

## **GEMOVEL: ARTIFICIAL VISION IMPLEMENTATION IN ELECTRIC VEHICLE FLEET MANAGEMENT**

Pons Sendra, V.; Dols Ruiz, J. F.; Álamo Felipo, V.

Instituto Diseño Fabricación Automatizada IDF

The objective of the project "Platform for Mobility Management of the Electric Vehicles" (GEMOVEL) consisted in the promotion of the use of electric vehicles (EV) fleets by public administrations, private companies and public in general. This project was funded, in the framework of the AVANZA 2 program by the Spanish Ministry of Industry, Tourism and Trade, and was developed jointly among the Polytechnic University of Valencia and technology companies such as AMPLIA, NEORIS, SIRSA and EPOCHE.

Present paper shows the optimal configuration developed to ensure the mobility management of EV fleets based on the real-time knowledge of vehicle autonomy. To obtain this data locally, it were used non-intrusive techniques of artificial vision applied to the instrument panel, transmitting the information obtained, together with the geo-positioning of the vehicle, using M2M technologies, applying techniques of communication GPRS and GPS respectively. A communications platform M2M acted as a gateway between the sending device embarked on the EV and the Backoffice, managing the security of communications, the messaging interface and the exchange of information. Finally, the Backoffice was responsible for the processing of information received and offer services through a web page to all GEMOVEL.

**Keywords:** *Vehicle; Electric; Gemovel; Management; Fleet*

## **GEMOVEL: APLICACIÓN DE LA VISIÓN ARTIFICIAL EN LA GESTIÓN DE FLOTAS DE VEHÍCULOS ELÉCTRICOS**

El objetivo del proyecto "Plataforma de Gestión de la Movilidad del Vehículo Eléctrico" (GEMOVEL) consistió en el fomento del uso de flotas de vehículos eléctricos (VE) por parte de administraciones públicas, empresas privadas y público en general. Dicho proyecto fue financiado, en el marco del plan AVANZA 2 por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, y desarrollado conjuntamente entre la Universitat Politècnica de València y empresas tecnológicas como AMPLIA, NEORIS, SIRSA y EPOCHE.

El presente artículo muestra la configuración óptima desarrollada para asegurar la gestión de la movilidad de los VE en base al conocimiento en tiempo real de la autonomía del vehículo. Para obtener dicho dato, se utilizaron técnicas de visión artificial aplicadas al cuadro de instrumentos, transmitiendo la información obtenida, junto con el geo-posicionamiento del vehículo, mediante tecnologías M2M, aplicando técnicas de comunicación GPRS y GPS respectivamente. Una plataforma de comunicaciones M2M actuaba de pasarela entre el dispositivo emisor embarcado en el VE y el Backoffice, gestionando la seguridad de las comunicaciones, la interfaz de mensajería y el intercambio de información. Finalmente, el Backoffice era el encargado de procesar la información recibida y ofrecer los servicios, a través de una página web, a los usuarios de GEMOVEL.

**Palabras clave:** *Vehículo; Eléctrico; Gemovel; Gestión; Flota*

Correspondencia: [jdols@mcm.upv.es](mailto:jdols@mcm.upv.es)

## 1. Introducción

El vehículo eléctrico (VE) está llamado a jugar un papel clave en un futuro próximo ya que permitirá mejorar el medio ambiente urbano al eliminar las emisiones de ruido y sustancias contaminantes. Igualmente, permitirá reducir la dependencia de los combustibles fósiles, controlar las emisiones de gases de efecto invernadero causantes del cambio climático y avanzar en la mejora de la eficiencia del modelo energético de transporte de la ciudad,

La introducción del VE de forma gradual en el mercado representa una oportunidad industrial, tecnológica, energética y medioambiental. Su fomento y desarrollo constituye un objetivo de la Estrategia Integral para el Impulso del Vehículo Eléctrico que prevé que España cuente con 250.000 vehículos eléctricos en 2014 (MITC, 2010, 2011). En España, el **Plan de Activación del Ahorro y la Eficiencia Energética 2008-2011**, incluye en su Medida nº 4 el desarrollo de un **proyecto piloto de introducción de vehículos eléctricos** con el objetivo de demostrar la viabilidad técnica, energética y económica de esta alternativa de movilidad. El **Proyecto MOVELE**, gestionado y coordinado por el IDAE, consiste en la introducción en un plazo de dos años (2009 y 2010), dentro de entornos urbanos, de 2.000 VE de diversas categorías, prestaciones y tecnologías, en un colectivo amplio de empresas, instituciones y particulares, así como en la instalación de 500 puntos de recarga para estos vehículos (IDAE, 2010). No obstante, este proyecto no aborda desarrollos tecnológicos de gran calado, similares a la plataforma que se pretende construir.

En la UE, cuya política es claramente impulsora de este nuevo modelo de transporte, se están dando aún los primeros pasos en el desarrollo de infraestructuras, desarrollo tecnológico, regulación y soluciones para el vehículo eléctrico (CE, 2009, 2010a, 2010b). Algunos de los proyectos más emblemáticos que se están desarrollando actualmente en Europa, dentro del 7º PROGRAMA MARCO, son el ELVIRE (2009), ID4EV (2010) o el Green eMotion (2011). Todos están en fase de finalización, y no se conocerán sus resultados antes de diciembre de 2012, o ya entrados en 2013.

El trabajo que se muestra en la presente ponencia se enmarca en el desarrollo del proyecto de investigación "*Plataforma de Gestión de la Movilidad del Vehículo Eléctrico*" (GEMOVEL) (ref. TSI-020100-2010-1135), financiado por el Ministerio de Industria, Comercio y Turismo en el marco del plan AVANZA 2, y desarrollado conjuntamente entre 2010 y 2012 por la Universidad Politécnica de Valencia y un consorcio de empresas tecnológicas del sector de las comunicaciones: NEORIS ESPAÑA, S.L. (coordinador), SIR, S.A., AMPLIA SOLUCIONES, S.L. y EPOCHE AND ESPRI, S.L. La solución tecnológica que ofrece GEMOVEL constituye una solución integral innovadora que, en este sector, pasa por desarrollar una plataforma que permite la interacción continua entre los conductores de VE, sus proveedores de energía y la red inteligente. Esta plataforma a día de hoy no existe en el mercado español, tan sólo soluciones parciales, en una fase aún muy incipiente, orientadas a las infraestructuras (postes de recarga) o a desarrollos industriales del VE (IDEA, 2010).

El objetivo principal del proyecto GEMOVEL se basa en el desarrollo de una plataforma local de comunicación inteligente entre los usuarios de los vehículos eléctricos (VE) y un gestor de recarga de la flota. Los objetivos específicos del proyecto perseguían fundamentalmente:

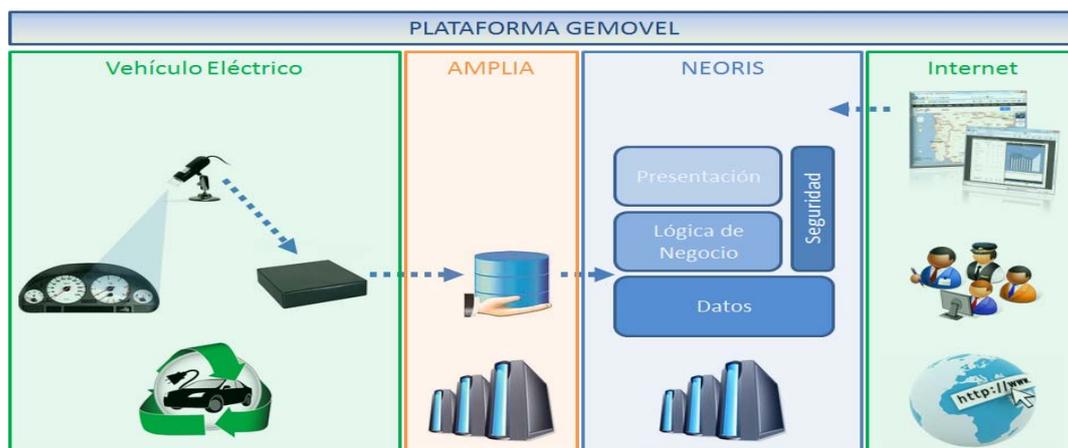
1. Disponer de TIC Verdes aplicadas a la comunicación del VE y el usuario con la plataforma de servicios y poder hacer uso de las ventajas que ésta ofrece.
2. Disponer de un sistema de gestión de la información que permita a las administraciones locales ofrecer a los usuarios información de valor añadido acerca de los puntos de recarga disponibles y tarifas más ventajosas, ofrecer bonificaciones en impuestos, ofrecer ventajas sobre áreas u horarios de tráfico restringido, y la planificación de la redistribución energética de recarga en el ámbito local a través del registro de históricos

- de los hábitos de recarga de cada vehículo/conductor.
3. Disponer de información a través de la cual los usuarios de automóviles eléctricos puedan conseguir una reducción del consumo energético mediante la adaptación de sus hábitos de conducción.
  4. Disponer de un sistema de gestión eficiente que aglutine la oferta de los suministradores de carga, facilitando al suministrador la capacidad para hacer llegar a los usuarios finales su oferta de servicios, con la posibilidad de ofrecer descuentos.
  5. Disponer de un punto de información genérico sobre el VE, donde se publiquen artículos y normativa de interés y se comparta información a través, por ejemplo, de redes sociales.

### 1.1 Estructura de funcionamiento de la plataforma GEMOVEL

La plataforma GEMOVEL se ha desarrollado sobre la base de un estudio de viabilidad y movilidad del VE en la ciudad de Valencia, a partir del cual se desplegará el servicio que facilitará, a través de la telefonía móvil, información a los usuarios finales acerca de los puntos de recarga disponibles, los tiempos de recarga, las tarifas más ventajosas y cualquier otra información que facilite la interacción con el usuario (como su geo-posicionamiento) y muestre las ventajas del VE. La estructura de funcionamiento de la plataforma GEMOVEL se observa en la figura 1.

**Figura 1: Diagrama de funcionamiento completo de la solución adoptada en el proyecto GEMOVEL.**



Mediante tecnologías de visión artificial se capturará la información básica del panel de instrumentos del VE, fundamentalmente la autonomía del mismo, y una vez tratada y analizada ésta en el ordenador que gestiona la cámara, se enviará la información a un dispositivo de adquisición de datos OWASYs embarcado a bordo que recibirá la información vía puerto serie RS 232. Este dispositivo, suministrado por AMPLIA, está equipado con sistemas de comunicación GPRS y geo-posicionamiento GPS, que se encargan, a su vez, de enviar la información al servidor de la plataforma GEMOVEL, desde la cual se pueden gestionar todos los servicios suministrados al cliente, y a la que se puede acceder vía internet desde cualquier dispositivo de comunicación inteligente (teléfono, PDA, tablet, etc.).

### 1.2 Metodologías de obtención de la información del VE

Para poder implementar una plataforma como la desarrollada en el proyecto GEMOVEL, resulta indispensable la obtención de información básica del vehículo, fundamentalmente de la carga de la batería, con objeto de establecer el rango de autonomía y distancias a los

puntos de recarga, y con ella establecer la comunicación con los equipos embarcados que permitirán la gestión de dicha información. Existen básicamente tres metodologías para la extracción de información del estado de un vehículo:

- Interacción a partir de la toma de diagnóstico OBD.
- Lectura de señales electrónicas en puntos concretos del vehículo.
- Visualización del cuadro de instrumentos.

Uno de los métodos más eficaces que permite la obtención de información de la autonomía de un vehículo consiste en la utilización de un lector OBD. El sistema OBD (*On Board Diagnostics*) consiste en un sistema de diagnóstico del estado de un vehículo, y aporta información muy completa del motor y otros dispositivos. Actualmente se emplean los estándares OBD-II (Estados Unidos), EOBD (Europa) y JOBD (Japón). Este sistema originariamente incorporaba dos sensores de oxígeno (sonda Lambda), uno ubicado antes del catalizador y otro después del mismo, pudiendo así comprobar el correcto funcionamiento del catalizador. Las características de auto-diagnóstico estaban incorporadas en el hardware y el software del ordenador de a bordo del vehículo para verificar la existencia de fallos en los sistemas que pudieran afectar a las emisiones.

La norma SAE J1962 (SAE, 2001) estandariza la tipología de conector utilizado en la actualidad, el OBD-II (2ª generación) y el EOBD. Este conector es conocido como DLC (*Diagnostic Link Connector*). Por otra parte, la norma SAE J1850 (SAE, 2006) define el protocolo de comunicación para el conector OBD-II, reemplazado por SAE J2284 en 2008 (SAE, 2010). LA SAE J2284 define la versión específica de CAN bus utilizada en el conector OBD-II y la SAE J1939 (SAE, 2008) establece las pruebas a realizar para el control del vehículo y la comunicación dentro de la red. Existen unos códigos, vulgarmente conocidos como códigos OBD, que indican el tipo de error o dato que se está leyendo (Toande, 2012).

Como el sistema OBD-II es binario, también se puede acceder al mismo utilizando un adaptador entre el DLC y el puerto USB de un ordenador portátil. También existen adaptadores de DLC que transmiten a través de Bluetooth para los PDA y teléfonos inteligentes. Una vez establecida la comunicación vía Bluetooth, que nos envía las señales extraídas por el DLC, se necesita un software que interprete los códigos y los muestre al usuario. Existen diversos programas comerciales que se pueden instalar en el ordenador o en el sistema operativo de algunos teléfonos, como Android. Ejemplos de software para vehículos convencionales son el Torque (Android) (Hawkins, 2012) y el REV (IOS) (DevToaster, 2012). Estos software nos permiten visualizar datos del motor (consumos, temperaturas, revoluciones, potencia, par), del sistema eléctrico y electrónico (por ejemplo un fusible que está fallando), de las emisiones (medidas por las sondas tipo lambda) y también de los intervalos de mantenimiento.

Para los **vehículos híbridos** se aplican las mismas normas y reglamentos que para los vehículos de motor térmico, ya que tienen un motor de combustión interna además del motor eléctrico. Deben disponer del conector DLC y los mismos códigos genéricos DTC que estipula la norma SAE, aunque pudieran disponer adicionalmente de otros códigos específicos para ese modelo. A pesar que el sistema de control para un **vehículo eléctrico** no requiera de un control de emisiones, aun así debe ser *OBD-II Compliant*. Esto es debido a que existen otros accesorios que son comunes con los vehículos convencionales, como son los airbags, sistema de frenos ABS, sistema de control de estabilidad ESP, etc. Algunos vehículos que cumplen con el estándar OBD-II o EOBD son el Tesla Roadster, Nissan Leaf, Toyota RAV IV, etc.

La evaluación de ésta primera opción para obtener el dato de autonomía del vehículo a través del puerto DLC del estándar EOBD, fue pronto desechada debido al hecho de que los fabricantes de VE, debido al reducido nivel de ventas, no han diseñado todavía este tipo de dispositivos para que registren éste parámetro. Únicamente el fabricante Peugeot permite, a

través de la conexión para diagnosis DLC, obtener el nivel de carga de las baterías de tracción, parámetro que además sólo puede ser adquirido con el vehículo parado. Pero esto implica un problema adicional, y es el hecho de que el nivel de carga de la batería de tracción no es directamente proporcional a la autonomía del vehículo, ya que este valor de tensión disminuye muy poco a poco, y solo cuando la batería está prácticamente descargada, puede llegar a descender un voltaje considerable.

No obstante, en un futuro próximo está previsto que algunos fabricantes como Peugeot dispongan de dispositivos como el PEUGEOT CONNECT (2012) o Nissan Leaf con el sistema CARWINGS (Nissan, 2012), que permitirán la comunicación del VE con un Smartphone, para comunicar, entre otros parámetros, su autonomía. No obstante, esta tecnología no estará disponible hasta el año 2013 y mediante una cuota de pago mensual.

El segundo método de obtención de información del vehículo consiste en la medición de señales electrónicas, sobre todo de valores de tensión. Los lugares donde se pueden adquirir estas medidas suelen ser pines en conexiones que no están a la vista. Con un nivel alto de tensión, normalmente entre 5 y 12V, o un nivel bajo de 0V, es posible comprobar el estado de ignición del motor, encendido de la refrigeración, apertura de las ventanillas o puertas, etc. La posibilidad de medir un parámetro u otro depende mucho del modelo de vehículo, y averiguar el lugar donde poder realizar esta medición no resulta trivial.

Sin la colaboración del fabricante del vehículo, resulta muy difícil averiguar qué pin o conexión corresponde a la señal que queremos medir. Si fuera posible averiguar esta información, sería necesario embarcar en el vehículo un sistema de adquisición y comunicación de los datos obtenidos. Existen una serie de dispositivos comerciales que proporcionan una interfaz para captar señales analógicas, tratarlas, y posteriormente enviarlas por GPRS, GSM, etc. Además, es posible tener localizado al vehículo mediante un GPS incorporado al dispositivo. Un ejemplo de este tipo de productos es el Owasys owa21A-Track (Ericel, 2012), que dispone además de salidas y entradas analógicas y de interfaces RS-232.

Otro método de obtener por vía analógica el nivel de carga de la batería del vehículo sería a través del ordenador de a bordo, ya que este dato "viaja" a través de la red CAN del vehículo. Mediante un "rastreador" se podría acceder a esta red y poder leer las tramas que por ella viajan. El problema reside en que es casi imposible conocer el formato que tienen estas tramas, ya que su estructura es desconocida, y cada fabricante, que dispone de la suya, la mantiene con mucho secretismo por problemas de competencia. Además, y como dificultad adicional, el número de tramas que pueden recorrer el bus CAN de un vehículo puede llegar incluso a millones de tramas por minuto, lo que dificulta enormemente la toma y tratamiento de datos en tiempo real para su transmisión a una aplicación on-line externa.

Finalmente sólo nos queda como última opción la lectura del dato de autonomía del VE desde el cuadro de instrumentos. La visualización del **cuadro de instrumentos** permite únicamente averiguar datos del estado del vehículo, pero no la modificación de su comportamiento. En la actualidad, el cuadro de instrumentos de un vehículo convencional aporta información, mediante indicadores analógicos, de la velocidad a la que circula el vehículo, las revoluciones por minuto y temperatura del motor, junto con el nivel del depósito de combustible. Mediante testigos indica el estado de la batería y el motor, nivel bajo de aceite, encendido de las luces e intermitentes, control de tracción, freno de mano, etc. Actualmente en la mayoría de modelos del mercado, existe una pantalla central digital conectada al ordenador de a bordo que aporta datos sobre la autonomía, consumo actual del vehículo, consumo acumulado, distancias recorridas, temperatura exterior, etc.

La ventaja de éste método es que todos los VE, o la inmensa mayoría de ellos, disponen de este dato en el cuadro de instrumentos. En un VE el cuadro de instrumentos suele ser similar al de un vehículo térmico, aunque más simple y casi siempre digital. La figura 2

muestra como ejemplo el cuadro de instrumentos del modelo Mitsubishi i-Miev. Algunos datos del cuadro de un VE son comunes a los de un vehículo térmico convencional (como los testigos de estado del motor, nivel bajo de aceite, encendido de las luces e intermitentes, control de tracción, freno de mano, funcionamiento del airbag, ESP, etc.). La pantalla central digital está conectada al ordenador de a bordo, y aporta datos sobre distancias kilométricas recorridas, estado de la apertura de las puertas, pero no informa sobre el consumo en l/100km.

Como se observa en el ejemplo de la figura 2, en los VE la autonomía y el nivel de carga de la batería ocupan un lugar destacado (en la parte izquierda con la carga de la batería y en la parte derecha con la autonomía restante). En la parte superior, un indicador similar al de las revoluciones por minuto indica si el vehículo está utilizando la batería o está en modo de frenado regenerativo. En definitiva, el dato de autonomía en un VE es extraíble visualmente de manera muy sencilla a partir de la información que muestra el cuadro de instrumentos.

Con un sistema que pudiera “visualizar” el cuadro se obtendría el dato buscado, y la posibilidad de implementar esta solución, de forma no intrusiva, en la inmensa mayoría de VE existentes en el mercado. Esta es la opción finalmente elegida, utilizando técnicas de visión artificial para la lectura de autonomía del salpicadero, por sus ventajas de precisión y control en la adquisición de los datos necesarios, fundamentalmente de la autonomía.

**Figura 2: Cuadro de instrumentos típico de un VE**



En el presente artículo se va a presentar la configuración óptima desarrollada en el proyecto GEMOVEL para asegurar la gestión de la movilidad de los VE, en base al conocimiento en tiempo real de la autonomía del vehículo. Para obtener dicho dato, se utilizaron técnicas de visión artificial aplicadas al cuadro de instrumentos, transmitiendo la información obtenida, junto con el geo-posicionamiento del vehículo, mediante tecnologías M2M, aplicando técnicas de comunicación GPRS y GPS respectivamente. Una plataforma de comunicaciones M2M actuaba de pasarela entre el dispositivo emisor embarcado en el VE y el Backoffice, gestionando la seguridad de las comunicaciones, la interfaz de mensajería y el intercambio de información. Finalmente el backoffice era el encargado de procesar la información recibida y ofrecer los servicios, a través de una página web, a los usuarios de GEMOVEL. En el siguiente apartado se describirá la metodología empleada para el desarrollo y validación del sistema de visión artificial implementado.

## 2. Metodología

Para realizar la adquisición de datos en tiempo real del VE circulando, a partir de la lectura del cuadro de instrumentos por medio de un sistema de visión artificial, se utilizó, además del VE, una cámara y un ordenador embebido con capacidades suficientes para realizar la adquisición y almacenamiento de imágenes para posteriores comprobaciones. Tanto la

cámara como el ordenador eran de reducidas dimensiones, alimentándose todo el conjunto con el voltaje de la batería de servicio del propio vehículo.

El VE utilizado para las pruebas fue un modelo representativo del actual mercado español. Concretamente se utilizó el PEUGEOT **iON**, que fue el más vendido en España en 2011, dentro de la categoría de VE puros (ANFAC, 2011). Se trata de un VE con baterías de Iones de Litio, con un motor de 49 KW (66 CV) y una autonomía máxima de 150 Km. En la figura 3 podemos observar el vehículo utilizado y su estructura interna. Este modelo dispone de dos tipos de carga. Con la recarga normal se utilizan 220 V de alterna mediante un cargador ubicado en el interior del vehículo, para realizar la transformación a tensión continua de las baterías. Asimismo, se dispone de otro tipo de recarga, la rápida, que utiliza 330 V de corriente continua, conectada directamente a las baterías.

**Figura 3: Vehículo eléctrico iOn utilizado en el proyecto GEMOVEL**



La figura 4 muestra la información básica contenida en el cuadro de instrumentos, que básicamente consta de cinco partes diferenciadas, numeradas con las siguientes referencias:

1. Indicador del nivel de carga y de la marcha actual.
2. Indicador de la autonomía en km. Pulsando un botón va apareciendo otro tipo de información como la distancia total y parcial recorrida por el vehículo, kilómetros hasta la próxima revisión, etc.
3. Indicador de nivel de giro del motor (*Eco-Power*). Cuanto más nos alejamos de la zona verde (eco) mayor consumo de las baterías.
4. Zona de freno regenerativo (*Charge*). Esta zona se alcanza usualmente cuando se levanta el pie del acelerador. El vehículo frena recargando las baterías.
5. Velocímetro. Indicación de la velocidad en km/h.

Existe otro tipo de indicadores luminosos como el de puertas abiertas, cinturón de seguridad no ajustado, luces de posición, de intermitencia, etc. En la figura 4, por ejemplo, están iluminados los testigos de freno de mano y de *ready*, que indica que el motor eléctrico tiene tensión y está listo para funcionar. Como las baterías son de Iones de Litio, no tienen efecto memoria, con lo que no es necesario apurarlas al máximo para alargar su vida útil.

Como se observa en la figura 4, el dato de autonomía se muestra en un número natural de tres dígitos, donde cada cifra está representada por un *display* de siete segmentos que conforma un valor entre 0 y 150 km. se puede observar este indicador con detalle en la figura 5, donde se muestra con el panel de luces apagado (izquierda) y encendido (derecha). El *display* de la autonomía que se muestra en la figura 5 presenta tres tipos de información diferente:

1. La flecha indica que el indicador se encuentra en modo autonomía.
2. *Displays* de siete segmentos que conforman un valor entre 0 y 150, no decimal.
3. Unidad de medida, en este caso 'km'. Valor fijo que siempre se muestra en modo autonomía.

Figura 4: Cuadro de instrumentos del Peugeot iOn



Figura 5: Detalle del indicador de autonomía del Peugeot iOn utilizado, (izq.) con el panel de instrumentos apagado, (der.) con el panel de instrumentos encendido.



Para el sistema de adquisición de imágenes se utilizó una cámara de reducidas dimensiones, de forma que no interfiriera entre la visión del conductor y el cuadro de instrumentos. La micro-cámara utilizada tiene un tamaño de 60x11x6.8 mm, con una resolución de 3.2 Megapixel, en formato de vídeo YUY2 / MJPEG, con resolución de imagen de máxima de 2048x1536 y 176x144 mínima, óptica CMOS 1/4", ángulo de visión de 65°, distorsión de <1%, consumo de 400 mA y rango de temperaturas de 0°C a 50°C.

Esta micro-cámara se conectaba por medio de un cable USB a un ordenador embebido de dimensiones 93 x 65 x 1.6 mm, alimentación de 5Vcc/1A (sin USB) y 5Vcc/1.3A (con USB), procesador OMAP3530/DM3730 con velocidad de procesado 720 Mhz/1 Ghz, DSP TMS320DM-C64+ a velocidad 500 Mhz / 800 Mhz, memoria SDRAM 512 MBytes LPDDR SDRAM – 200 Mhz, memoria NAND FLASH 512 Mbytes, Acelerador de Video 3D PowerVR SGX 530 (100/200 Mhz), Debug Consola RS232 + JTAG Interface, USB 2.0 LS/FS/HS OTG con conector Mini-AB USB, USB 2.0 HS HOST con Conector Tipo-A, Wifi IEEE 802.11b/g 2,4GHz, Bluetooth 2.0, Ethernet 10/100 MB BaseT con conector RJ45, DVI Salida de Video

DVI-D con HDMI, Memoria Alternativa Conector MicroSD Class 8 (SD y SDHC), audio 3.5mm Estándar Estéreo Audio Jack y rango de temperatura de 0° a 70°C.

La figura 6 muestra una imagen donde se aprecia el montaje de la micro-cámara, enfocando la zona del cuadro de instrumentos donde se muestra el indicador de la autonomía del vehículo. Debemos comentar que este montaje se ha realizado de forma no permanente para la realización de las pruebas de validación experimental. Una vez realizadas éstas, su instalación será ya definitiva en los vehículos de flota en los que se vaya a utilizar la plataforma GEMOVEL. En el montaje final los cables de conexión de la micro-cámara quedarán embebidos dentro del salpicadero, y sólo estará visible el pequeño envoltorio protector de la misma.

**Figura 6: Detalle del lugar de instalación de la micro-cámara enfocando al indicador de autonomía.**



El procedimiento de validación experimental diseñado tenía por objetivo comprobar el correcto funcionamiento del sistema en diferentes condiciones de uso ante posibles interferencias lumínicas (que en el caso de las aplicaciones de visión artificial constituyen las variables más críticas). Por ello el método general empleado consistía en realizar una captura fotográfica en el momento en que la aplicación de visión artificial realizaba la adquisición de datos, para luego cotejar si el dato de autonomía calculado con el sistema de visión era el que se mostraba en ese instante en el salpicadero. También se compararon los datos enviados por el sistema de visión artificial con los datos recibidos en el servidor web de la plataforma, para verificar si la transmisión de información al backoffice resultaba satisfactoria.

Las pruebas se realizaron en exteriores a diferentes horas del día y en condiciones meteorológicas diversas, para asegurar una variabilidad significativa de las condiciones lumínicas exteriores. Se establecieron cuatro franjas horarias representativas, en función de la luz solar disponible: mañana, mediodía, atardecer y noche, y se seleccionaron las rutas urbana o interurbana que más podían afectar a la precisión del sistema. En rutas urbanas son frecuentes las proyecciones de sombras cambiantes y las variaciones en la posición relativa de la fuente de luz externa (ya sea natural o artificial, etc.) debido a los sucesivos cambios de orientación del vehículo, y que afectan a la imagen captada. En rutas interurbanas es más frecuente una iluminación externa constante (natural), ya que el vehículo no suele sufrir tantos cambios de orientación.

En función de estos dos factores (franja horaria y entorno), se diseñaron un conjunto de pruebas que cubrieran la mayoría de situaciones que pudieran afectar al sistema. Cada prueba consistía en un test de unos 45 minutos, con el vehículo circulando por diversas zonas urbanas e interurbanas de la ciudad de Valencia, en diversos tramos horarios y enviando datos al servidor web (*backoffice*). Se realizaron un total de cuatro pruebas cuyos parámetros característicos se resumen en la tabla 1.

El sistema embarcado en el vehículo almacenaba durante las pruebas ficheros de texto con trazas detalladas. En cada muestra adquirida se almacenaba un 'log' con el número de iteración, el nombre de la imagen guardada en JPG, algunos datos obtenidos durante el proceso de cálculo y el dato interpretado de autonomía. Como hemos comentado, se almacenaba una imagen en formato JPG para cotejar que el dato calculado por el sistema y el dato real coincidieran. Cuando el dato de autonomía no podía ser calculado debido a una mala iluminación o brillos especulares, la imagen también servía para ver qué tipo de efectos impedían ver correctamente el *display* por parte de la cámara.

**Tabla 1: Tabla resumen con los test realizados para validar el sistema de visión artificial.**

Número de ensayo	Tipo	Hora Inicio	Hora Fin	Descripción
GV11	Atardecer	17:45	18:30	Ruta Urbana
GV12	Nocturna	19:30	20:15	Ruta Mixta Urbana-Interurbana
GV21	Mañana	10:00	10:45	Ruta Urbana
GV22	Mediodía	12:30	13:15	Ruta Interurbana

Por otra parte, el dato de autonomía calculado se enviaba por puerto serie RS-232, al dispositivo de AMPLIA embarcado en el vehículo. Este dispositivo era el encargado de enviar el dato al servidor web o *backoffice*, mediante comunicación GPRS, así como también datos del geo-posicionamiento del vehículo mediante tecnología GPS. El fichero de texto también almacenaba la trama enviada por el puerto serie RS-232, dejando constancia de si el envío de la trama era incorrecto. La toma de una imagen para el cálculo del dato de autonomía se realizaba cada 10 segundos, teniendo en cuenta que el tiempo total de una muestra desde el instante que se inicia el proceso de toma de la imagen hasta que se ha finalizado de enviar la trama, vía RS-232 al dispositivo de AMPLIA era de 15 segundos.

### 3. Resultados

La figura 7 muestra un ejemplo representativo de las imágenes obtenidas con condiciones lumínicas ideales, donde el sistema de visión funciona a la perfección. Dado que el panel de instrumentos regula su retro-iluminación automáticamente, en función de la iluminación exterior, las condiciones lumínicas del indicador de autonomía podrían variar por este motivo.

**Figura 7: Imágenes captadas por el sistema de visión ante diferentes cambios en la retro-iluminación del cuadro de instrumentos.**



El sistema de visión artificial desarrollado también es sensible a cambios lumínicos externos al vehículo. La correcta captación de las imágenes, necesarias para calcular la autonomía del vehículo, está sujeta a la generación de artefactos que ciertos haces de luz puedan provocar sobre la superficie captada por la micro cámara, tales como brillos especulares de diferente intensidad y localización, causados por fuentes de luz externas, ya sean naturales, como el sol o artificiales, como la iluminación nocturna de las calles.

En la figura 8 se muestran, por otra parte, diferentes imágenes tomadas con la cámara de visión artificial en la que se observan diversos brillos especulares sobre la superficie transparente que cubre el panel de instrumentos. Estos brillos pueden manifestarse de muy distintas formas, provocando en muchas ocasiones que el dato correcto de autonomía esté completamente oculto y no sea visible para la cámara. En estos casos, el algoritmo diseñado se encarga de descartar esta imagen y captar otra inmediatamente. En estos ejemplos, la segunda, cuarta y quinta fotografía desde la izquierda, muestran el dato de autonomía parcial o totalmente oculto, por lo que la imagen no serviría para realizar el algoritmo de visión y obtener la información.

**Figura 8: Imágenes captadas por el sistema de visión con diferentes formas de presentarse los brillos especulares.**



Los resultados obtenidos en las pruebas de validación se muestran en la tabla 2.

**Tabla 2: Resultados de las pruebas de validación.**

Prueba	Modo	Ruta	Numero Muestras	Muestras Validas	Fallos	Tiempo Máximo Actualización
GV11	Día/Noche	Urbana	237	179 (75%)	0	55 segundos
GV12	Noche	Mixta	229	184 (80%)	0	40 segundos
GV21	Día	Urbana	250	146 (58%)	0	200 segundos
GV22	Día	Interurbana	220	56 (25%)	0	270 segundos

#### 4. Conclusiones

De los resultados mostrados en la tabla 2 se deduce que nunca se envía un dato erróneo por el puerto serie RS-232. El número de muestras valido más elevado (80%) coincide con la prueba totalmente nocturna (GV12), siendo la prueba realizada al mediodía la que presenta un número de muestras validas menor (25%) (GV22). El tiempo mínimo entre dos muestras validas consecutivas enviadas al dispositivo de AMPLIA es de 40 segundos, en condiciones nocturnas, siendo el tiempo máximo entre estas muestras de 270 segundos (4 minutos y medio), en la prueba realizada al mediodía.

En relación al tipo de ruta, tomando como referencia las pruebas diurnas GV21 y GV22, se observa que en la puramente urbana se obtienen unos mejores resultados (58% de muestras válidas) que en la interurbana (25%), debido a que la altura y proximidad a la calzada de los edificios de las ciudades impiden que los rayos solares produzcan artefactos sobre el *display*. En las rutas interurbanas, el salpicadero está más expuesto a los rayos solares, por lo que el número de muestras validas es menor.

Desde el punto de vista del tiempo que transcurre entre que el envío de un dato de autonomía y el siguiente, teniendo en cuenta las cuatro pruebas realizadas, es de cuatro

minutos y medio. Este intervalo de tiempo se considera pequeño y razonable para la aplicación que nos ocupa.

Por otra parte, todos los datos transmitidos por puerto serie RS-232 eran recibidos correctamente por el *backoffice*, como se demostró al comparar los 'logs' creados, tanto por el sistema de visión, como por el *backoffice*. El sistema de visión nunca envía un dato de autonomía erróneo, lo que demuestra que la fiabilidad del mismo desde el punto de vista de las comunicaciones con el resto de la plataforma. Incluso, si se diera el caso de enviar un dato erróneo, el siguiente dato enviado, sería casi con total seguridad correcto, con lo que anularía al dato erróneo enviado anteriormente.

En definitiva, el sistema de visión artificial no-intrusivo empleado para captar la información de la autonomía del VE es suficientemente válido para los requerimientos del proyecto GEMOVEL inicialmente previstos, proporcionando resultados muy satisfactorios. No obstante, algunas mejoras futuras de funcionamiento pasarían por optimizar la captura de imágenes en las situaciones más desfavorables, con luces diurnas y trayectos interurbanos.

Como aplicaciones futuras, el sistema diseñado podría servir para adquirir cualquier tipo de información suministrada por el VE, y visualizada en el cuadro de instrumentos, con solo reprogramar el algoritmo de visión empleado. Dicha información podría ser utilizada posteriormente para gestionar otro tipo de aplicaciones para la gestión de flotas de VE.

## 5. Referencias

- ANFAC. (2011). *Memoria Anual 2011*. Asociación Española de Fabricantes de Automóviles y Camiones.
- CE. (2009). DIRECTIVA 2009/33/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO, de 23 de abril de 2009, relativa a la *promoción de vehículos de transporte por carretera limpios y energéticamente eficientes*. Bruselas.
- CE. (2010a). *Resolución del Parlamento Europeo, de 6 de Mayo de 2010, sobre los vehículos eléctricos*. (2011/C 81 E/17).
- CE. (2010b). COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO Y AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO. *Estrategia europea sobre vehículos limpios y energéticamente eficientes*. Bruselas. COM(2010)186 final.
- DevToaster. (2012) *REV Application*. <http://www.devtoaster.com/products/rev/>
- ELVIRE Project. (2009). *Electric Vehicle Communication to Infrastructure, Road Services and Electricity Supply*. FP7-ITC-2009-4-249105.
- Ericel Grupo. (2012). Owasys M2M/owa21A Track. TRACK AND TRACE APPLICATIONS. <http://www.owasys.com/>
- Green eMotion Project. (2011). *Developing the European framework for electromobility*. FP7/2007-13 under grant agreement no. 265499.
- Hawkins, I. (2012). *TORQUE Application. Engine Performance and Diagnostic Tool for Automotive Professionals and Enthusiasts*. <http://torque-bhp.com/>
- ID4EV Project. (2010). *Intelligent Dynamics for Fully Electric Vehicles*. FP7-ITC-2010-260070.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía – IDEA. (2010). *El vehículo eléctrico para flotas*. Guías 003.

- International Standards Organization. (2011). ISO 15765-4. *Road vehicles-Diagnostic communication over Controller Area Network (DoCAN)--Part 4: Requirements for emissions-related systems.*
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio – MITC (2010). *Estrategia Integral para el impulso del vehículo eléctrico en España.*
- Ministerio de Industria, Turismo y Comercio – MITC (2011). *Real Decreto 648/2011, de 9 de mayo, por el que se regula la concesión directa de subvenciones para la adquisición de vehículos eléctricos durante 2011, en el marco del Plan de acción 2010-2012 del Plan integral de impulso al vehículo eléctrico en España 2010-2014.*
- Nissan Leaf. (2012). Sistema Carwings LEAF. <http://www.nissan.es/ES/es/vehiculos/electric-vehiculos/electric-leaf/leaf/discover/leaf-carwings.html>.
- Nissan Leaf App Android. [https://play.google.com/store/apps/details?id=com.aqsmartphone.android.nissan&feature=search\\_result](https://play.google.com/store/apps/details?id=com.aqsmartphone.android.nissan&feature=search_result)
- Peugeot ION. (2012). Página Oficial. <http://www.peugeot.es/peugeot-ion/coche-electrico/>  
<http://www.arpem.com/coches/coches/peugeot/ion/modelos-10/peugeot-ion-64.html>
- Peugeot Connect. (2012). <http://www.peugeot.es/ultimas-noticias/octubre-2010/peugeot-connect-sos>.
- Society for Automotive Engineers. (2001). SAE J1962. *Diagnostic Connector.* USA.
- Society for Automotive Engineers. (2006). SAE J1850. *Class B Data Communications Network Interface.* USA.
- Society for Automotive Engineers. (2008). SAE J1939. *Truck Bus Control And Communications Network Committee.*
- Society for Automotive Engineers. (2010). SAE J2284. *High-Speed CAN (HSC) for Vehicle Applications at 500 KBPS.*
- Talleres Toande. (2012). *Códigos de Averías OBD-II.*