

Los 6 Electro-Car-Diagrams del CONDUCTOR

Manual del PROFESOR
www.wavedriving.online

Id	Título
1.	PRÓLOGO
2.	INTRODUCCIÓN
3.	EL "PORQUÉ" DE ESTE CURSO
4.	TÉCNICA DE FORMACIÓN
5.	COMPATIBILIDAD
6.	¿QUÉ ES UN ATASCO?
7.	UN ATASCO SON DOS ATASCOS
8.	CAUSA VS DESENCADENANTE
9.	LOS TRES componentes PARA armar UN ATASCO
10.	ECUACIONES
11.	CONDUCCIÓN 'DISTANCIA' VS 'INERCIA'
12.	APRENDIZAJE ANALÓGICO
13.	OBTENCIÓN DE LA ECUACIÓN WD
14.	LOS 6 ELECTRO-CAR-DIAGRAMAS
15.	CUANTIFICAR EL APRENDIZAJE
16.	EGD: LAS TRES ZONAS
17.	ESTRUCTURA DEL CURSO
18.	ANTES DE COMENZAR
19.	TECNOLOGÍA SOFTWARE/HARDWARE
20.	LIMITACIONES
21.	AUTOCONTROL
22.	RECOMENDACIONES
23.	ARRANCANDO
24.	MENÚ PRINCIPAL
25.	NIVELES
26.	EL MUNDO REAL
27.	ACCIONES
28.	CERTIFICADO
29.	INGENIERÍA DE TRÁFICO
30.	DISTANCIA DE SEGURIDAD. ESTÁTIC / DINAMIC
31.	LLUVIA = ATASCOS
32.	CIBERNÉTICA
33.	METAESTABILIDAD
34.	OPERACIÓN SALIDA / OPERACIÓN RETORNO
35.	RENDIMIENTO
36.	LOS OTROS 'ATASCOS'
37.	PARADOJAS
38.	EJEMPLOS REALES
39.	EMOCIONES
40.	VEHÍCULO AUTÓNOMO
41.	MiniGLOSARIO
42.	LOS MAYORES ATASCOS
43.	CURIOSIDADES
44.	EL FUTURO (SEGÚN WD)
45.	RESUMEN
46.	LABORATORIO
47.	AVISO
48.	LEGAL

PRÓLOGO

A un alto responsable de tráfico se le preguntó cómo se van a eliminar los atascos si en las autoescuelas no se explica la dinámica de estos. Su respuesta fue:

"De atascos no hay nada que se pueda explicar. Cuando alguien se saca el carné y sale a la carretera al momento va a saber lo que es un atasco."

Si no visualizas correctamente este documento posiblemente se deba a que necesitas instalar alguno de estas fuentes gratuitas de Microsoft

Ageny FB

<https://learn.microsoft.com/es-es/typography/font-list/agency-fb>

y/o Ink Free

<https://learn.microsoft.com/es-es/typography/font-list/ink-free>



Solo se mostrarán los primeros 5 segundos de cada vídeo por motivos de peso del documento.

INTRODUCCIÓN

El presente manual, que es para uso exclusivo del profesor, describe los pasos secuenciales probados y necesarios para facilitar que todo **alumno comprenda la dinámica del tráfico.**

Este documento está acompañado de vídeos anexos, no solo del uso del simulador, sino de casos reales de hechos ocurridos en las carreteras (atascos, accidentes, etc.),

Si bien ha sido realizado con la experiencia de años de labor formativa se admite cierta flexibilidad por parte del instructor.

Se incluyen paradojas, curiosidades y anécdotas para que el alumno comprenda el tráfico también desde el punto de vista del ingeniero, gestor, psicólogo e, incluso, matemático, todo ello con un poco de humor para que tanta densidad de información sea fácilmente asequible.

EL 'PORQUÉ' DE ESTE CURSO

Dentro de los diversos cursos que existen de conducción para la **Movilidad, Sostenibilidad, Seguridad y Salubridad Vial** nos encontramos temas diversos, algunos aplicados en aulas y otros en circuitos, tales como:

- Marco normativo.
- Mecánica del automóvil.
- Primeros auxilios.
- Factores que intervienen en la siniestralidad.
- Conducir bajo condiciones meteorológicas adversas, etc.

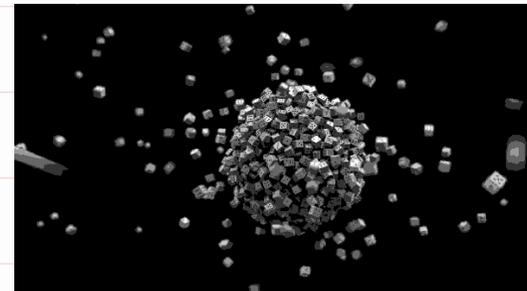
Todos ellos muy importantes pero, sin embargo, nunca hemos conocido ninguno que aborde las leyes físicas y/o matemáticas de la **dinámica del tráfico** (coloquialmente 'formación de atascos') de un modo profundo y esta es la razón de existencia de este curso.

TÉCNICA DE FORMACIÓN

Lógicamente, toda ingeniería debe partir de una base científica, pero seguramente hablar de ecuaciones y variables matemáticas no sea lo más ideal en una formación general a conductores, por eso recurrimos a la contrastada técnica de psicología denominada **aprendizaje analógico**.

Esta se basa en recurrir al conocimiento previo como base o anclaje para conocer cosas nuevas.

Un ejemplo de ello sería cuando explicamos a un niño la fuerza de la gravedad como si la Tierra fuese un gran imán y cada objeto un elemento de hierro.

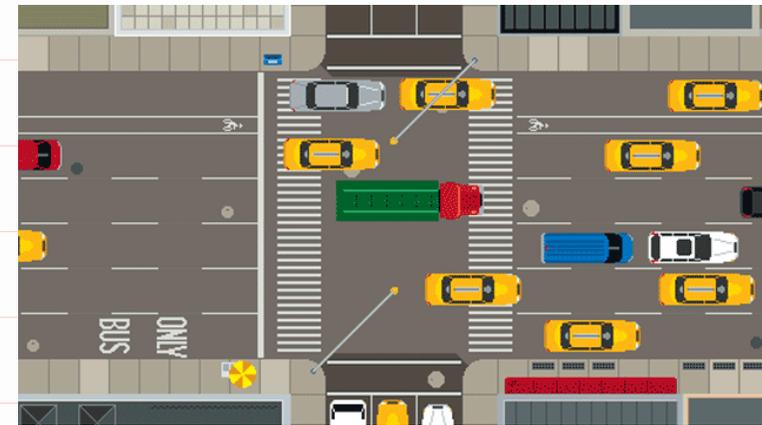


COMPATIBILIDAD

La conducción inercial o CI es compatible con:

- **Todas** las normas de tráfico de todos los países.
- **Todo** tipo de vehículos: pesados o ligeros.
- **Todos** los combustibles: térmicos, eléctricos o híbridos.
- **Todo** conductor: humano, autónomo, teledirigido.
- **Todas** las técnicas de conducción segura, como la conducción preventiva y la defensiva.
- **Vehículo conectado**, con dispositivo de fábrica o auxiliar.
- **Topología** de Tráfico: Convergente, Divergente o Anular.
Mejor con ejemplos: Operación Retorno, Operación Salida o autovía de Circunvalación.
- Eso sí, únicamente en **redes viarias de tráfico abierto**, en redes de topología mayada (ciudad) no necesariamente se ha de poder realizar.

Esto quiere decir que las redes urbanas o similares, gobernadas por semáforos, radares y/o por paneles de señalización variable que restrinjan forzosamente la velocidad, **pueden quedar fuera del alcance de una conducción inercial.**



Ejemplo: si en tu ciudad estás a varios metros de un semáforo en rojo no vayas tan despacito para pillarlo en verde que provoque, detrás de ti, una cola de vehículos tan larga que bloqueen los cruces.

Siempre el sentido común es lo primero.

¿QUÉ ES UN ATASCO?

De forma popular términos como atasco, embotellamiento, congestión, retención, taponamiento, aglomeración, colapso, tráfico denso o trancón se consideran sinónimos pero, sin embargo, no lo son.

Embotellamiento se refiere a cuando se produce una concurrencia de carriles, taponamiento cuando al menos un carril está bloqueado, el resto de términos no entran en las causas de la congestión.

En nuestro curso, **siempre** tomaremos el término 'atasco' como un bloqueo del flujo de vehículos por **interferencia de velocidad**, es decir, aquel que es desencadenado por la desincronización de los movimientos de los vehículos junto con el factor humano de 'tiempo de reacción'.

Es lo que se conoce como '**atasco fantasma**'.

UN ATASCO SON DOS ATASCOS

Un atasco son dos atascos, y es que el proceso es el siguiente:

1º por interferencia de velocidad Cada vehículo seguidor se ve obligado a reducir, ya sea por una curva, por un cambio de pendiente o por cualquier otro elemento, un poco su velocidad con respecto a su predecesor, y así sucesivamente, hasta que hay un primer vehículo que se ve obligado a detenerse en la carretera.

2º por bloqueo de carril: una vez que ya existe ese primer vehículo detenido en la carretera es como si empezara un nuevo atasco pues, su tipología, ya es completamente diferente.

El objeto de este curso es que **nunca se llegue a producir un atasco por interferencia de velocidad.**



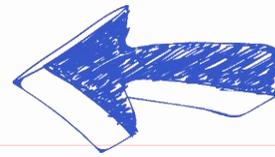
En la imagen de la izquierda vemos cómo, una curva en ciernes, desencadena un atasco por **interferencia de velocidad**. Una vez que un vehículo se ha detenido empieza un nuevo atasco por **bloqueo de carril**.

Se aprecia la formación de las ondas de densidad de tráfico (**shock waves**) que se desencadenan, aguas arriba, de dicha curva.

Esto es una atasco fantasma "de libro".

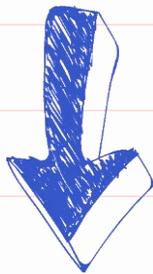
Esta misma circunstancia se repite todos los días en miles de carreteras de todo el mundo,

Conociendo la dinámica del tráfico podremos acabar con los atascos fantasmas.



Esta es otra perspectiva del mismo tramo de la carretera. Se aprecia con facilidad las 'traffic waves' o 'efecto acordeón'.

Este tipo de atascos son los que está en nuestras manos que desaparezcan de las carreteras.



En la parte inferior un gif animado de las **traffic waves**:
los vehículos se desplazan hacia adelante, el hueco hacia atrás.

CAUSA VS DESENCADENANTE

Todos hemos escuchado algo vez algo similar a esto: "La lluvia ha provocado que un vehículo se haya salido de la carretera."

¿Notas algo raro?

Si solo se ha salido un vehículo, ¿Es que había una nube que lo estaba persiguiendo hasta provocar con sus gotas de agua que este acabara estacionando en la cuneta?

Cuando llueve... llueve para todos, ¿No? Si un vehículo ha sufrido un accidente y los demás no la lluvia no puede ser la causa, pues si no hubiesen acabado todos los vehículos en la cuneta.

En ese vehículo siniestrado habría unos neumáticos o suspensión en mal estado, o falta de pericia del conductor o quien sabe, pero la lluvia, por sí sola, no es responsable.

La lluvia ha sido el desencadenante, no la causa.

LOS TRES COMPONENTES PARA ARMAR UN ATASCO

Por lo visto anteriormente, es el término 'desencadenante' el que utilizaremos ya que hace referencia a una concurrencia de circunstancias, no a una única causa. Veamos:

1. Es necesario que haya una '**alta densidad**' de tráfico pero ésta, por sí sola, no es suficiente.
2. Es necesario que exista un '**elemento perturbador**' de la velocidad, como por ejemplo una curva, una pendiente, alguien cambia de carril... pero éstos, por sí solos, no son suficientes.
3. Si combinamos ambas circunstancias con la de '**conductores de distancia**' entonces sí que se **desencadena** un atasco.

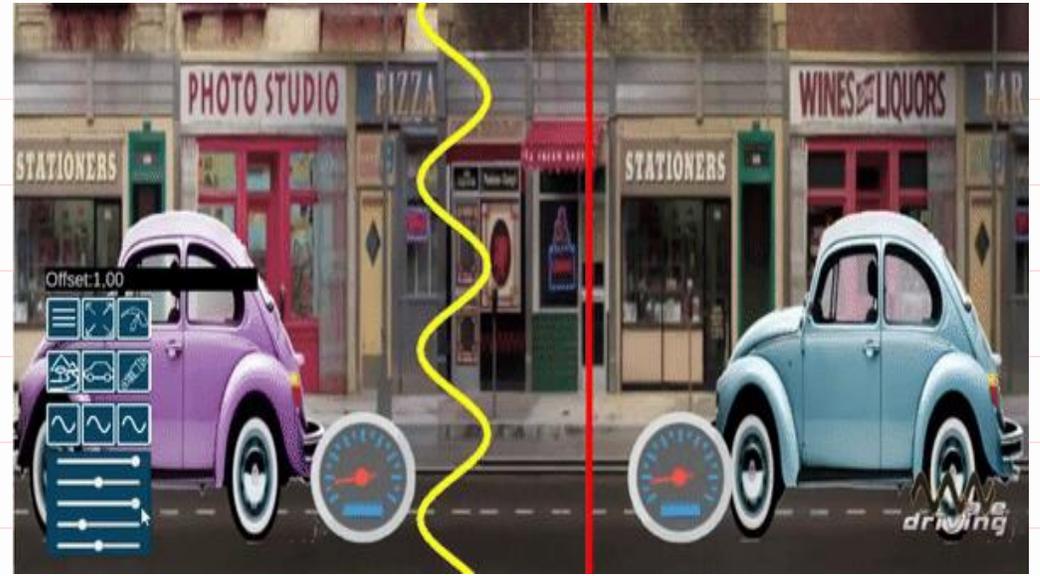
Se conoce como **atasco fantasma**. Hemos necesitado **tres componentes**, solo podemos modificar el de los conductores.

OBTENCIÓN DE LA ECUACIÓN WD



Suspensión Vertical **Bose**

Recomendamos que, si hay tiempo y curiosidad por parte de los alumnos, se les muestre cómo se obtienen nuestras ecuaciones del tráfico, cómo se almacena la onda del conductor y cómo son sus proyecciones en los diferentes planos, lo que llamamos los 6 ECD como vamos a mostrar en las páginas siguientes.



Suspensión Horizontal **Wavedriving®**

Puede recurrirse al vídeo del canal:

<https://www.youtube.com/watch?v=zFlcFqncQt4>

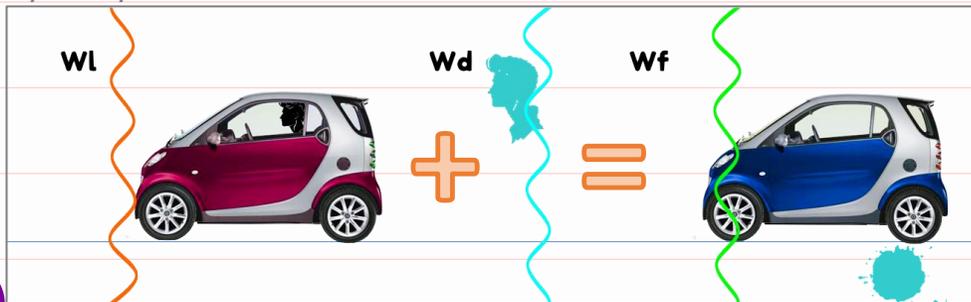
Y practicar en

https://wavedriving.online/u3d/LEV_WAVES/

ECUACIONES

Tomemos un carril por el que circula un pelotón de vehículos:

"La onda del movimiento de un vehículo que sigue a otro es la onda de su conductor más la onda del movimiento del vehículo que le precede."



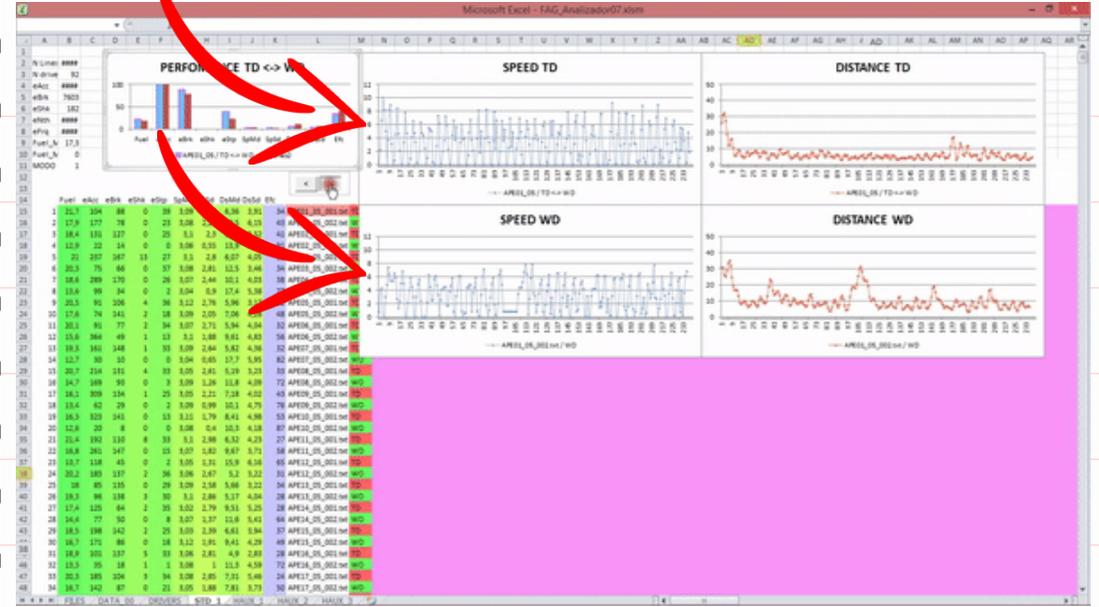
$$W_{\text{follower}} = W_{\text{leader}} + W_{\text{driver}}$$

¿Qué es lo que hacemos en nuestro curso?

¡Modificar la onda del conductor!

*Esta ecuación es la que le da el nombre al sistema. Wavedriving®

** Demostración en la pág.



Aquí mostramos ejemplos reales de cómo son las ondas proyectadas de los conductores de una empresa.

¿gráficas?

En cada paso, las dos superiores y las dos inferiores corresponden a un mismo conductor, la diferencia es que las primeras son "antes" y las segundas son "después" de haber realizado nuestro curso.

De la ecuación anterior obtenemos que **para que no haya atascos** todo conductor debe ir cumpliendo, en todo momento, las siguientes condiciones:

1. No estar nunca a menos de la **distancia de seguridad**.
2. Llevar la **máxima velocidad media** posible.
3. Mantener una **velocidad constante** (inercia).
4. Ocupar únicamente el **espacio necesario** para cumplir con las anteriores condiciones.

Desde un punto de vista matemático cada condición es una ecuación y, para que el sistema tenga solución, es necesario que el *conductor utilice tantas variables como ecuaciones: y son cuatro.*

Sin embargo, el conductor que conduce con la idea de mantenerse a distancia de seguridad utiliza tan solo dos variables:

1. Velocidad
2. Distancia de Seguridad

Es por eso por lo que se producen los **atascos fantasmas**:

4 ecuaciones vs 2 Variables

¿Cómo lo solucionamos?

Como se afirma desde **PROVIAL** (Asociación Española de Profesores de Formación Vial), "*WD lo que hace es poner números a lo que, hasta ahora, se mostraba con palabras.*"

<https://provial.org/>



CONDUCCIÓN 'DISTANCIA' VS 'INERCIA'

Para que el sistema tenga solución es necesario recurrir a otra forma de interpretar el movimiento en carril: la *conducción inercial* que requiere 4 variables

1. La variable de **velocidad**.
2. La variable de **distancia de seguridad**.
3. La variable de **espacio de adaptación** de velocidad.
4. La variable de **espacio desperdiciado**.

Pero todo esto suena muy complejo, Si ya conducir con dos variables resulta complicado, ¿Cómo vamos a añadir dos variables más?

CD: Conducción Tradicional o 'Distancia'

CI: Conducción Wavedriving® o 'Inercial'



Las 4 variables.

Para la ingeniería de tráfico tradicional entre los dos vehículos hay un 'hueco', para CI hay 3 espacios (variables 2, 3 y 4).

IMPORTANTE: La variable 4 puede tener valores negativos a costa de invadir la distancia de seguridad.

* Estimamos que si 1 de cada 50 conductores practicara CI al menos un 20% de los atascos fantasmas desaparecerían de nuestras carreteras.

TECNOLOGÍA SOFTWARE/HARDWARE

Software: La única tecnología necesaria para poder realizar el curso de WD es un navegador web. Hemos testado los que consideramos más comunes y, por orden de preferencia, son:

- [Firefox](#)
- [Microsoft Edge](#)
- [Opera](#)
- [Safari](#)
- [Chrome](#)
- [Avira](#)

Hardware: El simulador WD está diseñado para que se pueda ejecutar con solvencia incluso sobre equipos de baja-media potencia, tanto gráfica como de proceso, pero el límite viene dado por aquellos que no puedan ejecutarlo a 30 FPS. El propio simulador indica dicho valor en el velocímetro.

LIMITACIONES

Todos los navegadores web incorporan una estricta política de protección al usuario, ello implica la limitación de acceso a datos del sistema, incluyendo tarjeta gráfica y los recursos del mismo, como lo es el máximo uso de memoria permitido.

Estas condiciones restringen enormemente las posibilidades gráficas y de proceso del simulador, por lo que:

- Los gráficos (vehículos, escenario, etc.) que utiliza no pueden tener un alto nivel de detalle/realismo.
- Durante la ejecución es mejor ocultar elementos cuando no sean necesarios (Paisaje, ADAS, cámaras, etc.)
- Cuando se han realizado varios accesos a los niveles se recomienda reiniciar el navegador o, incluso, vaciar la caché.

AUTOCONTROL

El simulador tiene diferentes algoritmos de autocontrol:

1.- **Autoregulación de la calidad de imagen**, pero priorizando siempre la velocidad de proceso (30 FPS). Si se observa que la resolución se va deteriorando a medida que se está ejecutando el simulador se recomienda cerrar el navegador y volverlo a abrir, como dijimos anteriormente.

2.- **Autoregulación del refresco de pantalla o FPS**, de tal modo que todos los ordenadores, independientemente de su potencia, ofrezcan a todos los usuarios las condiciones más similares posibles de ejecución del simulador, es decir, que los resultados obtenidos sean lo más ajenos al hardware posible

RECOMENDACIONES

Aunque el simulador se pueda ejecutar en un amplio espectro de dispositivos (teléfonos, tablets, portátiles o sobremesa) se **recomienda** que:

- La pantalla sea, al menos, de 10".
- Si es Android/iOS : últimas versiones.
- 64 bits.
- Para cualquier sistema operativo que la memoria RAM libre disponible sea superior a 2Gb.

LOS 6 ELECTRO-CAR-DIAGRAMAS

Nuestro simulador va almacenando en su memoria la **onda propia de cada conductor**. Una vez finalizada la prueba la proyecta contra seis planos (o perspectivas) diferentes y, el resultado, son las correspondientes gráficas que denominamos los **6 Electro-Car-Diagramas** del conductor.

Del mismo modo que, de un rostro, podemos fotografiar el perfil derecho, el izquierdo, la cara o frontal, o un perfil diagonal, podemos fotografiar las facetas de la onda del conductor.

Si la onda es su cabeza, los 6 ECD son sus diferentes perfiles aunque, como veremos, el número de valores que nos darán del conductor es superior a seis (por ejemplo, nivel de atención y tiempo de reacción).

CUANTIFICAR EL APRENDIZAJE

Nuestros alumnos realizan dos pruebas de evaluación obligatorias:

1. Antes de comenzar la formación.
2. Al finalizar la formación.

Como los ECD les indican los 'defectos' y 'virtudes' en su conducción, posteriormente pueden realizar varias pruebas para ir perfeccionando su técnica y, de este modo, cuando se encuentren en la carretera 'de verdad' aplicar todos los conocimientos adquiridos.

Como ejemplo vamos a mostrar unos ECD que dibujan, al mismo tiempo, las dos técnicas de conducción (lo hemos hecho así por una cuestión didáctica, para este manual).

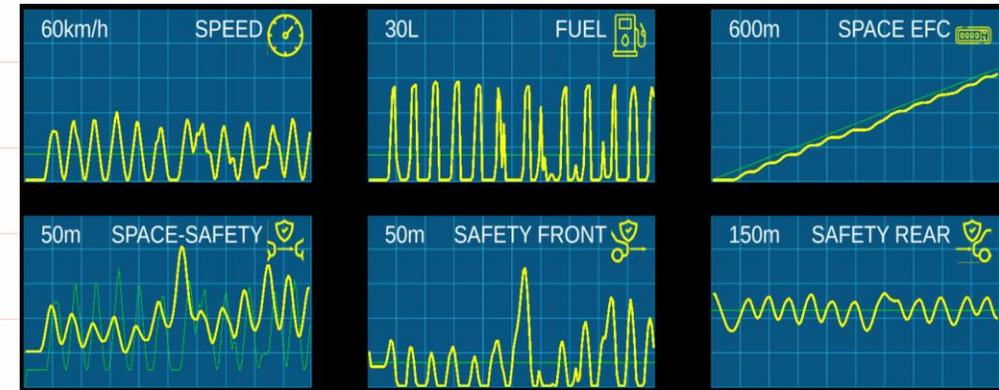
Todos hemos grabado en nuestra memoria de conductor "hay que mantener una distancia de seguridad de 2 segundos".

Siempre que se conduzca con la idea de mantener una distancia fija (da igual la longitud de ésta, da igual si en metros o en segundos) la denominaremos **conducción de distancia** o **CD**.

Si se conduce con la idea de mantener una velocidad constante sin que nunca se vea invadida la distancia de seguridad la denominaremos **conducción inercial** o **CI**.

Pues bien, del mismo modo que el gran genio Arquímedes no inventó los barcos sino que le puso matemática a la flotabilidad de los objetos, nosotros no hemos inventado una forma de conducir, sino que lo que hemos hecho es, simplemente, ponerla matemáticas.

1 Conducción por Distancia

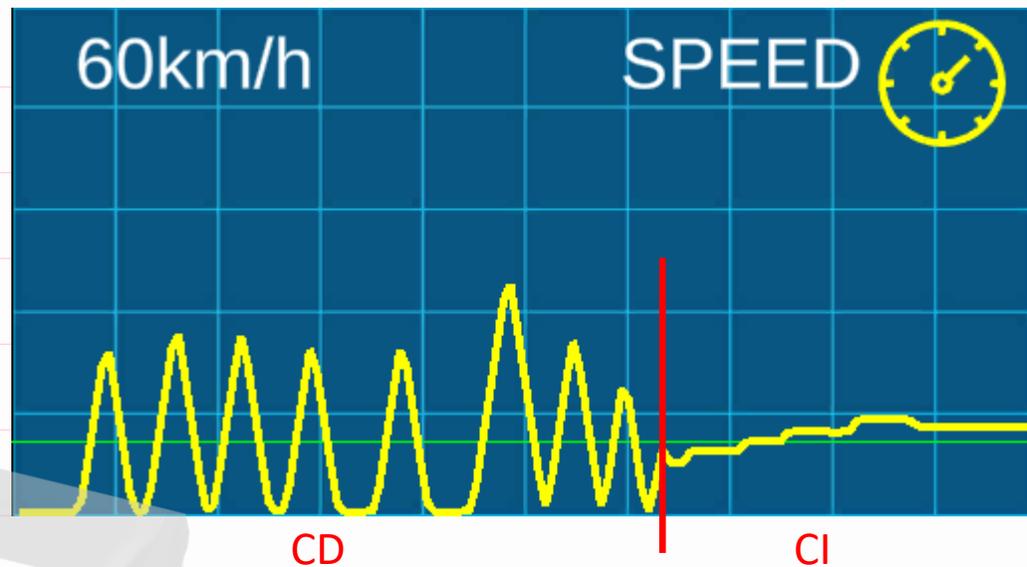


2 Conducción por Inercia



Comparativa, de un caso real, de un alumno antes y después de realizar el curso CI.

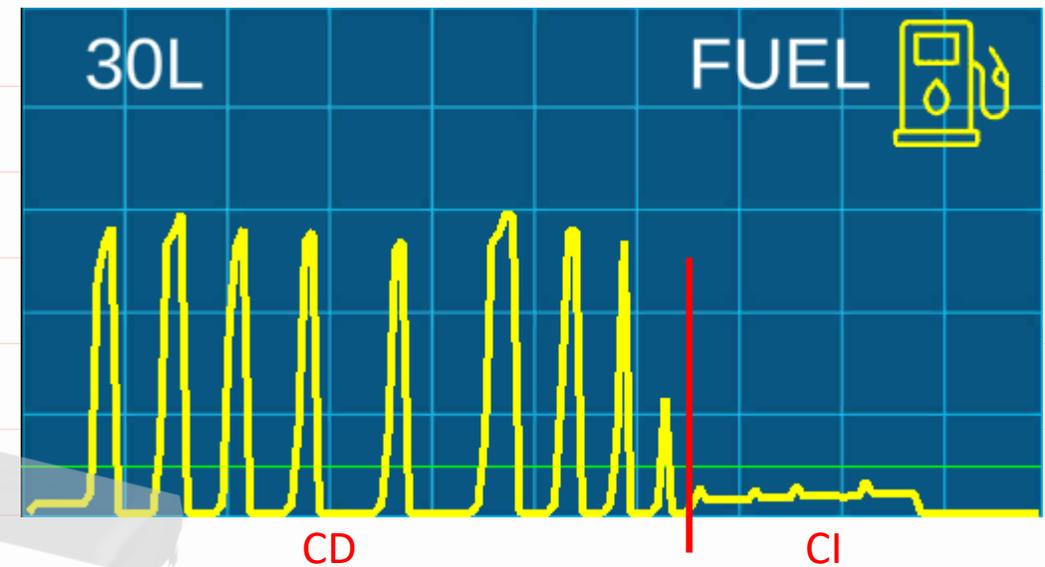
ECD Eficiencia en Velocidad



Estamos mostrando, dentro de un mismo gráfico, el resultado de las dos técnicas de conducir en carril, y podemos apreciar las diferencias:

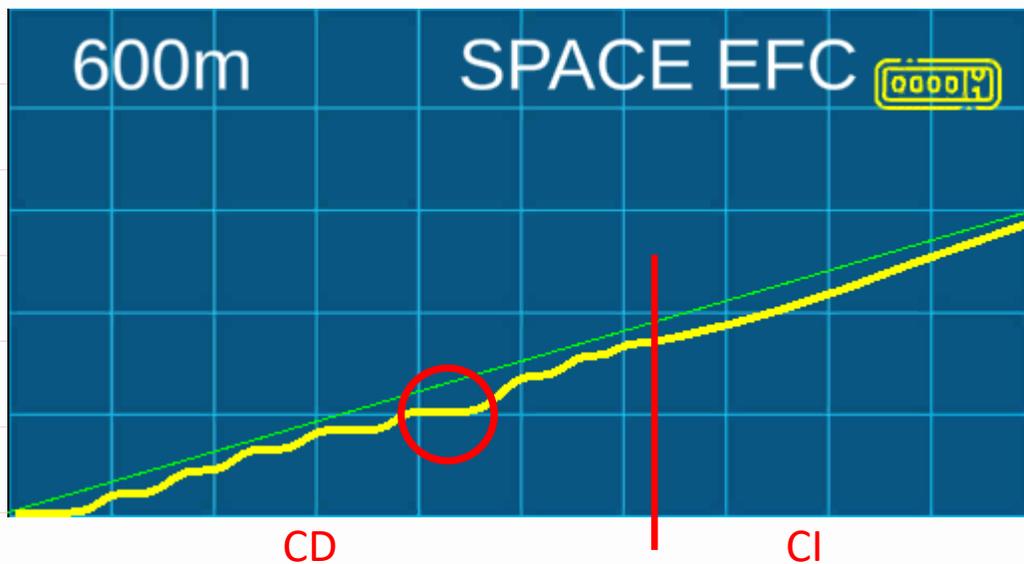
1. CD: Velocidad muy variable.
2. CI: velocidad poco variable.

ECD Eficiencia en Consumo/Emisiones



1. CD: Consumo muy elevado al tener que dar impulso al vehículo frecuentemente y, cada frenada, es una pérdida de energía.
2. CI: Consumo mínimo.

ECD Eficiencia en Espacio

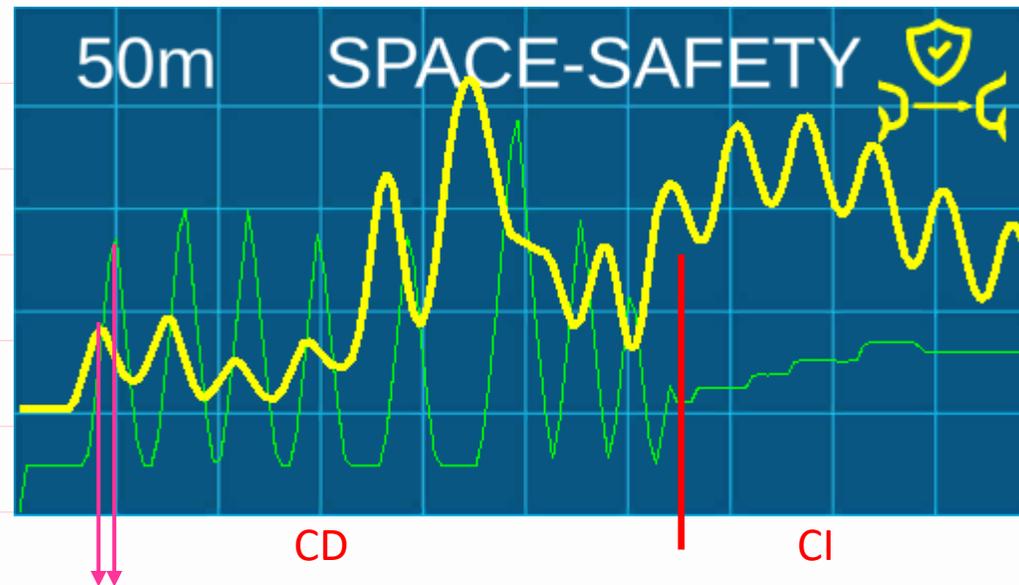


Se debe de interpretar en vertical, la distancia entre la línea verde y amarilla indica la cantidad de 'asfalto' que estamos necesitando en nuestra conducción, cuanto mayor peor:

1. CD: Separación muy variable con picos elevados.
2. CI: Separación poco variable y mínima.

Los tramos horizontales indican el tiempo que ha estado detenido el vehículo.

ECD Gestión de Distancias



En esta gráfica concurren dos líneas:

- Verde: la distancia (de seguridad) que necesitamos.
- Amarilla: la distancia que estamos dejando.

1. CD: Zonas donde la verde está por encima => Inseguro.
2. CI: No ha invadido la distancia de seguridad = Seguro.

Además, la separación entre crestas parejas nos indicará el tiempo de reacción del conductor (flechas fucsia).

ECD Seguridad Vial FRONTa



Si un valle de la onda es plano (por ejemplo el que rodea el círculo rojo) indica los momentos en los que no se estaba dejando la distancia de seguridad requerida:

1. CD: Varios tramos con valles planos => Inseguro.
2. CI: Ningún valle plano => Seguro.

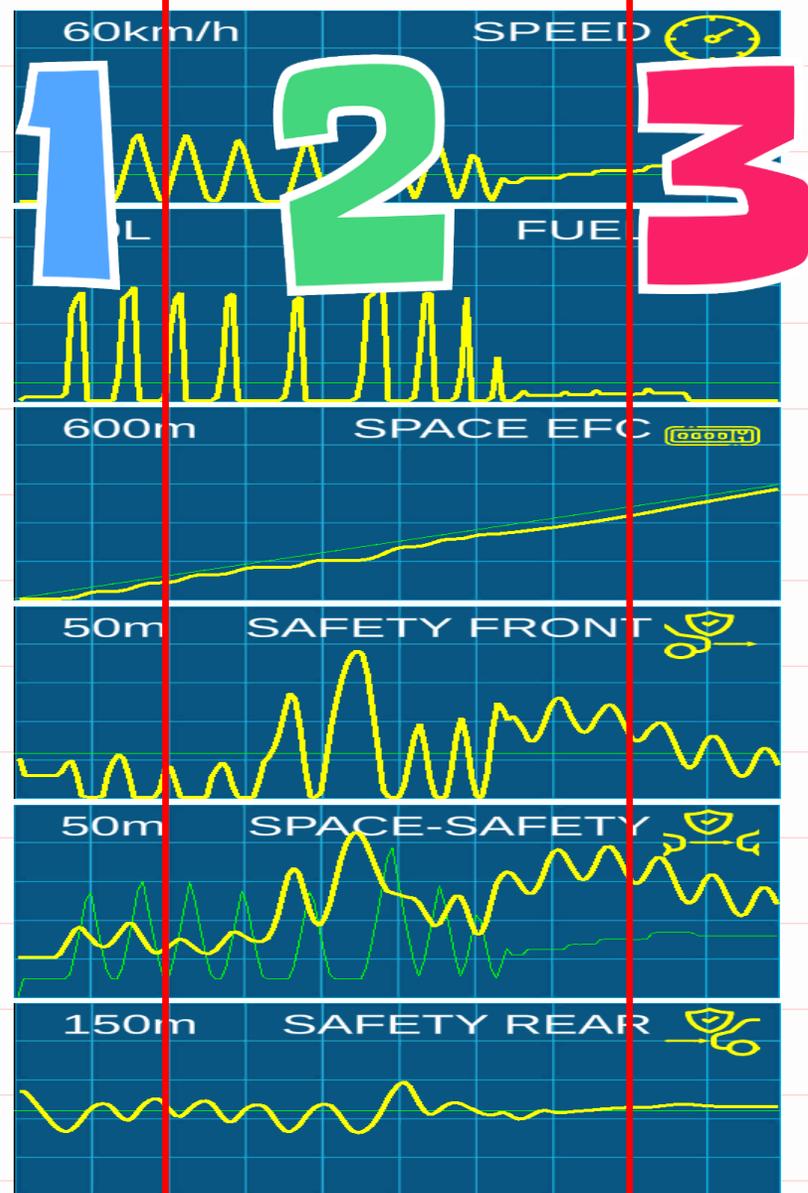
ECD Seguridad Vial POSTerior



Esta gráfica indica lo que el conductor está provocando en el pelotón que le sigue, más ondas y con valles más bajos indican un mayor riesgo de accidente:

1. CD: Provocando frenazos y acelerones => Inseguro
2. CI: generando un *tráfico calmado* => Seguro

ECD: LAS TRES ZONAS



Para analizar los ECD podemos subdividir en tres zonas cada una de las gráficas:

1. **Zona de Contacto:** Corresponde a las dos primeras columnas de la rejilla y hace referencia a la toma de contacto con el escenario. No debe valorarse.
2. **Zona de Tanteo:** Zona media y hace referencia a los sucesivos ajustes de la velocidad y de las distancias que se están realizando. A mayor tiempo empleado hasta encontrar la solución menos pericia posee el conductor.
3. **Zona de Estrategia:** Corresponde a las dos últimas columnas y será la principal zona sobre la que recaerá la evaluación final.

CERTIFICADO + ECDs

Tus Logros

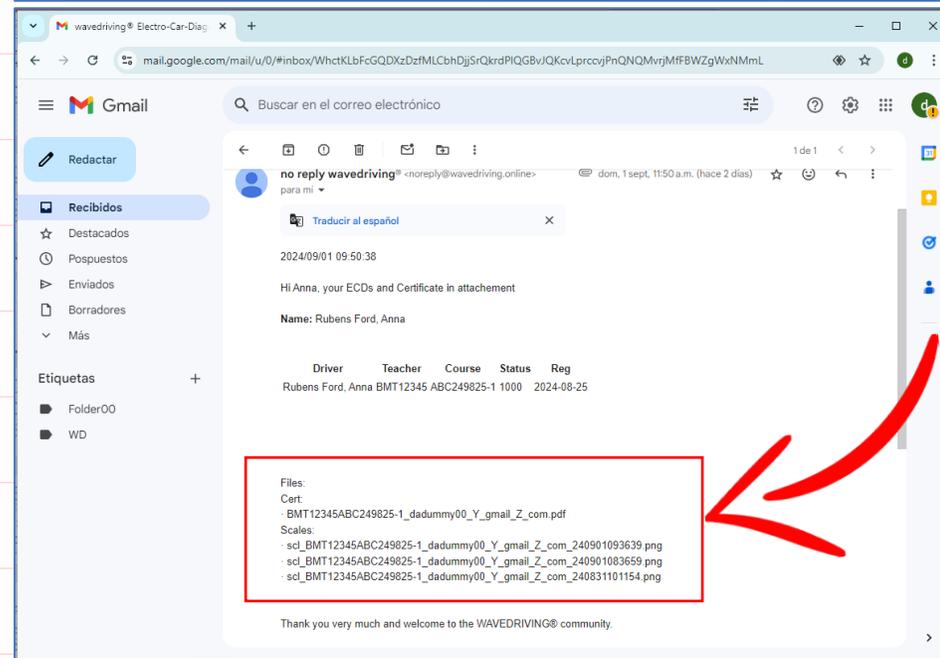
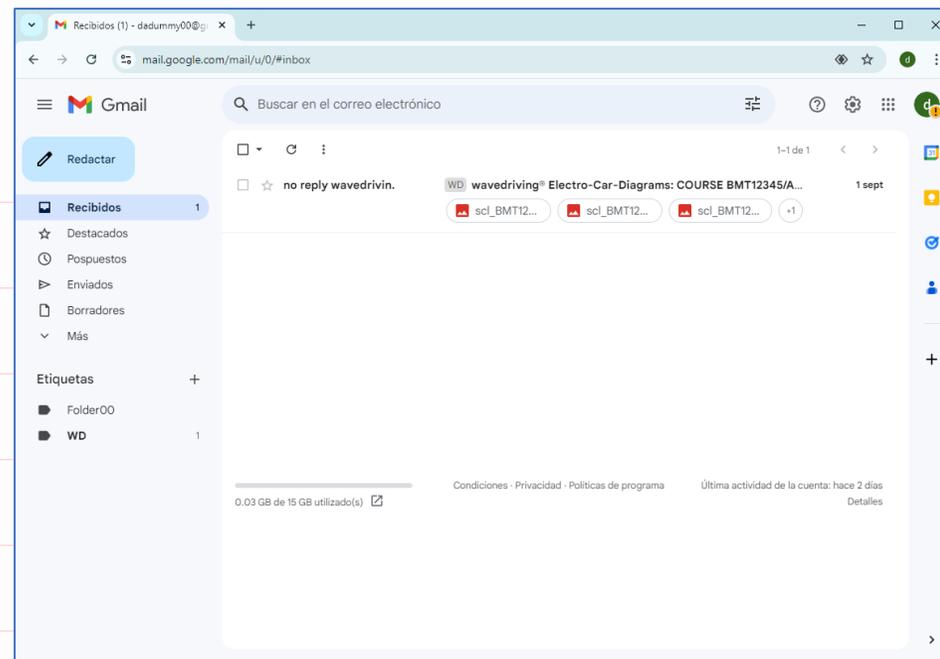
Aquí podrás recoger tanto tu Certificado como tus ECDs para que puedas conocer todo lo que has ido aprendido a lo largo del curso

CERTIFICADO

Para que el usuario pueda tener su **Certificado**, así como el **primer y dos últimos ECDs**, tan solo debe introducir los datos de acceso al curso en el formulario de la página web principal y pulsar el botón de 'CERTIFICADO'.

Recibirá en su correo electrónico los cuatro documentos. Esto deberá realizarlo al finalizar el curso, ya que periódicamente es vaciada la carpeta de almacén de imágenes del servidor.

***IMPORTANTE:** revisad la carpeta de spam.



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9



Ejemplo de
'Señal Dinámica de Tráfico'
😊

ESTRUCTURA DEL CURSO

La explicación de la dinámica del tráfico de este curso se basa en las siguientes directrices:

1. **Presentación progresiva** de elementos en un orden creciente de menor a mayor complejidad.
2. Incorporar, en cada momento, la **analogía mental** que se adapta a la circunstancias que estemos analizando.
3. Utilizar **imágenes y vídeos** que muestren, en carreteras reales, lo que en el simulador se visualiza idealizado.
4. **Evaluación cognitiva**, útil tanto para el alumno como para el instructor, pues permite conocer el nivel de aprendizaje adquirido sobre los conceptos a lo largo de la actividad educativa.

ANTES DE COMENZAR



- Vídeo de la DGT con el que, habitualmente, iniciamos el curso.
- Corresponde a un **atasco fantasma con accidente**.

El perfil de los alumnos que van a acceder al curso va a ser muy variado, desde noveles hasta conductores muy experimentados, desde personas con una formación académica básica hasta las que poseen un doctorado, desde neófitos en tecnologías hasta frikis pero, todos ellos, desconocerán el objeto del curso y, por tanto, a qué se enfrentan.

Hemos de posicionarles mentalmente de una forma rápida acaparando toda su atención y, para ello, aconsejamos seguir esta secuencia:

- 1.- Preguntad: ¿Consideráis que conducir manteniendo la distancia de seguridad es una forma suficientemente segura de conducir? (Escuchad sus respuestas)
- 2.- Les indicáis que les vais a mostrar un vídeo de la DGT de un atasco real y que, según ellos deben decirnos:

a.- Cuántos vehículos están a punto de verse involucrados en una colisión.

b.- A qué se debe el atasco que se muestra.

Una vez escuchadas sus respuestas es el momento de decirles que:

1. Todos los vehículos que aparecen han estado en riesgo de colisión, directa o indirectamente (dos colisionan).
2. Que todos sus conductores están conduciendo con la idea de 'mantenerse a distancia de seguridad'.
3. Que ninguno de ellos conoce la causa de ese atasco... pues jamás nadie se lo ha explicado.

Con esto ya sabrán que el objeto del curso es:

1. Que todos viajemos seguros... pero de verdad.
2. Que todos conozcamos la dinámica del tráfico, es decir, el porqué se producen los atascos (y, consecuentemente, que dejemos de generarlos).

Se puede sopesar que tal vez ahora sea el momento adecuado para dirigirse al apartado 'Acreditaciones' y mostrar todo el trabajo que hay detrás de este sistema, que les garantiza que lo que van a ver y a experimentar es algo que está fuertemente contrastado por organismos oficiales nacionales e internacionales.

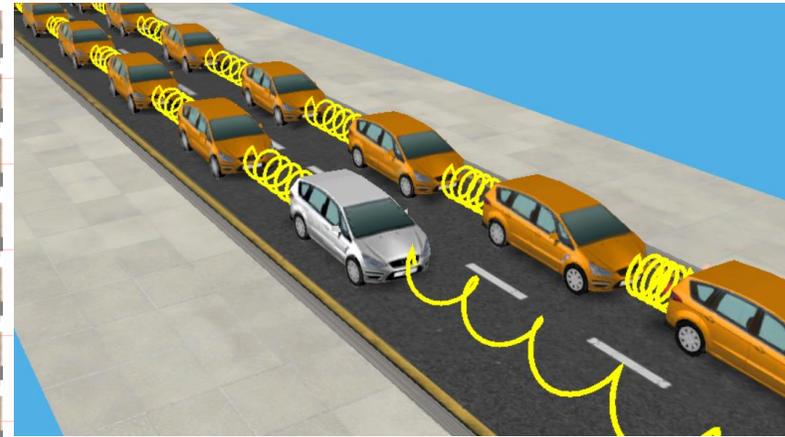
APRENDIZAJE ANALÓGICO

Para explicar de forma sencilla la dinámica del tráfico recurriremos a **tres analogías mentales**:

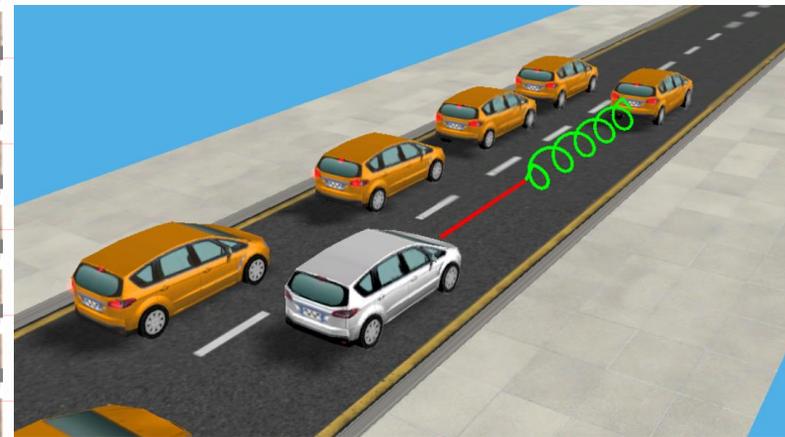
1. Un vehículo no es más que un **semáforo con ruedas**:
Verde cuando está en marcha, **Ámbar** cuando está frenando, **Rojo** cuando está parado.
2. Los vehículos que nos siguen se comportan como si no tuviesen conductor, parece que se mueven porque están **conectados por muelles**. (muelles lentos, eso sí 😞)
3. Mentalmente, al espacio que nos separa del vehículo que llevamos delante hemos de dividirlo en dos partes:
 1. Una fija, una **barra de 2 segundos de longitud**, que será nuestra distancia de seguridad.
 2. Otra, un **muelle**, que será el encargado de adaptar nuestra separación y velocidad al vehículo frontal.



1.- Todo vehículo es un semáforo.



2.- Los vehículos están conectados por muelles.



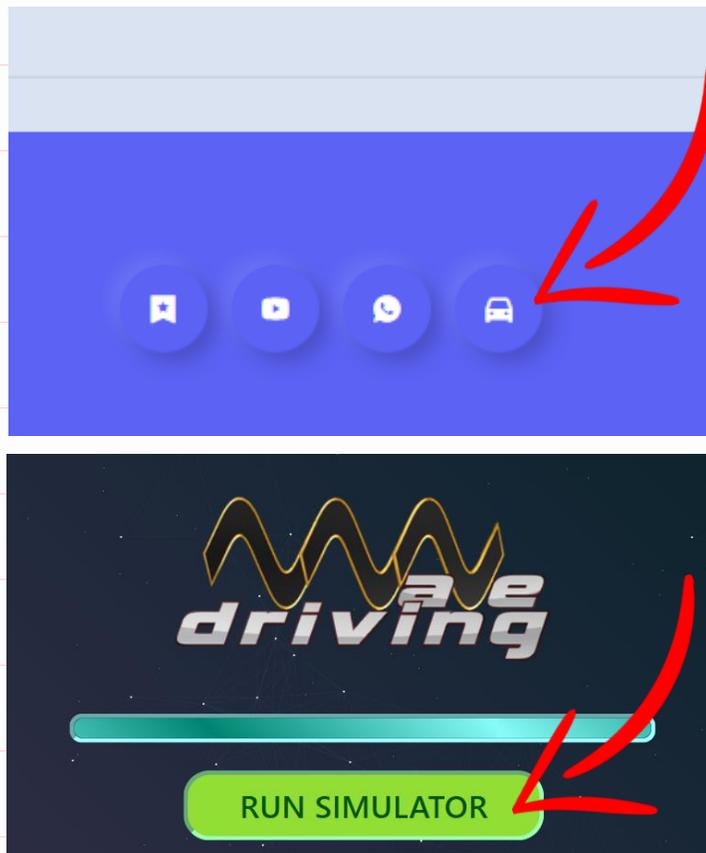
3.- Divide con una barra y un muelle el espacio.

ARRANCANDO

Acceder a una de estas páginas web:

<https://wavedriving.online/u3d/PRL/index.html>

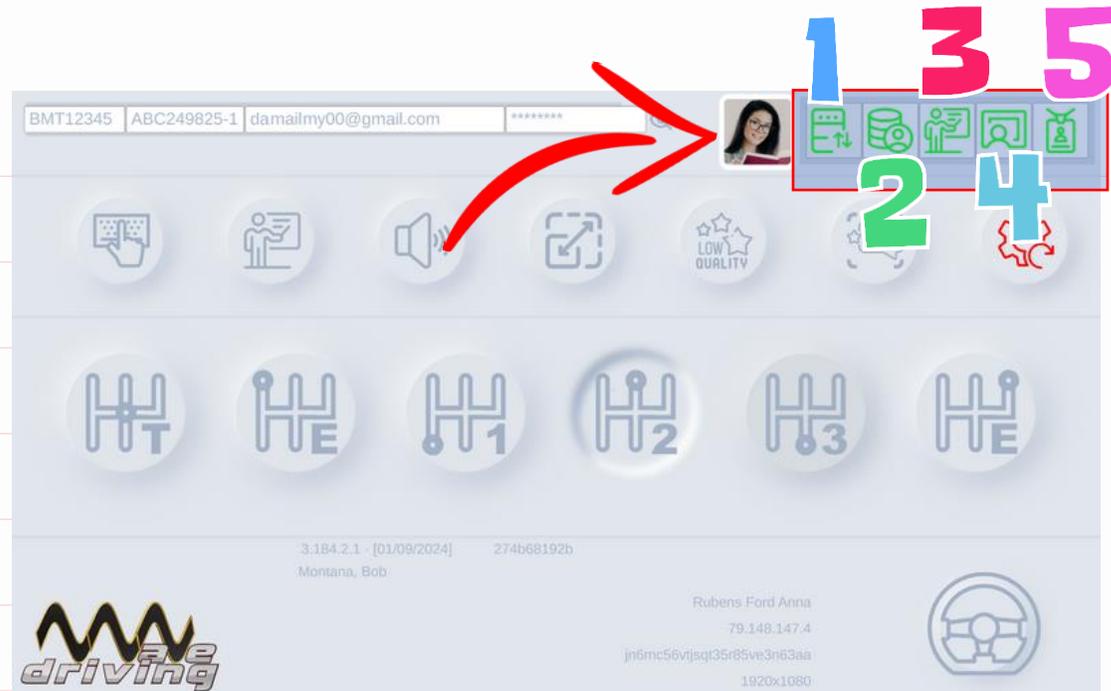
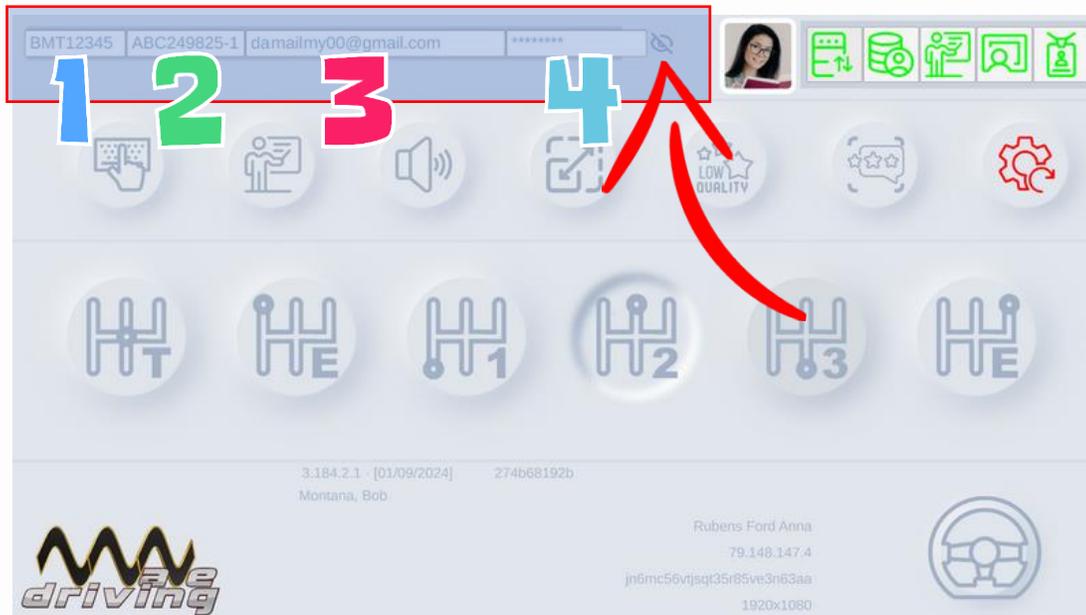
<https://wavedriving.online/landingpage/index.html>



MENÚ PRINCIPAL



- 0.- (T) Training o Toma de contacto con el Simulador.
- E.- Evaluación (I).
- 1.- Conducir un Pelotón de Vehículos.
- 2.- Sincronización con Semáforos.
- 3.- Seguimiento a Vehículo.
- E.- Evaluación (II).



1.- Código del Instructor.

2.- Código del Curso.

3.- Dirección de Correo del Alumno.

4.- Contraseña para este Curso.

* Visualizar/Ocultar Contraseña

** NOTA: Ha sido necesario anular la funcionalidad Copy/Paste para forzar compatibilidad del aplicativo con diferentes Sistemas Operativos. En definitiva: hay que teclear todos los códigos ☹.

Estado del Acceso (botones) Resultado On ✓ / Off ✕

1.- Estado de Conexión a Server.

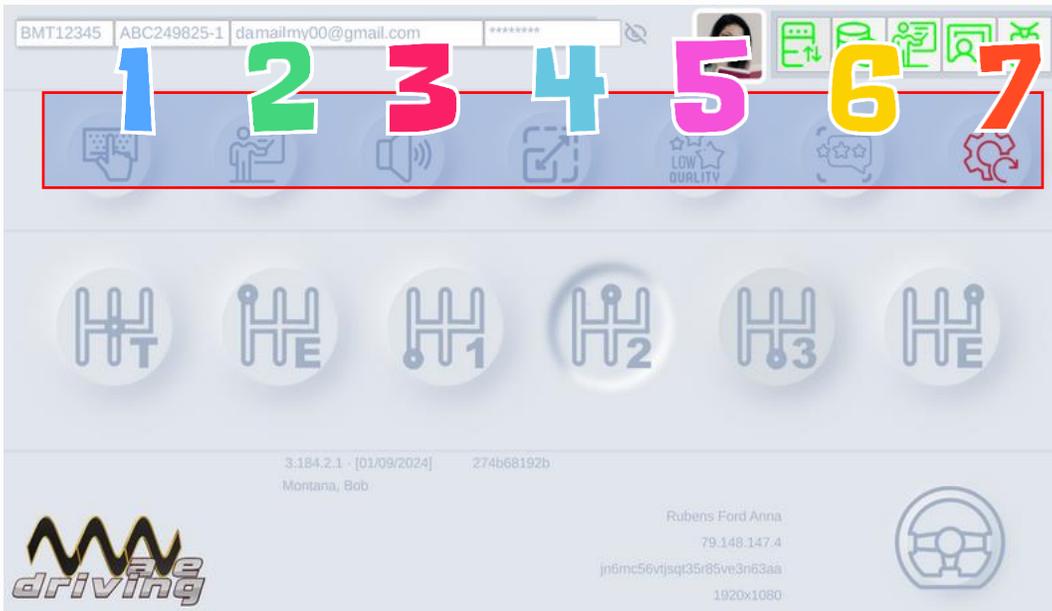
2.- Estado de Conexión a Datos.

3.- Profesor en activo o no existente.

4.- Curso en activo o no existente.

5.- Alumno en activo o datos erróneos.

* Fotografía de profesor



1.- Teclado Virtual

2.- Tutorial

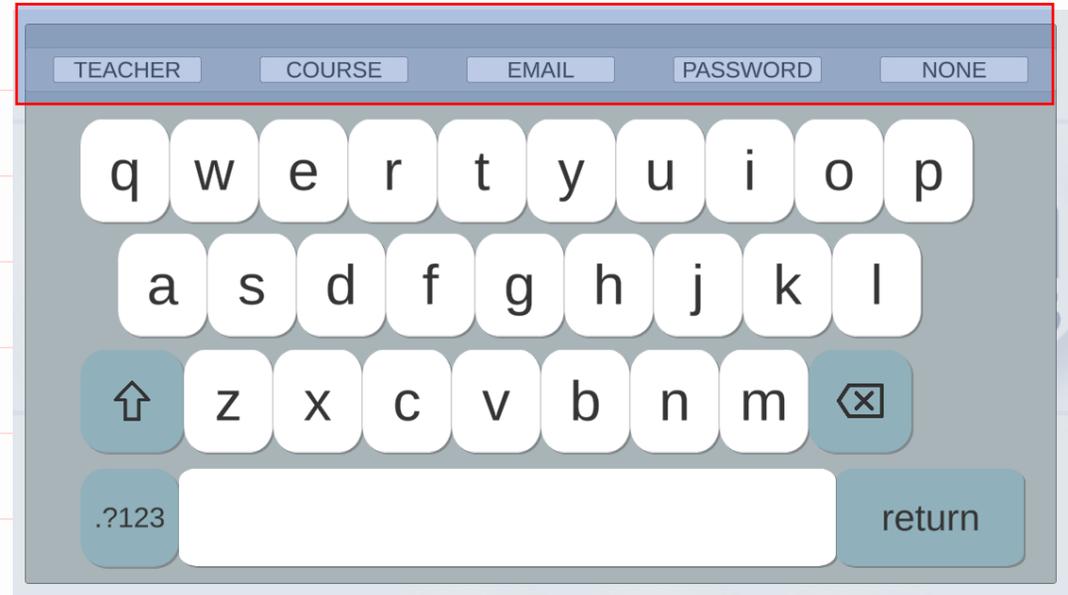
3.- Sonido

4.- Pantalla Completa (Requiere click externo)

5.- Clicar si se dispone de ordenador de Bajos Recursos

6.- Feedback

7.- Resetear

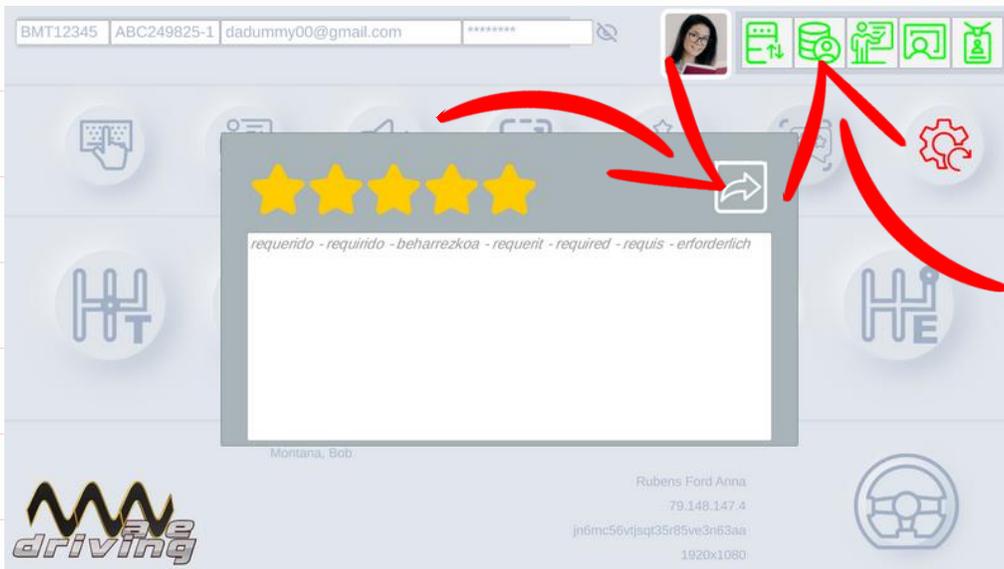


Campos de Acceso (Botones):

A.- Cada botón **resetea** el campo correspondiente.

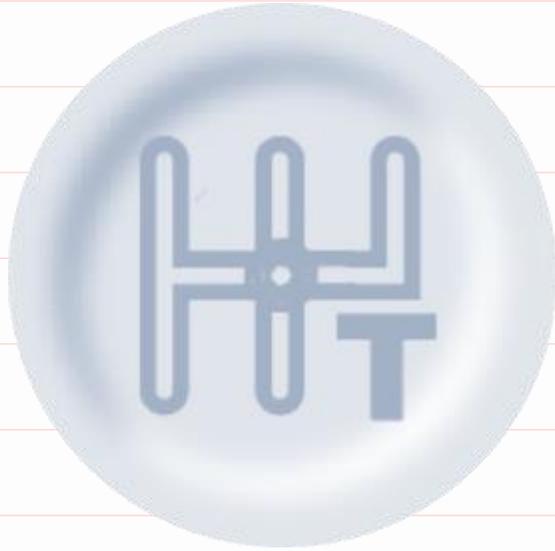
B.- No en todos los entornos funcionarán las teclas de retorno y Borrado a izquierda.

* El botón 'none' está como auxiliar para quitar foco de los campos de entrada de datos. Sí, es un poco complicado.



Enviar valoración del alumno, tanto del curso como del profesor, etc. Recoger su opinión es muy importante para poder ofrecer un servicio de máxima calidad.

- Solo funcionará cuando todos los botones estén verificados.
- El campo de texto no puede quedar vacío para que se realice el envío.



INICIO: NIVEL T (Toma de contacto)

Comenzamos a trabajar con el simulador. El objetivo del Nivel T no es otro que el de familiarizarse con el entorno de trabajo.

El tiempo estimado es de 5 minutos, y los alumnos tienen libertad completa para interactuar con el sistema.

IMPORTANTE: Todos, y en todos los niveles, los conductores de vehículos naranjas son del tipo **CD** o de **mantenerse a distancia de seguridad**.

CONOCIENDO AL SIMULADOR

La función de este nivel es conocer y familiarizarse con el simulador. Se deben ir pulsando todos los botones varias veces, incluyendo los pedales de freno y acelerador, así como el botón derecho del ratón.

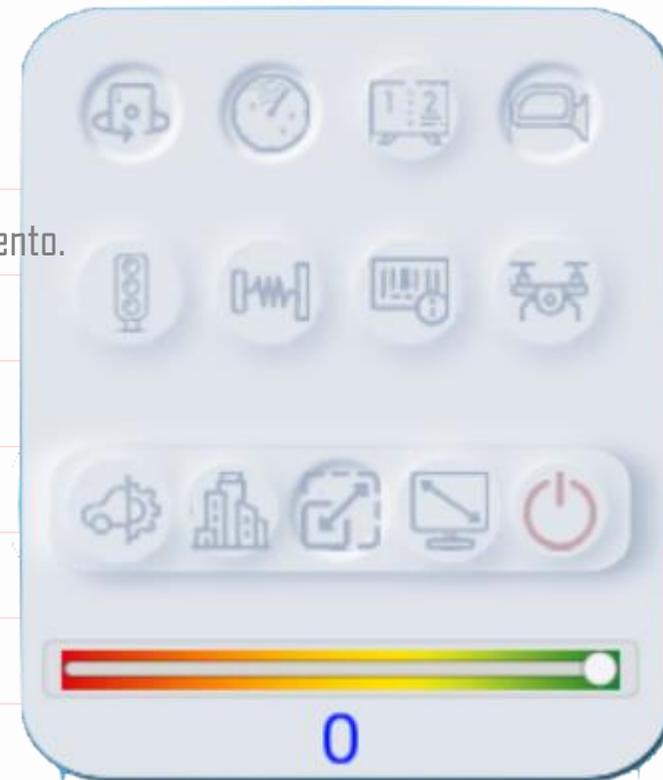
Si fuese un teclado táctil, las Ayudas a la Conducción (ADAS) se muestran pulsando sobre el logo de Wavedriving®.



ADAS

Ayudas a la Conducción:

- Cámaras de Seguimiento.
- Cámara Radar.
- Pantalla Dividida.
- Retrovisor Mágico.
- Modo "Semáforo".
- Modo "Muelles".
- Mostrar Nombres.
- Cámara Libre.
- Modo "Conceptual"
- Mostrar Ciudad.
- Pantalla Completa.
- AutoAjuste de relación de aspecto.
- Volver al Menú Principal.



SALPICADERO + ADAS



NOTA: Si el valor de los FPS (Fotogramas Por Segundo) descendiera por debajo de 25 pudiera ser que el equipo no fuese lo suficientemente potente para ejecutar el simulador.



Nivel de Riesgo de los Conductores

NOTA: El nivel de Riesgo de los Conductores se deberá mantener siempre a '0', excepto en el momento especial de explicar el Nivel de Seguridad POSTerior, lo que se hará solo en el 'Nivel I'.

FUEL

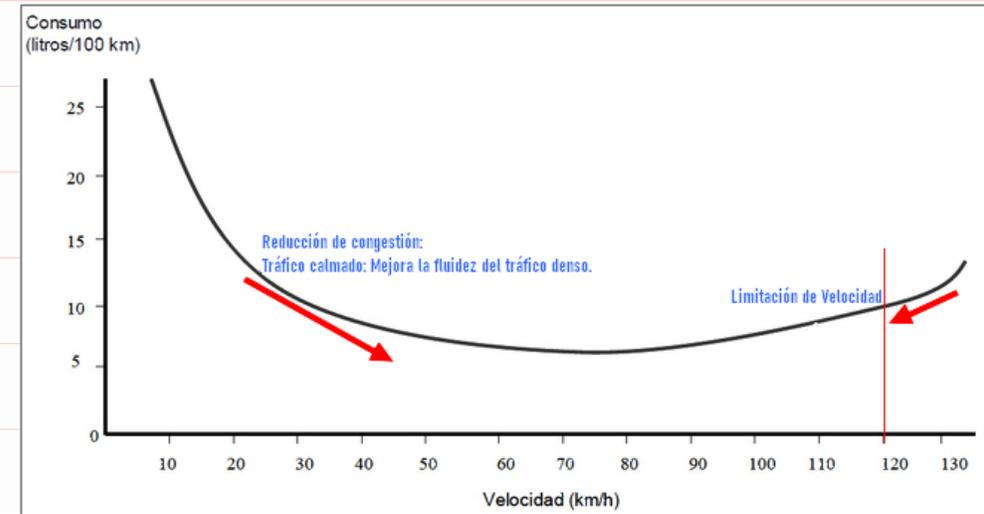


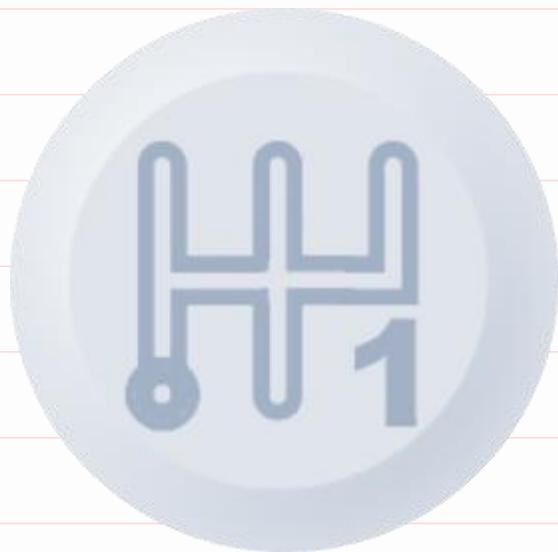
NOTA (I): El Económetro indica el nivel de consumo instantáneo y son dos los factores que intervienen en el valor que muestra:

- 1.- Aceleración.
- 2.- Velocidad.

Tanto el valor del Nivel como el del Económetro tienen carácter didáctico, por eso sus reacciones están 'exageradas' con respecto a uno real.

NOTA (II): El apartado consumo en función de la Velocidad está basado en un típico motor de combustión interna con gráfica de tipo 'panzaburra' que mostramos en la parte inferior.



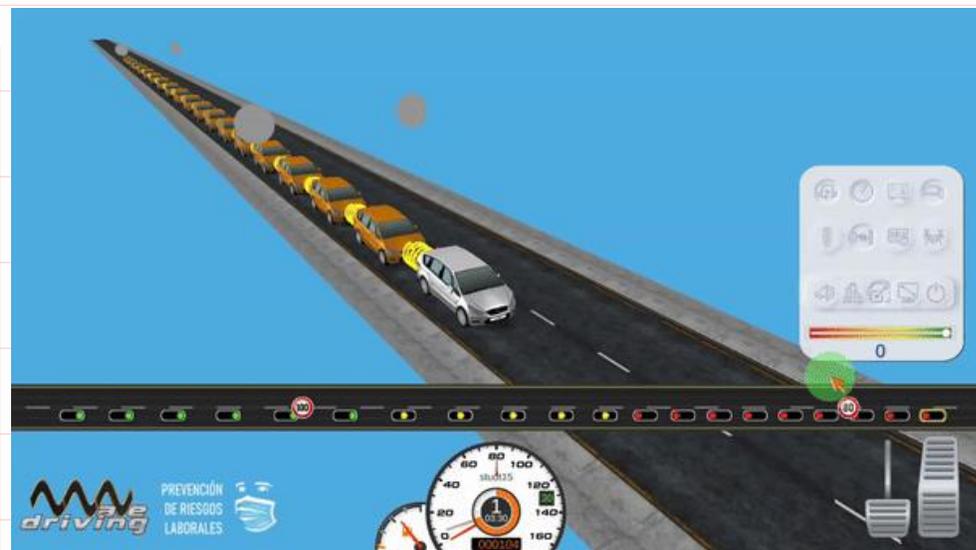


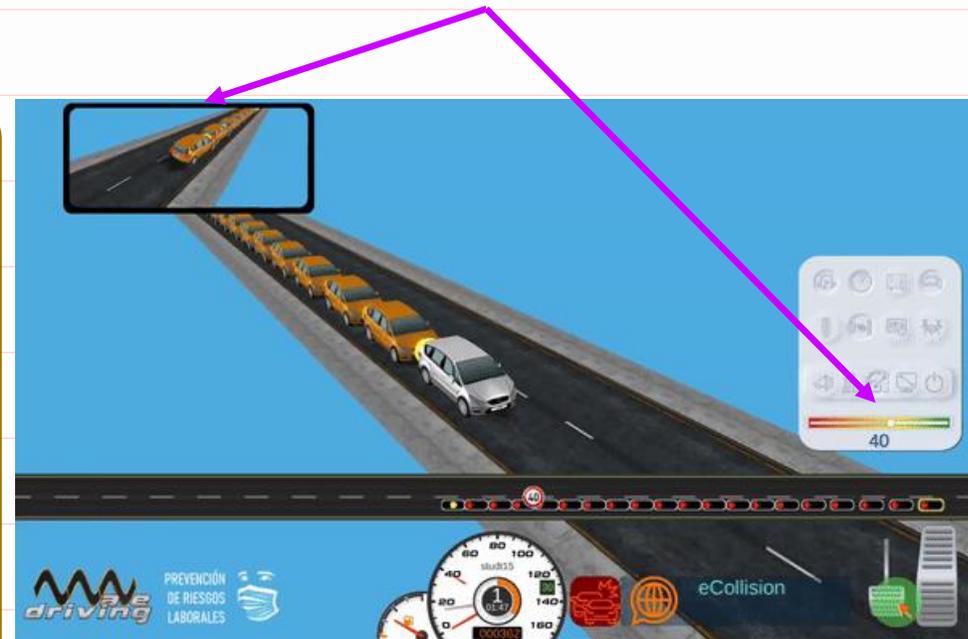
NIVEL 1 (El pelotón de vehículos)

Este es un nivel intenso, en el que el usuario conducirá el vehículo líder del pelotón y solo **realizará las maniobras sucesivas de acelerar y detenerse, y de acelerar y decelerar siguiendo los límites de velocidad.**

Se recurrirá a las ADAS con frecuencia para visualizar el tráfico desde las perspectivas convenientes. Lo primero será eliminar el escenario, que no se activará más pues solo es un elemento decorativo y distractor. Los objetivos:

- 1.- Comprobar que no conducimos solo nuestro vehículo, sino también a todos los que llevamos detrás.
- 2.- Dividiremos la pantalla y comprobaremos que el último vehículo realiza los mismos movimientos que el líder, pero con un tiempo de retardo. Mostraremos alternativamente los muelles amarillos, será la primera analogía que utilizaremos.





3.- Conduciremos a velocidad constante, ¿Qué ocurre en el pelotón? ¿Y en el último vehículo?

4.- Aceleramos, mantenemos y frenamos, ¿Qué ocurre en el pelotón? ¿Y en el último vehículo?

5.- ¿Es un efecto similar a si los vehículos estuvieran ligados por resortes?

6.- ¿Un vehículo es, en realidad, un semáforo?

7.- Una conducción agresiva (Acelerar al máximo y frenar fuerte), ¿Puede desencadenar un accidente detrás nuestro?*

En este nivel entraremos y saldremos varias veces.

* Para desencadenar el accidente deberemos utilizar el deslizador. Representa el nivel de riesgo de los conductores. Un valor de '40' suele ser suficiente.

** Una vez finalizada la prueba **debe restablecerse a '0'**.

EL MUNDO REAL



Es importante acompañar los conceptos con vídeos reales. Podemos observar perfectamente cómo se están produciendo colisiones por alcances sucesivos: No solo conducimos nuestro vehículo y no solo existe la **Seguridad Vial Frontal**, sino que también podemos y hemos de evitar accidentes detrás nuestro.

Lo denominamos **Seguridad Vial Posterior**.

Esto es lo que está ocurriendo:





El último vehículo que vemos detenido en el carril (color claro) lo único que hizo es llegar pronto al atasco, por tanto:

- Lo ha engordado; ha dejado de ser parte de solución para convertirse en parte del problema.
- Se ha convertido en el escudo de los vehículos que tiene delante, en un 'guardaespaldas'. No ha tenido en cuenta el tráfico detrás de él. Si te acercas demasiado al vehículo frontal no tendrás espacio para reaccionar.

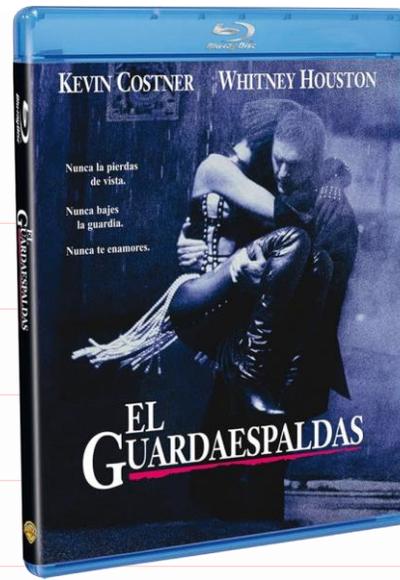
"Para llegar pronto a la oficina hay que llegar tarde al atasco."



Insistimos, no solo conducimos nuestro vehículo sino que, además, existe una **Seguridad Vial Posterior** que hemos de tener en cuenta cuando estamos al volante.

En el vídeo inferior, vemos que no sirve de mucho disponer de vías de tres carriles si, prácticamente, vamos a utilizar solo el de la izquierda.

Por otro lado, estos conductores no solo hacen un uso inadecuado de los carriles, sino también de la **Distancia de Seguridad Frontal** y, sobre todo, desconocen por completo la existencia de una **Seguridad Vial Posterior**.



Al último vehículo del atasco le tenemos asignado un alias. ¿Adivinas cuál? Pasa página y verás a alguien con menos fortuna que el del vídeo inferior.





Sup.: Un ejemplo más de **Inseguridad Vial Posterior**

Inf.: a $\frac{1}{4}$ de velocidad. Efectos en el cuerpo de un adulto



<https://www.youtube.com/watch?v=rjKuRAgnlU>

¿Cuán útil ha sido el cinturón de seguridad en este caso?

¿Por qué? ¿Echas de menos algo? ¿Algún comentario?

- Nada útil.
- Porque está mal configurada la altura del cinturón para la estatura del conductor,
- ¿No debería haber saltado el airbag?
- El vehículo se desplaza libremente, ¿Tenía el conductor el freno pulsado o dejó de pulsarlo con el choque?





Proponemos que no solo sea recomendable, sino obligatorio, que el último vehículo de un atasco prenda las luces de emergencia no solo cuando esté detenido, sino desde el mismo momento en el que empieza a realizar la maniobra de reducir la velocidad.



NIVEL 2 (Un vehículo es un semáforo)

El objetivo de este nivel es romper la dinámica, aceptada como buena por la mayoría de los conductores, de estar arrancando y parando continuamente.

Ahora disponemos de un segundo carril de comparación, y nuestro vehículo:

- 1.- No debe saltarse ningún semáforo en rojo.
- 2.- La velocidad ha de ser constante.
- 3.- Debe alcanzar la velocidad media máxima posible.



¿Qué vamos dejando detrás de nosotros? ¿Semáforos en verde o en rojo?

¿Qué carril es más rápido, el derecho o el izquierdo?

¿Qué carril están consumiendo más fuel?

¿Qué conducción es más estresante y más insegura?



NIVEL 3 (Las 3 variables espaciales)

Hasta ahora hemos aprendido a **calmar el tráfico** pero aún hay más: hemos de apropiarnos del mínimo asfalto posible.

Para ello utilizaremos el ADAS de 'Distancia de seguridad-Zona de Adaptación', visualmente 'Línea Roja-Resorte Verde',

Alcanzaremos la plenitud cuando, en el punto más cercano al vehículo precedente, el muelle queda plano y no precisamos variar nuestra velocidad.

No es tan fácil como parece, hay que practicar, pero la recompensa es grande: Podremos **eliminar de la carretera los atascos fantasmas.**

Por último, condensar en una aparente paradoja todo el objetivo del curso:

'En tráfico intenso correr no es sinónimo de ser rápido, sino de ser lento, estresante, agotador y peligroso.'

TRUCO

El vehículo líder estará realizando ciclos de 'arrancar-detener' con la misma frecuencia. Pues bien:

1.- Lo primero que ajustaremos será nuestra velocidad: si en cada ciclo observamos que el vehículo líder se aleja es que vamos despacio y, por el contrario, si observamos que nos vamos echando encima de él es que vamos rápido.

2.- Una vez ajustada la velocidad nos queda ajustar la separación, para ello nos quedaremos en la memoria la posición de la aguja del velocímetro y:

a.- Si sentimos que vamos demasiado cerca del líder frenamos un punto, esperamos un pequeño tiempo, aceleramos para recuperar la velocidad.

b.- Por el contrario, si sentimos que estamos demasiado lejos aceleramos un punto, esperamos un pequeño tiempo y

frenamos hasta recuperar la velocidad.

3.- Hay que tomar como referencia siempre el mismo momento del ciclo. Aconsejamos que sea el instante en el que arranca el vehículo líder pues lo sabremos, fácilmente, porque sus luces de freno se apagarán.

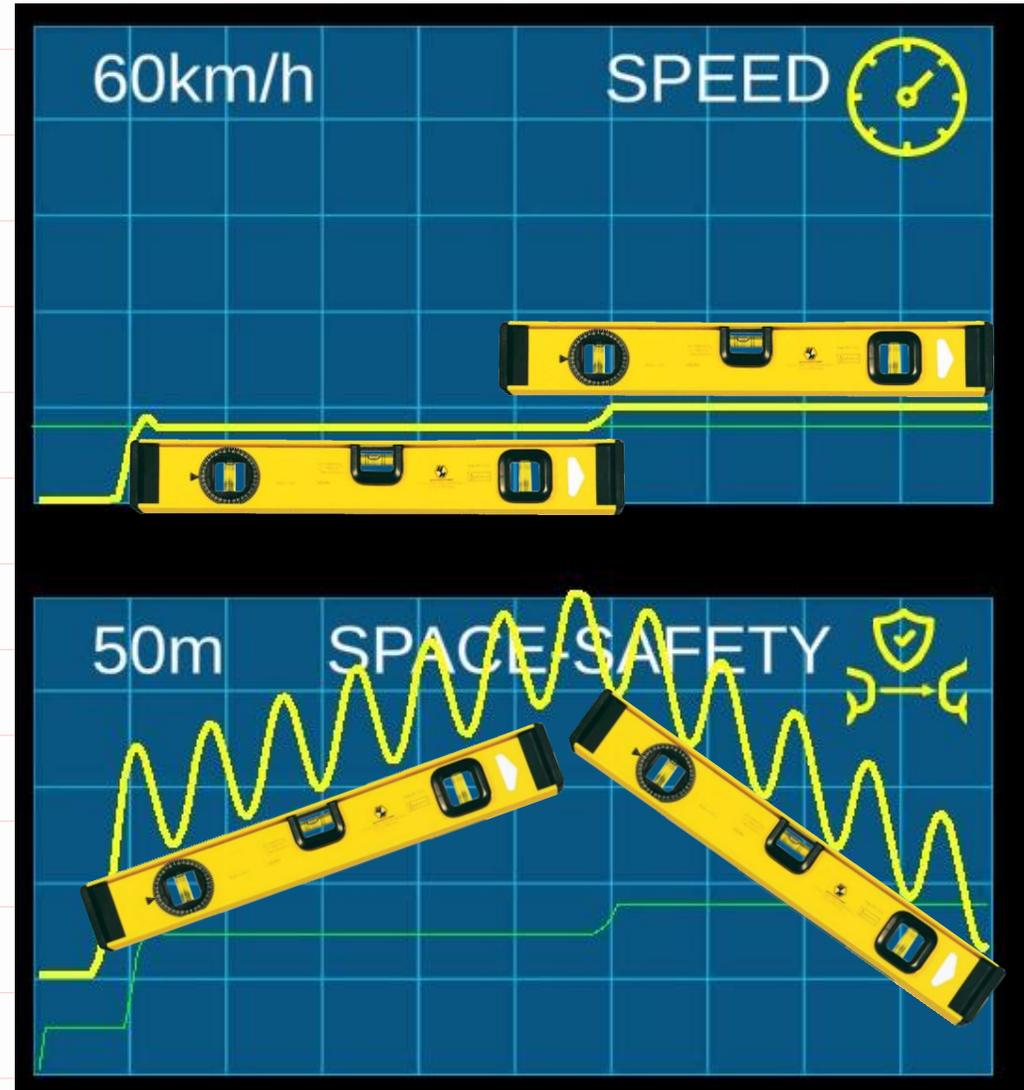


Este truco será bueno practicarlo: nos será muy útil en la 'vida real'.

ERROR EN VELOCIDAD

Si observamos la figura de la derecha vemos que el alumno ha comprendido bien los conceptos, pero no está acertando con la técnica.

Es correcto que lleve una velocidad constante pero en el primer tramo esa velocidad era excesivamente lenta y, en el siguiente tramo, excesivamente rápida.

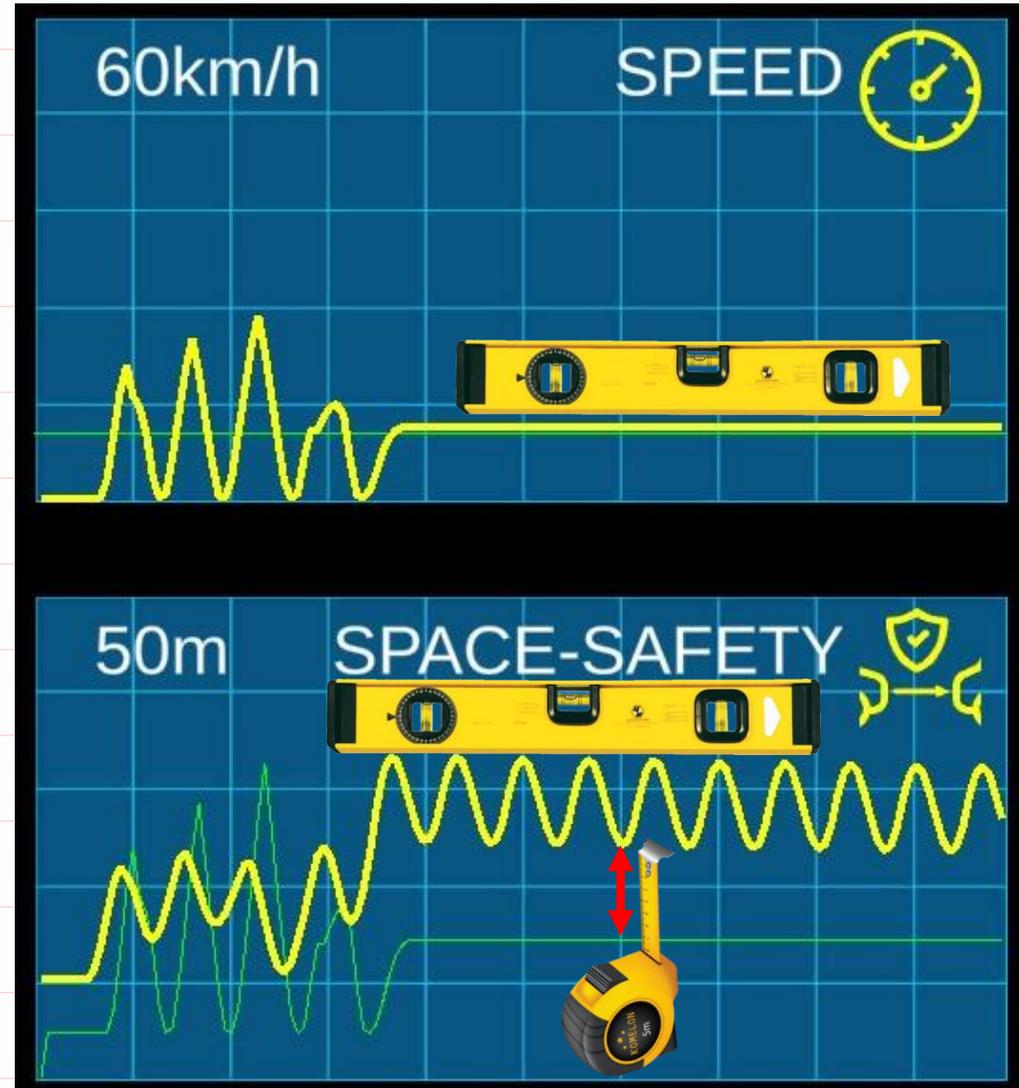
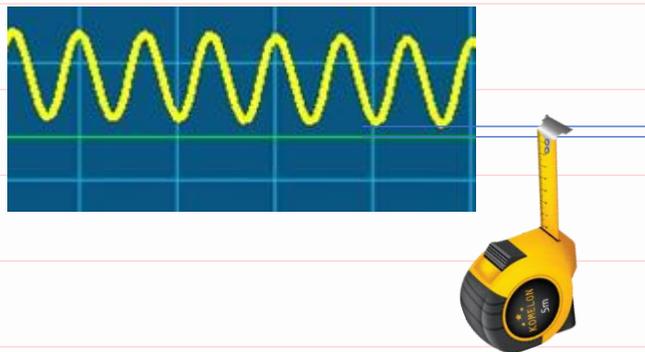


ERROR EN DISTANCIA

En este caso el alumno ha acabado acertando con la velocidad pero, sin embargo, ha dejado excesiva separación.

No es necesario para realizar la valoración que se estén exactamente tocando la línea amarilla y la verde, basta con que estén *razonablemente* cerca pero, eso sí, siempre la verde (distancia de seguridad) a una cota menor.

Diremos entonces que está en 'eficacia'.





NIVEL E1/E2 (Niveles de Evaluación)

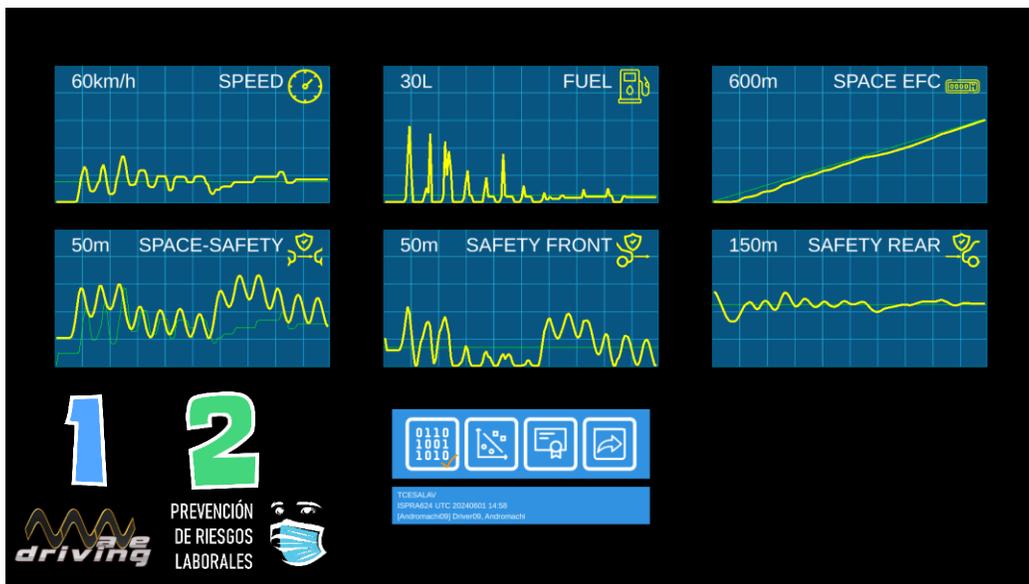
En realidad son el mismo nivel, pero E1 se aplica antes de realizar la parte de formación con el simulador y E2 al final de la misma.

El alumno tan solo deberá conducir durante unos minutos.

No tendrán la posibilidad de recurrir a las ADAS.

Finalizan con la generación de los ECD y Diploma, momento en el que se les enseñará a interpretarlos. Ellos mismos deben ser capaces de evaluar el nivel de aprendizaje alcanzado.





- Código del Instructor
- Código del Curso / Hora UTC
- [Username] Apellido, Nombre

ACCIONES

Como acabamos de decir, al finalizar la prueba de Evaluación aparecerá, automáticamente, la imagen superior izquierda. En ella:

1. WD Logo
2. Curso Logo

Y en la imagen inferior

1. Envío automático de datos Server.
2. Envío automático de Escalas al Server.
3. Generación automática del Certificado.
4. Botón: Salir.



La palometa en naranja indica qué procesos han finalizado correctamente.

No salir hasta que no hayan concluido los tres procesos.

CERTIFICADO

De forma automática el sistema genera, además de los ECD que el alumno podrá descargarse cuando desee, un Certificado de Reconocimiento de realización del curso.

En este certificado aparece:

- Nombre del Alumno.
- Código del profesor.
- Código del Curso.
- Nombre y Firma del Profesor.
- Sello y Firma de IMPACTWARE.
- Fecha y UID del diploma.
- Sello de la Empresa de Formación.
- Sello empresa Destinataria (Opcional).

CERTIFICADO

DE RECONOCIMIENTO

Este certificado se otorga a

Marta García López

en reconocimiento a su participación en el curso

WAVEDRIVING®

con una duración aproximada de 2 horas



Lucía Pérez Martín
Profesor



MANUAL DE CAPACIDAD DE CARRETERAS

Versión española de la obra "Highway capacity Manual", Special Report N° 209 del Transportation Research Board, National Academy of Sciences, de los Estados Unidos de Norteamérica.

Preparada por la Asociación Técnica de Carreteras Comité Español de la A.I.P.C.R.

20

asociación técnica de carreteras
comité español de la A.I.P.C.R.



INGENIERÍA DE TRÁFICO

Los siguientes epígrafes presentan y definen los dos **conceptos principales** de este manual: la *capacidad* y el *nivel de servicio*.

Capacidad

Se define, en general, como *capacidad* de una vía a la máxima intensidad horaria de personas o vehículos que tienen una probabilidad razonable de atravesar un perfil transversal o tramo uniforme de un carril o calzada durante un período definido de tiempo bajo las condiciones prevalentes de la plataforma, el tráfico y los sistemas de regulación.

Niveles de Servicio

El concepto de *niveles de servicio* es, por definición, una medida cuantitativa descriptora de las condiciones operativas de un flujo viario, y de su percepción por los motoristas y/o pasajeros.

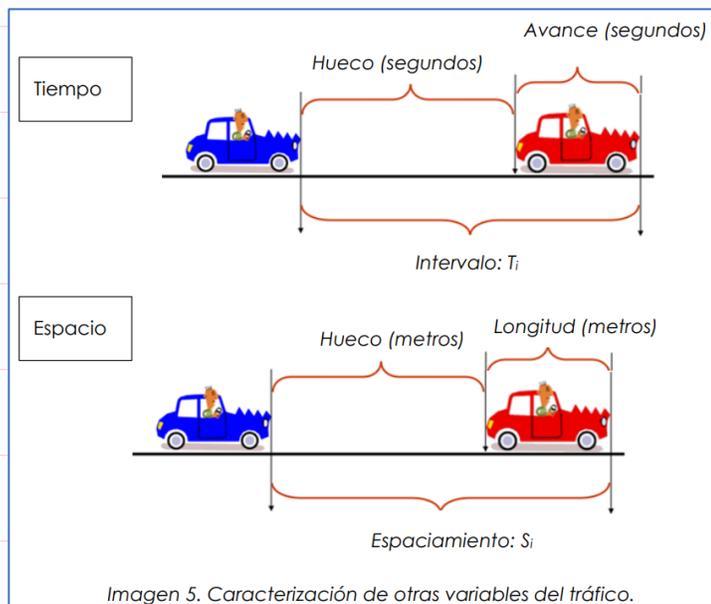
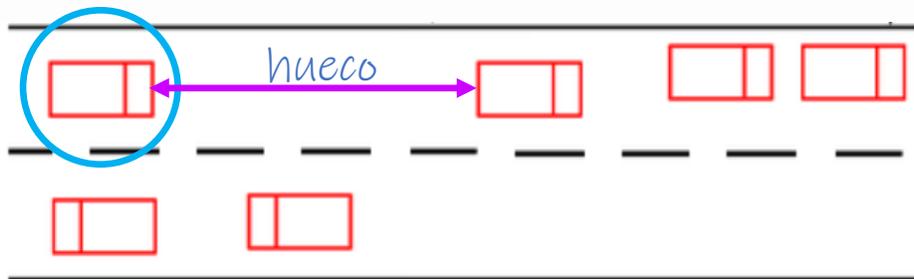
Desde Wavedriving® no admitimos el término de 'capacidad de una carretera'. Una carretera es, topológicamente, un tubo y ningún tubo tiene la propiedad de 'capacidad' referida a 'caudal'.

La clave es la 'capacidad de los conductores' para circular por esa carretera.

Suenan parecido, pero son justo lo contrario.

INGENIERÍA CLÁSICA

Nos encontramos que la **unidad de análisis** son dos elementos: el **vehículo** y el separador o **'hueco'**.



<https://1library.co/document/zpdoj3vz-variables-fundamentales-del-trafico-intensidad-velocidad-y-densidad.html>

TRAFFIC FLOW THEORY

Si partimos del vehículo como objeto mínimo, celular, del tráfico todos los conceptos y ecuaciones serán descriptivos, es decir, no **demonstrarán**, sino que **mostrarán** cómo es el tráfico.

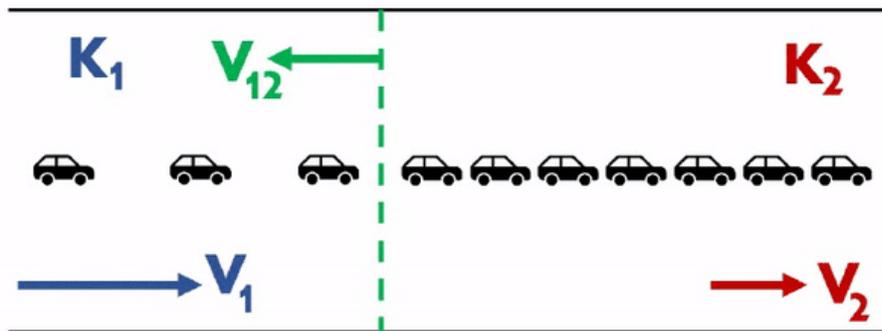
El conductor es un centauro con su vehículo. Un mismo cuerpo. Entre él y el vehículo que le precede hay un **'hueco'**. A partir de aquí todo es **estadística**, desde los conceptos hasta la ecuaciones. Por ejemplo:

Velocidad: Velocidad puntual, Velocidad instantánea, Velocidad de recorrido, Velocidad de circulación, Velocidad media temporal, Velocidad media espacial, Velocidad media de circulación, Velocidad media de recorrido.

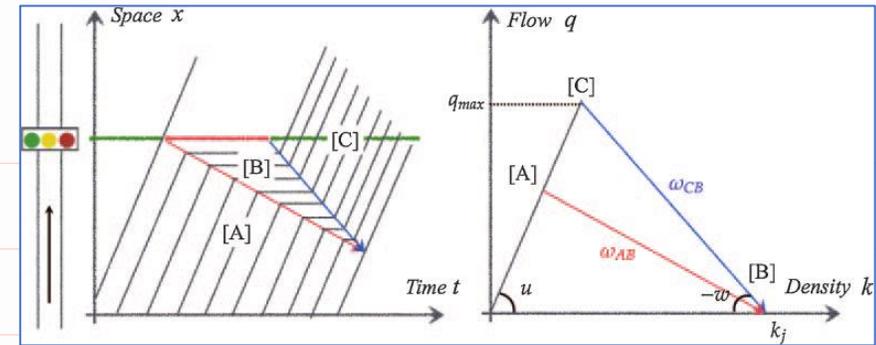
Y esto solo con la velocidad.

Todas las variables nombradas son descriptoras, no entran en el porqué el flujo es de determinada manera, sencillamente se acepta pues los valores asignados son recogidos por los aforos de las carreteras. Solo queda ajustar los parámetros en las fórmulas. La visión en **modo macro** del tráfico. Y punto. Pero hay más, con esa forma 'tradicional' de conducir aparecen las **shock waves**, ondas regresivas, que también son fruto de profundos análisis y teorías.

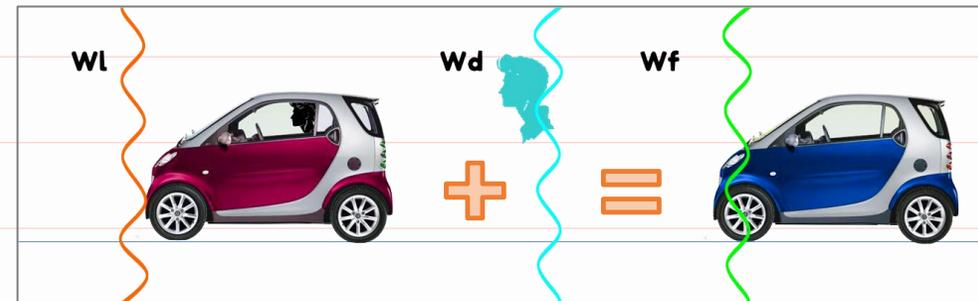
Por ejemplo:



<https://tomrocksmaths.com/2023/02/16/traffic-shock-waves/>



Pero, como venimos insistiendo, WD no es así. La unidad atómica es la dualidad **conductor-vehículo**



Su ecuación no es estadística sino ley. No describe, determina. No estudia las *shock waves*, impide que se formen, Los atascos no son por capacidad, sino por interferencia. **El conductor no es un invariante, es moldeable.** Con WD todo encaja.

INGENIERÍA DE TRÁFICO OFICIAL

La ecuación fundamental de la teoría del tráfico establece una relación entre tres variables clave que describen el flujo vehicular en una carretera: el flujo (q), la densidad (d) y la velocidad (v). Esta relación se expresa a través de la siguiente fórmula:

$$q = d \cdot v$$

Donde:

- q es el caudal de tráfico, generalmente medido en vehículos por hora (veh/h).
- d es la densidad de tráfico, medida en vehículos por kilómetro (veh/km).
- v es la velocidad promedio de los vehículos, medida en kilómetros por hora (km/h).

ECUACIÓN FUNDAMENTAL

Interpretación de la Ecuación

- Si la densidad de tráfico aumenta, manteniendo la velocidad constante, el flujo también aumenta.
- Si la velocidad aumenta, manteniendo la densidad constante, el flujo también aumenta.

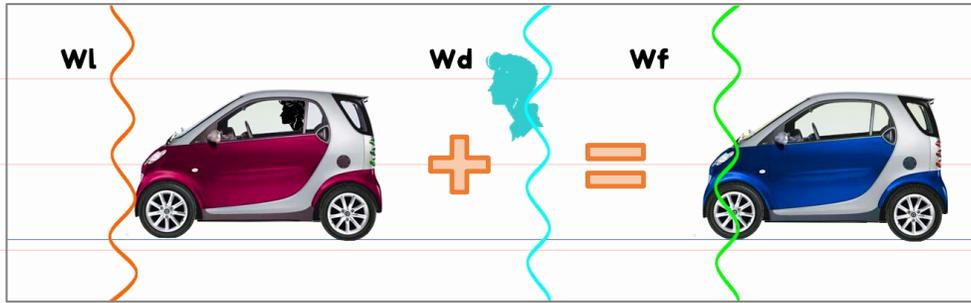
En situaciones de tráfico muy denso la velocidad tiende a disminuir debido a la congestión, lo que puede reducir el flujo.

Desde wavedriving® no la admitimos como ecuación fundamental, pues no es más que la ecuación de un caudal que podría dar exactamente el mismo resultado a "flujos laminares" como a "flujos turbulentos" y, sin embargo, ambos son muy diferentes con ecuaciones diferentes.

* Similar a ingeniería hidráulica/neumática. Ver número de Reynolds.

INGENIERÍA DE TRÁFICO WD

Vimos, anteriormente que, para todo vehículo no-líder:



$$W_{\text{follower}} = W_{\text{leader}} + W_{\text{driver}}$$

Pero cuando hay más vehículos, ¿Cuál sería la ecuación de un pelotón? Aplicamos esa ecuación de forma secuencial:

$$W_{f1} = W_l + W_{d1}$$

$$W_{f2} = W_{f1} + W_{d2} = W_l + W_{d1} + W_{d2}$$

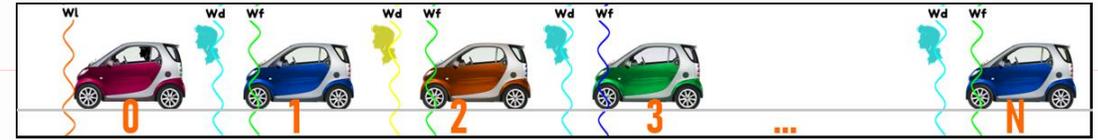
$$W_{f3} = W_{f2} + W_{d3} = W_l + W_{d1} + W_{d2} + W_{d3}$$

...

$$W_{fn} = W_{fn-1} + W_{dn} = W_l + W_{d1} + W_{d2} + W_{d3} + \dots + W_{dn}$$

Si realizamos sustituciones sucesivas obtenemos...

ECUACIÓN FUNDAMENTAL EXTENDIDA WD



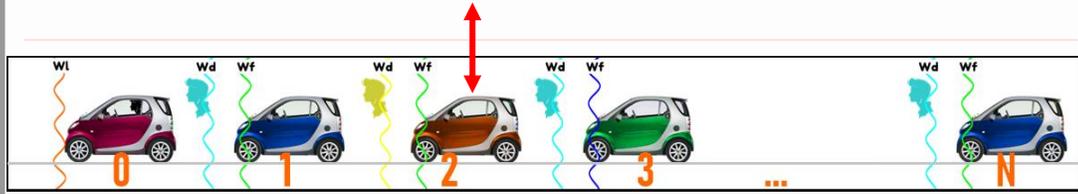
$$W_{fn} = W_l + W_{d1} + W_{d2} + W_{d3} + \dots + W_{dn}$$

Ecuación fundamental extendida que reza:

"Dado un pelotón de m vehículos, la onda del movimiento del vehículo n ($n > 0$; $n \leq m$) es la onda del vehículo líder más la suma de las ondas de todos los conductores de 1 a n ."

Si somos capaces de dar formación a los conductores podremos eliminar los *atascos fantasmas* de tráfico. Además, esta ecuación nos dice que no existe *capacidad de la carretera*, sino que es *la capacidad de los conductores para circular por la carretera*.

¿QUÉ MÁS NOS DICE LA ECUACIÓN WD?



$$W_{fn} = W_l + W_{d1} + W_{d2} + W_{d3} + \dots + W_{dn}$$

Supongamos ahora que somos el vehículo $n=2$, si tomamos la ecuación WD resulta que

"Dado un pelotón de m vehículos, cada vehículo es el vehículo líder de los vehículos que le siguen."

Por tanto es cierta nuestra afirmación:

"No conducimos solo nuestro vehículo, sino también todos los que llevamos detrás."

Es por esto que utilizamos la analogía de que los vehículos se comportan como si estuvieran ligados por resortes (resortes un poco lentos, eso sí)*

NOTA: esta analogía solo es válida para conductores de "dos variables" o de "distancia".

DISTANCIA DE SEGURIDAD. ESTÁTIC / DINAMIC

La distancia de seguridad es ese 'airbag imaginario' que nos ofrece el espacio suficiente para que, con nuestro tiempo de reacción, nunca choquemos contra un objeto que se encuentre delante.

Ahora viene el matiz, ese objeto, ¿Está en reposo o está en movimiento?



1. Si no está en movimiento, la distancia de seguridad (estática) viene determinada por la separación, pero si
2. está en movimiento la distancia de seguridad (dinámica)

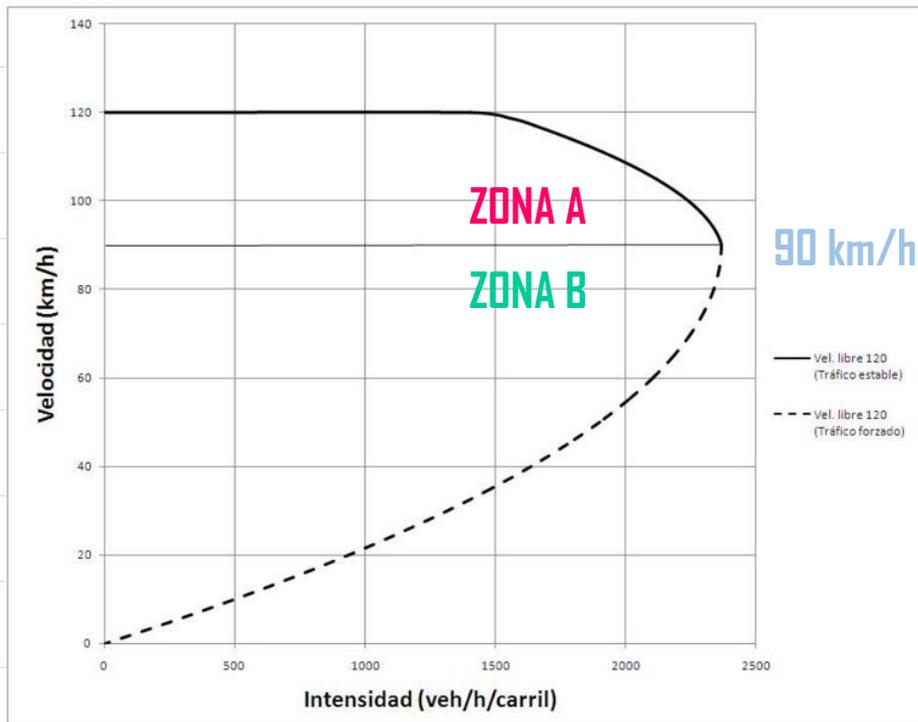
puede ser menor pues, en caso de tener que frenar, el vehículo verde recorrerá un espacio que también le servirá de airbag al coche azul.

$$dse > dsd$$

¿Dónde está el problema? Que los conductores en carril vamos con la dsd, pero algunas veces el vehículo al que seguimos reduce su velocidad mucho más de lo que nos esperamos, con lo que necesitamos la dse... cuando ya es tarde para obtenerla.



DISTANCIA DE SEGURIDAD DINÁMICA



La gráfica superior muestra la relación entre velocidad del tráfico y la intensidad/caudal del mismo. Es el resultado estadístico obtenido por aforos en las carreteras.

Se diferencian dos zonas, A y B, limitadas por la barrera psicológica de los 90 Km/h.

Hablaremos de esta gráfica varias veces en este manual. Ahora nos interesa centrarnos en que hay algo que no encaja:

Si la distancia de seguridad ha de ser de 2 s, ¿No debería ser una línea recta?

Si condujesen máquinas sí, pero en los conductores aparecen factores psicológicos como:

- Percepción subjetiva del peligro.
- Efecto túnel en velocidades altas.
- Presión de otros conductores al estar los vehículos más cerca, etc.

Al final lo que se ve es lo que hay, hemos de intentar cambiar esta gráfica por el bien de la seguridad, salubridad, movilidad y sostenibilidad del tráfico.

LLUVIA = ATASCOS

La lluvia hace que los conductores aumentemos la precaución y esto conlleva:

1. Reducir la velocidad,
2. Aumentar la distancia de seguridad (de 2s a 3s).



sin embargo obtenemos dos efectos contrarios a lo esperado, ¿Por qué?

1.- **Accidentes:** que dejemos más distancia de seguridad no quiere decir que dejemos la distancia de seguridad adecuada para ese suelo mojado. (Ej. Si dejamos 2.1s)

Tres accidentes leves y la lluvia colapsan Madrid en hora punta



AGENCIAS | NOTICIA | 19.10.2015 - 11:34H



2.- Atascos.

2.1.- Esos accidentes producen atascos por bloqueo de carril.

2.2.- La geometría de la carretera, como curvas y pendientes, producen un impacto mayor en la reducción de velocidad de los vehículos líderes que, sabemos, se transmite al resto de los vehículos del pelotón. Atascos por interferencia de velocidades.

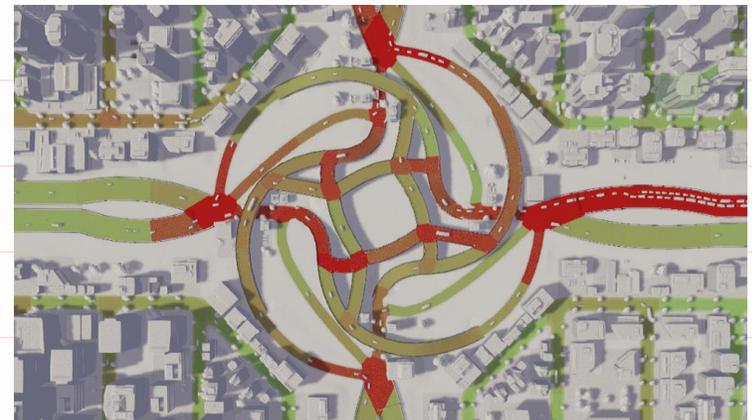
2.3.- Al dejar mayor ds se disminuye la densidad del flujo, ergo también la intensidad de circulación, ergo se empezarán a colapsar las vías. Es decir, no hay más coches, pero 'caben' menos.

CIBERNÉTICA

“Todos los caminos conducen a Roma” o, actualmente, se diría que las carreteras son un sistema cibernético (todo, al final, está conectado con todo) o que el tráfico es un sistema dinámico de redes e, incluso, se podría hablar del ‘efecto mariposa’.

Hay mil modos de verlo pero, al final, lo que pretendemos expresar es que una pequeña incidencia en un punto de la red puede propagarse hasta llegar a colapsar todo el sistema.

Con lluvia, por ejemplo, vemos como tres leves accidentes han sido suficientes para colapsar todo Madrid,



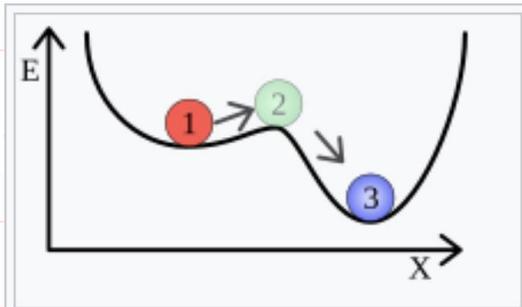
METAESTABILIDAD

Observa el vídeo de la derecha. Los vehículos llevan exactamente la misma velocidad, no hay interferencia de velocidades pero no nos encontramos ante un sistema estable, sino ante un sistema **meta-estable**.

¿Qué quiere decir esto? Que si bien todos los vehículos van sincronizados un pequeño elemento perturbador (como que un vehículo cambie de carril) puede desencadenar el temido atasco fantasma.



WIKIPEDIA
The Free Encyclopedia

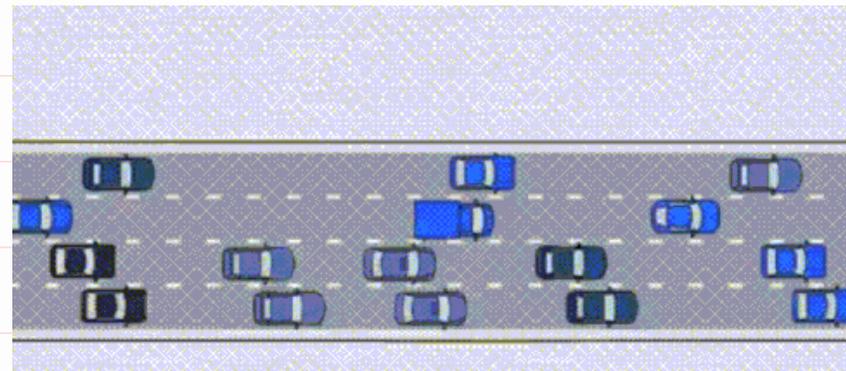


Un sistema metaestable con un estado débilmente estable (1), un estado inestable de transición (2) y un estado fuertemente estable (3).



Siempre estamos hablando de flujos de vehículos que van variando su velocidad generando una situación de inestabilidad (régimen turbulento) pero, ¿Qué ocurre cuando vamos en un flujo donde hay alta densidad pero todos los vehículos circulan a la misma velocidad (régimen laminar)?

¿Wavedriving® tiene sentido aquí?



Sí, claro que también tiene sentido WD en regímenes metaestables:

Hemos de seguir manteniendo la idea de barra y muelle dejando, además de la distancia de seguridad, un 20-30% más... pero flexible para que, en caso de una perturbación, no provoque cambios bruscos y dé tiempo al pelotón de absorber el impacto.

Si mantuviéramos ese 30% rígido sería equivalente a convertirnos en conductores de distancia:

desencadenaríamos, de nuevo, atascos fantasmas.

- En el vídeo anterior se observa, perfectamente, cómo un vehículo grande ha cambiado de carril pero no ha desencadenado el atasco.
- El flujo del carril ha absorbido correctamente dicho impacto, su nivel de metaestabilidad es aceptable.



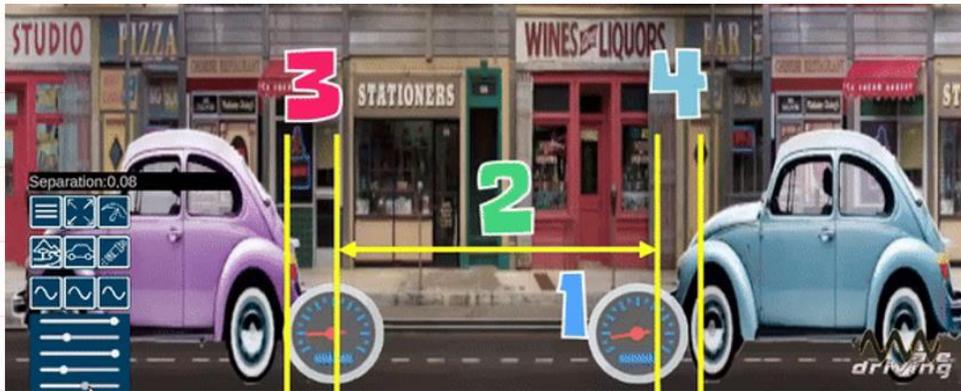
En situaciones de metaestabilidad ese 'poco más' que añadimos a la distancia de seguridad también debe entenderse como un resorte: es 'un poco más' **pero flexible**, a diferencia de la línea roja o distancia de seguridad que nunca debe verse invadida.

*En la imagen hemos dejado más de un 30% por didáctica.

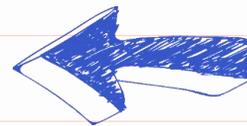
**Un ejemplo es la M-30 en Madrid (N-S). En tráfico denso, a la entrada del túnel de Legazpi hay régimen turbulento, dentro del túnel laminar (límite de velocidad 70 km/h).

Dicho en términos físicos:

en regímenes laminares la metaestabilidad se consigue añadiendo a la distancia de seguridad (variable 2) un espacio de adaptación de la velocidad (variable 3) y no un espacio desperdiciado (variable 4)

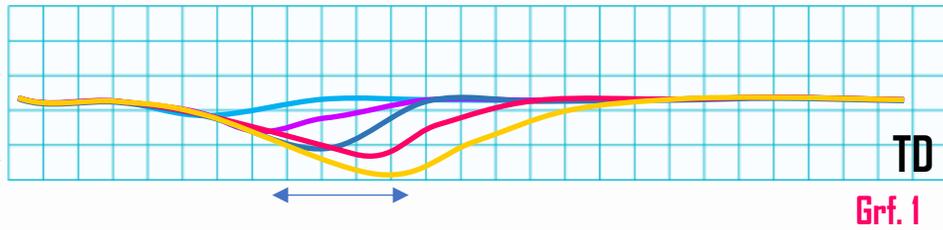
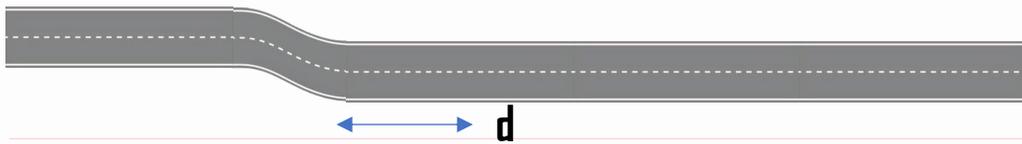


Ver [definiciones](#) de variables



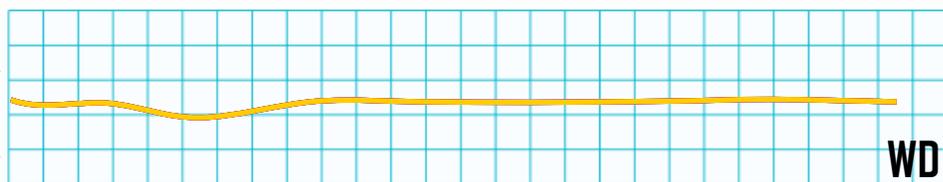
Desde hace muchos decenios se lleva diciendo a los conductores que 'dejen la distancia de seguridad y un poco más', sin ningún efecto positivo en el tráfico, y la razón es ésta: dan valor a la variable 4 en vez de a la variable 3.

Es lógico, nadie se lo ha explicado.



Grf. 1

En la imagen superior vemos los perfiles de velocidad que genera un pelotón de vehículos TD cuando se enfrentan a una curva. El vehículo líder (azul claro) reduce, ligeramente, su velocidad y el vehículo amarillo acaba detenido en la carretera y a una distancia 'd' de la curva.



Grf. 2

Esa distancia al objeto 'perturbador' de la velocidad hace que los conductores no asocien el atasco a la curva y de ahí el nombre de 'atasco fantasma' (Grf.1).

El objetivo de WD con su idea de **metaestabilidad** es que todos los vehículos atraviesen dicho segmento de la carretera con el mismo perfil de velocidad. (Grf.2)

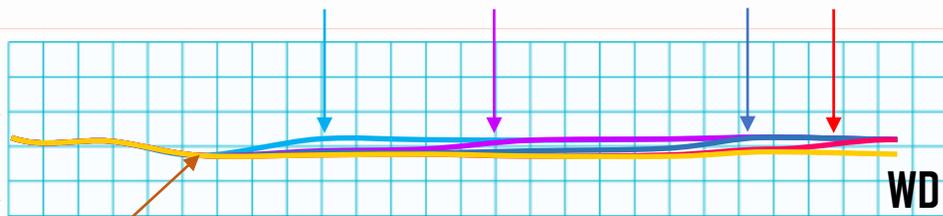
¿Tan fácil?

Bueno, nada es gratis: hay que dejar la distancia de seguridad más la zona de adaptación entre vehículos lo que reduce la densidad del tráfico o la mal llamada 'capacidad' de la carretera.

El objetivo es convertir el tráfico '**turbulento**' en '**laminar**'

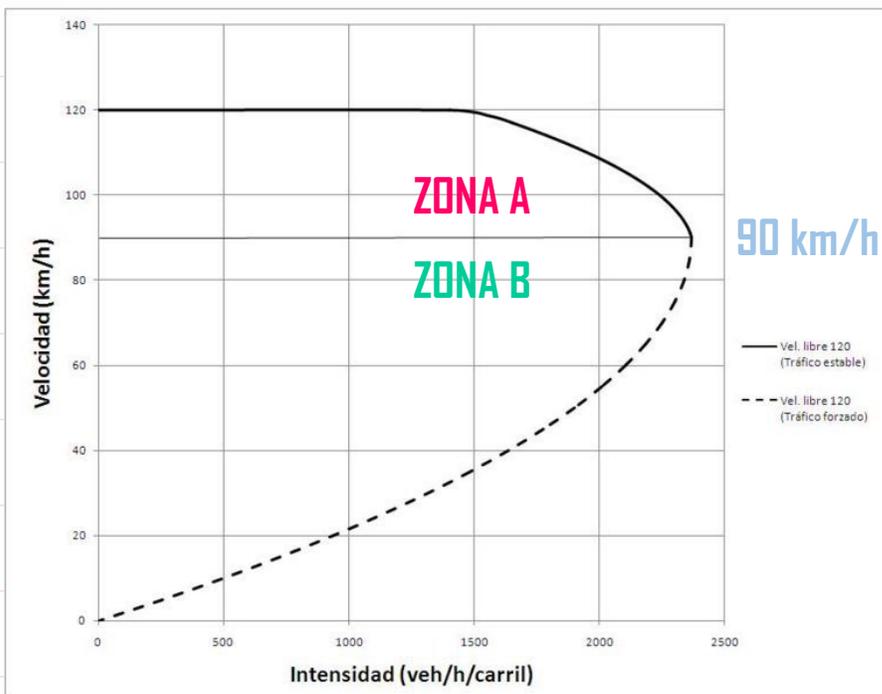
¿Compensa?

El precio que se paga es muy barato comparado con el enorme daño que producen los atascos.



Grf. 3

- Punto de mínima velocidad provocado por la curva al vh. líder.
- Puntos en los que se debería empezar a reducir la velocidad.



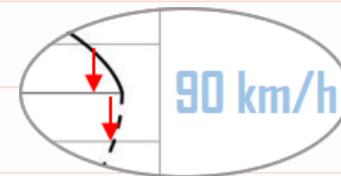
Surgen dos escenarios, según la velocidad mínima se encuentre en la Zona A o en la Zona B del gráfico inferior.

· **Zona A:** Una menor velocidad implica una mayor intensidad.

Por ejemplo, reducir de 100 a 90 Km/h en este escenario el perfil de velocidades de la Grf. 2 es válido, pues no se verá afectada la intensidad soportada aguas arriba.

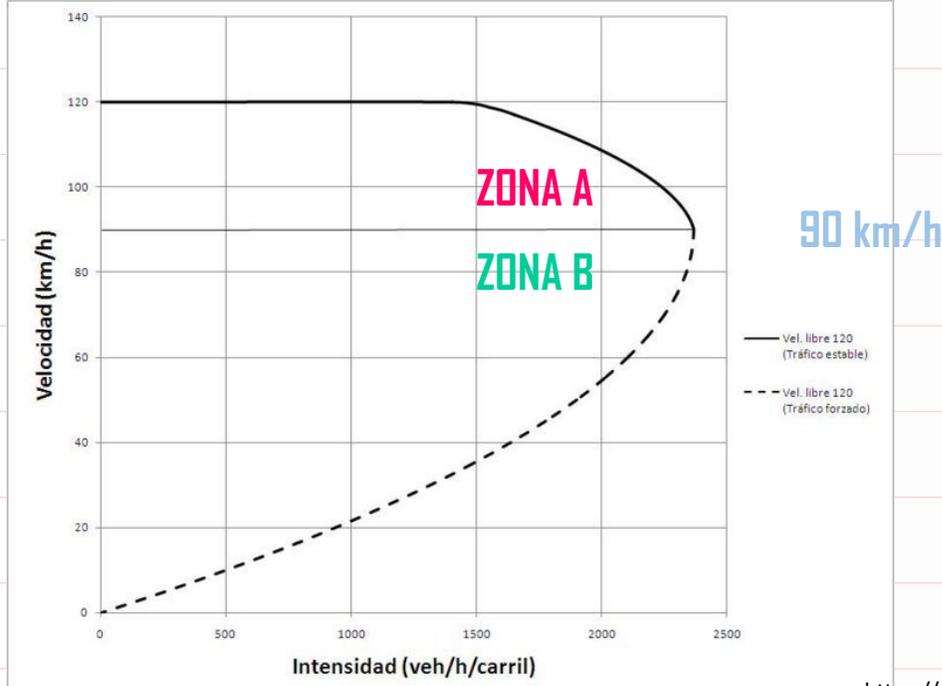
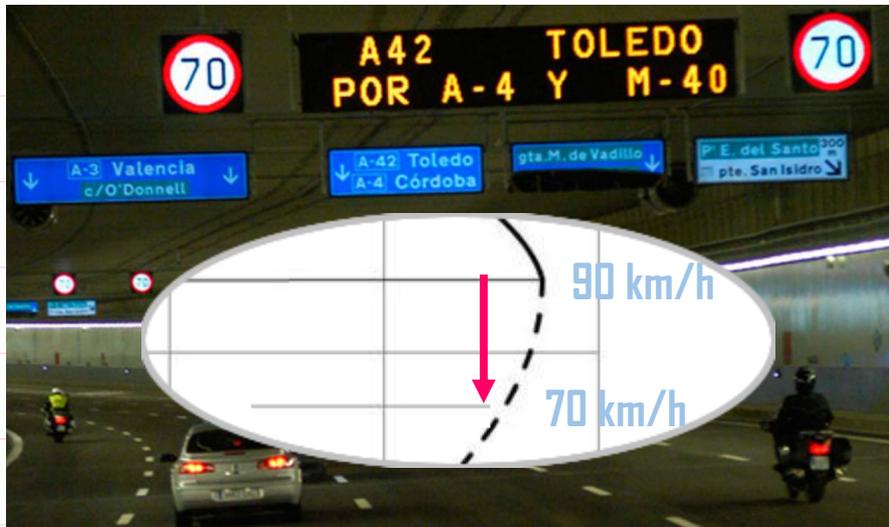
· **Zona B:** Una menor velocidad implica una menor intensidad.

Por ejemplo, pasar de 90 a 80 Km/h el perfil válido es el de la Grf. 3, pues esa menor intensidad soportada irá afectando aguas arriba al tráfico.



Es necesario que los vehículos circulen al mínimo (80 km/h en este caso) **aguas arriba**, bien *motu proprio* o bien con Paneles de Señalización Variable.

M-30 MADRID



¿Qué ocurre, por ejemplo, en la M-30 de Madrid?

La velocidad en el túnel está limitada a 70 km/h, pero en superficie a 90 Km/h, es decir, se pasa de una mayor a una menor intensidad

¿Resultado? Atasco fantasma creciente aguas arriba.

¿Solución? Reducción progresiva de velocidad aguas arriba.



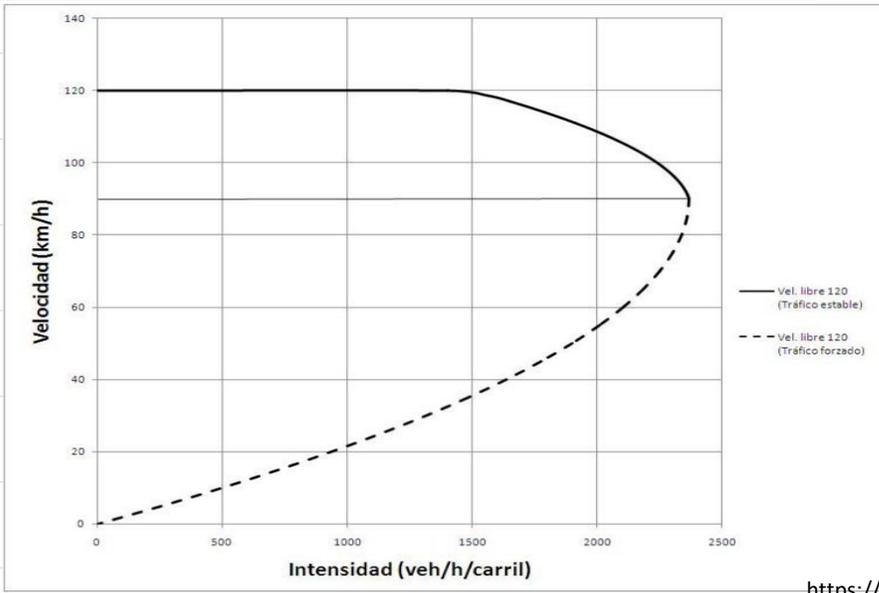
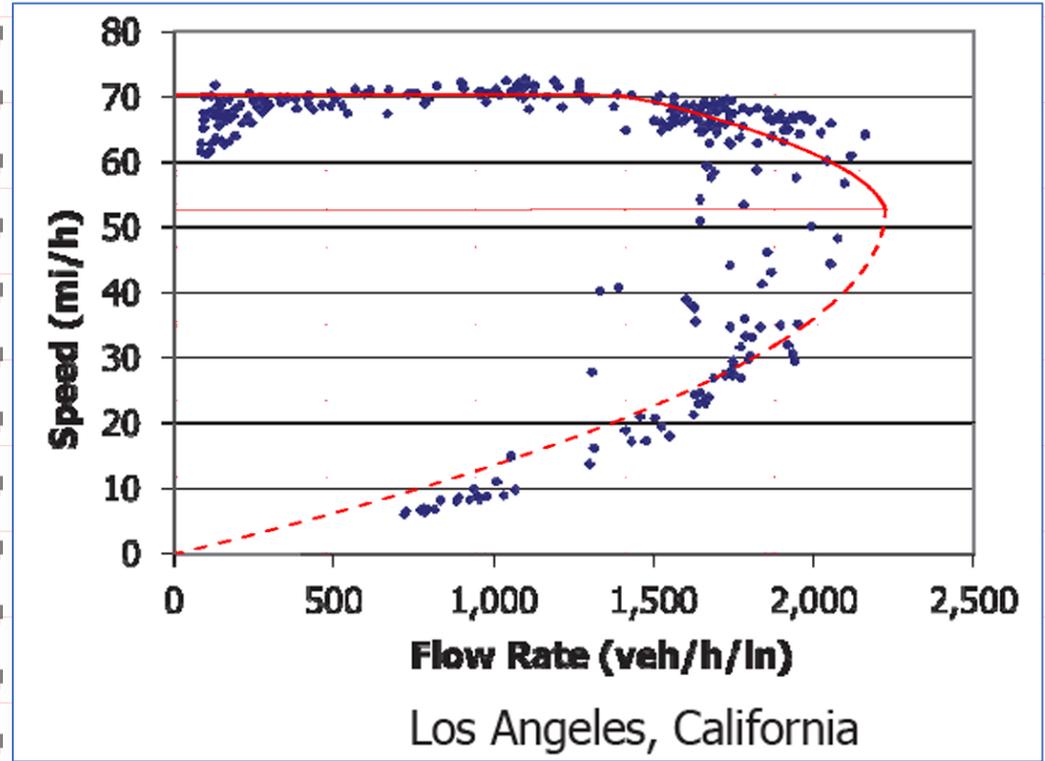
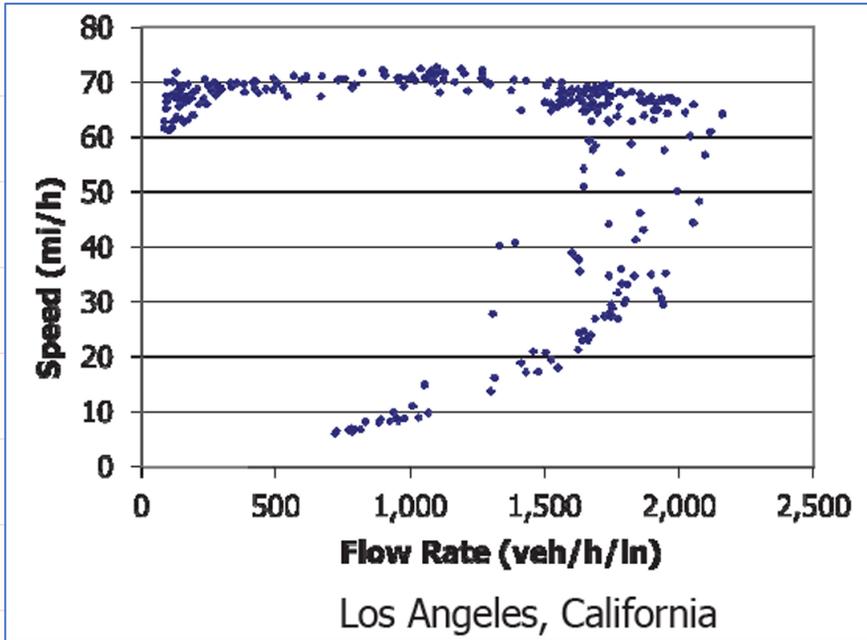
Flecha Azul: Dirección del tráfico.

Flecha Roja: dirección en la que se debería ir reduciendo la velocidad a medida que el tráfico se intensifica.

Mapa fuente EMESA

Límites de velocidad M-30 y accesos.

DATOS REALES vs MODELIZACIÓN



OPERACIÓN SALIDA / OPERACIÓN RETORNO

Si recordamos la ecuación de WD, esta nos dice que hay un vehículo líder más un pelotón de 'n' vehículos.

En una '**operación salida**' de vacaciones partimos de un núcleo, Madrid por ejemplo, que es punto '**emisor**' de vehículos que se proyectan hacia el extrarradio.

Esto supone que, a cada kilómetro, el pelotón va perdiendo vehículos (n es cada vez más pequeño) por las diferentes subredes de la ruta. La velocidad del líder solo se verá limitada por la infraestructura.

Aquí el vehículo líder no es el problema, sino la geometría de la vía que impacta sobre la alta densidad inicial.

Sin embargo, en '**operación retorno**' ocurre lo contrario, ya que es como un río que va recogiendo la escorrentía de vehículos de las subredes y, por tanto, el pelotón va ...

RED DIVERGENTE / RED CONVERGENTE

... engordando (n es cada vez mayor) y la velocidad del líder impondrá, severamente, su ley. Hablamos de pelotones de decenas de kilómetros.

Madrid sería el punto '**receptor**', la desembocadura.

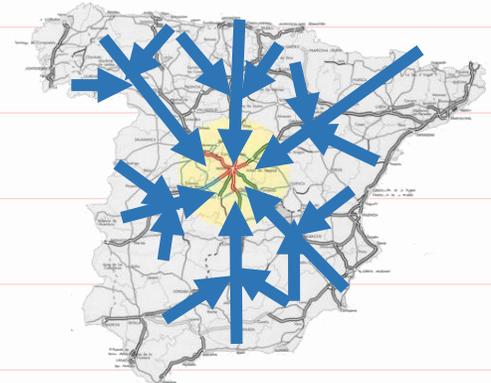
Esto han de tenerlo en cuenta tanto los gestores del tráfico como los conductores. **¿No se debería enseñar en las autoescuelas?**



OP. SALIDA



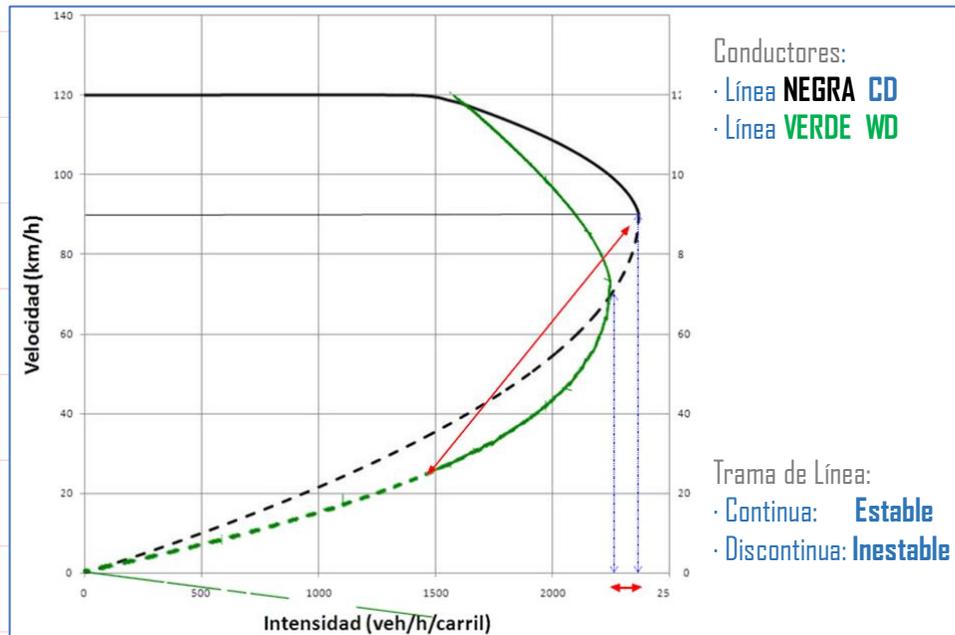
OP. RETORNO



RENDIMIENTO

En una vía abierta, las intensidades máximas se obtienen entorno a 90 km/h pero es un sistema inestable, en cualquier momento se puede producir, y se produce, el colapso (o atasco, por eso el dibujo de línea negra discontinua).

Con WD se reduce ligeramente la velocidad máxima y el caudal y, a cambio, el sistema no colapsa, pero...



Red divergente: Aquí la mejoría es sustantiva ya que impide la generación de atascos fantasma.

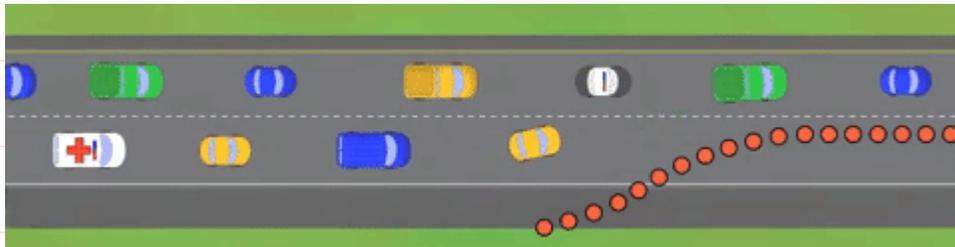
Red convergente: Si tenemos tres horas de 'hora punta' es mejor 3 horas con caudal de 2000 vh/h que media hora con caudal de 2100 vh/h y 2.5 horas con una intensidad de 1000 vh/h.

De hecho, WD reduce la duración de la hora punta pues evita la generación de los atascos.

LOS OTROS 'ATASCOS'

Embotellamiento:

Su nombre proviene de 'cuello de botella'. Dos carriles concurren en uno, ya sea por obras, accidente, etc. Lo mejor es un poco de sentido común y educación, hacer el sistema 'cremallera', 'zip' o paso alternado.



Comparación entre
hacer o no hacer

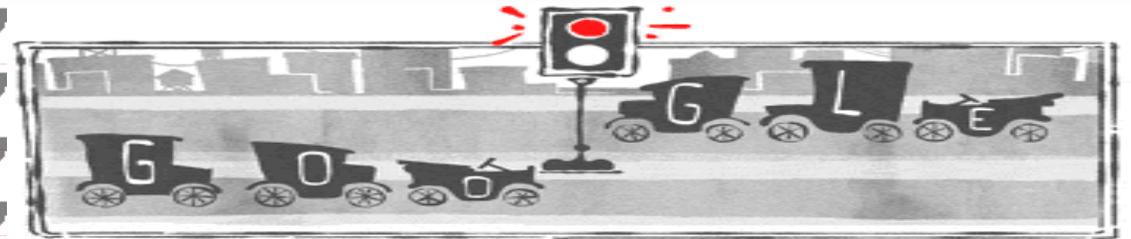
'zip':



<https://www.youtube.com/watch?v=8G7VITTuwno>

Semáforo:

Si la entrada a tu ciudad está regulada por un semáforo será este el que controle el grifo de vehículos que podrán acceder. Si anticipas tu reacción a él o al vehículo que tienes delante harás que el caudal de paso aumente.



Un temporizador de
semáforo ayuda a
agilizar el flujo de
vehículos por ciclo.



<https://www.youtube.com/watch?v=CfOxhaOE1hM>

PARADOJAS 'OFICIALES'

1. **Paradoja de Braess:** Esta paradoja afirma que agregar una nueva carretera a una red de tráfico puede, paradójicamente, aumentar los tiempos de viaje en lugar de reducirlos.

La razón es que los conductores intentan minimizar su tiempo de viaje individual, lo que puede llevar a una saturación en la nueva carretera y empeorar el tráfico en toda la red. Es un ejemplo de cómo la optimización individual no siempre conduce a un mejor resultado colectivo.

2. **Paradoja de Down-Thomson** (o Paradoja de Pigou-Knight-Downs): Esta paradoja sugiere que construir más carreteras o aumentar la capacidad de las existentes puede no reducir la congestión a largo plazo.

La razón es que a medida que se mejora la infraestructura

vial, más personas deciden conducir, lo que puede llevar a un aumento en el tráfico que eventualmente anula los beneficios iniciales de la mejora. Esto se conoce como "demanda inducida".

3. **Paradoja de la Velocidad Promedio:** En algunos casos, los intentos de aumentar la velocidad promedio de los vehículos en una carretera pueden llevar a tiempos de viaje más largos.

Esto puede ocurrir si los cambios para aumentar la velocidad promedio (como la eliminación de semáforos o la reducción de límites de velocidad en tramos específicos) causan problemas de tráfico en otras partes de la red.

4. **Paradoja del Carpooling:** Aunque el carpooling (compartir vehículo) reduce el número de vehículos en la carretera, en algunos casos puede no disminuir la congestión.

Si se establecen carriles especiales para vehículos compartidos

compartidos (carpool lanes) en carreteras ya congestionadas, esto puede reducir el espacio disponible para el tráfico regular, lo que podría empeorar la congestión en los carriles restantes.

5. Paradoja del Espejismo Verde: Es posible que los semáforos sincronizados, diseñados para crear una "onda verde" que permite el paso continuo de los vehículos, no reduzcan el tiempo de viaje total.

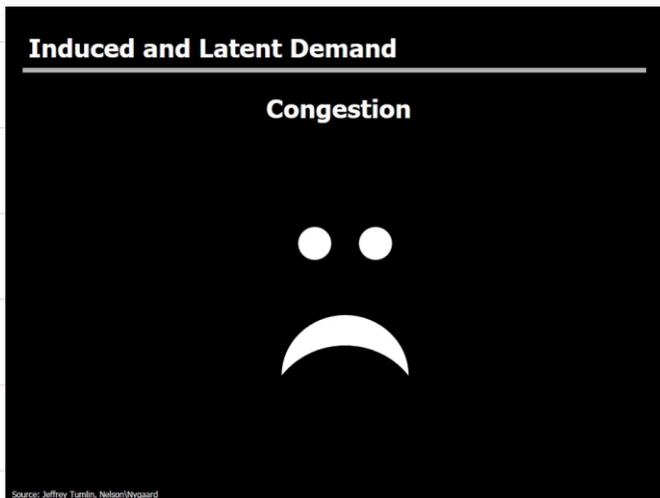
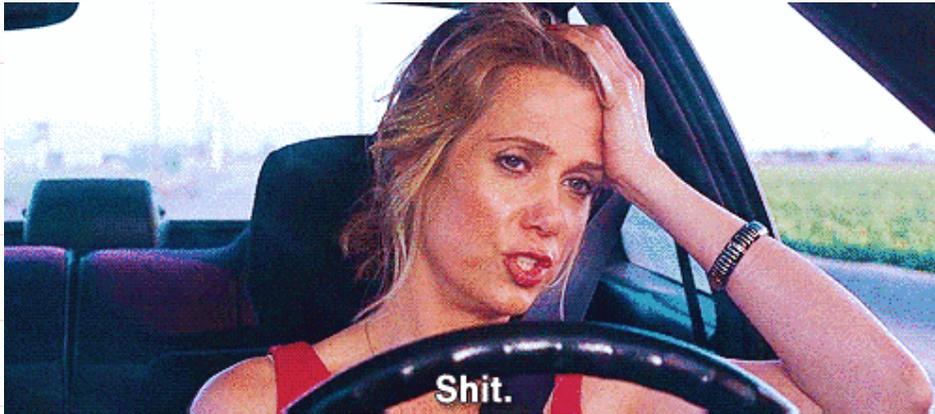
Si bien los semáforos sincronizados pueden mejorar el flujo de tráfico en una dirección, pueden causar mayores retrasos en las intersecciones laterales, afectando negativamente a los conductores que cruzan la vía principal..

Estas paradojas subrayan la complejidad del sistema de tráfico y cómo las intervenciones pensadas para mejorar la situación pueden tener efectos inesperados y, a veces, contraproducentes.

En las páginas siguientes vamos a mostrar estas y otras paradojas de una forma más ilustrada.

PARADOJA DEL AGUJERO NEGRO

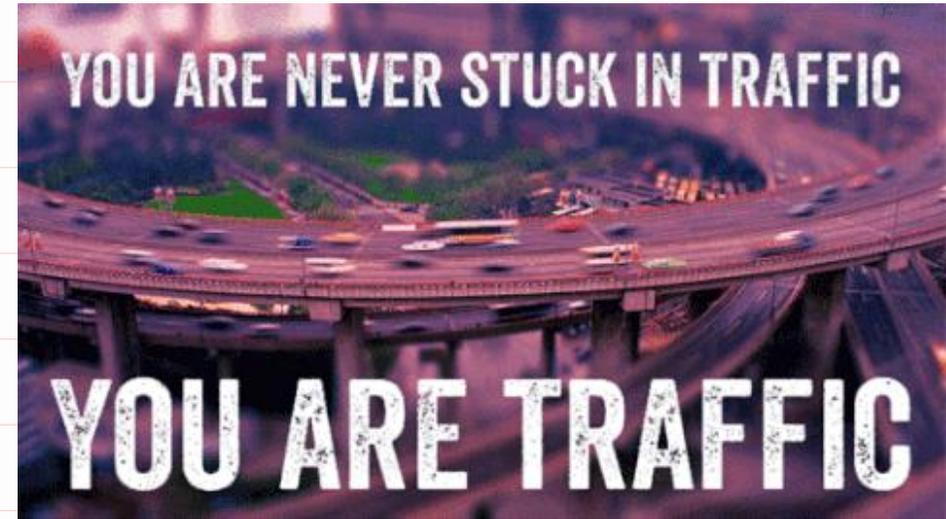
"Todo atasco permanente que se consiga eliminar producirá un efecto llamada hasta que se equilibre de nuevo el sistema oferta-demanda acabando en un atasco aún mayor que el inicial." ☹️



PARADOJA DEL VÍCTIMA

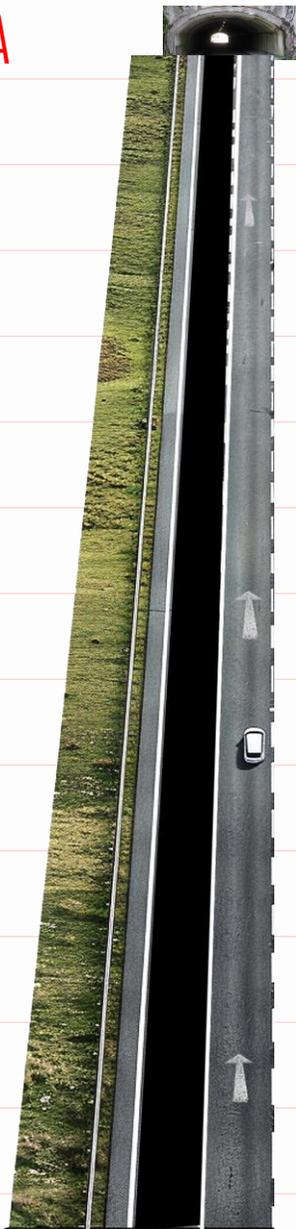
Paradoja del 'víctima'

'Nunca estás bloqueado en un atasco. Tú eres el atasco.'

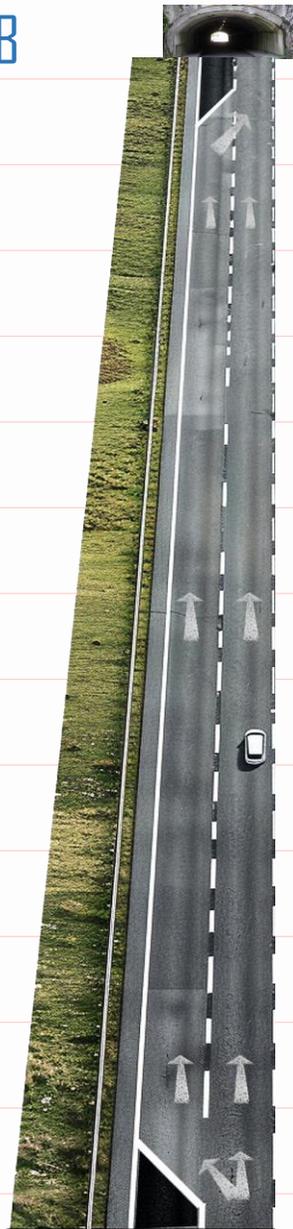


PARADOJA DE MEJORA DE INFRAESTRUCTURA

A



B



"A" y "B" son dos sistemas simplificados de una carretera

¿Cuál de ellos va a permitir desplazamientos con menor tiempo de recorrido? ¿El "A" o el "B"?

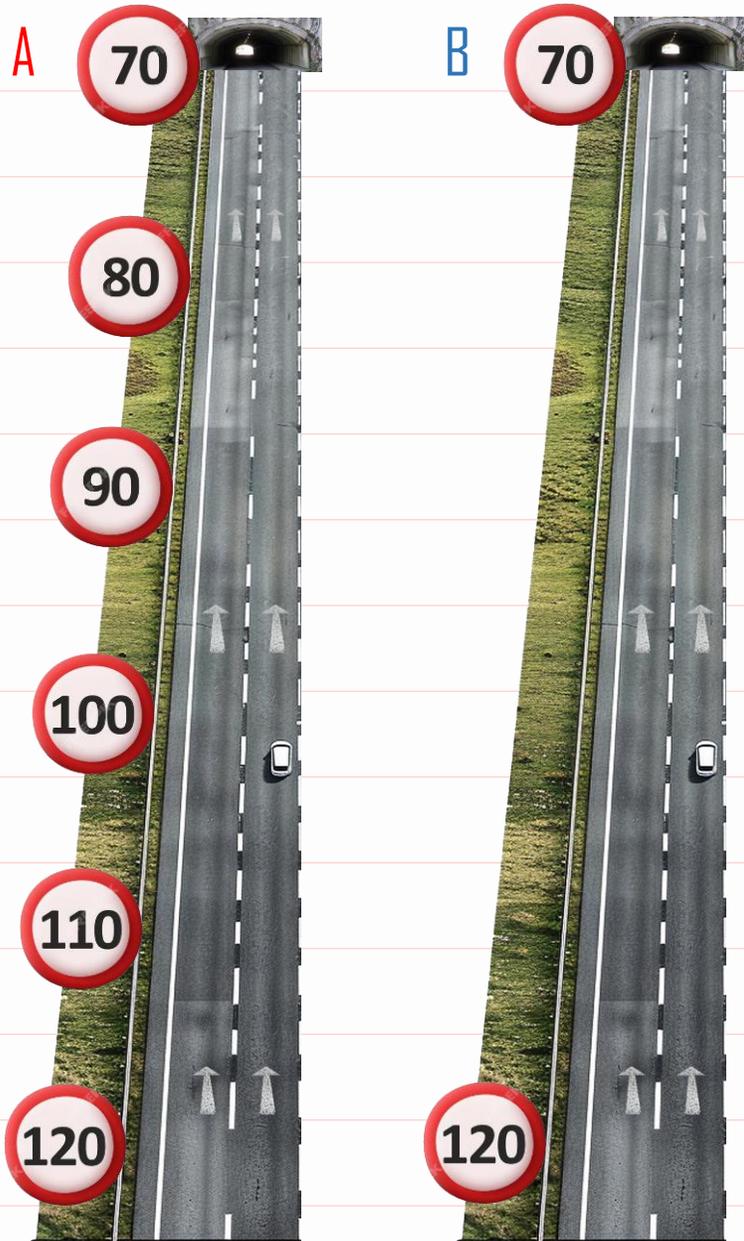
Esta pregunta debe ser respondida con otra pregunta:

¿Cuál será la intensidad de vehículos?

Evidentemente, para intensidades bajas la "B" obtendrá una velocidad media superior pero, para altas intensidades, la "B" desencadenará rápidamente atascos a la entrada del túnel pues la concurrencia de carriles generará atascos por bloqueo de carril, mientras que la "A" mantendrá un régimen más *laminar* del tráfico durante más tiempo.

No siempre abrir más carriles mejora la circulación.

PARADOJA DE MÁS VELOCIDAD



¿Cuál de ellos va a permitir desplazamientos con menor tiempo de recorrido? ¿El "A" o el "B"?

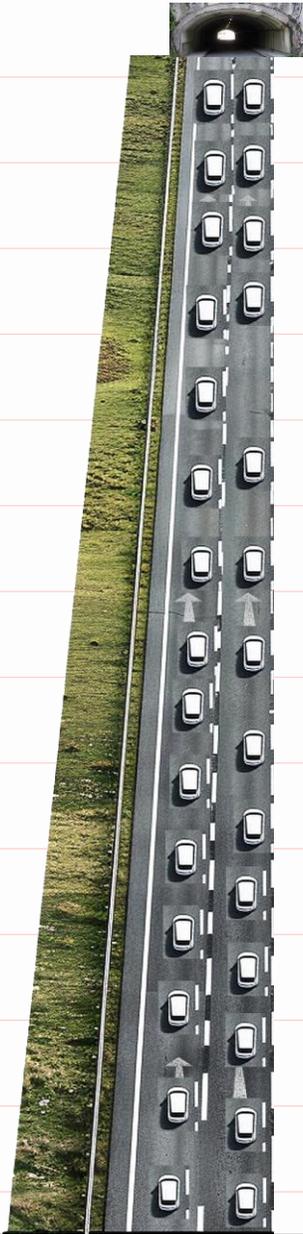
También esta pregunta debe ser respondida con otra pregunta:

¿Cuál será la intensidad de vehículos?

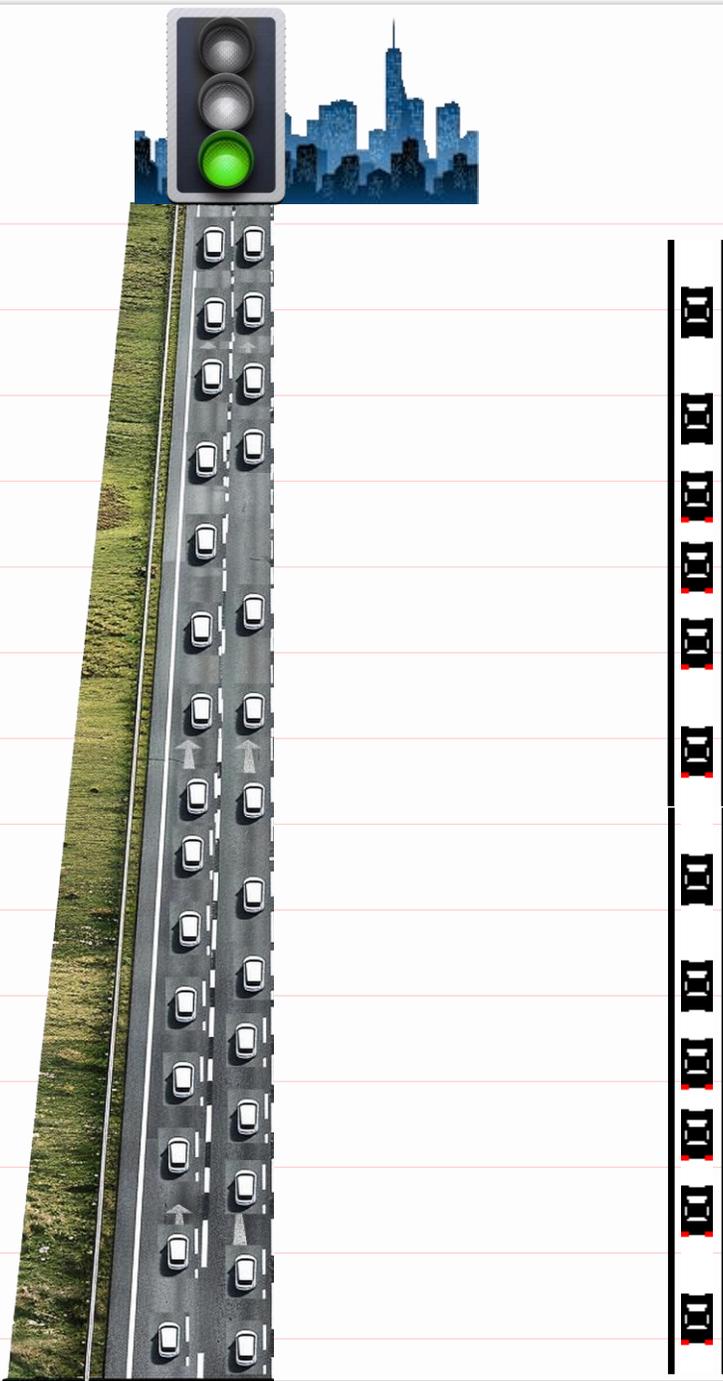
Evidentemente, para intensidades bajas la "B" obtendrá una velocidad media superior pero, para altas intensidades, la "B" desencadenará rápidamente atascos a la entrada del túnel (y *shock waves* por tanto) pues generará altas interferencias de velocidades, mientras que la "A" mantendrá un régimen más *laminar* del tráfico durante más tiempo. Esto demuestra que la gestión de carreteras en **hora punta** debe ser diferente que en el resto del tiempo.

Es necesario que los conductores comprendan estas situaciones.

PARADOJA DE LA LOGÍSTICA



Muchas veces se ha propuesto distribuir el horario laboral para reducir el volumen de vehículos en la carretera. La idea es buena, sin duda, ya solo faltaría controlar el efecto llamada que produciría esa mejora en la fluidez del tráfico, es decir, el no caer en la paradoja de la oferta y la demanda.



ESTE ATASCO NO ES UN ATASCO

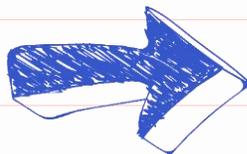
Es común escuchar en la radio matinal algo similar a esto: "...*hay un atasco de X kilómetros en la nacional A-BC a la entrada de la ciudad...*"

Observa la imagen, representa la carretera de acceso a esa ciudad. Hay una enorme cola de vehículos detenidos pero, ¿Es un atasco?

Pues no, no es un atasco. El acceso a la ciudad está regido por semáforos y, todos esos vehículos, están esperando a que les llegue el turno. Es una congestión por bloqueo de carril (el semáforo cuando no está en verde). Los conductores deben comprender esta circunstancia y saber adaptarse a ella, especialmente en las *shock waves* de período fijo que genera.

Este tema (de momento al menos) queda fuera del alcance de este documento.

PARADOJAS PROPIAS *(Melchor-Lucas)*

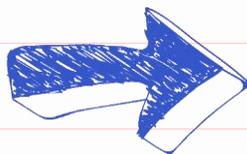
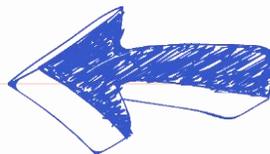


Paradoja del prisillas

"Tengo mucha prisa, por eso corro y llego rápido al atasco que está delante de mí, con lo que yo mismo quedo atrapado en el atasco que yo ayudo a construir y del que quisiera librarme."

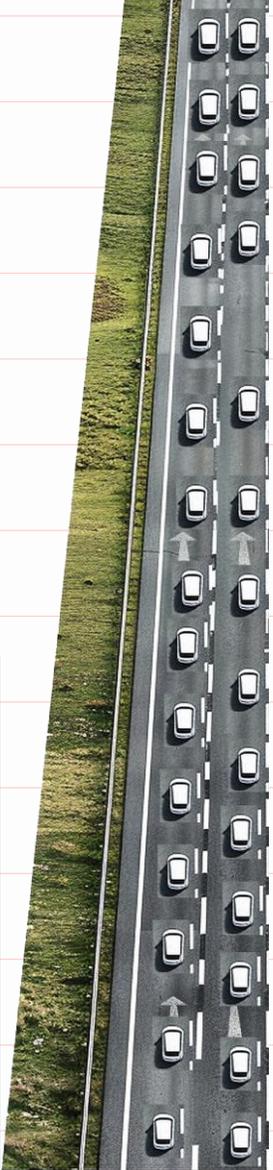
Paradoja de mis derechos

"Nadie me va a quitar mi derecho a pasar, y prefiero que si no paso yo no pase nadie."



La paradoja-no-paradoja del cambio de carril

"Cambiar de carril sirve para cambiar de carril."

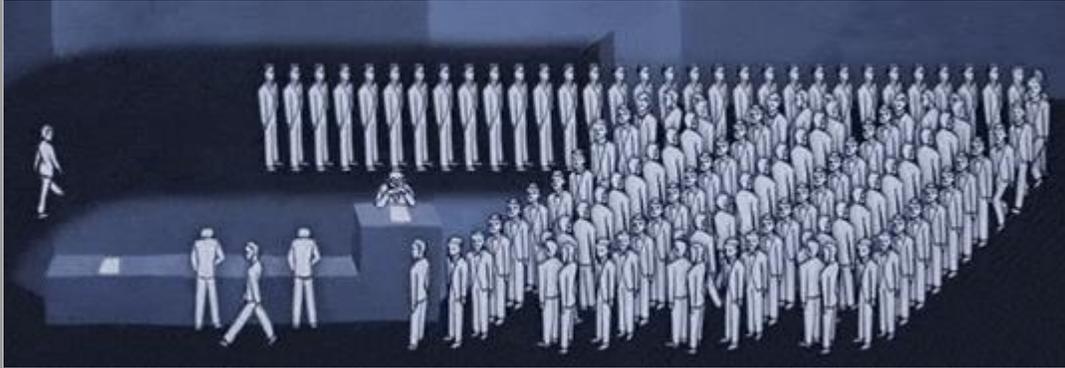


UNA CIUDAD ES UN ~~PARKING~~ ESPONJA

Una ciudad es un gran parking o, también, una gran esponja. No por echarle más coches va a ser capaz de acoger a todos y, además, como vimos anteriormente, tiene un límite de caudal de entrada de vehículos.

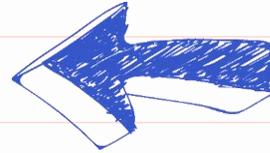
Los conductores hemos de ser conscientes de estas circunstancias y adaptar nuestra conducción a ellas, especialmente en las horas punta.

MÁS ALLÁ DEL TRÁFICO

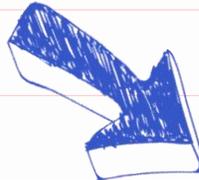


Shock waves o efecto acordeón en colas de turno. ¿No es, acaso, el tráfico algo Kafkiano?

https://www.youtube.com/watch?v=xRg8j_pBHWI



Wavedriving® no es solo una ingeniería de tráfico de vehículos, es una ingeniería del movimiento en fila. Toma la idea de la oruga procesionaria del pino o [Thaumetopoea pityocampa](#), donde toda la fila es una única onda compuesta de la suma de las ondas individuales de cada oruga (El líder es siempre una hembra).



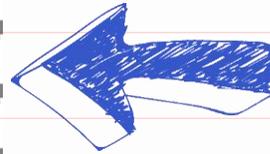
Esto ya indica que la aplicación de WD va más allá de las carreteras.

Conocer WD cambiará, de forma inconsciente, incluso tu forma de caminar por la acera, y será fundamental su aplicación en evacuaciones de emergencia.



The screenshot shows the website 'International Press en español'. The navigation bar includes links for 'NOSOTROS', 'CONTACTO', 'PRIVACIDAD', 'AVISO LEGAL', and 'INSTITUCIONAL'. Below the logo, there are menu items for 'ÚLTIMO MINUTO', 'JAPÓN', 'COMUNIDAD', 'TECNOLOGÍA', and 'SERVICIOS'. A 'LO ÚLTIMO' section features a news item from 15/03/2023 about the Japanese yen. The main article is titled 'Atasco vehicular arruinó el plan de evacuación ante alerta de tsunami el pasado 7 de diciembre en Miyagi' and is dated 21/12/2012. It is categorized under 'IPC' and 'Archivo, Sucesos, Tapa'. The article's image shows a traffic jam at night with many cars with their headlights on.

El no comprender la dinámica del tráfico tiene más consecuencias que los atascos diarios de ir al trabajo o los de salir en vacaciones o en fines de semana.

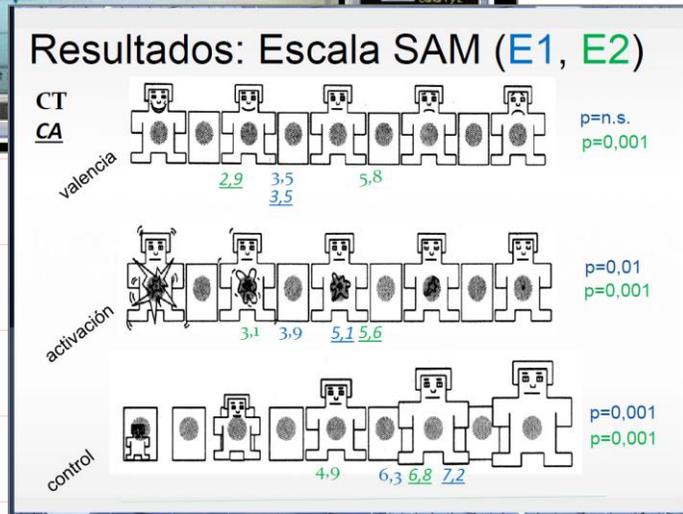


Es habitual que en situaciones de emergencia no se pueda aplicar el plan de evacuación debido a que ni los gestores ni los conductores comprenden las leyes del movimiento en fila.

¿Tal vez debería enseñarse WD también en los colegios?

EMOCIONES

Se ha comprobado que el conocer la dinámica de tráfico reduce entre un 20 y un 80% los niveles de estrés y ansiedad al volante.



Se han medido:

1. Conductividad de la piel.
2. Frecuencia Cardíaca.
3. Frecuencia Respiratoria.
4. Presión Arterial.
5. Temperatura Craneal.



Departamento de
Psicología y Sociología
Universidad Zaragoza





EJEMPLOS REALES

Después de todo lo visto hasta este momento los alumnos deben de poder comprender, perfectamente, la dinámica del tráfico.

Por ejemplo, en el vídeo de la página de la izquierda, se puede observar cómo una curva abierta, en una amplia carretera y con una visibilidad excelente desencadena un **atasco fantasma**, el cual nunca ocurriría si los conductores fuesen conductores de tipo inercial.

Recordemos los **tres componentes** para armar un atasco:

- 1.- Alta **densidad** de Tráfico.
- 2.- Un elemento **perturbador** del flujo (curva en este caso)
- 3.- **Conductores** de tipo distancia CD.

¿Podrías identificar los tres componentes para el atasco que muestra el vídeo?

¿Podrías aplicar, aquí, las ecuaciones fundamentales de la ingeniería? Tanto de la oficial como la de WD.

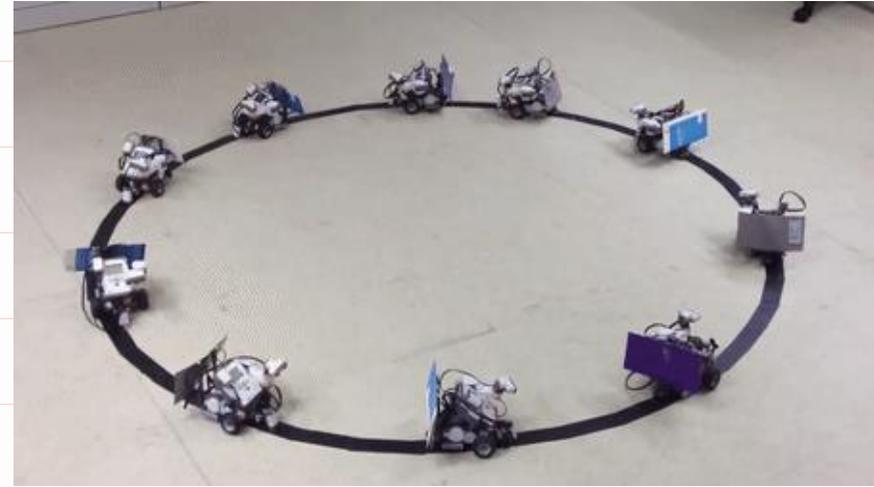
ELIMINANDO UN ATASCO REAL

Solo modificando el comportamiento de un **único conductor** fue suficiente para **disolver un atasco real**, en la carretera A-42 Madrid-Toledo, en el carril central.

Con otros dos conductores, uno a la izquierda y otro a la derecha, que practicara conducción inercial este atasco se hubiera disuelto... durante 15 minutos. Hacen falta más conductores inerciales.



En laboratorio algoritmos en pequeños modelos (arduinos): 2 variables o CD. ¡Pues claro que los robots generan atascos...!



Inf: Experimento Universidad de Nagoya. Conductores CD

Traffic Jam without Bottleneck

Experimental evidence
for the physical mechanism of forming a jam

Yuki Sugiyama, Minoru Fukui, Macoto Kikuchi,
Katsuya Hasebe, Akihiro Nakayama, Katsuhiro Nishinari,
Shin-ichi Tadaki and Satoshi Yukawa

Movie 1

360º

No es solo formación, WD representa una tecnología de Solución Global al mundo de la Movilidad, Seguridad, Salubridad y Sostenibilidad ya que puede incorporarse a sistemas tecnológicos:

- Tanto embarcados de fábrica en vehículo como complemento auxiliar.
- En Control de Tráfico Colectivo (Centros de Gestión).
- Como complemento al firmware de soluciones de terceras empresas.



VEHÍCULO AUTÓNOMO

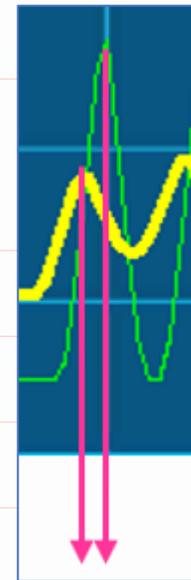
A primeros del mes de Junio de 2024, en el Joint Research Centre de la CE en Ispra (Italia) y como base exploratoria de la futura regulación del vehículo autónomo se evaluó, de nuevo con vehículo real, el sistema WD pero con una particularidad: ahora se incorporó un vehículo autónomo en la variable "conducción autónoma de distancia", o "**control de crucero adaptativo**" o ACC con sus siglas en inglés.

No podemos dar mucha información hasta que se publique el estudio de forma oficial, pero sí podemos anticipar que dicho vehículo, autónomo en ACC, también era un generador de atascos.

Visto desde el punto de vista de nuestro ECD, lo único que variaba era que sus tiempos de reacción eran mucho más cortos que los del conductor humano pero, por ejemplo, en...



- Video experimento en Ispra
- ECD de Gestión de Distancias



...Seguridad Vial POSTerior no aportaba absolutamente nada, algo que, en un futuro, deberá de cambiar.

El ACC transmite, sin prácticamente amortiguar, todas las variaciones de velocidad de su vehículo líder ya que no es una conducción inercial.

MiniGLOSARIO

1. Accidente:

- Un accidente se refiere a un evento inesperado y no deseado que resulta en daños personales o materiales.
- Ejemplo: Un choque entre dos automóviles en una intersección debido a que uno de ellos no respetó una señal de alto.

2. Incidente:

- Un incidente en el ámbito vial se refiere a cualquier evento que interrumpe o afecta el flujo normal del tráfico, pero que no necesariamente resulta en daños significativos o lesiones graves.
- Ejemplo: Un automóvil que se queda sin gasolina y detiene el tráfico en una vía rápida.

3. Siniestro:

- El término siniestro se utiliza para describir un evento que ha causado daños graves y cuantificables tanto en términos materiales como personales.
- Ejemplo: Un suceso en el tráfico en el que hay varias víctimas mortales y daños materiales importantes.

Inf: ¿Cómo clasificarías este suceso?



LOS MAYORES ATASCOS

España: invierno de 2018 se produjo un gran atasco en la AP-6 a causa de un fuerte temporal de nieve que mantuvo a cientos de personas retenidas durante varias horas.

USA New York State Thruway: El festival de música de Woodstock de 1969 provocó una retención que se mantuvo durante una semana.

Francia: La carretera que une Lyon con París registró en el año 1980 una retención 160 kilómetros. El motivo fue el retorno de miles de personas de sus vacaciones.

Berlín: 1990, tras la caída del Muro de Berlín muchas personas aprovecharon el primer fin de semana de Pascua para visitar el otro lado, unos 18 millones de desplazamientos al día. hizo que se registrasen atascos de más de 50 kilómetros de longitud.

El atasco de las 100 millas: en 2005 con el huracán Rita dos millones de personas tuvieron que ser evacuadas, con una retención de 150 kilómetros de longitud que duró 48 horas.

China Carretera entre el Tíbet y Pekín: en 2010 China vivió una retención de 110 kilómetros de longitud y se tardó un total de 15 días en salir del atasco.

USA Chicago: En 2011 en Chicago debido a una gran tormenta hizo que se acumulara medio metro de nieve en las calles en muy pocos minutos. La duración del atasco fue de 12 horas.

Brasil: en 2013 durante unos días festivos un atasco de 306 kilómetros de longitud que se extendieron por distintas carreteras que comunicaban con la capital.

CURIOSIDADES

1.-¿Sería ésta la solución a los atascos de tráfico?



Puedes ir más lento y llegar a destino más rápido, eso tiene que ver con el flujo vehicular

2.- Más carriles no significa menos atascos.

*TopGear® Programa de TV del motor de gran éxito.

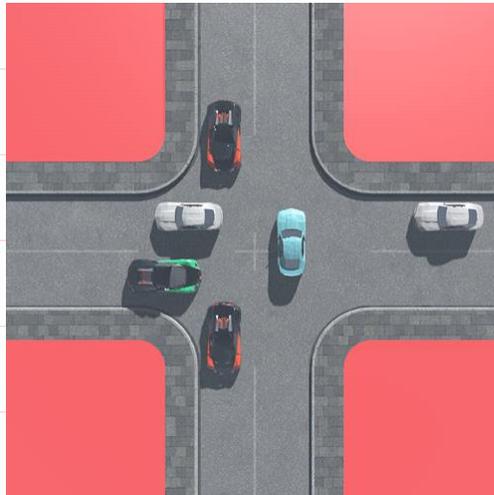


Al hacerla de dos carriles y bajar su velocidad de 110 a 80 km/h, la gente llega más rápido a destino, en realidad

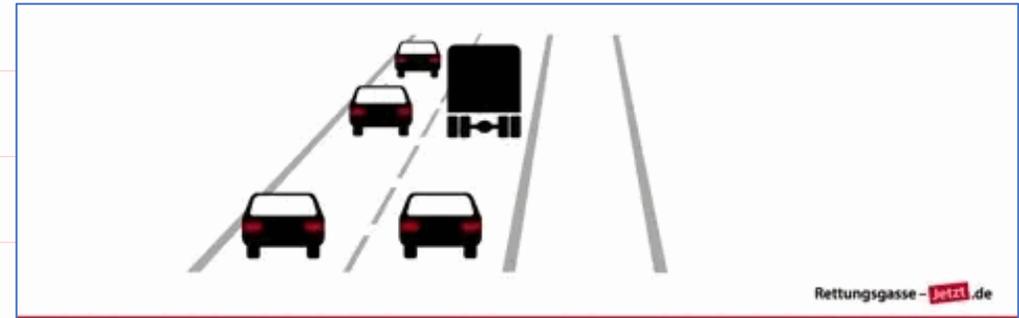
3.- ¿Más Carreteras = Menos Atascos?



4.- No es la capacidad de la carretera, es la capacidad de los conductores para circular por esa carretera.



5.- Si no podemos evitar todos los atascos, ¿Sería interesante, al menos, cambiar la forma de éstos?



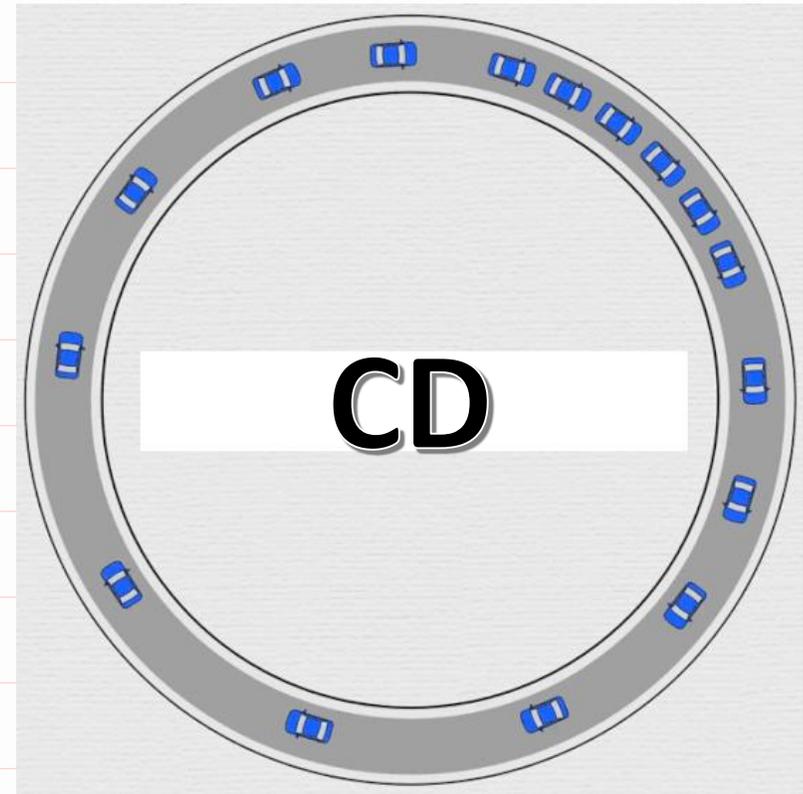
6.-Vehículos conectados con el Sistema Central de Tráfico.



7.- Así nos movemos en tráfico denso, más o menos:



8.-Conductores de 2 Variables (CD: Velocidad y Distancia de Seguridad) nunca podrán disolver este atasco.



* Ver apartado "Eliminando un atasco real"



OTROS MÉTODOS

Hay otras formas de afrontar los atascos, tú eliges:



EL FUTURO (SEGÚN WD)

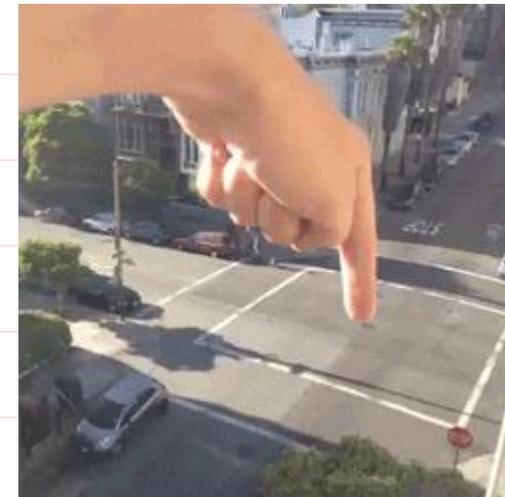
Todo el mundo piensa que el futuro de la movilidad en carretera es el vehículo autónomo. Nosotros sabemos que esa es una visión miope.

Un vehículo **autónomo-y-conectado** recoge información, tanto de sus sensores como del tráfico, pero no transmite información a nadie (hay excepciones), salvo en caso de accidente.

En el futuro-futuro, cada vehículo **autónomo-y-bidireccionalmente-conectado** transmitirá los datos principales de sus sensores, posición, velocidad y destino a un **ordenador central** que **conducirá**, al mismo tiempo, **a todos los vehículos que estén en las carreteras** y, al mismo tiempo, **estará controlando semáforos y señalización variable**.



Un supercomputador será el único conductor de todos los vehículos.



RESUMEN

Es hora de recopilar los **elementos diferenciadores** de wavedriving® desde el punto de vista de su **ingeniería**:

1. **Ecuación fundamental** del tráfico.
2. El conductor deja de ser un **invariante**.
3. Concepto de **metaestabilidad** del tráfico.
4. Dos regímenes: "**Laminar**" y "**Turbulento**".
5. Concepto de **Seguridad Vial Posterior**.
6. Concepto de **Eficiencia en Espacio**.
7. El espacio entre dos vehículos son **3 espacios**.

Desde el punto de vista de **evaluación y formación**:

1. Los **6 Electro-Car-Diagramas** del conductor.
2. **Conducción inercial**: 4 variables.
3. Formación de **aprendizaje analógico** con videojuego.
4. Es **universal**, independiente del país.

Desde el punto de vista de los **resultados**:

1. **Disolver e impedir atascos fantasmas reales** cambiando, únicamente, la forma de comportamiento de un solo vehículo (pero cuantos más mejor, claro).
2. Mayor **Seguridad y Salubridad Vial**.
3. Mejor **Movilidad y Sostenibilidad**.
4. **Menos estrés**, ansiedad y cansancio en los conductores.
5. **Menor consumo**.

Desde el punto de vista de la **tecnología**:

1. **Simulador web**: al alcance de todos los dispositivos y sistemas operativos extendidos.
2. **ADAS en conducción** como app de teléfono móvil.
3. Incorporable al **Firmware del vehículo autónomo**.

ACREDITACIONES



Es muy importante hacer llegar al alumno todo el esfuerzo y garantías que se encuentran detrás de este curso, tanto en el ámbito laboral, económico, tecnológico como personal.

Somos muchos los trabajadores que hemos puesto nuestro empeño en conseguir el sueño de comprender, al final, la dinámica del tráfico y, al mismo tiempo, poder transmitir el conocimiento al resto de los conductores.

LABORATORIO

En las siguientes páginas mostraremos algunos de los reconocimientos que se nos ha ido entregando a lo largo de los años. Que algunos los dejemos fuera no debe entenderse como una falta por nuestra parte, sino para no extender en exceso el documento,



El 6 de Mayo de 2015 eliminamos, en 10 segundos, la dinámica de un atasco dando un mensaje a un único conductor.

RECONOCIMIENTOS Y LOGROS

Certificado de excelencia DGT

 MINISTERIO DEL INTERIOR

 **DGT**
Dirección General de Tráfico

Juan Carlos González Luque
Jefe de la Unidad de Coordinación de la Investigación

CERTIFICADO DE EXCELENCIA

D. JUAN CARLOS GONZÁLEZ LUQUE, JEFE DE LA UNIDAD DE COORDINACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO,

CONCEDE A

Don Antonio Lucas Alba,

Por su contribución a las Sesiones Técnicas organizadas por la Dirección General de Tráfico y presentar un estudio realizado sobre "LA CONDUCCIÓN ARMÓNICA: UNA PROPUESTA PARA OPTIMIZAR LOS FLUJOS DE TRÁFICO", "WAVEDRIVING". La propuesta fue presentada el 24 de abril de 2013 en la Sede de dicho Organismo.

Y para que así conste y surta los efectos oportunos, expido el presente certificado, en Madrid a 30 de octubre de 2013.


Fdo: Juan Carlos González Luque.

Certificado de excelencia DGT

 MINISTERIO DEL INTERIOR

 **DGT**
Dirección General de Tráfico

Juan Carlos González Luque
Jefe de la Unidad de Coordinación de la Investigación

CERTIFICADO DE EXCELENCIA

D. JUAN CARLOS GONZÁLEZ LUQUE, JEFE DE LA UNIDAD DE COORDINACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DE LA DIRECCIÓN GENERAL DE TRÁFICO,

CONCEDE A

Don Oscar Melchor Galán,

Por su contribución a las Sesiones Técnicas organizadas por la Dirección General de Tráfico y presentar un estudio realizado sobre "LA CONDUCCIÓN ARMÓNICA: UNA PROPUESTA PARA OPTIMIZAR LOS FLUJOS DE TRÁFICO", "WAVEDRIVING". La propuesta fue presentada el 24 de abril de 2013 en la Sede de dicho Organismo.

Y para que así conste y surta los efectos oportunos, expido el presente certificado, en Madrid a 6 de noviembre de 2013.


Fdo: Juan Carlos González Luque

Protección Civil

Cuando las Fuerzas de Seguridad prestan sus servicios en ayuda civil, ya sea en nuestro propio país o en otro y es necesario realizar evacuación de población nuestra ingeniería aporta una gestión óptima de los desplazamientos,



INSIA



UNIVERSIDAD
POLITÉCNICA
DE MADRID

POLITÉCNICA

Fueron suficientes 10 segundos para modificar la conducta de un único conductor y eliminar la dinámica del atasco.



Certificación Matemática. Universidad Carlos III de Madrid

Copiando las ecuaciones del desplazamiento en carril de la oruga procesionaria del pino (*Thaumetopoea Pityocampa*),

WAVEDRIVING®

CONDUCIR CON TRES VARIABLES



CONDUCCIÓN ARM
WAVEDRIVING

Autor:
Óscar Melchor Galán
CEO IMPACTWARE SL

Supervisión y adaptación:
Anxo Sánchez Sánchez
Catedrático de Matemática Aplicada
Grupo Interdisciplinar de Sistemas Complejos (GISCOP)
Departamento de Matemáticas
Universidad Carlos III de Madrid



IMPACTWARE® direccion@impactware.com

Certificación Cognitiva. Universitat de València

Doctorado.



UNIVERSITAT DE VALÈNCIA
Facultad de Psicología
Departamento de Psicología Básica
Actividad Humana y Procesos Psicológicos

El seguimiento de un vehículo en el desplazamiento en línea: caracterización psicofisiológica y conductual de dos formas básicas de conducción

Tesis Doctoral presentada por:

María Teresa Blanch Micó

para la obtención del título de Doctor

Directores:

Mariano Chóliz Montañés, Doctor en Psicología por la Universitat de València
Antonio Lucas Alba, Doctor en Psicología por la Universitat de València

Valencia, 2015

Premio Nacional PREVER

En el área de Prevención de Riesgos Laborales, '*protocolo
conducción*'.



Universidad de Granada

Cruz de Honor de la Seguridad y Salud en el Trabajo.

Aunque es nominativo, es un premio a todo el equipo por los
años de esfuerzo realizados.



Premio OPEN CALL de INNOVACIÓN

No solo en el área de PRL somos punteros



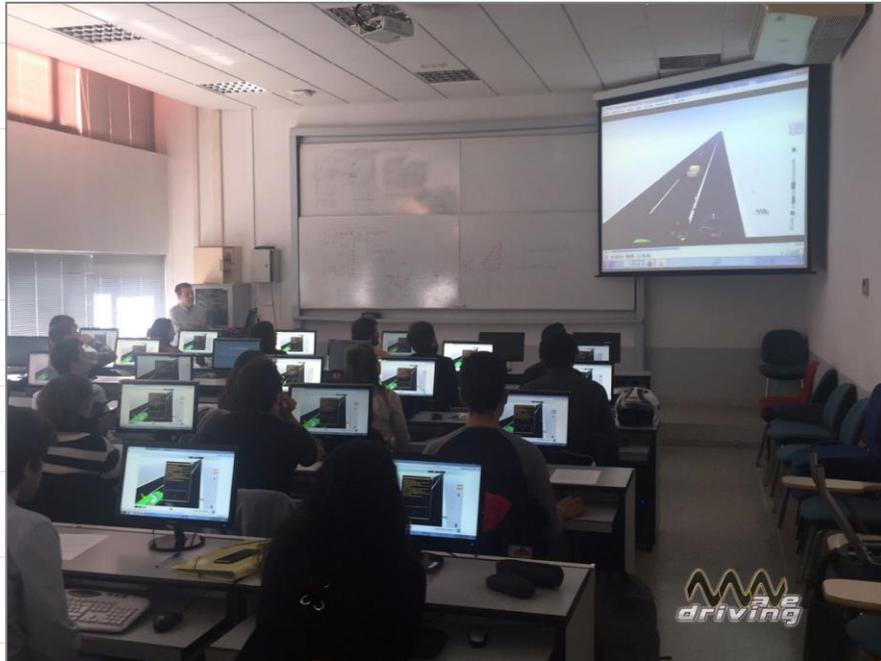
Estos reconocimientos nos dan oxígeno para continuar investigando, en las áreas del conocimiento, para mejorar la Calidad de Vida de todos los ciudadanos.



Evaluación del Aprendizaje.

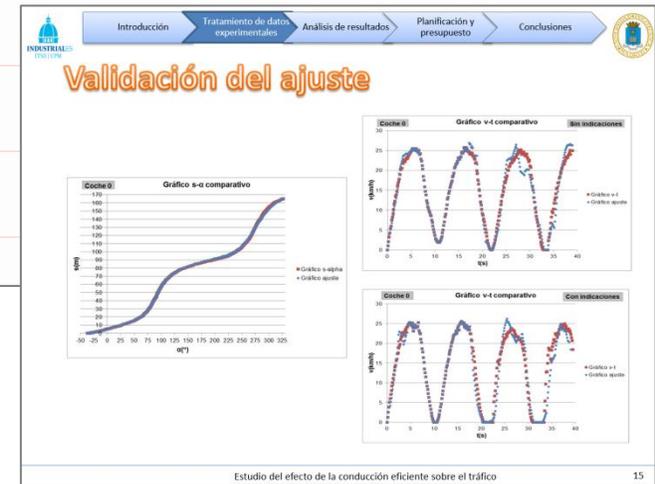


Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid.



TFG

Diferentes trabajos de Fin de Grado en diferentes universidades.



Universidad de Zaragoza
Facultad de Ciencias Sociales y Humanas
Grado en Psicología
Teruel, febrero de 2016

TRABAJO DE FIN DE GRADO

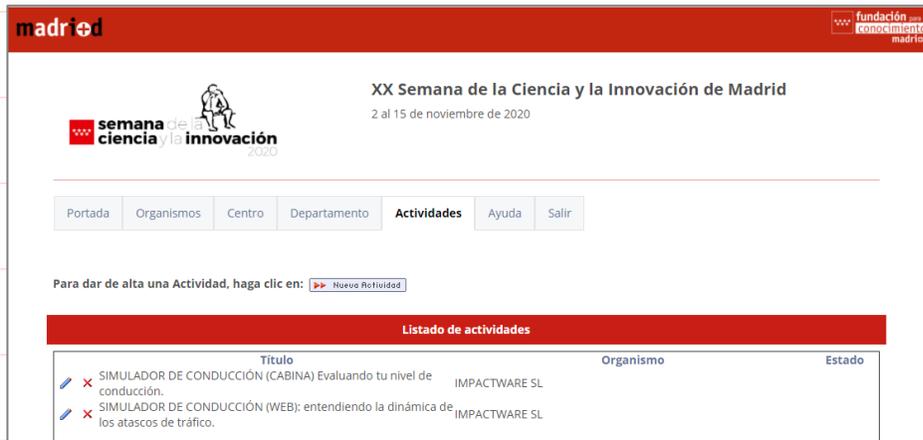
Caracterización fisiológica y cognitivo-emocional del seguimiento vehicular sobre cuatro modelos de conducción armónica.

Autor:
Juan Meléndez Bernués
Director:
Antonio Lucas Alba



Semana de la Ciencia y la Innovación de la Comunidad de Madrid

Nuestra labor no solo es reconocida, sino que la damos a conocer, de forma totalmente gratuita, en eventos anuales públicos



XX Semana de la Ciencia y la Innovación de Madrid
2 al 15 de noviembre de 2020

Portada Organismos Centro Departamento **Actividades** Ayuda Salir

Para dar de alta una Actividad, haga clic en: [Nuevo Pctividad](#)

Listado de actividades			
Título	Organismo	Estado	
SIMULADOR DE CONDUCCIÓN (CABINA) Evaluando tu nivel de conducción.	IMPACTWARE SL		
SIMULADOR DE CONDUCCIÓN (WEB) : entendiendo la dinámica de los atascos de tráfico.	IMPACTWARE SL		

Colaboración



Damos formación, también de forma gratuita, a alumnos entre los 18 y 22 años de diferentes escuelas, en áreas como programación de video juegos, diseños de páginas web, previsión de mercados, etc.



hfes europe chapter HFES Europe chapter The Human Factors and Ergonomic Society – European Chapter. Prague, 26-28 October, 2016

“Car-following techniques: reconsidering the role of the human factor”

Antonio Lucas-Alba¹, M^a Teresa Blanch¹, Teresa Bellés¹, Ana M^a Ferruz¹, Ana Hernando¹, Oscar M. Melchor², Luis C. Delgado³, Francisco Ruíz⁴, Mariano Chóliz⁵

¹Universidad de Zaragoza, ²Impactware, ³Universidad de Granada, ⁴Universidad Konrad-Lorenz, ⁵Universitat de València

1,2,3,5Spain, 4Colombia



La conducción armónica de las orugas

Si los conductores aplican en las vías rápidas el movimiento de las orugas, lo que se denomina **conducción armónica**, se reduce el riesgo de accidente, el estrés, el gasto de combustible y los atascos.

Las orugas procesionarias avanzan a la misma velocidad sin chocar. Ajustan su velocidad y su elongación (contraer o expandir) para encajar en el grupo a la perfección.

Elongación

Fuente: investigación de la Fundación Universitaria Antonio Gargallo y Obra Social Ibercaja.

Autovía en hora punta 1

Vehículo A
Intenta ir a la velocidad máxima posible, sin superar el límite permitido, y manteniendo la distancia de seguridad mínima respecto al vehículo que le precede.

Vehículo B
Imita a las orugas y adapta su velocidad a la del vehículo que le precede, sin acelerones ni frenazos. No llega a la velocidad máxima (ni mínima) del coche A.

38 Tráfico y Seguridad Vial

230 • julio / 2015 39

<https://revista.dgt.es/es/multimedia/infografia/2015/0915La-conduccion-armonica-de-las-orugas.shtml>

Español Atención al cliente Alsa Empresas Inicia Sesión

Destinos y rutas Tu viaje A bordo Servicios de movilidad Alsa Plus Monedero

Detalle noticia

Alsa Innovación (I+D+i)

Sala de prensa

Historia

Nuestras actividades

Medio ambiente

Política de gestión ambiental, energética y de conducción eficiente

¿Por qué se producen los atascos?
Curso innovador de gestión del tráfico para el personal de conducción en colaboración entre Alsa y la Universidad de Zaragoza

FACULTAD DE ECONOMÍA Y EMPRESA

<https://www.alsa.es/-/por-que-se-producen-los-atascos>

SEGURIDAD VIAL

Copiar el movimiento de las hormigas o las orugas: el truco de la DGT para evitar atascos y colisiones

• Un estudio citado por Tráfico demuestra que la conducción armónica es más rápida, segura y eficiente

Circular a una velocidad estable y mantener la distancia de seguridad evita la formación de atascos (Getty Images/Stockphoto)

LA VANGUARDIA BARCELONA
05/12/2023 07:00 | Actualizado a 05/12/2023 07:43

<https://www.lavanguardia.com/motor/dgt/20231205/9415848/copiar-movimiento-hormigas-orugas-truco-dgt-evitar-atascos-colisiones-tsc.html>

ABC Motor

La extraña relación de la oruga procesionaria y la fórmula matemática para evitar los atascos

<https://www.abc.es/motor/reportajes/extrana-relacion-oruga-procesionaria-formula-matematica-evitar-20240718073100-nt.html>

CAR AND GAS

Pruebas Competición Rincón del Comisario Novedades ¿Quiénes somos? Contacto

Etiqueta: Óscar Melchor



julio 20, 2015
Óscar Melchor y Wavedriving® o Conducción Armónica®

Por JORGE MÉNDEZ

Hoy entrevistamos a Óscar Melchor, CEO en Impactware e inventor de Wavedriving®. Los atascos de tráfico se pueden evitar. Muchos somos los...

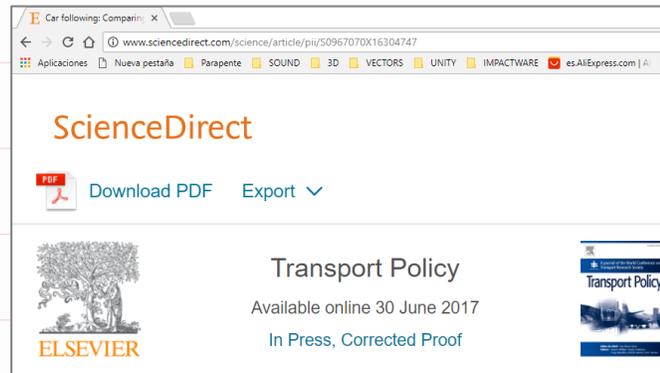
<https://www.carandgas.com/blog/tag/oscar-melchor/>

Tele 5 (2015)



ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Múltiples Artículos Científicos publicados.



ScienceDirect

Download PDF Export

 Transport Policy
Available online 30 June 2017
In Press, Corrected Proof

Car following: Comparing distance-oriented vs. inertia-oriented driving techniques



sciedirect.com/science/article/pii/S1369847820305301

ScienceDirect

Download PDF

 Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour
Volume 74, October 2020, Pages 418-432

Distressed in the queue? Psychophysiological and behavioral evidence for two alternative car-following techniques

Antonio Lucas-Alba ^a, Óscar M. Melchor ^b, Ana Hernando ^a, Andrés Fernández-Martín ^c, M^a Teresa Blanch-Micó ^a, Andrés S. Lombas ^a

COVID-19.

Durante la pandemia, Technion o Instituto de Tecnología de Israel, realizó un nuevo estudio científico, esta vez adaptando sus propios simuladores, y los resultados fueron de nuevo concluyentes.

 Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour
Volume 89, August 2022, Pages 72-83

Car following with an inertia-oriented driving technique: A driving simulator experiment

Einat Tenenboim ^a, Antonio Lucas-Alba ^b, Óscar M. Melchor ^c, Tomer Toledo ^a, Shlomo Bekhor ^a

^a Department of Civil and Environmental Engineering, Technion – Israel Institute of Technology, Haifa, Israel

^b Department of Psychology and Sociology, Universidad de Zaragoza, C/Ciudad Escolar s/n, 44003 Teruel, Spain

^c Impactware, Madrid, Spain

ACHTUNG!

Esta advertencia se debe realizar al finalizar el curso:

"Si crees que algunas de las indicaciones de este curso llevan a no cumplir con el código de circulación es que no lo has comprendido bien.

Por favor, preguntanos, estamos para ayudarte."

Respetar las normas de tráfico o ...

... éstas te devolverán el golpe.



LEGAL



ADVERTENCIA

Propiedad Intelectual y Protección de Videojuego

Todas las imágenes, gráficos y contenido que se muestran en el simulador son propiedad exclusiva de su autor. Estos elementos están protegidos por las leyes de propiedad intelectual, incluyendo pero no limitándose a derechos de autor, marcas registradas, patentes, etc.

Uso No Autorizado

Queda estrictamente prohibido copiar, reproducir, distribuir, modificar, exhibir, ejecutar públicamente, transmitir, o de cualquier otra forma utilizar los Elementos del Videojuego sin la previa autorización por escrito.

Cualquier uso no autorizado de estos elementos constituye una violación de las leyes de propiedad intelectual y podrá dar lugar a acciones legales.

Exención de Responsabilidad

IMPACTWARE no se hace responsable por el uso indebido de los Elementos del Videojuego o contenidos por parte de terceros. Los usuarios que infrinjan estas normas serán responsables de cualquier daño o perjuicio que se derive de su conducta inadecuada.

DISCLAIMER

Exención de Responsabilidad

Pudiera ocurrir que, con intención de formar e informar, se muestren vídeos o imágenes de las que no hemos sido capaces de localizar al verdadero propietario de las mismas para solicitarle la correspondiente autorización.

Si ud. fuese o conociese a dicho propietario, por favor, háganoslo saber para subsanar el error lo antes posible.

Gracias.

Agradecimientos

Por último, indicar que estamos convencidos de que los **6-Electro-Car-Diagrams** serán elementos obligados en la formación a conductores en los próximos años, no solo en Europa, sino en todo el mundo.

Aquí solo mostramos un pequeño resumen de años de trabajo con la esperanza de que crezca una nueva ingeniería de tráfico, con nuevos conceptos y nuevos retos.

Deseamos daros las gracias por toda la atención que nos habéis dedicado, así como deciros que estamos a vuestra entera disposición para cualquier pregunta o duda que deseéis consultarnos.

Antonio Lucas Alba

Óscar Melchor Galán

contact@wavedriving.online

*No permitas al camino
que te marque el camino.
omnje*

Lenguaje inclusivo

Hemos tomado como referencia la respuesta de la RAE a la Vicepresidenta del Gobierno de

'Un estudio de la Real Academia Española sobre el buen uso del lenguaje inclusivo en nuestra Carta Magna'.

Copyright 2024 IMPACTWARE SL. Todos los derechos reservados.

contact@wavedriving.online

Descargar última versión:

https://wavedriving.online/wd_data/emails/common/assets/docs/WAVEDRIVING_TEACHER_v01_ES_public.ppsx

https://wavedriving.online/wd_data/emails/common/assets/docs/WAVEDRIVING_TEACHER_v01_EN_public.ppsx

Atribuciones:

<https://www.vecteezy.com>

<https://pngtree.com>

<https://www.pexels.com>

<https://unsplash.com>

<https://dribbble.com>

<https://gifer.com>

<https://giphy.com/>

<https://pixabay.com/>

Portada: <https://www.vecteezy.com/photo/30465837-driving-skills-assessed-car-negotiates-traffic-cones-during-the-license-test-vertical-mobile-wallpaper-ai-generated>