

Tarea 1.1.

Consulta y selección de hardware de peaje urbano



Tarea 1.1. Consulta y selección de hardware de peaje urbano

1. Justificación

El presente documento es el resultado obtenido por el desarrollo la Tarea 1.1 "Consulta y selección del hardware de peaje urbano" de la Actividad 1. "Instalación del hardware necesario para la implementación de un peaje urbano compuesto por cámaras y espiras electromagnéticas" del proyecto Eco-Peatge València: Fiscalidad verde basado en Peaje Urbano. El objetivo general del trabajo desarrollado en esta tarea es describir y justificar el hardware seleccionado para la implementación del piloto de peaje urbano en la ciudad de València.

2. Contexto

La naturaleza y requisitos exigidos por el entorno urbano tales como grandes flujos de tráfico diario, ocupación mínima del espacio público, y existencia de un conjunto heterogéneo de usuarios, hacen que no sea viable los tradicionales puestos de peajes como sistema de regulación del tráfico urbano. Para la incorporación en entornos urbanos, los sistemas de peaje no deben influir en la fluidez ni en la velocidad de los vehículos, ser lo mínimamente invasivos y capaces de discriminar por tipos de usuarios (residentes, vehículos de transporte públicos, turismos, furgonetas, etc.), todo ello sin poner en jaque la privacidad de los ciudadanos. Dado el contexto descrito, en este documento se describe las opciones de hardware que cumple de manera más apropiada con estos requisitos.

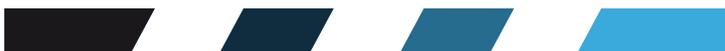
3. Contenido del entregable

El contenido del entregable justificativo de la Tarea 1.1 se divide en dos partes. Por un lado, se describen las opciones tecnológicas disponibles y testadas para la implementación de un peaje urbano y la selección del hardware para la implementación del piloto en Valencia.

3.1. Opciones tecnológicas disponibles

Tras una extensa consulta bibliográfica se han identificado las siguientes opciones tecnológicas para el control de peajes en las zonas urbanas:

- Sistema de cámaras ANPR
- Sistemas de radio comunicación (DSRC y RFID)
- Sistemas GNSS
- Sistemas de tarifa plana



Por tanto, se describen cada una de las anteriores opciones para tratar de identificar la opción más idónea para el piloto de la ciudad de València.

3.1.1. Sistema de cámaras ANPR (Automatic Number Plate Recognition)

La primera de las tecnologías disponibles se basa en un método de vigilancia y control de accesos que utiliza el reconocimiento óptico de caracteres en imágenes para leer las matrículas de los vehículos. El ANPR se puede utilizar para almacenar las imágenes capturadas por las cámaras fotográficas, así como el texto de la matrícula. Estos sistemas a menudo utilizan iluminación infrarroja para hacer posible que la cámara pueda tomar fotografías en cualquier momento del día. La tecnología ANPR tiende a ser específica para una región, debido a la variación entre matrículas de un lugar a otro.

El software del sistema se ejecuta sobre un hardware de PC estándar y puede ser enlazado con otras aplicaciones o bases de datos. Existen cámaras All in One, con 2 cámaras, una para ANPR, otra para contexto y con iluminador IR incorporado. El software de ANPR corre en la misma cámara. La arquitectura puede ir desde el punto de cámara hasta el sistema central o backoffice. Primero utiliza una serie de técnicas de manipulación de la imagen para detectar, normalizar y realzar la imagen del número de la matrícula, y finalmente reconocimiento óptico de caracteres para extraer los alfanuméricos de la matrícula. Cuando se realiza in situ, la información capturada de la matrícula alfanumérica, fecha y hora, identificación del lugar y cualquier otra información que se requiera es completada en unos 250 milisegundos. Esta información, convertida ahora en pequeños paquetes de datos, se puede transmitir fácilmente a algún ordenador remoto (sistema central o backoffice) para un posterior procesamiento en caso de que sea necesario, o ser almacenado en el lugar para ser recuperada posteriormente.

Los inconvenientes de estos sistemas están centrados en el temor en cuanto a la privacidad de los movimientos de los ciudadanos y que las experiencias existentes han incurrido en algunas ocasiones en identificación errónea y altas tasas de error. Sin embargo, según se han ido desarrollando, estos sistemas han logrado ser mucho más exactos y fiables. Actualmente, los sistemas ANPR tienen actualmente tasas de detección superiores al 98% y de lectura de matrículas fiables superior al 95%. El software debe ser capaz de afrontar diferentes dificultades posibles, que incluyen: resolución de imagen pobre, imágenes desenfocadas (desenfoque de movimiento), iluminación pobre, un objeto que oscurece parte de la matrícula, tornillos fijadores o de sujeción de la matrícula, vehículos que solo disponen de matrícula trasera y técnicas de evasión. Un ejemplo de evasión de estos sistemas es un método consiste en incrementar las propiedades de reflexión de las letras y aumentar así la probabilidad de que el sistema no sea capaz de localizar la matrícula o de producir suficiente nivel de contraste para lograr leerla. Esto normalmente se realiza usando una tapadera de matrículas o recubriendo la placa con aerosol, aunque hay dudas sobre la efectividad de este último.





Figura 1 Ejemplo de instalación de tecnología ANPR.

3.1.2. Sistemas de radio comunicación DSRC y RFID

La segunda de las tecnologías disponibles son los sistemas de radio comunicación Dedicated Short Range Communications (DSRC) y Radio Frequency Identification (RFID). Una de sus mayores fortalezas de los sistemas DSRC y RFID son su calidad y rendimiento, alcanzando una fiabilidad en la lectura superior al 99%. Su funcionamiento consiste en unas etiquetas DSRC o RFID personalizadas que se colocan en los vehículos para que puedan leerlas los receptores instalados en los puntos de entrada y salida de la zona de peaje.

3.1.2.1. DSRC (Dedicated Short Range Communications)

Las DSRC hacen referencia a cualquier tecnología de radiocomunicaciones de corto alcance desde una infraestructura vial a un vehículo o una plataforma móvil.

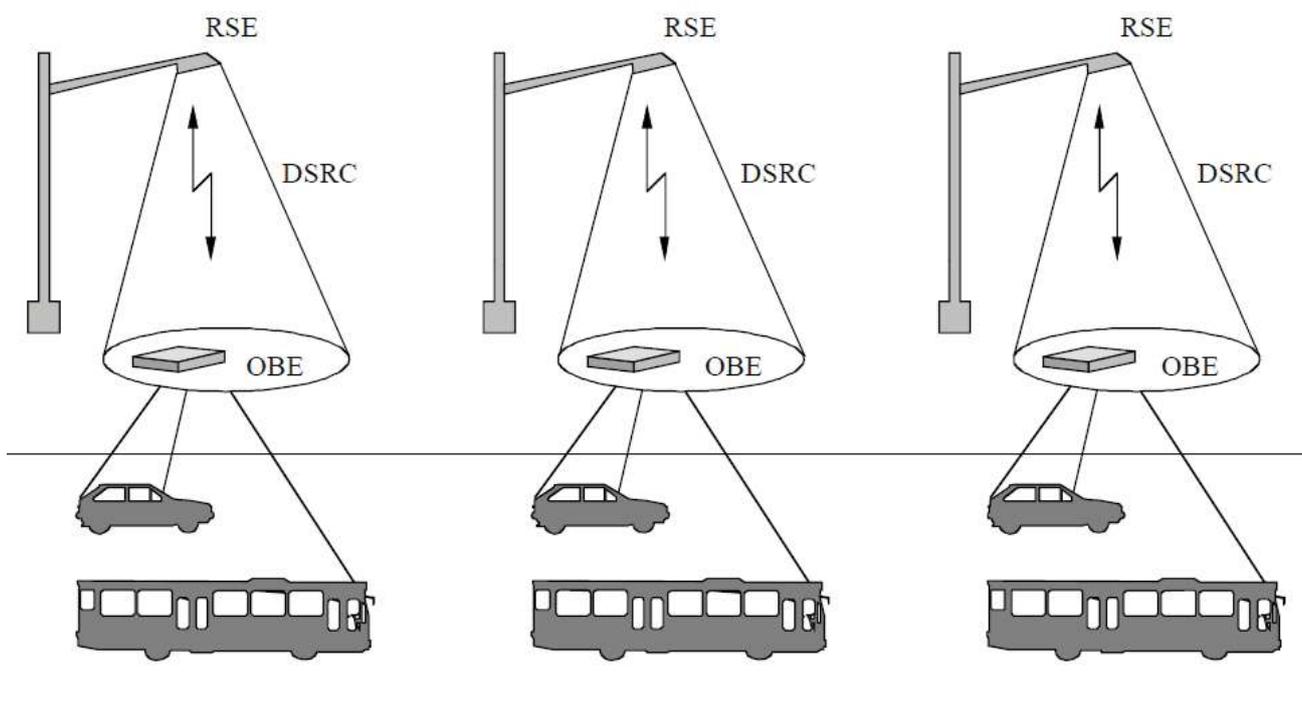
Las DSRC constituyen un sistema de radiocomunicaciones móviles especializado para vehículos que se desplazan por carretera y son una tecnología fundamental para comunicaciones TIC, contribuyendo al enlace entre carreteras, el tráfico y los vehículos con tecnología TIC. Un ejemplo de una aplicación DSRC es el pago electrónico de peaje (ETC, electronic toll collection).



Las DSRC para aplicaciones de TIC utilizan técnicas radioeléctricas distintas de las de voz para transferir datos en distancias cortas entre el borde de la carretera y unidades radioeléctricas móviles con el fin de realizar operaciones relacionadas con la mejora del tráfico, su seguridad y otras aplicaciones inteligentes de servicio de transporte en una amplia gama de entornos públicos y comerciales. Las dos opciones principales de DSRC son los equipos de a bordo y los equipos viales:

- Equipos de a bordo (OBE): El OBE, situado cerca del salpicadero o en el parabrisas del vehículo, está constituido por circuitos de radiocomunicaciones, un circuito de tratamiento de aplicación, etc.
- Equipo vial (RSE): El RSE está instalado sobre, o a lo largo de la carretera y comunica con el OBE móvil mediante señales radioeléctricas.

Los sistemas DSRC funcionan transmitiendo señales radioeléctricas para el intercambio de datos entre los equipos OBE montados a bordo del vehículo y el equipo vial RSE. Este intercambio de datos exige alta fiabilidad y privacidad del usuario puesto que puede incluir transacciones financieras y otras.



OBE: equipo de a bordo (*on-board equipment*)

RSE: equipo vial (*roadside equipment*)

Figura 2. Esquema de funcionamiento de OBE y RSE.



3.1.2.1. DSRC (Dedicated Short Range Communications)

Las etiquetas RFID son unos dispositivos pequeños, similares a una pegatina, que pueden ser adheridas a los vehículos. Contienen antenas para permitirles recibir y responder a peticiones por radiofrecuencia desde un emisor-receptor RFID. Una de las ventajas del uso de radiofrecuencia es que no se requiere visión directa entre emisor y receptor.

Un sistema RFID consta de los siguientes tres componentes:

1. Etiqueta RFID o transpondedor (compuesta por una antena, un transductor radio y un material encapsulado o chip).
2. Lector de RFID o transceptor (compuesto por una antena, un transceptor y un decodificador).
3. Subsistema de procesamiento de datos.

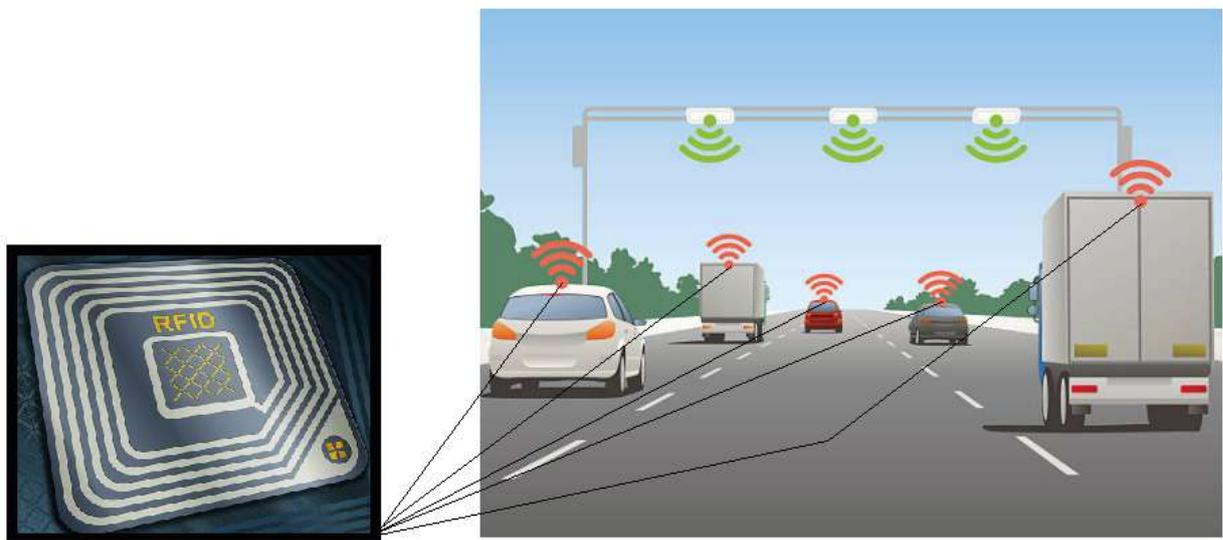


Figura 3. Esquema de funcionamiento de un RFID.

3.1.3. Sistemas GNSS (Global Navigation Satellite System)

La tercera tecnología disponible es la tecnología GNSS. La tecnología GNSS se basa en una constelación de satélites que transmite rangos de señales utilizados para el posicionamiento y localización en cualquier parte del globo terrestre, ya sea en tierra, mar o aire. Estos permiten determinar las coordenadas geográficas y la altitud de un punto dado como resultado de la recepción de señales provenientes de constelaciones de satélites artificiales de la Tierra para fines de navegación, transporte, geodésicos, hidrográficos, agrícolas, y otras actividades afines.

Un sistema de navegación basado en satélites artificiales puede proporcionar a los usuarios



información sobre la posición y la hora con una gran exactitud, en cualquier parte del mundo, las 24 horas del día y en todas las condiciones climatológicas. Sin embargo, existe la posibilidad de no tratar tanta información y reducir el número de datos a un conjunto de operaciones más simples que ofrezcan información de si ha rebasado o no el perímetro del peaje urbano y/o cuánta distancia ha recorrido dentro del perímetro definido. Se puede optar por recopilar los datos desde unidades instaladas (OBU) independientes o desde el smartphone que se envían las coordenadas del GPS a la central de procesamiento (sistema backoffice central). El uso de aplicaciones de smartphone elimina la necesidad de invertir en dispositivos costosos y no es necesario instalar equipos en carretera.

La tecnología GNSS presenta unas ventajas sustanciales fundamentalmente por su menor coste de implantación y su mayor flexibilidad.

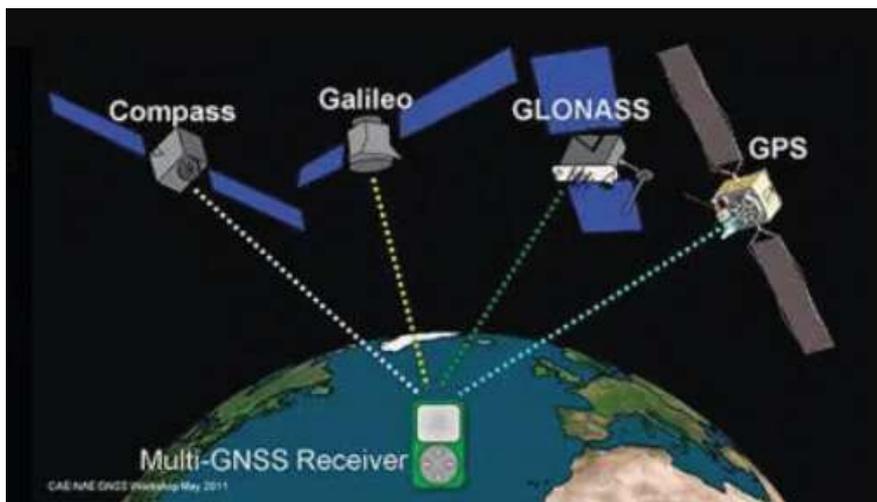


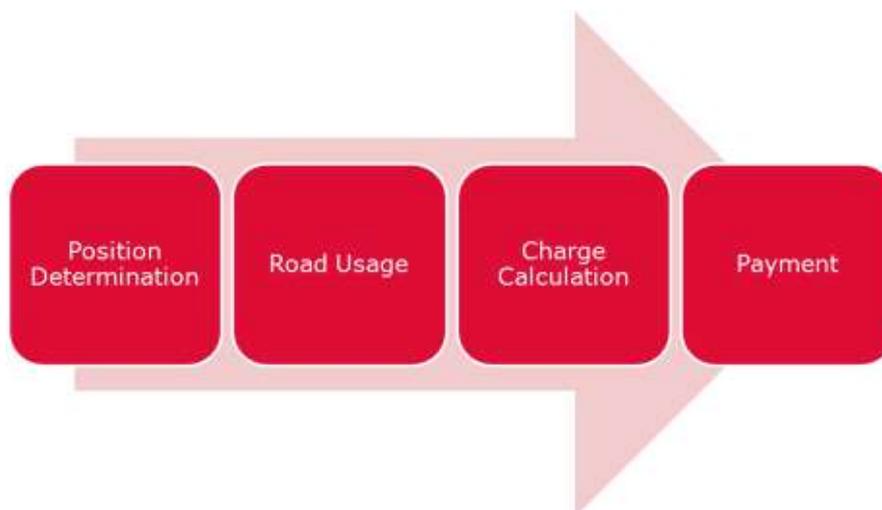
Figura 4. Esquema de sistema GNSS.

Singapore readies satellite road toll system for 2021 rollout | ZDNet:

<https://www.zdnet.com/article/singapore-readies-satellite-road-toll-system-for-2021-rollout/>

GNSS Adoption in Road User Charging in Europe (europa.eu):

<https://www.euspa.europa.eu/system/files/documents/ruc-brochure.pdf>



3.1.4. Sistemas de tarifa plana

Por último, la cuarta tecnología disponible se basa en el cobro de una tarifa plana anual. Es un método rápido y eficaz para financiar la infraestructura vial. El control y cobro de una tarifa plana funciona mediante la lectura automática de etiquetas físicas o electrónicas y de matrículas. No es necesario instalar equipos en carretera puesto que lo usuarios registran su número de matrícula y método de pago. Para ello, hay que instalar equipos en carretera para la gestión del cumplimiento. Concretamente, se instalan pórticos con cámaras para detectar a los vehículos que circulan sin la e-vignette para perseguir su cobro amigable o emitir sanción o multa.



Figura 5. Tipos de etiquetados de tarifa plana.

3.2. Selección del hardware para Eco-Peatge

Los sistemas actuales para el peaje automático se basan en tecnologías DSRC (comunicaciones de corto alcance) y ANPR (reconocimiento automático de la matrícula del vehículo). Estas tecnologías, además de precisas y robustas, gozan de una madurez contrastada. Pero su poca flexibilidad y su elevado coste de implantación y mantenimiento hacen que su aplicación se restrinja a los actuales esquemas de peaje, es decir, autopistas o zonas limitadas de no excesivo tamaño en el que el control del flujo de vehículos se establece en un número pequeño y acotado de puntos de paso. Pero cualquier intento de variación de la geometría de esas zonas o la introducción de esquemas de cobro más justos (por distancia recorrida por el vehículo o por tiempo de estancia) implica un alto coste en nuevas infraestructuras. Sin embargo, **el peaje electrónico basado en GNSS se caracteriza por flexibilidad y escalabilidad**, dando solución a nuevos esquemas de peaje.

Los avances en electrónica e informática han llevado a la invención de microprocesadores más rápidos y de menor coste que han hecho posible la fabricación de instrumentos más pequeños del



sistema de posición global (GPS) y de aplicaciones del sistema de información geográfica (GIS) basadas en el móvil. El GPS es un sistema de navegación por satélite que define la posición, la velocidad y el tiempo, (PVT), bajo cualquier condición climática las 24 horas del día en cualquier parte del mundo, de forma gratuita. Hoy en día, un número creciente de aplicaciones utilizan el GPS y otros equipos electrónicos e informáticos modernos para la localización de vehículos.

Algunas de las opciones más interesantes basadas en sistemas GNSS para la implementación de peajes en las zonas urbanas son:

- Módulo GPS de GY-NEO6MV2 NEO6MV2
- Diymore módulo GSM-GPRS SIM800C
- GPS ESP8266 ESP-12S
- Módulo SIM808
- NB-IoT/Cat-M(eMTC)/GNSS
- Localizador GPS para Vehículos

Las principales ventajas e inconvenientes de cada uno de las opciones mencionadas se describen a continuación:

1. Módulo GPS de GY-NEO6MV2 NEO6MV2, con control de vuelo EEPROM MWC APM2.

- Ventajas: Económico. Con raspberry puede comunicar información vía wifi/GSM/GPRS.
- Inconvenientes: Poco preciso. Necesita post-procesado con NTP para mejorar la precisión (con Raspberry+NTP).



Figura 6. Ejemplo de módulo GPS de GY-NEO6MV2 NEO6MV2

2. Diymore módulo GSM-GPRS SIM800C, placa de desarrollo de cuatro bandas con antena SMA, ranura Micro SIM para Raspberry Pi.

- Ventajas: Económico
- Inconvenientes: Placa sólo válida para GSM/GPRS



Figura 7. Ejemplo de Diymore módulo GSM-GPRS S



6. Localizador GPS para Vehículos o Mini GPS de rastreo

- Ventajas: Posición precisa, tiempo real GPS, permite tracking, Geo-Vallas para automatización, alertas y monitoreo del estilo de conducción que ofrece información útil para el cálculo de las emisiones asociadas. Es un sistema práctico y Plug and Play, que permite ser conectado a un ordenador sin tener que configurar parámetros complejos.
- Inconvenientes: Coste mensual.



Figura 11. Ejemplo de kit de localizador GPS para Vehículos.

4. Conclusiones

Una vez analizadas las experiencias existentes, así como el estado del arte de las diferentes opciones tecnológicas disponibles para la implementación de un peaje urbano se concluye que el peaje electrónico basado en tecnología GNSS es el que ofrece mejores características. De las opciones analizadas, las opciones 1. "Módulo GPS de GY-NEO6MV2 NEO6MV2" y 2. "Diymore módulo GSM-GPRS SIM800C" junto con tecnología Raspberry Pi son opciones válidas pero complejas de implementar y sólo válida con conexión Wifi. La opción 3. "GPS ESP8266 ESP-12S" es equivalente a la anterior pero integrada, incluyendo GSM/GPRS, con menor coste y además puede usarse independientemente. La opción 4. "Módulo SIM808" es equivalente a la anterior (con GPS y GSM/GPRS) pero necesita de Raspberry Pi. La opción 5. "NB-IoT/Cat-M(eMTC)/GNSS" es equivalente a las anteriores per con tecnologías NB-IoT/LTE-M (orientadas a 5G) y también necesita de Raspberry Pi. Finalmente, la opción 6. "Localizador GPS para Vehículos" está orientada al control de flotas y resulta una opción independiente y que no necesita una programación especial, esto la convierte en la opción más óptima por su sencillez y flexibilidad.

Por ello, el hardware seleccionado para el piloto del proyecto Eco-Peatge es el U500-BAT de Localizador Sherlog (figura 12).



Figura 12. Fotografía del sistema U500-BAT de Localizador Sherlog.



Las principales características del sistema seleccionado son: datos en tiempo real de situación, velocidad, recorrido y paradas de los vehículos, lo que ofrece una gran cantidad de variables para tarificar y calcular las emisiones individuales de cada vehículo; localización de vehículos sin permanencia, con comunicaciones GPRS incluidas, tarjeta SIM de datos y software de localización que ofrecen sencillez y seguridad; control de la ubicación GPS/GLONASS de los vehículos en tiempo real en cualquier lugar del mundo; alta precisión con rango de error menor de 0,5 metros; gestión e instalación fácil y sencilla que supone menor inversión de recursos; configurabilidad de emisión de datos según necesidades (a partir de 1 segundo) y posibilidad de generar informes personalizables exportables a formatos como PDF, Excel o imprimibles.

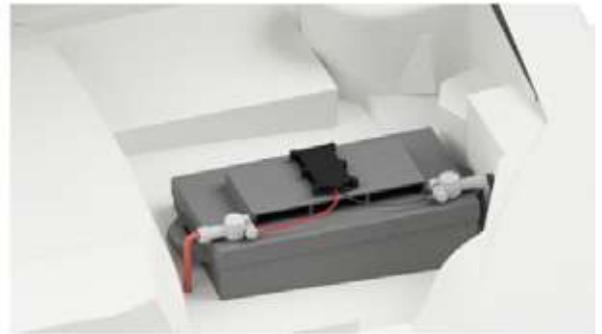


Figura 13. Ejemplo de instalación del sistema U500-BAT de Localizador Sherlog conectado a batería del vehículo.





@webmesura



@catedrades

