



Regulación de la velocidad de circulación con criterios de seguridad, tiempo de viaje y optimización de consumo.

Felipe Jiménez Alonso

Director de la Unidad de Sistemas Inteligentes en Vehículos del INSIA

felipe.jimenez@upm.es

**Santiago Tapia, Wilmar Cabrera, José María López,
Ángel Martín, Francisco Aparicio.**



Introducción

Planteamiento del problema

Algoritmo de optimización

Modelo de consumo

Función de coste

Resultados

Conclusiones

Introducción

Planteamiento

Algoritmo optimización

Modelo de consumo

Función de coste

Resultados

Conclusiones

1. Los sistemas de control de la velocidad suelen considerar, en general, únicamente los límites legales de cada sección de la carretera.
2. Los sistemas más sofisticados, incluyen límites adicionales por condicionamientos de seguridad en puntos singulares como curvas, cruces, incorporaciones, etc.
3. Un paso adicional es considerar otros criterios adicionales como el tiempo de viaje y la minimización del consumo.
4. **OBJETIVO:** Desarrollar un algoritmo que permita el cálculo de la velocidad de circulación asumiendo criterios de optimización y respetando límites máximos legales y/o seguros

Planteamiento del problema

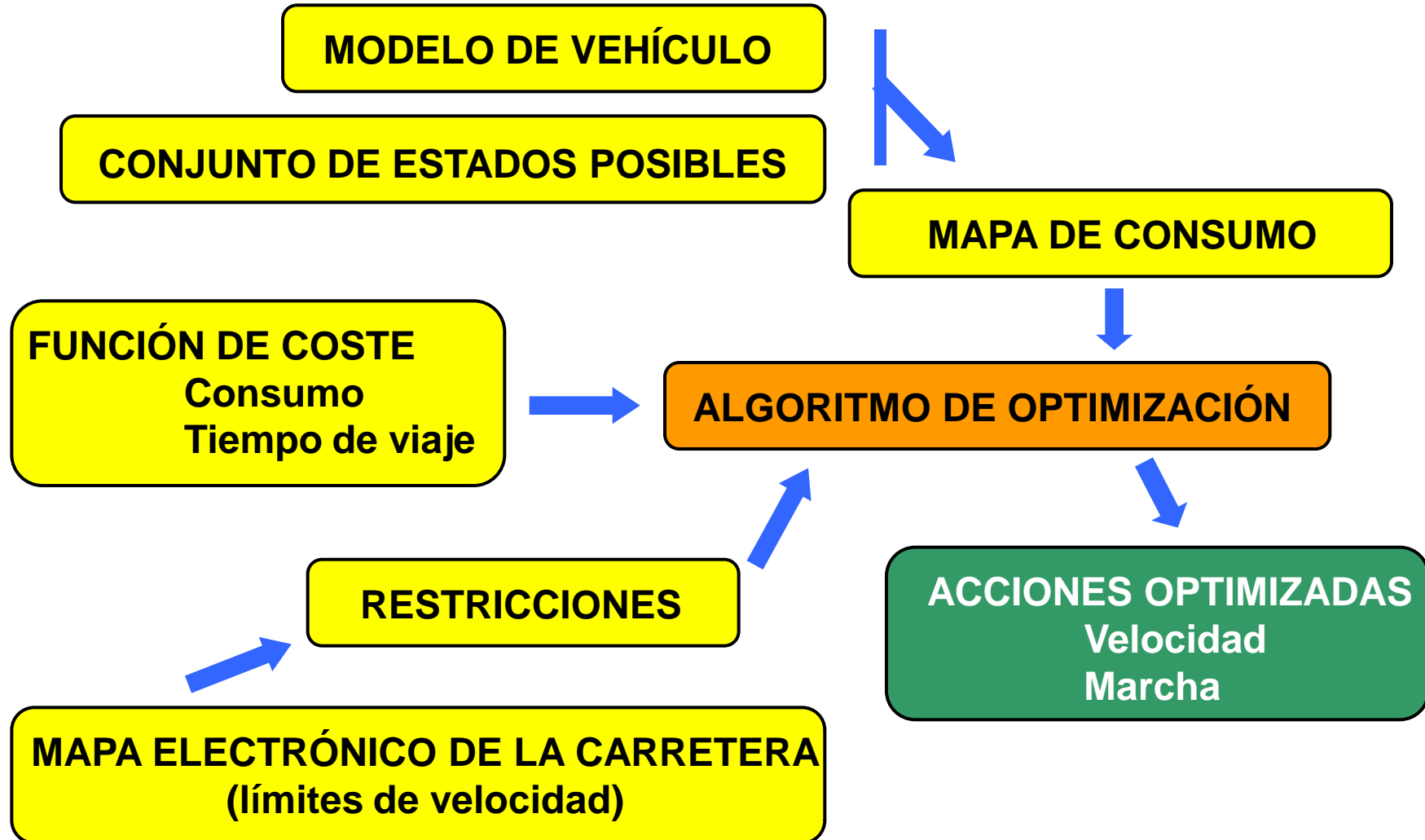
- Se tiene un sistema, el vehículo, que se rige por las **ecuaciones del movimiento**, del motor, del sistema de transmisión, etc.
- Se puede actuar sobre el sistema a través de algunas **acciones de control**.
- Existe una **función de coste** (que depende del estado del sistema) a optimizar. En este caso, se compone por el consumo de combustible y el tiempo.
- Existen unas **restricciones** a los estados del sistema (restricciones de velocidad y de tiempo máximo para completar el recorrido).

HIPÓTESIS:

Hipótesis 1: El estado del sistema sólo está dado por 2 variables: velocidad y marcha engranada.

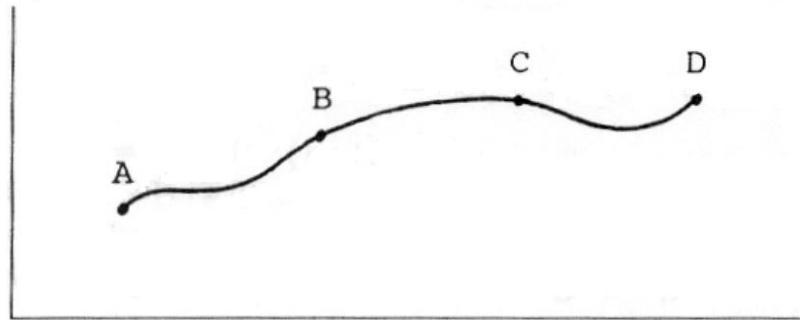
Hipótesis 2: Las acciones de control son finitas: Acelerar, frenar, mantener y cambiar de marcha.

Planteamiento del problema



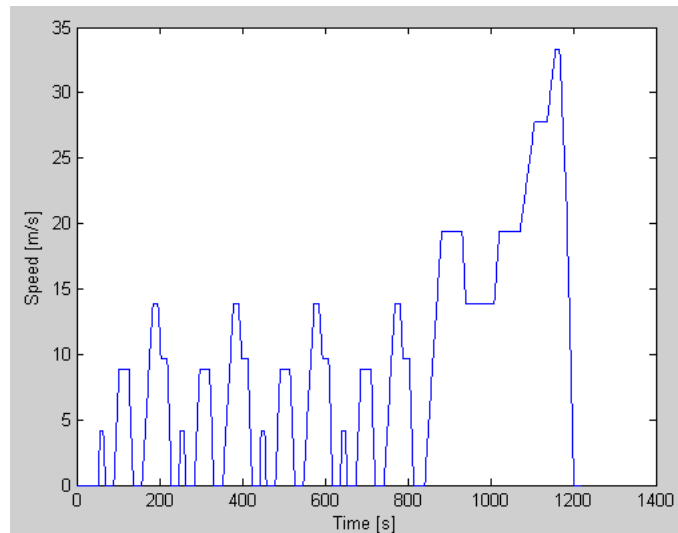
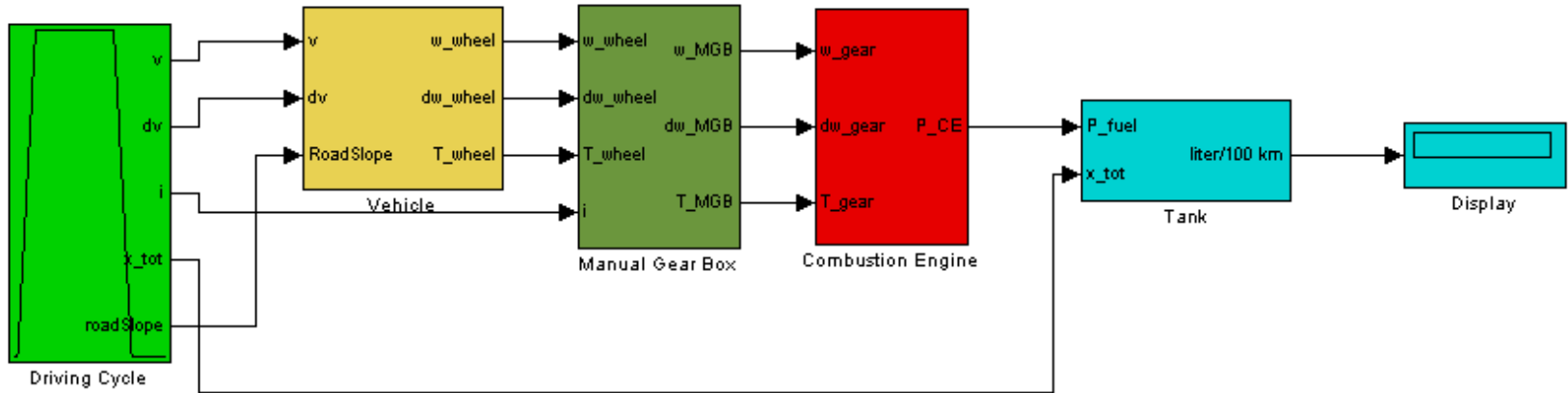
Principio de “optimalidad” de R. Bellman:

En una trayectoria óptima que une dos puntos A y D, cualquier tramo de extremos B y C es en sí una trayectoria óptima entre todas las posibles que van de B a C

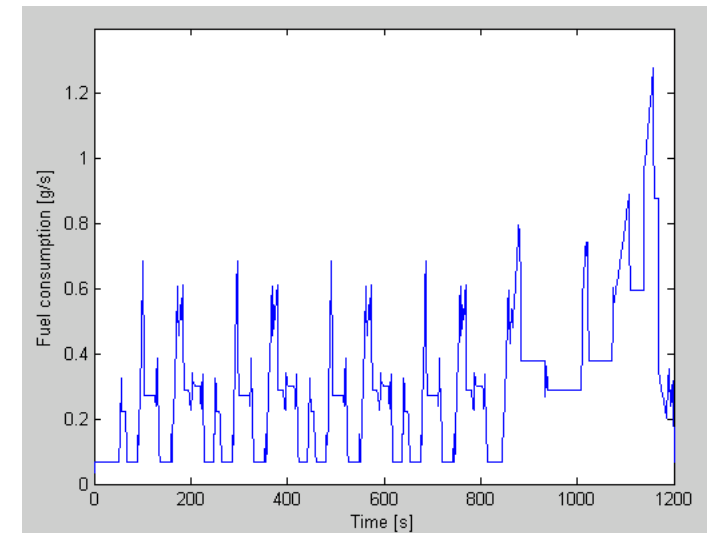


Pasos en el diseño de un algoritmo de programación dinámica:

- Planteamiento de la solución como una sucesión de decisiones.
- Definición iterativa de la solución.
- Cálculo del valor de la solución óptima mediante una tabla en donde se almacenan soluciones a problemas parciales.
- Construcción de la solución óptima haciendo uso de la información contenida en la tabla anterior.



Perfil de velocidades



Consumo



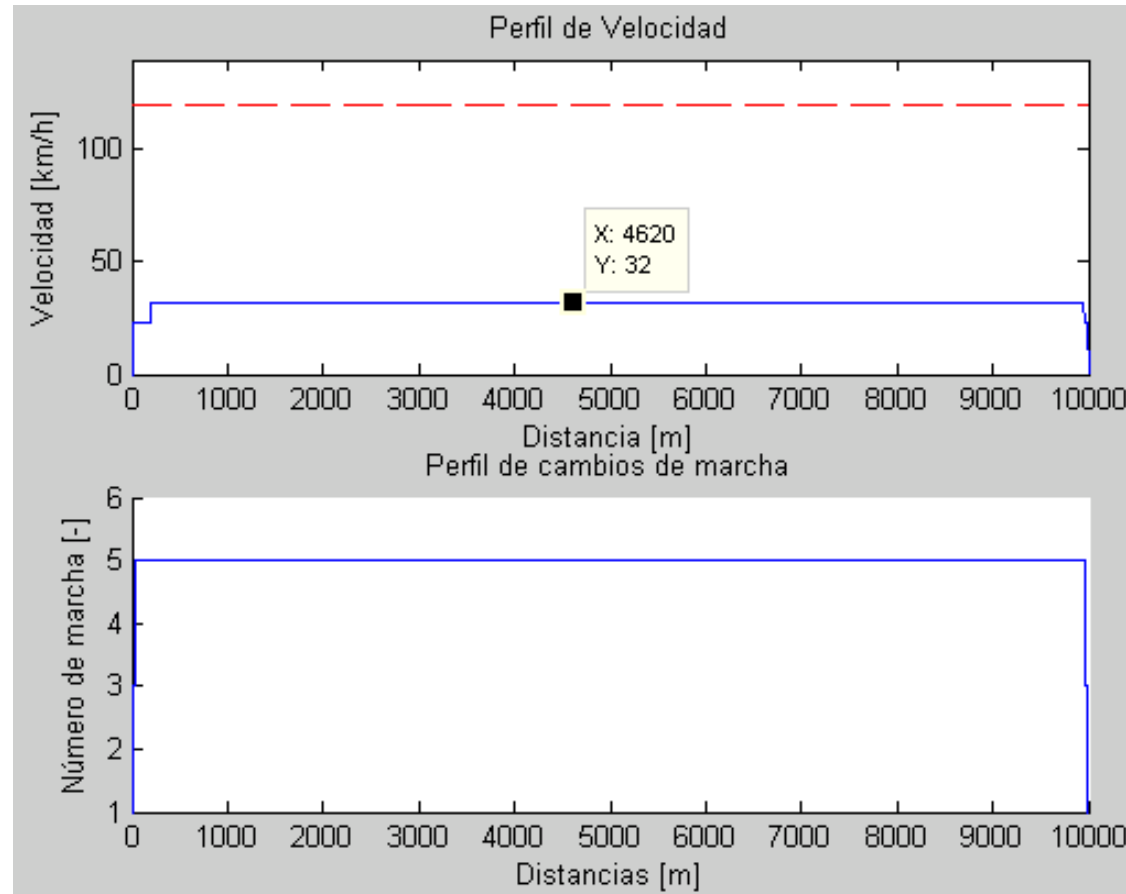
- Introducción
- Planteamiento
- Algoritmo optimización
- Modelo de consumo
- Función de coste
- Resultados
- Conclusiones

La salida del algoritmo es un perfil de velocidad y una secuencia de marchas que minimizan una función de coste.

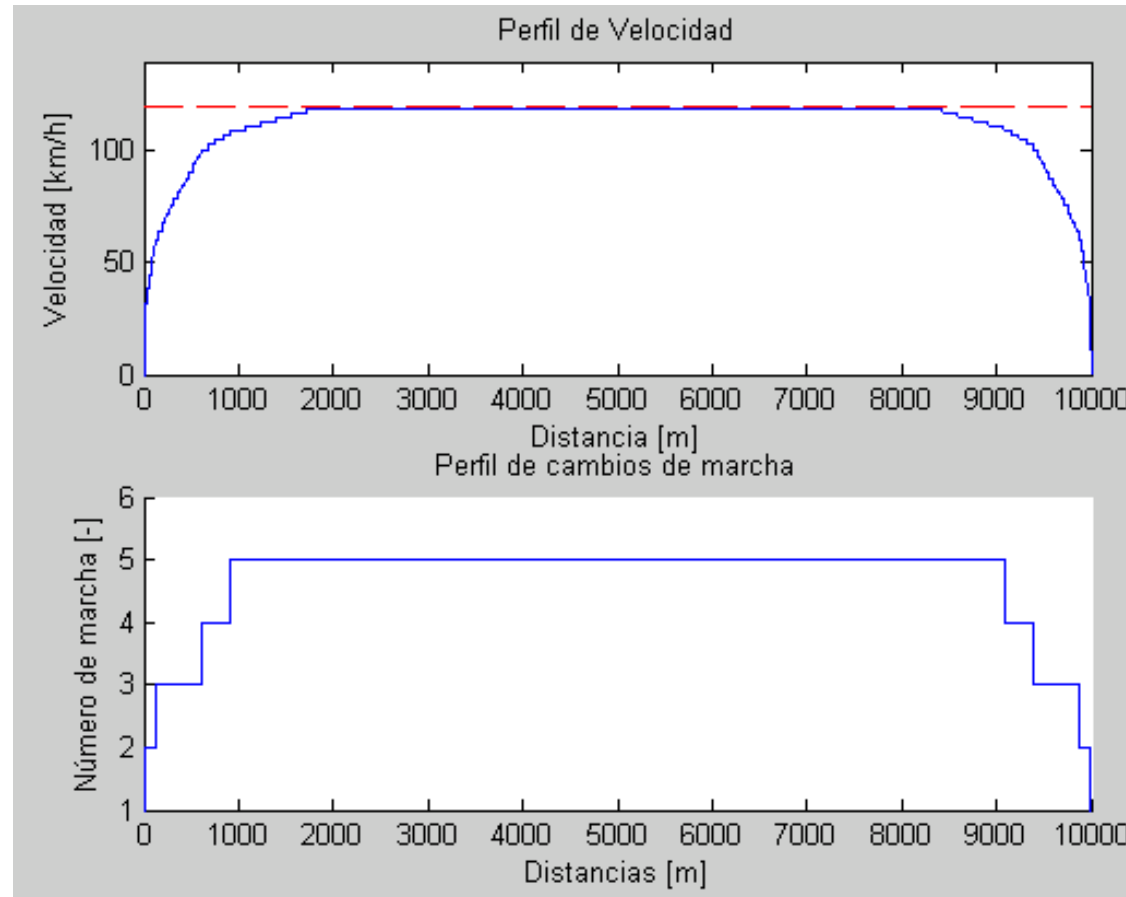
La función de coste está dada por la suma de la cantidad de combustible empleada en la secuencia y el tiempo empleado para recorrer la distancia, ponderados ambos sumandos por factores que permiten priorizar alguno de esos criterios.

$$J = \alpha \cdot \text{Combustible} + \beta \cdot \text{Tiempo}$$

CASO 1: Comportamiento del perfil sin penalizar el tiempo ($\beta = 0$)



CASO 2: Comportamiento del perfil sin penalizar el combustible ($\alpha = 0$)



Relación α / β	Combustible [Gramos]	Tiempo [Segundos]	Combustible [%]	Tiempo [%]	Condición económica [km/h], marcha
1	278.04	339.26	100	100	119, quinta
20	187.46	442.83	67	130	88, quinta
40	165.15	510.55	59	150	76, quinta
60	146.26	592.98	53	174	64, quinta
80	133.87	685.85	48	202	56, quinta
100	95.53	1000.53	34	295	33, quinta
200	83.59	1133.55	30	334	32, quinta

Introducción

Planteamiento

Algoritmo optimización

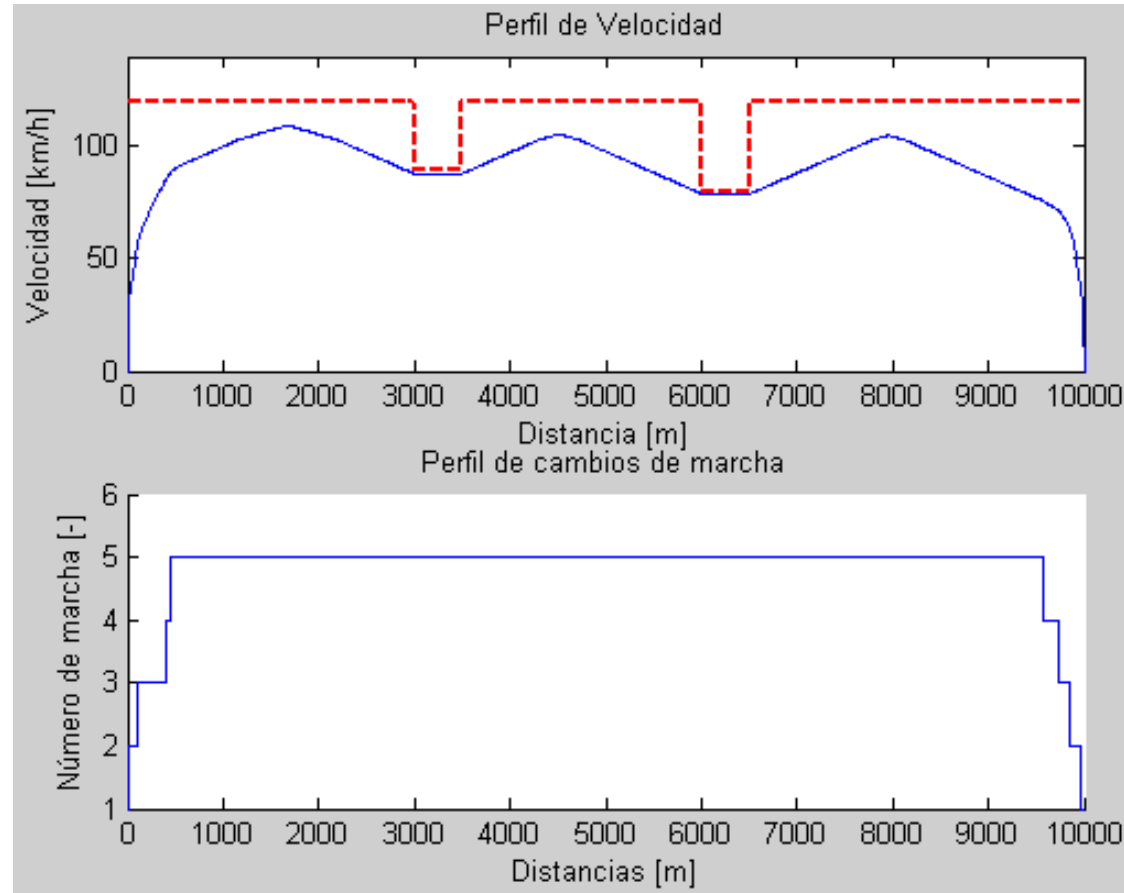
Modelo de consumo

Función de coste

Resultados

Conclusiones

CASO 3: Comportamiento del perfil con distintas restricciones de velocidad y penalizando más el tiempo que el consumo de combustible ($\beta \gg \alpha$)



Para realizar la optimización del consumo de combustible de un vehículo dependiendo de las características de la carretera se ha implementado un algoritmo de programación dinámica tipo backward.

Los datos suministrados al algoritmo provienen de un modelo de consumo de combustible.

El algoritmo calcula la secuencia de acciones de control (cambios de marcha y velocidad) para optimizar el desplazamiento de un vehículo sobre un recorrido sometido a restricciones de velocidad impuestas por límites legales y/o de seguridad.

Futuros desarrollos: simplificaciones en el proceso de la optimización con vista al desarrollo de sistemas electrónicos embarcados que implementen algoritmos de ahorro de combustible durante la conducción de un vehículo



Regulación de la velocidad de circulación con criterios de seguridad, tiempo de viaje y optimización de consumo.

Felipe Jiménez Alonso

Director de la Unidad de Sistemas Inteligentes en Vehículos del INSIA

felipe.jimenez@upm.es

**Santiago Tapia, Wilmar Cabrera, José María López,
Ángel Martín, Francisco Aparicio.**

