

Sistema automático para detección, clasificación e identificación de vehículos de transporte de Mercancías Peligrosas por carretera

Iulen Iturrizaga López; *Idom*

Mikel Zendoia Zuloaga; *Idom*

Ane Miren Capetillo Arranz; *Diputación Foral de Gipuzkoa*

I. Introducción

El transporte de vehículos de transporte de Mercancías Peligrosas por el interior de los túneles es un tema sobre el cual tanto la Directiva Europea 2004/54/CE sobre requisitos mínimos de seguridad en túneles de la red transeuropea de carreteras, como el Acuerdo Europeo sobre el transporte internacional de cargas peligrosas por vía terrestre (ADR), muestran una especial sensibilización.

En concreto, la normativa de seguridad en túneles indica que sólo se permitirá el paso de este tipo de transportes si un Análisis de Riesgos lo avala mientras que el ADR exige clasificar los túneles en distintas clases en función del tipo de mercancías que pueden transportarse en su interior, desviando el resto de transportes por vías alternativas, en función de los resultados de un análisis de riesgos.

En este sentido, en el año 2013 la Diputación Foral de Gipuzkoa, con la asistencia técnica de Idom, llevó a cabo una prueba piloto para determinar la fiabilidad real de diversos sistemas de detección, clasificación e identificación automática de transportes de MMPP a la entrada del túnel de Argisao en Zumarraga (Gipuzkoa), así como el rendimiento

del sistema en la detección, clasificación e identificación de otros vehículos.

El presente artículo muestra los resultados obtenidos así como algunas de las conclusiones obtenidas y lecciones aprendidas de la prueba piloto realizada.

2. Instalación y condiciones de la prueba

En primer lugar, el presente apartado explica los sistemas que se utilizaron para las pruebas así como las condiciones en que se desarrollaron.

2.1. Lugar seleccionado para la realización de la prueba

La ubicación seleccionada para la ubicación de la prueba piloto es el pórtico existente a la entrada del túnel de Argisao en el municipio de Zumarraga, en sentido Bergara. La velocidad máxima de los vehículos en este tramo es de 120 km/h.

2.2. Sistemas incluidos en la prueba

En la prueba se han comparado entre sí los siguientes 4 sistemas:



Figura 1: Ubicación de la prueba piloto

Sistema 1: Sistema de reconocimiento por visión artificial con autotrigger:

- I cámara con procesamiento de imagen para la detección de los vehículos (el sistema no realiza clasificación de vehículos ligeros y pesados).
- I cámara con procesamiento de imagen para reconocimiento de matrículas y vehículos de MMPP.
- I iluminador infrarrojo activado por el trigger.
- I servidor de procesamiento propio.

Sistema 2: Sistema de reconocimiento por visión artificial con trigger mediante cortina láser:

- I cortina láser para detección y generación del trigger.
- I cámara con procesamiento de imagen para clasificación, reconocimiento de matrículas y vehículos de MMPP.
- I iluminador infrarrojo activado por el trigger.

Sistema 3: Sistema de reconocimiento por visión artificial con trigger mediante haz láser:

- I sensor láser de distancia para detección, clasificación y generación del trigger.
- I cámara para reconocimiento de matrículas y vehículos de MMPP
- I iluminador infrarrojo activado por el trigger.
- I servidor de procesamiento propio.

Sistema 4: Sistema de reconocimiento por visión artificial con trigger mediante cortina láser:

- I cortina láser para detección y generación del trigger.
- I cámara con procesamiento de imagen para clasificación y reconocimiento de matrículas
- I cámara con procesamiento de imagen para vehículos de MMPP.
- I iluminador infrarrojo activado por el trigger.



Figura 2: Instalación realizada

2.3. Condiciones de la prueba

Con el fin de obtener el mayor número posible de tránsitos de vehículos que transportasen MMPP, en diversas condiciones meteorológicas, se tomaron datos durante 4 días, en diversas franjas horarias:

- 4 horas en horario nocturno.
- 4 horas en un día lluvioso/Nieve durante el amanecer.
- 4 horas en un día lluvioso/Nieve durante el anochecer.
- 4 horas en un día despejado durante el amanecer.
- 4 horas en un día despejado durante el anochecer.

De esta forma, se auditaron 3.668 tránsitos de vehículos que no transportaban mercancías peligrosas y 61 que sí lo hacían durante las franjas horarias indicadas entre el 1/03/2013 y el 15/03/2013.

	SISTEMA 1		SISTEMA 2		SISTEMA 3		SISTEMA 4	
	MAT	MAT MMPP	MAT	MAT MMPP	MAT	MAT MMPP	MAT	MAT MMPP
OK	70,49%	73,77%	62,30%	62,30%	60,66%	6,56%	16,39%	24,59%
No Reconocido	9,84%	26,23%	8,20%	34,43%	11,48%	6,56%	50,82%	50,82%
Faltan o sobran caracteres	1,64%	0,00%	0,00%	0,00%	4,92%	0,00%	13,11%	22,95%
Fallo en algún carácter	13,11%	0,00%	4,92%	1,64%	4,92%	3,28%	0,00%	1,64%
Confundido matrícula con remolque	3,28%	0,00%	3,28%	0,00%	14,75%	0,00%	14,75%	0,00%
Confundida matrícula con Placa Naranja	1,64%	0,00%	21,31%	0,00%	3,28%	0,00%	4,92%	0,00%
Error en código de peligro	0,00%	0,00%	0,00%	1,64%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Se añade un 5 al final del código de peligro	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	83,61%	0,00%	0,00%
TRÁNSITOS	61	61	61	61	61	61	61	61

3. Resultados obtenidos

3.1. Identificación de mercancías peligrosas

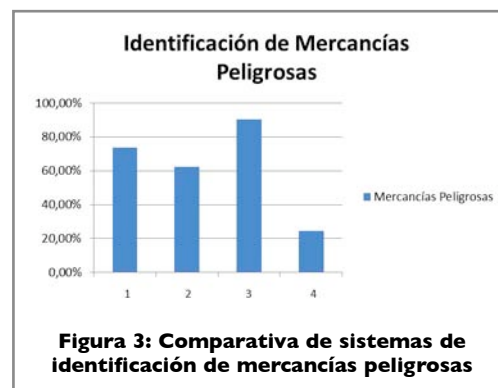
Los resultados obtenidos se recogen en la siguiente tabla (MAT se refiere a matrículas normales y MAT MMPP a las placas naranjas):

De los datos recogidos se obtienen las siguientes conclusiones:

- El sistema 1 sólo es capaz de reconocer el 74% de los tránsitos, no obstante de lo observado, en caso de obtener la información, comete muy pocos errores (en la muestra 0%).
- El sistema 2 sólo recoge un 62% de los tránsitos correctamente, no detecta un 34% y reconoce erróneamente el 4% restante.
- El sistema 3 reconoce el 93% de los tránsitos. No obstante formatea mal las clases de peligro agregándoles siempre un "5" al final. Este dato se ve reflejado en el bajísimo nivel de acierto reflejado. El instalador del sistema indica que se debe a un fallo en la agregación superior de los datos en el servidor añadido y no del propio producto. Si excluyésemos este error en el formato, el sistema 3 sería capaz de detectar correctamente un 90% de los tránsitos, no detectaría un 6% de éstos y detectaría de manera incorrecta un 3%.
- El sistema 4 no sería capaz de reconocer correctamente más allá del 16% de los vehículos.

El principal problema para todos los sistemas es el no reconocimiento (Sistema 3: 6,56%, Sistema 1: 26,23%, Sistema 2: 34,43% y Sistema 4 50,83%). No obstante, por norma general, en caso de que se detecte el tránsito, los sistemas generan poco error.

En la siguiente gráfica se muestra una comparativa de los resultados obtenidos:



Una vez indicado esto, es necesario considerar que los resultados arriba expuestos sólo tienen en cuenta aquellos transportes de MMPP identificados en su placa naranja con sus códigos de peligro (o código Kemler) y ONU. No obstante, existen algunos transportes que llevan una placa naranja sin numeración y ninguno de los sistemas instalados es capaz de reconocer la placa naranja si ésta no lleva códigos. En la siguiente fotografía se observa algún caso:



Figura 4: Ejemplos de placas naranjas sin numeración

Por regla general, los vehículos han de estar identificados en su parte delantera y posterior (con numeración). No obstante existen algunos casos que se corresponden generalmente a vehículos transportando varias materias, cisternas etiquetadas y otras que constituyen

una excepción a esta norma general. Este tipo de tránsitos, según estadísticas recogidas en varias carreteras de Gipuzkoa en 2012, ascendía al 25% de los tránsitos totales.

En la siguiente gráfica se muestra cómo quedarían los resultados si se aplicase ese porcentaje sobre los resultados obtenidos:

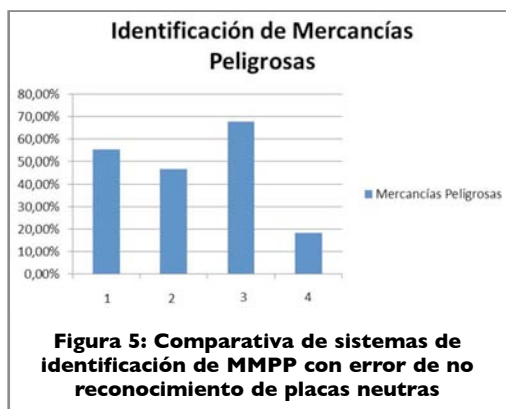


Figura 5: Comparativa de sistemas de identificación de MMPP con error de no reconocimiento de placas neutras

3.2. Identificación y clasificación de otros vehículos

Además de los datos asociados a los transportes de MMPP, también se ha analizado el comportamiento de los sistemas para detectar, clasificar e identificar vehículos que no transportan MMPP a partir de los 3.668 tránsitos recogidos durante las franjas horarias analizadas.

3.2.1. Identificación de placas de matrículas

En la siguiente figura se muestran los resultados obtenidos en relación a la capacidad de los sistemas para reconocer correctamente las matrículas de los vehículos.

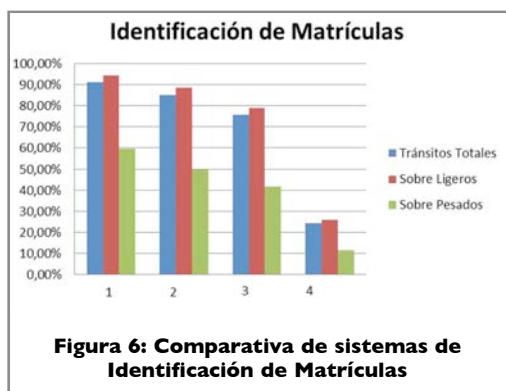


Figura 6: Comparativa de sistemas de identificación de Matrículas

Se considera que el sistema que mejor resultados ha ofrecido es el sistema 1, que

ha obtenido un porcentaje de acierto global del 91%.

Tal y como se puede observar, la principal fuente de error de estos sistemas es la incorrecta identificación de los vehículos pesados. Para el sistema 1, las principales fuentes de error en la identificación de vehículos pesados han sido las siguientes:

No reconocido:

- Matrícula en correcto estado: 6,69%.
- Matrícula parcialmente oculta: 6,69%
- Matrícula completamente oculta o inexistente: 1,67%.
- Matrícula en mal estado: 1,11%.

Fallo del OCR:

- Mal reconocido algún caracter: 6,41%.
- Algún caracter de más o de menos: 5,01%
- El sistema devuelve correctamente la matrícula del remolque, no del vehículo: 2,51%.
- Matrícula en mal estado: 1,39%.
- Lectura de otra parte del vehículo (teléfonos, información comercial, etc...): 0,84%.
- Identificación del vehículo transportado en una grúa y no la grúa en sí: 0,28%.

Fallo de formato:

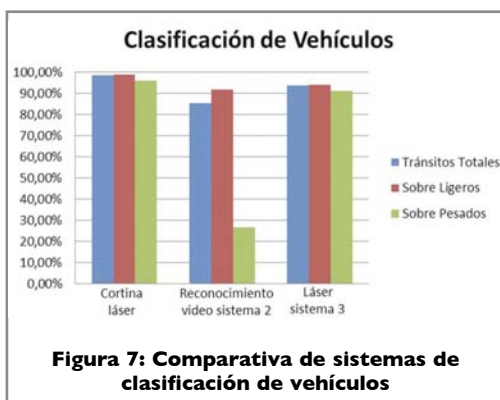
- El sistema devuelve varios tránsitos, al menos uno correcto: 4,74%
- El sistema devuelve correctamente la matrícula más el remolque: 3,06%.

Con respecto a los vehículos ligeros el nivel de acierto es mucho mayor, siendo en general las principales fuentes de error la presencia algún caracter añadido o sustraído (1,78%), algún caracter erróneo (1,48%) y el no reconocimiento estando la matrícula bien (1,36%). El resto de errores suman menos del 1%.

3.2.2. Clasificación de vehículos

En la siguiente gráfica se muestran los resultados obtenidos por los distintos sistemas de clasificación (ligeros/pesados) utilizados: cortina láser; reconocimiento software del sistema 2 y el láser del sistema 3.

El sistema de 1 no se ha incluido dado que, a día de hoy no permite una asociación tránsito a tránsito de la clase del vehículo con la información de matrículas recogidas (sólo permite datos medios).



Así mismo, el sistema de 4 tampoco se compara puesto que, por sí mismo, no aporta información acerca de la clase, dependiendo de la cortina láser completamente.

La cortina láser es muy precisa en la definición de la clase de vehículo. Así mismo, el láser del sistema 3 también ha obtenido resultados satisfactorios.

En el caso del sistema 2, la clasificación no llega al 90% y es especialmente errónea en los vehículos pesados (27%).

La principal fuente de errores atribuidos a la cortina láser son los siguientes:

- No reconocimiento: 1,88%. La mayoría de estos errores se deben a que el vehículo no reconocido, antes de traspasar la vertical del pórtico, circulaba por otro carril y estaba realizando una maniobra de cambio de carril en el momento en que el vehículo traspasa dicha vertical.
- Error en la clasificación: 0,22%.

4. Lecciones aprendidas

De los resultados obtenidos se han detectado algunos puntos de mejora que podrían hacer que los resultados obtenidos mejorasen:

- Instalación frontal.
- Ubicación del pórtico.
- Mejora de la iluminación.
- Mejora de la sincronización trigger – cámara.
- Mejora del post-procesado de la información.
- Optimización de la calibración e instalación.

Con respecto a las propuestas de mejora, se observa claramente que el sistema 4 rinde por

debajo del resto de sistemas, por lo tanto no se realizan propuestas de mejora sobre dicho sistema puesto que se considera completamente inviable para aplicaciones en autovía.

4.1. Instalación frontal

Se ha observado que gran parte de los fallos de los sistemas se deben al deficiente reconocimiento de los vehículos pesados. Este tipo de vehículos presentan el problema de que muchos tienen las matrículas parcial o totalmente ocultas en su parte trasera, en estado de conservación deficiente de forma que dificultan el trabajo del motor OCR.

También se ha observado que, las matrículas delanteras de dichos vehículos generalmente están en mejor estado de conservación y sobre todo, no están ocultas por la carga que transportan.

Con los resultados obtenidos por los sistemas, se podrían obtener unas mejoras entorno a lo siguiente:

- Sistema 1: entorno al 10% de mejora en vehículos pesados y 1,40% en general.
- Sistema 2: entorno a un 12% en vehículos pesados y 2% en general.
- Sistema 3: 13,5% en vehículos pesados y 1,75% en general.

4.2. Ubicación del pórtico

Otro punto que conviene comentar es que el pórtico disponible se encuentra en una sección de calzada donde existe un carril de incorporación. Este carril genera varios tipos de cruces que se deberían evitar para la instalación a largo plazo de sistema de este tipo:

- Cambios de carril desde el carril de aceleración al carril lento donde se ha realizado la prueba.
- Cambios de carril desde el carril lento al rápido para dejar sitio a vehículos procedentes del carril de aceleración.

Este tipo de tránsitos, tal y como se ha observado en las estadísticas, genera más errores de reconocimiento. Si se eligiese una ubicación sin presencia de enlaces el número de vehículos cambiando de carril disminuiría

(idealmente sólo vehículos que se dispongan a adelantar) y por lo tanto se mejoraría el rendimiento general entorno a un 2%.

4.3. Mejora de la iluminación

Existen varios casos, especialmente notables en el caso de los sistemas 1 y 3, en los que ha existido una sobre-iluminación de la escena. En la siguiente fotografía se muestra un ejemplo.



Figura 8: Matrícula sobre iluminada

Este hecho dificulta la labor del motor OCR lo cual genera fallos en la lectura de los caracteres de la matrícula (bien reconociendo mal un carácter concreto, añadiendo o quitando caracteres).

Es posible que, en la instalación realizada, el hecho de haber instalado 3 sistemas de iluminación distintos pueda haber influido en estos errores.

Se estima que en torno a un 11% de los fallos del motor OCR observados se deben a problemas de iluminación. En base a esto si se realizasen mejoras en este punto se podrían obtener las siguientes mejoras en rendimientos generales:

- Sistema 1: 0,45%.
- Sistema 2: 0,35%.
- Sistema 3: 0,75%.

4.4. Mejora de la sincronización Trigger-cámara

Otro de los puntos en los que se han detectado un amplio margen de mejora es en la sincronización del trigger con la obtención de la imagen.

Tal y como se ha explicado en la explicación de los sistemas instalados, los sistema 2, 3 y 4

requieren de un sistema de trigger externo (cortina láser para los dos primeros, y láser de distancia para el último).

El número de errores de no reconocimiento debido a este punto ha ido en aumento a lo largo de la prueba piloto, especialmente en el sistema de 2.

Se estima que entorno al 10% de los vehículos no reconocidos por los sistemas con trigger externo se deben a que la obtención de la fotografía no se realiza correctamente y se obtiene una imagen sin vehículo o el vehículo muy alejado. Este punto es especialmente importante en horario nocturno al estar asociado el disparo del iluminador. En la siguiente imagen se observa un ejemplo de trigger mal sincronizado:

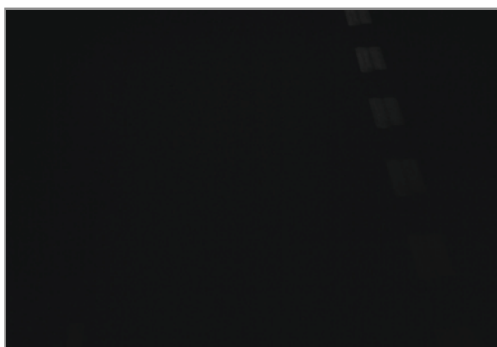


Figura 9: Imagen obtenida con trigger mal sincronizado

Tal y como se puede observar, pese a que el sistema de identificación y clasificación obtiene información del tránsito, el sistema de reconocimiento no puede obtener ningún dato dado que la imagen la obtiene cuando no hay ningún vehículo.

Si se optimizase esta sincronización, con ayuda de las herramientas de configuración de los sistemas, se podrían obtener las siguientes mejoras estimadas de rendimiento:

- Sistema 2: mejora general del 0,87%
- Sistema 3: mejora general del 1,35 %.

El sistema 1, al no tener un trigger externo no podría optimizarse de este modo.

4.5. Mejora del post-procesado de la información

Otro de los errores que se ha identificado especialmente en vehículos pesados es un incorrecto formateo de la información recogida.

Este tipo de errores son los siguientes:

- Varios tránsitos: con el mismo tránsito real se identifican varios tránsitos distintos siendo al menos uno correcto.
- En el caso de vehículos pesados, es bastante habitual que se identifique un tránsito con la matrícula del vehículo y otro para el remolque.
- También se ha observado algún caso en que se producen más tránsitos debidos a la identificación de la placa de matrícula y otra información como teléfonos o información comercial del propio vehículo.
- Obtención de datos del vehículo y remolque: se obtiene ambos datos y se separan con un carácter de retorno de carro.
- Obtención de la matrícula del remolque en vez del vehículo.

Este último error tiene una resolución más difícil, puesto que no se obtiene la información del propio vehículo, no obstante, los otros dos puntos se podrían solventar mediante un post-procesado automático de la información. Las mejoras estimadas podrían ser entorno a:

- Sistema 1: 8,08% sobre los vehículos pesados y 1,23% en general.
- Sistema 2: 0,84% sobre los vehículos pesados y 0,16% en general.
- Sistema 3: 0,85% sobre los vehículos pesados y 0,15% en general.

Mención aparte merece el problema del sistema 3 a la hora de reconocer las clases de peligro de las placas de MMPP comentado anteriormente, fácilmente resoluble que le permitiría pasar del 6% al 90%, es decir, un 84% de mejora.

4.6. Optimización de la calibración e instalación

Finalmente, se estima que con los datos recogidos, y tras un proceso de análisis de la información los resultados se podrían obtener algunas mejoras en el rendimiento por causas diferentes a las comentadas anteriormente.

Por ejemplo, si se modificasen los ángulos de la instalación de los sistemas 1 y 3, se podrían mejorar los ratios de reconocimiento de vehículos (especialmente pesados y ligeros tipo todoterreno o con remolque).

Así mismo, con respecto al sistema 1, se ha observado que parte de los problemas de falta de reconocimiento de algún carácter se deben a que el vehículo aparece cortado y por lo tanto no se observa dicho carácter. Se podría ajustar la posición de las cámaras para intentar minimizar este punto.

La mejora en base a estos parámetros es difícil de cuantificar y se estima que podría oscilar entre el 0 y el 1% a nivel general.

4.7. Detección de placas de mercancías peligrosas vacías

Con respecto a esta carencia detectada en los sistemas probados, la única solución que se estima viable sería utilizar productos comerciales que incorporen esta funcionalidad dentro de sus características.

De consultas realizadas a otros fabricantes, sólo existiría un sistema que dispondría de un algoritmo de identificación capaz de resolver este punto.

5. Conclusión

La presente prueba ha permitido comprobar el funcionamiento de diversos sistemas de detección, clasificación e identificación de vehículos, prestando especial atención a los que transportan MMPP, así como analizar su rendimiento en condiciones reales y con un alto nivel de exigencia tanto con respecto al emplazamiento como a las condiciones meteorológicas de la prueba, de cara a evaluar las posibles aplicaciones que permitiría la implantación de este tipo de sistemas.