada con el equilibrio entre la máxima libertad de elección y la libertad y garantía de seguridad de otros.

Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

42

# CONSIDERACIONES ÉTICAS

C. Luetge (2017), "The German ethics code for automated and connected driving". J. Philosophy Technol., vol. 30, pp. 547-558

## SITUACIONES DE ACCIDENTE INEVITABLE

- Regla 5
  - Los vehículos autónomos deben evitar accidentes siempre que sea posible y la tecnología se debe diseñar para que las situaciones críticas no aparezcan en el inicio. La mejora significativa de la seguridad vial es el objetivo en el que se debe basar el desarrollo, comenzando por el diseño y programación de los vehículos para que conduzcan de manera defensiva y anticipatoria, presentando el menor riesgo posible.
- Regla 6
  - La introducción de sistemas de conducción más altamente automatizados puede ser requerido socialmente para reducir los efectos negativos del transporte por carretera, pero su imposición legal es éticamente cuestionable si implica sumisión a imperativos tecnológicos.
- Regla 7
  - En situaciones de riesgo que son inevitables, a pesar de las precauciones tomadas, el sistema debe priorizar la protección de las personas sobre el resto de consideraciones, considerando asimismo los daños a animales y propiedades.
- Regla 8
  - Las decisiones ante situaciones que presenten un dilema dependen de la situación específica, y se requiere el comportamiento predecible de las partes involucradas. Por lo tanto, no se pueden estandarizar claramente ni programar de manera que sean éticamente incuestionables, ya que no se pueden estandarizar los impactos de un accidente para anticipar la decisión de un conductor que emita juicios correctos. Esto requeriría que la Administración pública procese de forma continua y sistemática las lecciones aprendidas.
- Regla 9
  - En las situaciones de accidentes inevitables, se prohíbe cualquier distinción por características personales. También se prohíbe priorizar unas víctimas frente a otras, pero sí son justificable la programación para la reducción de los daños personales, pero las entidades involucradas en la generación de los riesgos no deben sacrificar otras entidades.

43

# CONSIDERACIONES ÉTICAS

C. Luetge (2017), "The German ethics code for automated and connected driving". J. Philosophy Technol., vol. 30, pp. 547-558

## ¿QUIEN ES RESPONSABLE?

- Regla 10
  - En los vehículos autónomos, la responsabilidad pasa del conductor a los fabricantes y operadores de los sistemas tecnológicos y a los organismos responsables de la toma de decisiones en la infraestructura, políticas y legales.
- Regla 11
  - Los fabricantes están obligados a optimizar de forma continua sus sistemas.

## INFORMACIÓN PÚBLICA

- Regla 12
  - La sociedad debe ser informada de las nuevas tecnologías, por lo que el despliegue y programación de los vehículos autónomos debe ser transparente, difundido al público y revisado por una entidad profesional independiente.

## CONDUCCIÓN CONECTADA: SAFETY Y SECURITY

- Regla 13
  - En la actualidad no es posible establecer si será posible lograr la conectividad completa de todos los vehículos en el futuro. Esta conectividad puede ser éticamente cuestionable ya que no se puede descartar la vigilancia total de los usuarios de la vía y la manipulación del control de los vehículos.
- Regla 14
  - La conducción autónoma es justificable solo en el caso de que los ataques que pueda sufrir por manipulaciones del sistema IT no resulte en la pérdida de la confianza de las personas en el transporte por carretera.

Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

44

# CONSIDERACIONES ÉTICAS

C. Luetge (2017), "The German ethics code for automated and connected driving". J. Philosophy Technol., vol. 30, pp. 547-558

## PROTECCIÓN DE DATOS

- Regla 15
  - El uso de los datos generados por los vehículos autónomos y conectados puede entrar en conflicto con sus derechos de privacidad. Por ello, deben ser los poseedores de vehículos y los usuarios quienes deciden si los datos de sus vehículos que se generan se reenviarán.

## INTERFAZ HOMBRE -MÁQUINA

- Regla 16
  - Debe ser posible distinguir claramente si se está utilizando un sistema sin conductor o si un conductor conserva la responsabilidad con la opción de anular el sistema. Debe existir una armonización en los handover procedures.
- Regla 17
  - La tecnología de los vehículos autónomos debe diseñarse de manera que se evite la necesidad de un traspaso abrupto del control al conductor. Además, los sistemas se deben adaptar las capacidades de los conductores humanos para lograr una comunicación hombre-máquina eficiente, confiable y segura.

Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

45

# CONSIDERACIONES ÉTICAS

C. Luetge (2017), "The German ethics code for automated and connected driving". J. Philosophy Technol., vol. 30, pp. 547-558

## APRENDIZAJE

- Regla 18
  - Los sistemas no deben desplegarse a menos que cumplan con los requisitos de seguridad relacionados con las funciones relevantes para el control del vehículo. Parece aconsejable incluir los escenarios relevantes en un catálogo de escenarios central con el fin de desarrollar estándares universales apropiados, incluidas las pruebas de aceptación.
- Regla 19
  - En situaciones de emergencia, el vehículo debe entrar en un estado seguro (el cual sería deseable que fuese armonizado) sin intervención humana

## EDUCACIÓN DEL CONDUCTOR

- Regla 20
  - El uso de los vehículos autónomos debe ser parte de la educación digital general, por lo que su manejo debe ser enseñado y evaluado.

Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso

46



POLITÉCNICA



INSIA

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID  
INSTITUTO UNIVERSITARIO DE INVESTIGACIÓN DEL AUTOMÓVIL  
ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PROFESIONALES DE AUTOMOCIÓN

**asepa**

ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE PROFESIONALES DE AUTOMOCIÓN

# Retos y cuestiones abiertas para la movilidad autónoma y conectada

**Felipe Jiménez Alonso**

Catedrático de Universidad  
Director de la Unidad de Sistemas Inteligentes en Vehículos  
Instituto Universitario de Investigación del Automóvil (INSIA)  
Universidad Politécnica de Madrid (UPM)  
e mail: felipe.jimenez@upm.es

Retos y cuestiones abiertas para  
la movilidad autónoma y conectada

Felipe Jiménez Alonso