



MODULe, una propuesta de vehículo eléctrico modular para el transporte urbano

M. Sánchez Lozano¹, F.J. Simón Portillo¹, D. Abellán López¹, A.R. Navarro Arcas¹

¹ Instituto U. de Investigación en Ingeniería (I3E), Universidad Miguel Hernández de Elche, msanchez@umh.es, f.simon@umh.es, dabellan@umh.es, abel.navarro@umh.es

Se resumen aquí los resultados del proyecto MODULe, destinado a demostrar la viabilidad técnica de un nuevo concepto de vehículo eléctrico aplicable al transporte urbano, con diseño modular que permite adaptar su configuración a cada aplicación, para optimizar su eficiencia y usabilidad. El proyecto parte de un prediseño previo, protegido como modelo de utilidad en 2019, para diseñar y construir prototipos funcionales a escala real en los que se reflejan los puntos clave de la tecnología, que han permitido validarla y optimizar las soluciones adoptadas.

El concepto propuesto es totalmente novedoso, no existe actualmente en el mercado ninguna propuesta similar, que permita la fabricación modular de vehículos eléctricos, con configuración y zonas de carga adaptables a los requerimientos particulares de cada aplicación, aprovechando al máximo las posibilidades que ofrece la tracción eléctrica y la eliminación de parte de la cadena de transmisión mecánica. La propuesta permite además una fabricación multifásica, donde el vehículo final se obtiene mediante la combinación de unos módulos principales estandarizados provenientes de una primera fase de fabricación, con otros personalizados añadidos por diferentes fabricantes en fases posteriores. Así, los módulos provenientes de la primera fase integran todos los sistemas principales del vehículo, incluyendo la tracción eléctrica y almacenamiento de energía. De esta forma, puede asegurarse el cumplimiento de los principales requisitos de seguridad exigibles, sin que se vean afectados por la adición de diferentes configuraciones de espacios de carga en fases posteriores.

Como evolución del concepto, se ha propuesto y fabricado también un módulo compacto de tracción y almacenamiento de energía adaptable a la configuración tradicional de camión con largueros y plataforma de carga elevada, que puede ser de utilidad para la electrificación de vehículos usados con motor térmico.

El proyecto MODULe ha sido financiado por la Agencia Valenciana de Innovación, dentro del programa de valorización y transferencia de resultados de investigación a empresas 2022 (INNVA1/2022/33).

1. Antecedentes

El proyecto MODULe ha consistido en el diseño de detalle y fabricación de prototipos funcionales para demostrar la viabilidad de un nuevo concepto modular de vehículo eléctrico, aplicable al transporte tanto de mercancías como colectivo de pasajeros en entorno urbano, y con diseño modular que permite adaptar su configuración a cada aplicación para optimizar su eficiencia y usabilidad.

El punto de partida es la idea plasmada en el modelo de utilidad nº ES1229869 [1], titularidad de la UMH, que ya fue presentada inicialmente en 2018 en el XXII CNIM [2]. Se trata ahora de diseñar en detalle y construir un prototipo funcional de un vehículo modular a escala real en el que se reflejen los puntos clave de la tecnología, y que permita validarla en un entorno real, analizar los posibles problemas y optimizar las soluciones adoptadas.

El concepto propuesto es totalmente novedoso, contempla la fabricación modular de vehículos eléctricos con configuración y zonas de carga adaptables a los requerimientos particulares de cada aplicación, aprovechando al máximo las posibilidades que ofrece la tracción eléctrica y la eliminación de parte de la cadena de transmisión mecánica.

2. Objetivos

Los objetivos del proyecto, coinciden con la resolución de los principales riesgos tecnológicos asociados al mismo, que son:

- Demostrar que una configuración autoportante y modular como la propuesta puede ser suficientemente ligera para, aun teniendo en cuenta el peso de las baterías y otros componentes, permitir que el vehículo conserve una capacidad de carga elevada que haga rentable su explotación, con el valor añadido de ofrecer unas posibilidades mucho mayores de personalización, aprovechamiento de los volúmenes y adaptación a las tareas a realizar.
- Garantizar la adecuada resistencia y durabilidad de los módulos y las uniones entre ellos, asegurando su buen comportamiento en cualquiera de las configuraciones posibles de vehículo.
- Optimizar la integración de los componentes mecánicos y eléctricos en un espacio lo más reducido posible, en particular en los módulos donde se ubican los elementos de almacenamiento y tracción, permitiendo su operatividad y el adecuado funcionamiento mecánico y térmico de todos los sistemas.
- Comparar la viabilidad y la eficiencia de utilización en un vehículo comercial de bajo-medio tonelaje de diferentes tecnologías para la recarga, almacenamiento y uso de la energía y tracción. Aunque en el prediseño previo se consideró únicamente el uso de baterías, a la vista de la evolución tecnológica reciente y las tendencias actuales en las estrategias de sostenibilidad, se considerará ahora la introducción de otros modos de almacenamiento y recarga de energía, como el hidrógeno y las pilas de combustible. Y podrá valorarse también la posibilidad de combinación de diferentes tecnologías en un mismo vehículo, con el objetivo de dotarlo de una mayor flexibilidad de utilización y autonomía.
- Asegurar la compatibilidad electromagnética y seguridad eléctrica de los módulos donde se ubican los elementos de almacenamiento de energía, control y tracción eléctrica, de manera que puedan ser certificados y fabricados como unidades cerradas. Estos módulos deberán ser usados después como base, por el mismo u otro segundo fabricante, para completar el vehículo siguiendo un esquema de homologación multifásica. En esta segunda fase de fabricación, un carrocerero puede integrar los módulos destinados al transporte de carga, según la aplicación y configuración deseada en cada vehículo concreto, sin que ello suponga menoscabo alguno de las condiciones de seguridad ya probadas.

Una vez demostrada la viabilidad, el objetivo secundario del proyecto, pero no por ello menos importante, es hacer atractiva la tecnología a los fabricantes potencialmente interesados en adoptarla y desarrollarla. Y para ello se plantearán las oportunas acciones transferencia y de difusión en ámbitos industriales y empresariales.

3. Diseño conceptual

Se han desarrollado dos prototipos demostradores de dos de las versiones del concepto, que se describen en los siguientes puntos. Se trata de prototipos funcionales que permiten su uso en circulación, y validar por tanto la viabilidad de la tecnología en entorno real.

3.1. MODULe Concept

El primer prototipo se ha concebido como una estructura de demostración de las posibilidades de aplicación del concepto modular al esquema de fabricación multifásica de vehículos de transporte personalizados.

Se trata de un módulo de tracción compacto, integrando motor, transmisión, baterías, cargador, inversor, y sistemas de refrigeración (figura 1). De esta forma, los requisitos de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética pueden ser verificados y garantizados en el módulo de tracción, y no verse afectados por el carrozado posterior o la integración del módulo en distintos vehículos.

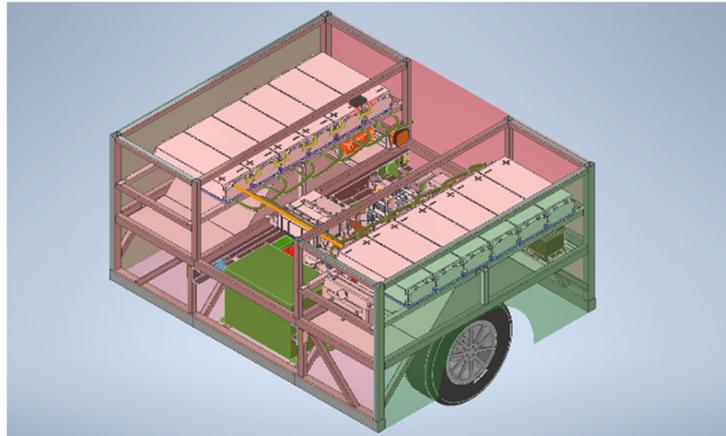


Figura 1: Módulo de tracción compacto

El módulo puede integrarse dentro de una arquitectura configurable bajo demanda, en un esquema de fabricación multifásica. La eliminación del chasis tradicional, permite una distribución de zonas de carga flexible y una accesibilidad optimizada. En la fase de carrozado, los módulos de carga central y trasero pueden diseñarse dentro de un rango amplio de dimensiones, para adaptarse a la diferentes usos y necesidades. En la figura 1 se muestran algunas variantes a modo de ejemplo.

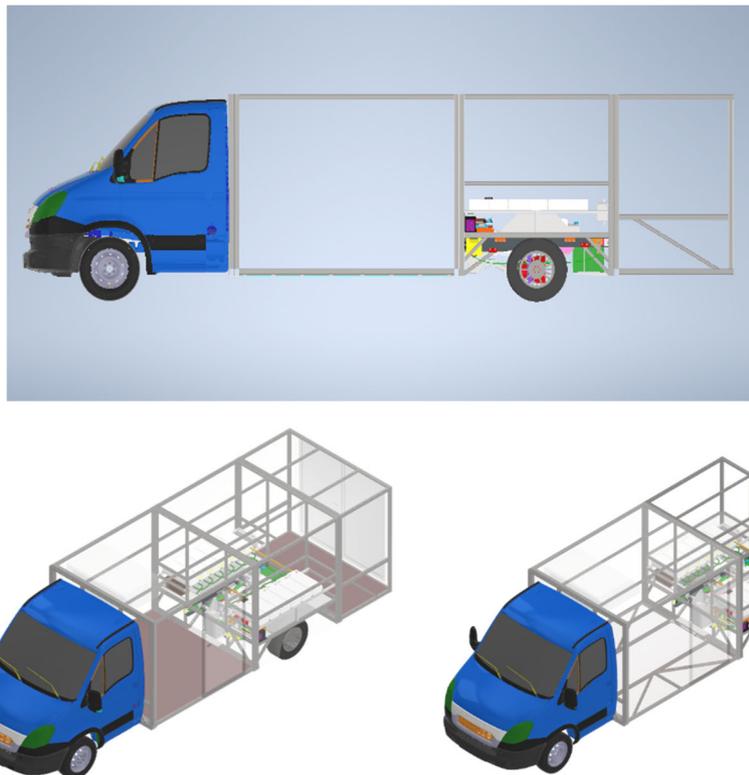


Figura 2: Integración del módulo de tracción en diferentes configuraciones de carrocería

3.2. MODULe Retrofit

Como una variante del desarrollo anterior, se diseña ahora un módulo destinado a simplificar la electrificación de camiones de diseño tradicional, con chasis de largueros y motor térmico. Se trata de un módulo compacto diseñado para acoplarse bajo los largueros del bastidor, una vez retirado el motor térmico, transmisión y depósitos de combustible originales. El concepto introduce novedades significativas respecto al estado del arte y los sistemas disponibles en el mercado, y ha sido publicado como nuevo modelo de utilidad [3].

En el módulo Retrofit se integran de manera compacta los mismos componentes incorporados en el diseño módulo de tracción MODULE, incluyendo baterías, motor, inversor, sistemas de control y de refrigeración. El árbol de transmisión de salida se conecta directamente al grupo diferencial del eje tractor trasero. Los componentes se montan sobre un estructura ligera, adaptable a diferentes dimensiones y anchos entre largueros, y se cubren con una envolvente para garantizar la seguridad frente a contactos directos.

Este diseño facilita por una parte la integración en el vehículo: tras la retirada del sistema de tracción antiguo, el módulo se cuelga fácilmente bajo los largueros mediante uniones atornilladas, y tan sólo es necesario efectuar pequeñas adaptaciones en los sistemas de asistencia a frenado y dirección y otros sistemas vehículos afectados. Por otro lado, resulta relativamente simple garantizar la seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética sobre el módulo cerrado.

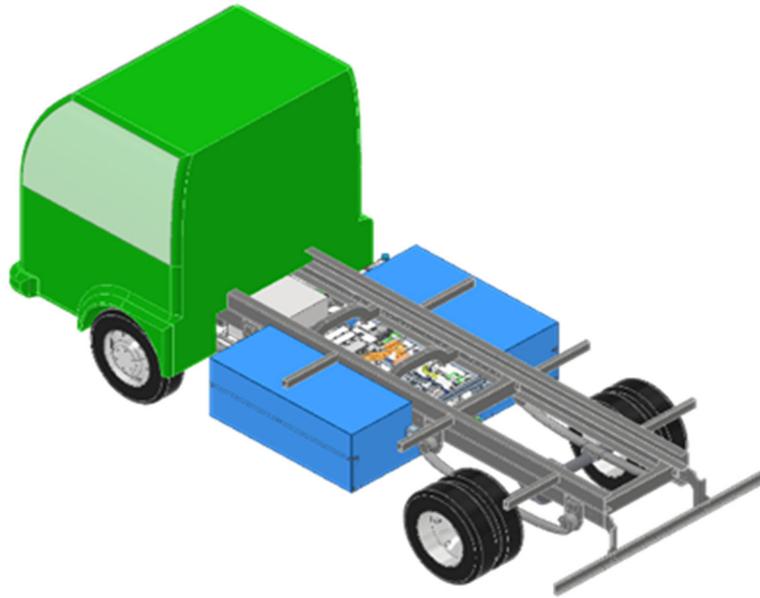


Figura 3: Instalación de módulo Retrofit bajo el chasis de un camión tipo.

4. Primeros prototipos. Diseño de detalle y fabricación.

4.1. Características generales y prestaciones objetivo

Como primeros ejemplos de aplicación se ha llevado a cabo el diseño de detalle de dos prototipos, uno de cada una de las configuraciones descritas en el punto anterior. Se ha optado en ambos casos por vehículos de bajo tonelaje de categoría N2, con una MMTA de 5500 kg.

Las prestaciones estimadas para ambos diseños son las siguientes:

- Velocidad máxima en llano: 107 km/h
- Rampa máxima superable por motor: 25% (16% a 60 km/h)
- Consumo medio WLTP estimado: 45 kWh/100 km
- Capacidad: 82,2 kWh (baterías litio)
- Potencia máxima nominal 90 kW
- Recuperación de energía en frenada
- Autonomía estimada (basada en ciclo mixto WLTP): > 200 km
- Refrigeración por agua

En el diseño del prototipo MODULE Concept, se considera además la posibilidad de incorporar diferentes dimensiones de carrocería, dentro de los siguientes rangos de variación:

- Ancho carrocería: 2200 mm
- Longitud módulo de carga central: 1,2 – 2,5 m
- Longitud módulo de carga trasero: 0 – 1,5 m
- Batalla: 3,4 – 4,7 m
- Longitud: 4,8 – 7,6 m
- MOM: 2500 – 3000 kg

4.2. Diseño estructural

Se ha realizado un análisis estructural detallado de ambos diseños, haciendo uso de modelos de elementos finitos.

En el caso del MODULE Concept, la estructura de cada módulo se fabrica a partir de perfiles de acero de pared delgada de sección rectangular, y se presta especial atención al diseño de los acoples y uniones atornilladas entre módulos (figura 5). Se aplican condiciones de contorno representativas de las solicitaciones estimadas durante la circulación de este tipo de vehículo. El diseño distribuye la responsabilidad estructural a las estructuras de piso y techo, dando como resultado una mejor relación rigidez/peso que una configuración chasis cabina tradicional

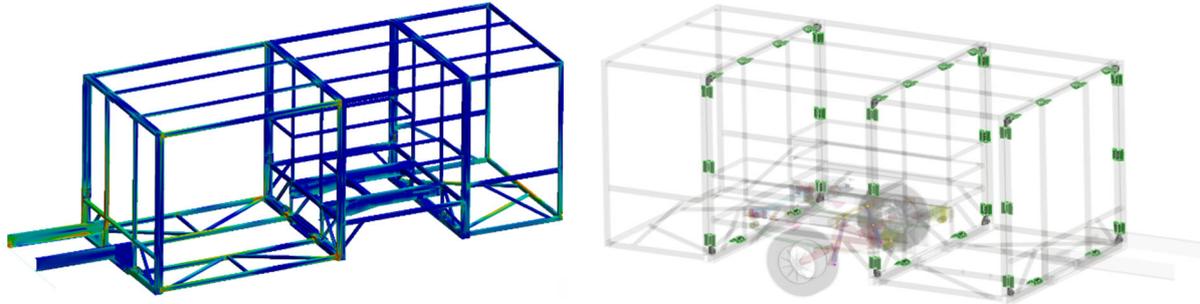


Figura 4: Análisis estructural de la estructura tubular y uniones del MODULE Concept

En el caso del MODULE Retrofit, se prima la ligereza de la estructura, garantizando no obstante la resistencia a las solicitaciones exigidas por seguridad eléctrica y protección de las baterías. Se diseñan elementos de sujeción atornillados al chasis, adaptables a diferentes dimensiones y anchos entre largueros.

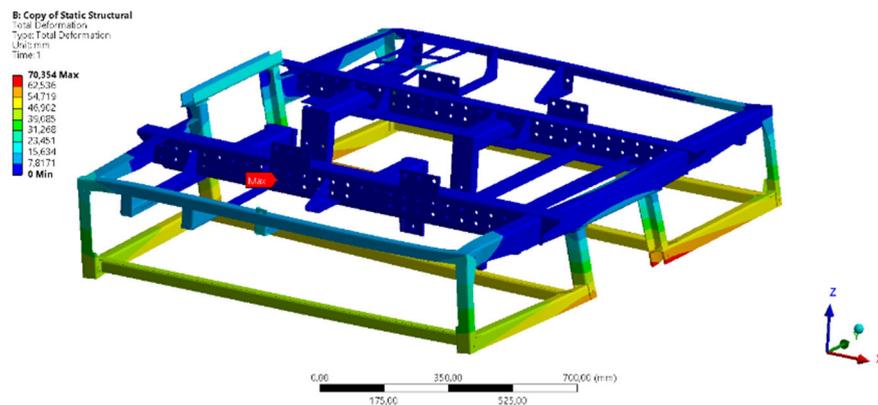


Figura 5: Análisis estructural del MODULE Retrofit

4.3. Integración de componentes

Una vez dimensionadas las estructuras básicas, se diseñan e integran dentro de los módulos los elementos de sujeción y anclaje para los diferentes elementos eléctricos y mecánicos. En la figura 6 se muestra la integración de los componentes sobre el módulo Retrofit diseñado.

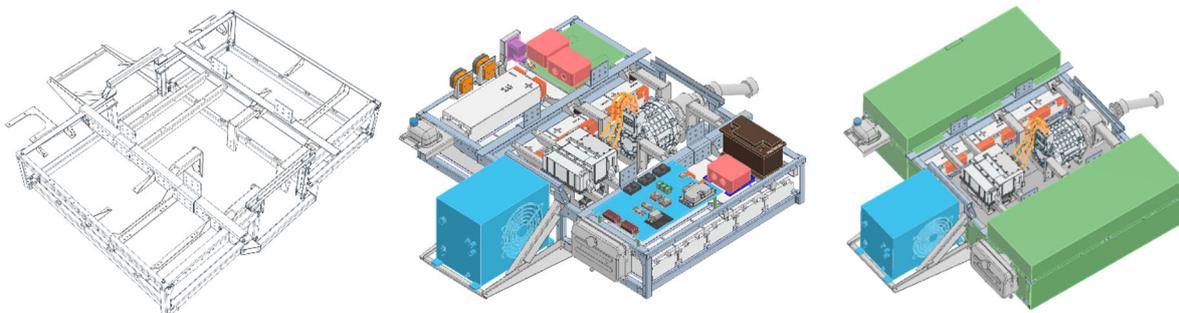


Figura 6: Estructura del módulo Retrofit, integración de componentes y envolventes

5. Fabricación de prototipos

En las fotografías de la figura 7 puede apreciarse el resultado final del montaje del prototipo Concept. En este primer prototipo, se ha decidido mantener la estructura desnuda, para permitir apreciar mejor los detalles constructivos y el carácter abierto de la arquitectura.



Figura 7: Prototipo demostrador MODULE Concept

En el caso de módulo Retrofit, el primer prototipo demostrador, que se ha montado sobre un vehículo Nissan Cabstar, inicialmente carrozado como grúa de arrastre de vehículos, con 5500 kg de MMTA. En las fotografías de la figura 8 se muestra el resultado final tras el montaje del módulo bajo el chasis.



Figura 8: Prototipo demostrador MODULE Retrofit

6. Conclusiones

Tras el desarrollo realizado, se considera alcanzado un nivel de madurez de la tecnología TRL7. Se está ahora en fase de pruebas, necesarias la puesta a punto y optimización del diseño que, además de las mencionadas de seguridad eléctrica y electromagnética, incluyen pruebas en banco y en circulación en circuito cerrado.

Una vez concluidas, podrán abordarse las últimas etapas de industrialización y pruebas de homologación, que permitirían llegado el caso la explotación comercial del concepto, y la matriculación y puesta en circulación de los vehículos. Esta última fase, que llevará la tecnología hasta un TRL9, requerirá del interés y participación de una entidad industrial, para lo que se han planificado las oportunas acciones de difusión.

7. Agradecimientos

El proyecto MODULe ha sido financiado por la Agencia Valenciana de Innovación, dentro del programa de Valorización y transferencia de resultados de investigación a las empresas 2022 (INNVA1/2022/33).

Se ha contado además con la inestimable colaboración del personal del Centro Integrado de Formación Profesional La Torreta de Elche, del Instituto Tecnológico de la Energía (ITE), y las entidades Pimesa, Desguaces Mora, Grupo Volund, Odyssey Robotics y LAVEL Servicios Técnicos e Innovación.

8. Referencias

- [1] M. Sánchez et al. Vehículo modular eléctrico de transporte y reparto de mercancías. Modelo de utilidad nº ES1229869. Oficina Española de Patentes y Marcas, 2019
- [2] Sánchez-Lozano, M, Simón Portillo, F., “*Propuesta de nuevas arquitecturas para vehículos comerciales eléctricos ligeros*”, *Actas del XXII Congreso Nacional de Ingeniería Mecánica*, 773-780, Madrid (2018)
- [3] M. Sánchez et al. Dispositivo modular de propulsión eléctrica acoplable al chasis de un camión. Modelo de utilidad nº ES1311746. Oficina Española de Patentes y Marcas, 2024.