



universidad
de león



**Escuela de Ingenierías
Industrial, Informática y Aeroespacial**

**GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA
INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA**

Trabajo de Fin de Grado

**ESTUDIO DE SISTEMAS DE REGULACIÓN Y CONTROL PARA
SISTEMAS DE GESTIÓN DE ENERGÍA**

**STUDY OF REGULATION AND CONTROL SYSTEMS
FOR ENERGY MANAGEMENT SYSTEMS**

Autor: Arlet González Rodríguez

Tutor: Alberto González Martínez

(Septiembre, 2023)

<p style="text-align: center;">UNIVERSIDAD DE LEÓN Escuela de Ingenierías Industrial, Informática y Aeroespacial</p> <p style="text-align: center;">GRADO EN INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA Trabajo de Fin de Grado</p>
ALUMNO: Arlet González Rodríguez
TUTOR: Alberto González Martínez
TÍTULO: Estudio de sistemas de regulación y control para sistemas de gestión de energía
TITLE: Study of regulation and control systems for energy management systems
CONVOCATORIA: Septiembre, 2023
RESUMEN: <p>En este proyecto de grado, se ha realizado un análisis de los consumos en vehículos de recreo, tanto en su parte motriz como en su segmento habitacional. El objetivo principal se ha centrado en mostrar cómo estos vehículos consumen energía en sus desplazamientos y cómo utilizan recursos en su parte de vivienda. Desde la perspectiva motriz, se han explorado los diferentes factores que determinan el consumo de combustible o energía eléctrica, según el tipo de vehículo. Para ello, se han tenido en cuenta variables como la eficiencia del motor, el tipo de combustible utilizado, así como la tecnología de los motores.</p> <p>El núcleo del estudio radica en la parte habitacional de estos vehículos, con especial énfasis en el autoconsumo y la sostenibilidad ambiental. Se ha investigado cómo los vehículos de recreo pueden ser más autosuficientes, reduciendo la dependencia de fuentes externas de energía. Esto ha implicado el estudio de sistemas como paneles solares, baterías de alta eficiencia y sistemas de gestión de agua y residuos. Además, se han examinado las prácticas actuales en cuanto a calefacción, iluminación y otros sistemas que consumen energía en el área de vivienda.</p> <p>El trabajo concluye con propuestas orientadas a mejorar la eficiencia energética y la sostenibilidad de estos vehículos, promoviendo un turismo de recreo más respetuoso con el medio ambiente. Se destacan recomendaciones específicas para fabricantes y usuarios, apuntando a un futuro en el que viajar y vivir en la carretera tenga un impacto ambiental mínimo.</p>

ABSTRACT:

In this degree project, a thorough analysis was carried out on consumption in recreational vehicles, both in terms of their driving components and their living quarters. The main objective was to understand how these vehicles consume energy during their movements and how they utilize resources in their living areas.

From the driving perspective, factors determining fuel or electric energy consumption were explored, depending on the type of vehicle. Variables such as engine efficiency, vehicle aerodynamics, and driving practices were taken into account.

The core of the study lies in the living quarters of these vehicles, with a particular emphasis on self-consumption and environmental sustainability. The research investigated how recreational vehicles can be more self-sufficient, reducing their dependence on external energy sources. This involved examining systems like solar panels, high-efficiency batteries, and water and waste management systems. Furthermore, current practices regarding heating, lighting, and other energy-consuming systems within the living area were assessed.

The project concludes with proposals aimed at improving energy efficiency and sustainability of these vehicles, promoting a more environmentally friendly form of recreational tourism. Specific recommendations for manufacturers and users are highlighted, pointing towards a future where traveling and living on the road have a minimal environmental impact.

Palabras clave: Vehículo vivienda, camperización, autoconsumo, sostenibilidad.

Firma del alumno:

VºBº Tutor/es:

Índice

1.Índice de figuras y tablas	5
2.Introducción y motivación	7
2.1.ACTUALIDAD	12
2.2.OBJETIVOS	20
3.Consumos y emisiones	23
3.1.TIPOS DE COMBUSTIBLE	23
3.1.1. COMBUSTIBLES FÓSILES	24
3.1.1.1.EURO 5	26
3.1.1.2.EURO 6	27
3.1.1.3.EURO 7	28
3.1.2. ELÉCTRICAS	29
3.1.3.HÍBRIDAS	30
3.2.ANÁLISIS FURGONETAS GRAN VOLUMEN	32
3.2.1. FIAT DUCATO/ E-DUCATO	33
3.2.2. IVECO DAILY/ eDAILY	33
3.2.3. MERCEDES SPRINTER/ eSPRINTER	34
3.2.4. VOLKSWAGEN CRAFTER/ E-CRAFTER	34
3.2.5. FORD TRANSIT/ E-TRANSIT	35
3.3.COMPARACIÓN CON LA DECADA ANTERIOR	37
3.4.LO QUE SE ESPERA EN UN FUTURO	39
4.Camperización sostenible	41
4.1.NORMATIVA (MANUAL DE REFORMAS)	41
4.2.MATERIALES	42
4.3.DISEÑO	44
4.4.AISLAMIENTO	52
4.5.INSTALACIONES	54
4.5.1.GAS.....	54
4.5.2.AGUA.....	56
4.5.3.ELÉCTRICA	58
5.Estudio de consumos	65
5.1.GAS	65
5.2.AGUA	66
5.3.ELECTRICIDAD	69
6.Homologación.....	75
7.Presupuesto y costes	78
8.Conclusiones	88
9.Referencias	90
Anexos	92
ANEXO A: TABLA GENERACIÓN SOLAR	92
ANEXO B: TABLA CONSUMOS INSTANTÁNEOS.....	94

1. Índice de figuras y tablas

FIGURAS

Figura 1.1. Camper eléctrica Thor Industries (Fuente: Thor Industries)	13
Figura 1.2. Posición baterías camper Thor Industries (Fuente: Thor Industries).....	13
Figura 1.3. Camper eléctrica Winnebago (Fuente: Winnebago).....	14
Figura 1.4. Programa piloto Winnebago (Fuente: Winnebago)	14
Figura 1.5. Autocaravana Dethleffs (Fuente: Dethleffs)	16
Figura 1.6. Frigorífico Thetford T1090 (Fuente: Thetford)	17
Figura 1.7. iNet Truma (Fuente: Truma)	18
Figura 1.8. Aplicación Victron Energy (Fuente: Victron Energy)	18
Figura 1.9. Mapa puntos de recarga España (Fuente: ANFAC).....	19
Figura 2.1. Furgoneta híbrida Ford (Fuente: Ford)	31
Figura 2.2. Furgoneta híbrida Volkswagen (Fuente: Volkswagen)	32
Figura 2.4. Cuota de mercado por fuente de energía julio 2022 (Fuente: Anfac).....	36
Figura 2.5. Gráfica cuota matriculación europea (Fuente: Anfac)	37
Figura 2.6. TCO 2021 vs 2022 (Fuente: aegfanews)	38
Figura 2.7. ELONROAD (Fuente: ELONROAD)	40
Figura 3.1. Diseño 1 SketchUp (Fuente: Elaboración propia)	46
Figura 3.2. Diseño 2 SketchUp (Fuente: Elaboración propia)	47
Figura 3.3. Diseño 3 SketchUp (Fuente: Elaboración propia)	48
Figura 3.4. Diseño 4 SketchUp (Fuente: Elaboración propia)	49
Figura 3.5. Diseño 5.1 SketchUp (Fuente: Elaboración propia)	50
Figura 3.6. Diseño 5.2 SketchUp (Fuente: Elaboración propia)	51
Figura 3.7. Diseño 5.3 (Fuente: Elaboración propia)	52
Figura 3.8. Esquema de la instalación de gas (Fuente: Elaboración propia)	55
Figura 3.9. Esquema instalación agua (Fuente: Elaboración propia)	57
Figura 3.10. Cálculo número placas solares y tamaño batería (Fuente: Elaboración propia).....	59
Figura 3.11. Esquema instalación eléctrica 1 (Fuente: Elaboración propia)	63
Figura 3.12. Esquema instalación eléctrica 2 (Fuente: Elaboración propia)	64
Figura 5.1. Gráfica producción solar del 24/09/2022 al 30/08/23 (Fuente: Elaboración propia)	71
Figura 5.2. Gráfico tensión batería secundaria (Fuente: Elaboración propia)	71
Figura 5.3. Gráfico estados de carga (Fuente: Elaboración propia).....	72
Figura 5.4. Gráfica porcentaje batería en consumos instantáneos (Fuente: Elaboración propia)....	73
Figura 7.1. Porcentaje de gastos (Fuente: Elaboración propia)	86

TABLAS

Tabla 5.1. Consumos totales (Fuente: Elaboración propia)	70
Tabla 7.1. Gastos aislamiento, suelo, ventanas y claraboyas (Fuente: Elaboración propia)	79
Tabla 7.2. Gastos instalación eléctrica (Fuente: Elaboración propia)	80
Tabla 7.3. Gastos madera (Fuente: Elaboración propia)	81
Tabla 7.4. Gastos instalación agua (Fuente: Elaboración propia)	82
Tabla 7.5. Gastos baño (Fuente: Elaboración propia).....	83
Tabla 7.6. Gastos cocina (Fuente: Elaboración propia)	84
Tabla 7.7. Gastos pinturas y pegamento (Fuente: Elaboración propia)	84
Tabla 7.8. Gastos ferretería (Fuente: Elaboración propia).....	84
Tabla 7.9. Resumen de gastos (Fuente: Elaboración propia)	85

2. Introducción y motivación

Los vehículos de recreo, que engloban autocaravanas, campers y caravanas, han experimentado un auge significativo en popularidad y demanda durante la última década. Esta tendencia ha sido impulsada por un creciente interés en formas alternativas de turismo y la promesa de libertad que estos vehículos ofrecen, permitiendo a los viajeros explorar con mayor autonomía y en contacto más estrecho con la naturaleza. Están diseñados para ser, no solo medios de transporte, sino también espacios habitables que ofrecen las comodidades básicas del hogar en un espacio compacto y móvil.

Sin embargo, junto con su creciente popularidad, también ha surgido una preocupación evidente sobre su sostenibilidad y eficiencia energética. En un mundo donde la crisis climática y la reducción de la huella de carbono se han convertido en prioridades urgentes, la eficiencia energética de estos vehículos se sitúa en el centro del debate.

Por otro lado, la implementación de la normativa Euro 7 representa un desafío significativo para la industria automotriz. Esta regulación, que establece límites más estrictos en cuanto a las emisiones de gases contaminantes, exige a las empresas adoptar medidas activas y evolucionar en sus tecnologías tradicionales. La adaptación a esta norma no solo tiene un impacto técnico, sino que también conlleva consideraciones económicas y estratégicas para las organizaciones. Es evidente que cumplir con la Euro 7 es más que una simple obligación legal; se convierte en una oportunidad para que las empresas líderes en innovación, desarrollen soluciones sostenibles y refuercen su compromiso con la protección ambiental. Estas soluciones pueden abarcar desde la mejora en sistemas de filtrado y catalizadores hasta la investigación y desarrollo de alternativas de propulsión más limpias, como los motores eléctricos o de hidrógeno. Así, en un mundo cada vez más consciente del cambio climático, las empresas que se anticipen y se adapten eficazmente a estas regulaciones no solo garantizarán su cumplimiento normativo, sino que también se posicionarán favorablemente en un mercado en constante evolución hacia la sostenibilidad.

Al desglosar el estudio de consumos en estos vehículos, es imprescindible distinguir entre dos áreas principales de consumo. En primer lugar, tenemos el consumo relacionado con la propulsión del vehículo, que está estrechamente ligado al tipo de motorización, eficiencia del combustible y la tecnología de emisión implementada y, por otro lado, está el consumo derivado de los sistemas y dispositivos que facilitan la habitabilidad del vehículo, como son la calefacción, iluminación, electrodomésticos y sistemas de suministro y tratamiento de agua.

Es en este segundo aspecto donde la sostenibilidad cobra especial importancia. Mientras que en un vehículo convencional la preocupación principal está enfocada en su parte motriz, en un vehículo de recreo, la gestión energética es un tema complejo que abarca desde la elección de la fuente de energía (por ejemplo, solar, eléctrica o gas) hasta la optimización de los sistemas de calefacción y refrigeración. Estos retos, junto con la necesidad de maximizar el espacio y la comodidad, exigen soluciones innovadoras y sostenibles.

Dado este contexto, es evidente que un análisis detallado y exhaustivo de los consumos en vehículos de recreo es indispensable para alinear el creciente interés en este modo de viajar con las demandas sostenibles del siglo XXI.

Motivación

Creciente demanda de vehículos de recreo:

El turismo itinerante ha experimentado un auge sin precedentes en la última década, transformando las pautas tradicionales del viaje y estableciendo un nuevo paradigma en el sector turístico. La esencia del viaje en vehículo de recreo reside en la libertad de movimiento, permitiendo a los viajeros diseñar rutas personalizadas y decidir sobre la marcha los destinos y paradas intermedias, favoreciendo una experiencia más íntima y directa con el entorno y la naturaleza.

Adicionalmente, la creciente demanda de estos vehículos no solo puede atribuirse a su oferta de libertad y flexibilidad. Durante la crisis de la pandemia COVID-19, el mundo entero presenció restricciones significativas en el turismo internacional, lo que llevó a una revalorización del turismo local y de proximidad. En este contexto, los vehículos de recreo emergieron como una solución óptima, permitiendo viajar de manera más segura al reducir el contacto

con multitudes y ofrecer ambientes controlados y de uso exclusivo. Existen estudios (Tirado-Ballesteros, 2022), (Hernández, et al. 2022) que indican que, durante la pandemia, hubo un incremento significativo en la adquisición y alquiler de autocaravanas y campers, pues permitían evadir las restricciones hoteleras y de transporte público, mientras se mantenían las medidas sanitarias recomendadas.

Sin embargo, este auge en la demanda y utilización de vehículos de recreo conlleva implicaciones significativas en términos de consumo energético. Al aumentar el número de viajeros que optan por esta modalidad, crece la demanda de recursos energéticos no solo para la propulsión de estos vehículos, sino también para mantener y operar sus sistemas habitacionales.

La sostenibilidad en el transporte:

El sector del transporte, con su vasta red de vehículos motorizados que operan en todo el mundo, emerge como uno de los principales contribuyentes a la creciente concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Estos gases, principalmente el dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O), son el epicentro de los problemas ambientales contemporáneos, contribuyendo al calentamiento global y al cambio climático¹.

En respuesta a esta crisis, el Acuerdo de París se forjó con la aspiración de unir a las naciones en un esfuerzo colectivo para limitar el aumento de las temperaturas globales. Paralelamente, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas delinean una hoja de ruta hacia un futuro más equitativo, próspero y sostenible para todos, donde el ODS 13 hace una llamada específica a la acción contra el cambio climático².

Dentro de este marco global de compromisos y metas, la sostenibilidad de los vehículos de recreo emerge como una cuestión de importancia crítica. Más allá de su función primaria de transporte, estos vehículos, por su diseño y propósito, desempeñan un papel dual: como medio de transporte y como espacio

¹ Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), 2014: Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo principal de redacción, R.K. Pachauri y L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 157 págs.

² ONU, 2022: Informe de los objetivos de desarrollo sostenible.

habitacional. Por lo tanto, abordar la sostenibilidad de estos vehículos requiere un enfoque bifocal. Por un lado, está la propulsión, que debe alinearse con las metas de reducción de emisiones; y por otro lado, está la habitabilidad, donde el consumo de recursos y energía debe minimizarse y optimizarse sin renunciar a la comodidad y demás prestaciones.

La confluencia de estas necesidades, junto con el crecimiento exponencial en la popularidad de los vehículos de recreo, posiciona la sostenibilidad en este sector como un área de investigación imprescindible. Estudiar y desarrollar estrategias que aborden estas cuestiones no solo tienen implicaciones medioambientales, sino también económicas, sociales y tecnológicas, haciendo de este un tópico multidimensional y de gran trascendencia para los próximos años.

Autoconsumo y autonomía energética:

El autoconsumo, entendido como el fenómeno de autogeneración y utilización de energía sin la necesidad de recurrir a la red eléctrica tradicional, se ha consolidado como una de las tendencias más prometedoras en el panorama energético actual. Esta modalidad representa un paso hacia una democratización de la energía, otorgando a los usuarios un control sin precedentes sobre su producción y consumo energético.

Los beneficios inherentes al autoconsumo no son meramente económicos, aunque la potencial reducción en costes asociados al consumo eléctrico es, sin duda, uno de sus atractivos principales. Además, esta práctica responde a una creciente demanda de independencia energética, particularmente en escenarios donde la red eléctrica puede no ser accesible, confiable o estar sujeta a interrupciones.

En el contexto de los vehículos de recreo, el autoconsumo adquiere una dimensión aún más importante. Estos vehículos, diseñados para travesías prolongadas y a menudo en lugares remotos, dependen de una energía constante y confiable para asegurar tanto su movilidad como las comodidades de la vida diaria a bordo. Es en este escenario donde el autoconsumo puede marcar la diferencia, otorgando a los viajeros la capacidad de maximizar su autonomía y minimizar su dependencia de infraestructuras externas. La incorporación de tecnologías como paneles solares o turbinas eólicas de pequeña escala en estos vehículos permite aprovechar fuentes de energía renovables disponibles en el

entorno, transformando la experiencia de viaje y reforzando la sostenibilidad de estas aventuras.

De este modo, mientras la sociedad en su conjunto avanza hacia modelos de consumo energético más sostenibles y descentralizados, los vehículos de recreo se posicionan en la vanguardia de esta transformación, explorando y adoptando soluciones innovadoras que redefinen la relación entre movilidad, habitabilidad y energía.

Innovaciones tecnológicas y sostenibilidad ambiental:

La transición hacia una economía más verde y sostenible ha impulsado la rápida evolución de tecnologías limpias en diversos sectores. Específicamente, en el ámbito de los vehículos de recreo, tecnologías como los paneles solares, baterías de alta densidad energética y sistemas avanzados de gestión energética representan un horizonte prometedor. Estos avances no solo pueden mejorar la eficiencia de estos vehículos, sino que también pueden reducir significativamente su huella de carbono.

Según el informe emitido en 2019 por la Agencia Internacional de Energía³, la energía solar fotovoltaica se ha convertido en una de las fuentes de energía de más rápido crecimiento en el mundo. La adaptación de esta tecnología a vehículos de recreo puede proporcionar electricidad limpia y renovable durante las travesías, reduciendo la dependencia de fuentes de energía no renovables. Por otro lado, el avance en baterías, como las basadas en iones de litio y tecnologías emergentes de estado sólido, ha permitido almacenar energía de manera más eficiente y compacta. Esta energía almacenada puede ser utilizada para proporcionar electricidad durante las horas sin sol o para impulsar sistemas de calefacción y refrigeración en el vehículo.

Adicionalmente, la Comisión Europea⁴ destaca la importancia de los sistemas de gestión energética en la optimización del consumo y producción energética. En el contexto de un vehículo de recreo, estos sistemas pueden regular y distribuir

³ Agencia Internacional de Energía, 2019: World energy outlook 2019 Resumen ejecutivo.

⁴ Comisión Europea, 2016: Opinion of the European Economic and Social Committee on the 'Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee, the Committee of the Regions and the European Investment Bank – Clean Energy For All Europeans'.

la energía generada y almacenada, garantizando un uso más eficiente y prolongando la autonomía del vehículo.

En conjunto, integrar y adaptar estas tecnologías en vehículos de recreo no es solo una cuestión técnica, sino también una necesidad imperante para alinear el turismo itinerante con los objetivos globales de sostenibilidad. Se hace evidente que, para avanzar hacia un paradigma más sostenible en este sector, es crucial no solo adoptar estas innovaciones, sino también realizar investigaciones específicas que aborden las particularidades y desafíos de la vivienda en vehículos.

2.1.ACTUALIDAD

ESTADO DEL ARTE EN EL CONSUMO EN VEHÍCULOS DE RECREO

Con el, cada vez más rápido avance tecnológico y la creciente preocupación por la sostenibilidad, es esencial considerar el estado del arte en lo que respecta al consumo en vehículos de recreo. Esta sección se centra en proporcionar un panorama actualizado sobre las tendencias, tecnologías y prácticas emergentes en el ámbito de los vehículos de recreo.

Transición hacia la propulsión eléctrica

Los vehículos eléctricos han empezado a penetrar en el mercado del automóvil de manera significativa pero los vehículos de recreo son la excepción debido a su gran volumen y peso. La autonomía sigue siendo una preocupación, al igual que el tiempo de carga. Existen en el mercado prototipos de autocaravanas y campers 100% eléctricos que prometen rangos de desplazamiento respetables, abriendo una puerta hacia viajes de recreo más sostenibles pero aún son simplemente prototipos. Por ejemplo, en el Florida RV show se han presentado varios prototipos en los últimos años, el más reseñable por su autonomía es el prototipo de la empresa americana Thor Industries (Figuras 1.1 y 1.2), que promete una autonomía de 483 km y unas 5 horas de viaje a unos 100 km/h sin necesidad de repostar⁵.

⁵ Artículo de la revista Motorpasión 2022: <https://www.motorpasion.com/futuro-movimiento/esta-autocaravana-electrica-basada-ford-transit-tiene-480-km-autonomia-gracias-a-su-pila-combustible-hidrogeno>



Figura 1.1. Camper eléctrica Thor Industries (Fuente: Thor Industries)



Figura 1.2. Posición baterías camper Thor Industries (Fuente: Thor Industries)

Por otro lado, la empresa americana Winnebago además de presentar su prototipo de camper totalmente eléctrica (Figura 1.3), ha iniciado un programa piloto con un equipo de pruebas compuesto por: “travel bloggers, outdoor content creators, full time van lifers, propietarios de vehículos vivienda y Weekend Warriors” que están probando la camper por todo EEUU.



Figura 1.3. Camper eléctrica Winnebago (Fuente: Winnebago)

En su página web se puede ver las millas recorridas, el número de personas que la han probado, los posts realizados por los testers y las noches pasadas en la camper.



Figura 1.4. Programa piloto Winnebago (Fuente: Winnebago)

Como se observa en la figura 1.4, se han recorrido 25.973 millas (unos 41.799,5 km) en 267 noches lo que supone unos 157 km al día, siendo que la recomendación de kilómetros máximos al día para una camper convencional está entre 800-900 km al día⁶, en comparación, la libertad de autonomía que proporciona un vehículo vivienda convencional por ahora no tiene nada que ver con la que proporciona este vehículo de prueba.

Eficiencia energética en la parte vivienda

⁶ Jeffsetter travel, 2023: How many miles per day should you drive an RV? [Beth Johson]

Las innovaciones en el diseño y la construcción han llevado a que las autocaravanas modernas sean más eficientes en términos de consumo. Se está prestando mayor atención al aislamiento térmico, a la implementación de ventanas de doble vidrio y a sistemas de ventilación más eficientes, minimizando la necesidad de calefacción y aire acondicionado.

Por otro lado, cada vez se implementan materiales más ligeros en la camperización para disminuir el peso del vehículo, lo que supone un ahorro energético en la propulsión.

Integración de energías renovables

La integración de paneles solares en los techos de los vehículos de recreo se ha vuelto cada vez más común. Esta tendencia se fortalece con la aparición de baterías más eficientes, placas solares con un mayor rendimiento y sistemas de gestión de energía avanzados que permiten maximizar el aprovechamiento de la energía solar.

Existe un prototipo de la famosa empresa alemana de autocaravanas Dethleffs, presentado en la feria de autocaravanas de Düsseldorf en 2017, que está recubierta prácticamente en su totalidad de paneles solares como se puede observar en la figura 1.5., en total, 31 m² que son capaces de proporcionar 3 kW de potencia, pero aunque cuenta con un motor eléctrico de 80 kW (107 CV) de potencia y un conjunto de baterías de cloruro de sodio-níquel, tan solo le permiten de 90 a 130 km de autonomía; aún a día de hoy no existe modelo final de producción.



Figura 1.5. Autocaravana Dethleffs (Fuente: Dethleffs)

Sistemas de gestión del agua

Dada la importancia del agua en los viajes prolongados, se han desarrollado sistemas avanzados para la gestión del agua en vehículos de recreo. Estos sistemas incluyen la reutilización de aguas grises (aún en desarrollo), la recogida de agua de lluvia, purificadores de agua potable de alta eficiencia y sensores para monitorizar el consumo en tiempo real.

Electrónica de consumo eficiente

La demanda por electrónica de consumo, como electrodomésticos, iluminación y entretenimiento, ha llevado al desarrollo de dispositivos diseñados específicamente para vehículos de recreo que son energéticamente eficientes, como por ejemplo, televisores y frigoríficos a 12 V que ayudan a disminuir el consumo y las pérdidas en el inversor de corriente. La tecnología LED para iluminación ha revolucionado la manera en que se iluminan estos espacios, ofreciendo calidad con un consumo mínimo.

Por ejemplo, el frigorífico de la marca americana Thetford T1090 (Figura 1.6.), que tiene 90 l con un cajón congelador interior, consume 0,30 kWh/24 h, lo que al año serían 109,5 kWh/año.



Figura 1.6. Frigorífico Thetford T1090 (Fuente: Thetford)

Integración de sistemas inteligentes

Los sistemas inteligentes y la conectividad han comenzado a hacer su aparición en el mundo de los vehículos de recreo. Desde aplicaciones que monitorizan y controlan el consumo en tiempo real, hasta sistemas automatizados que optimizan la generación y el consumo de energía según las condiciones ambientales y las necesidades del usuario, la "autocaravana inteligente" ya no es un concepto del futuro.

Por ejemplo, la marca Truma tiene su famoso iNet System con el que se puede controlar la gran mayoría de sus aparatos (calefacción, agua caliente o aire acondicionado) desde cualquier parte, pudiendo así ahorrar energía utilizándolos solo cuando sea necesario.



Figura 1.7. iNet Truma (Fuente: Truma)

También es de destacar la gama de artículos de la marca Victron Energy y su aplicación, que permite conectar y visualizar sus productos mediante Bluetooth.



Figura 1.8. Aplicación Victron Energy (Fuente: Victron Energy)

Retos y limitaciones

El ámbito de los vehículos de recreo ha experimentado avances notables en los últimos años, impulsado en gran parte por la creciente conciencia medioambiental y la búsqueda de alternativas más sostenibles al vehículo tradicional. Sin embargo, a pesar de estos progresos, persisten desafíos significativos en el camino hacia una sostenibilidad plena en este sector.

Uno de los principales obstáculos es la infraestructura de recarga para vehículos eléctricos así como los tiempos asociados a la misma. Mientras que en zonas urbanas y en algunas carreteras principales se ha avanzado en la instalación de puntos de recarga, las áreas remotas y menos transitadas aún presentan carencias significativas en este aspecto. Según la Asociación Española de

Fabricantes de Automóviles y Camiones (ANFAC), se contabilizaron algo más de 11.000 puntos de recarga en 2021 y 2022 ha cerrado con 20.243⁷.

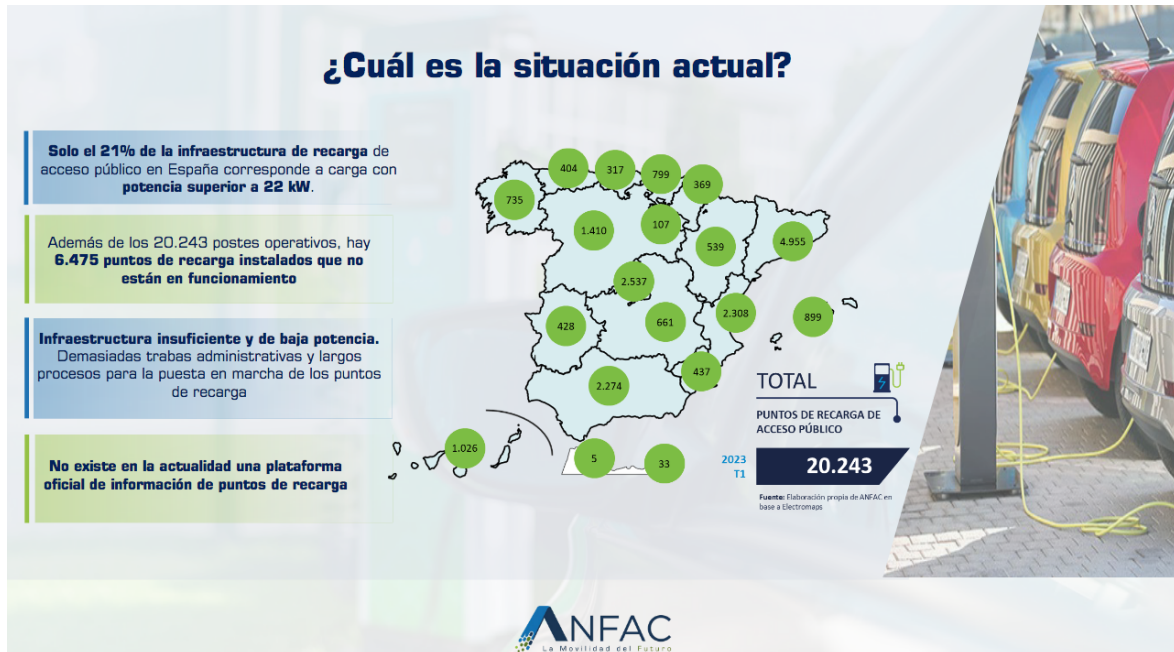


Figura 1.9. Mapa puntos de recarga España (Fuente: ANFAC)

Esto limita la movilidad y flexibilidad que los aficionados a los vehículos de recreo buscan, ya que una de las principales ventajas de estas unidades es, precisamente, la libertad para explorar lugares menos convencionales.

La autonomía de las baterías representa otro desafío. Si bien las tecnologías de baterías han mejorado considerablemente, las condiciones adversas, como las bajas temperaturas o la utilización continua de sistemas eléctricos en el vehículo, pueden reducir drásticamente su rendimiento. A este problema general en los vehículos eléctricos hay que añadirle el gran volumen y peso de los vehículos de recreo. En un escenario donde se dependa únicamente de la electricidad para la movilidad y las funciones esenciales del vehículo, esta limitación puede generar inconvenientes importantes.

Por otro lado, la dependencia de condiciones climáticas para fuentes de energía renovable, como la solar, también añade una capa de complejidad. Aunque la energía solar es una opción prometedora, su eficacia está estrechamente ligada

⁷ ANFAC, 2023: Mapa de infraestructura de recarga de acceso público en España. Objetivos Fit for 55

a factores como la cantidad de horas de sol, la posición geográfica y las estaciones del año. Esta intermitencia puede dificultar la planificación y el uso constante de los sistemas alimentados por paneles solares.

Adicionalmente, el diseño inherente de los vehículos de recreo, caracterizado por su gran volumen y peso, no simplifica el desafío. Estas características demandan soluciones de propulsión y almacenamiento de energía de mayor capacidad, lo que a su vez impacta en factores como el coste, la eficiencia y el espacio disponible para otras comodidades.

2.2.OBJETIVOS

El estudio del consumo en vehículos de recreo se ha convertido en un tema de relevancia creciente dadas las implicaciones medioambientales y económicas asociadas a su operación. Al hablar de estos vehículos, no solo se hace referencia a su capacidad motriz y de desplazamiento, sino también a todo un ecosistema integrado de vivienda que incluye sistemas de calefacción, refrigeración, iluminación, y suministro de agua, entre otros. Estos sistemas, al ser utilizados en un espacio reducido y móvil, plantean desafíos técnicos y energéticos particulares.

Las soluciones tradicionales, que en muchos casos dependen de fuentes de energía no renovables, se están volviendo insostenibles en el contexto de las metas medioambientales del siglo XXI. Por ello, es importante entender en profundidad los patrones de consumo y las demandas energéticas de estos vehículos para poder proponer alternativas más verdes y eficientes.

Con el objetivo de contribuir a este conocimiento, este estudio se plantea con una metodología rigurosa, basándose en datos actuales y reales, teniendo en cuenta la rápida evolución tecnológica del sector. A través de este enfoque realista, se aspira no sólo a entender el estado actual de los consumos en vehículos de recreo, sino también a anticipar las tendencias futuras y a identificar oportunidades para la innovación y mejora.

Para alcanzar este objetivo general, es necesario desglosarlo en objetivos específicos que faciliten su abordaje sistemático:

Realizar un estudio integral y detallado sobre los consumos energéticos asociados a vehículos de recreo. Esta investigación abarca no sólo las demandas energéticas inherentes a la movilidad y propulsión de estos vehículos, sino también las necesidades relacionadas con su habilitación como espacio habitable. El enfoque del estudio se centrará en el autoconsumo y en las prácticas sostenibles, considerando la evolución tecnológica y las tendencias en materia de energías renovables. Con ello, se busca obtener una visión holística que permita identificar áreas de mejora y oportunidades para reducir la huella ecológica de estos vehículos.

Objetivos específicos

- Identificar y cuantificar los consumos energéticos relacionados con la propulsión de vehículos de recreo, analizando las diferencias entre distintos tipos de motorizaciones y tecnologías disponibles en el mercado.
- Examinar las demandas energéticas asociadas a los sistemas integrados en la sección de vivienda de estos vehículos, como calefacción, refrigeración, iluminación, y sistemas de agua, considerando sus variaciones en función del uso, la estacionalidad y las condiciones ambientales.
- Investigar las soluciones de autoconsumo actuales y emergentes aplicables a vehículos de recreo, evaluando su eficiencia, viabilidad y potencial de integración.
- Evaluar la sostenibilidad ambiental de las distintas opciones energéticas para estos vehículos, considerando tanto las emisiones de CO₂ como otros impactos ecológicos asociados a su ciclo de vida.
- Proponer recomendaciones basadas en los hallazgos obtenidos que orienten hacia prácticas más sostenibles y eficientes en la gestión energética de vehículos de recreo.

Justificación de los objetivos

La relevancia de estos objetivos radica en varias consideraciones. En primer lugar, la creciente conciencia medioambiental demanda un compromiso más profundo con la sostenibilidad, y el sector de vehículos de recreo no puede ser una excepción. Por otro lado, a medida que las regulaciones medioambientales se vuelven más estrictas, comprender y optimizar los consumos de estos

vehículos no es solo una cuestión ética, sino también una necesidad práctica para asegurar su viabilidad a largo plazo.

Además, la tendencia hacia viajes más autónomos y la necesidad de autoconsumo en áreas remotas convierten a este estudio en una herramienta esencial para garantizar viajes seguros, sostenibles y agradables. A través de un análisis detallado, se pueden identificar oportunidades para mejorar la eficiencia, reducir costes y minimizar el impacto medioambiental, beneficiando tanto a fabricantes como a usuarios.

Por último, al contrastar los resultados con estándares internacionales, se busca asegurar que los vehículos de recreo cumplan con las mejores prácticas globales y estén preparados para adaptarse a diferentes regulaciones y exigencias según el país o región.

3. Consumos y emisiones

La dinámica del transporte dentro de los núcleos urbanos y sus alrededores ha experimentado transformaciones significativas en las últimas décadas. En este escenario, los furgones de carga emergen como protagonistas esenciales en la cadena logística, facilitando la distribución de mercancías y la prestación de servicios esenciales en áreas densamente pobladas. La demanda creciente de entregas rápidas, eficientes y de, la denominada, última milla, acentuada por el auge del comercio electrónico, ha elevado la presencia de estos vehículos en las ciudades de todo el mundo.

Dada su operatividad diaria y las rutas frecuentemente repetitivas, los furgones de carga presentan patrones de consumo energético y emisiones que difieren de otros vehículos. A menudo, operan en entornos donde las paradas y arranques son constantes, lo que puede aumentar el consumo de combustible y las emisiones en comparación con trayectos más uniformes en carreteras o autopistas.

Además, es importante subrayar que el entorno urbano impone retos específicos. Por un lado, las restricciones y normativas medioambientales son cada vez más estrictas, impulsando a fabricantes y operadores logísticos a considerar alternativas más limpias y eficientes. Por otro lado, el paisaje acústico de las ciudades también se ve afectado por estos vehículos, llevando a consideraciones sobre el ruido en el diseño y operación de furgones.

A medida que las ciudades continúan creciendo y enfrentándose a desafíos medioambientales, como la calidad del aire y la reducción de la huella de carbono, la función y operación de los furgones de carga en el transporte urbano se convierten en áreas clave de investigación y desarrollo. Es imperativo analizar sus patrones de consumo y emisiones para adaptarlos y alinearlos con las metas sostenibles del futuro urbano.

3.1. TIPOS DE COMBUSTIBLE

3.1.1. COMBUSTIBLES FÓSILES

Los combustibles fósiles siguen siendo la solución más recurrida de los furgones de carga en circulación a nivel global. Dentro de esta categoría, el diésel destaca como el principal combustible elegido, y esto puede atribuirse a varias razones técnicas y operativas:

Economía de combustible: el diésel ha sido tradicionalmente más eficiente en términos de kilometraje por litro comparado con otros combustibles como la gasolina. Esta eficiencia económica ha sido un factor clave en la preferencia de muchas empresas logísticas y transportistas, especialmente cuando se trata de operaciones a larga distancia.

Autonomía: los vehículos diésel suelen ofrecer una mayor autonomía debido a la densidad energética del combustible. Esto permite a los furgones cubrir distancias más largas entre repostajes, un aspecto esencial para garantizar entregas y operaciones ininterrumpidas.

Durabilidad y rendimiento del motor: los motores diésel tienen una reputación de durabilidad y capacidad para manejar cargas pesadas, lo que los hace adecuados para aplicaciones comerciales donde el vehículo está sujeto a usos intensivos y cargas voluminosas.

Infraestructura existente: las estaciones de servicio con suministro de diésel están ampliamente distribuidas en muchas regiones, lo que facilita el repostaje y reduce los tiempos de inactividad para los transportistas.

Sin embargo, es fundamental reconocer que, a pesar de sus ventajas operativas, el uso de diésel y otros combustibles fósiles tiene implicaciones medioambientales significativas. Las emisiones de CO₂ y otros contaminantes atmosféricos derivados de la combustión del diésel contribuyen al calentamiento global y pueden tener un impacto adverso en la calidad del aire, especialmente en zonas urbanas densamente pobladas. Además, en el contexto de los esfuerzos globales para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y cumplir con los objetivos de sostenibilidad, la transición hacia alternativas más limpias se está convirtiendo en una prioridad tanto para fabricantes como para operadores logísticos.

Justificación de la elección de las normativas Euro 5, 6 y 7

En el estudio de las emisiones vehiculares y su impacto en el medio ambiente y la salud pública, es esencial enfocarse en aquellas regulaciones y estándares que han marcado cambios significativos en la industria automotriz y que poseen relevancia actual y futura en términos de sostenibilidad y desarrollo tecnológico. En este contexto, las normativas Euro 5, Euro 6 y Euro 7 emergen como puntos de inflexión cruciales en el panorama de la reglamentación europea sobre emisiones. A continuación, se presentan las razones fundamentales que justifican la elección exclusiva de estas tres normativas para el presente análisis:

Relevancia temporal: las normativas anteriores a Euro 5, aunque importantes en su momento, han sido superadas en rigor y relevancia tecnológica por regulaciones más recientes. El foco en Euro 5, 6 y 7 asegura que el estudio se mantenga en el ámbito de la contemporaneidad, considerando los vehículos que todavía circulan de forma predominante en las carreteras y las innovaciones que están por llegar.

Avances tecnológicos significativos: cada una de estas normativas representa un avance tecnológico y regulatorio importante respecto a su predecesora. Euro 5 puso un énfasis notable en la reducción de óxidos de nitrógeno (NOx), Euro 6 profundizó aún más en la minimización de estos y otros contaminantes, y Euro 7 promete revolucionar el escenario con estándares que se aproximan a emisiones casi nulas.

Impacto socioeconómico y en salud pública: las emisiones de los vehículos afectan directamente la calidad del aire y, por ende, la salud pública. Al centrarse en las normativas más recientes, se garantiza que el estudio aborde las emisiones que tienen un impacto más inmediato en la salud de las poblaciones urbanas y rurales en la actualidad.

Preparación para el futuro: mientras que Euro 5 y Euro 6 ofrecen una perspectiva sobre el estado actual de la tecnología y las emisiones vehiculares, Euro 7 brinda una visión hacia el futuro. Al incluir esta normativa, el estudio no solo documenta el presente, sino que también anticipa los cambios y desafíos que enfrentará la industria automotriz en los próximos años.

Coherencia y enfoque del análisis: al limitarse a estas tres normativas, se garantiza una profundidad de análisis que podría diluirse si se intentara abordar

un espectro más amplio de regulaciones. Esta elección permite una investigación detallada y específica, que ofrece claridad y precisión al lector.

3.1.1.1.EURO 5

La normativa Euro 5, introducida en 2009, marcó un hito en la historia de la regulación de vehículos en Europa. Se estableció para hacer frente a los crecientes problemas de calidad del aire en las zonas urbanas y abordar las crecientes preocupaciones sobre el impacto del tráfico rodado en la salud pública y el medio ambiente.

Historia y contexto:

Antes de la implementación de Euro 5, ya existían varias normas de emisiones que buscaban reducir los contaminantes vehiculares. Sin embargo, a medida que la investigación científica avanzaba, se hizo evidente que, a pesar de las regulaciones existentes, los niveles de ciertos contaminantes, especialmente los óxidos de nitrógeno (NOx), seguían siendo perjudicialmente altos en muchas áreas urbanas. Estos contaminantes son especialmente preocupantes debido a su capacidad para provocar problemas respiratorios y contribuir a la formación de smog urbano⁸.

Especificaciones y detalles:

Euro 5 introdujo límites más estrictos para varios contaminantes, pero fue especialmente rigurosa con respecto a los NOx emitidos por vehículos diésel. Estos vehículos, aunque son conocidos por su eficiencia de combustible, son también grandes emisores de NOx. Bajo esta normativa, los vehículos diésel ligeros, como los furgones de carga, tuvieron un límite de emisión de 180 mg/km para NOx, en comparación con los 250 mg/km permitidos bajo Euro 4⁹.

Sin embargo, este avance no estuvo exento de desafíos. Aunque Euro 5 buscaba abordar el problema de las emisiones de NOx, también llevó a algunos

⁸ European Environment Agency (EEA), 2016: Explaining road transport emissions.

⁹ European Commission, 2007: Reglamento (UE) 2017/1151 de la Comisión, de 1 de junio de 2017, que complementa el Reglamento (CE) n.º 715/2007 del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre la homologación de tipo de los vehículos de motor por lo que se refiere a las emisiones procedentes de turismos y vehículos comerciales ligeros (Euro 5 y Euro 6).

fabricantes a priorizar la eficiencia del combustible sobre la reducción de emisiones. Esto se evidenció en el consumo medio de combustible observado en los furgones, que oscilaba entre 10-12 l/100km. Si bien esta cifra mostraba una mejora en términos de eficiencia de combustible, el equilibrio entre eficiencia y reducción de emisiones se convirtió en un punto focal en las discusiones sobre la normativa Euro 6.

Impacto y desafíos:

A pesar de sus objetivos ambiciosos, Euro 5 enfrentó críticas por no ser lo suficientemente efectiva en condiciones de conducción del mundo real. Los protocolos de prueba en laboratorio no siempre reflejaban las emisiones reales de los vehículos en carreteras abiertas, lo que llevó a discrepancias entre las emisiones certificadas y las emisiones reales (Jiménez et al., 2019).

Sin embargo, es indiscutible que Euro 5 ha establecido un precedente para las normativas futuras y ha desencadenado un cambio en la dirección correcta. A pesar de sus desafíos, ha sido un paso crucial en la transición hacia una movilidad más limpia y sostenible en Europa.

3.1.1.2.EURO 6

Introducción y contexto:

La normativa Euro 6, que entró en vigor en 2014, se puede describir como una respuesta proactiva y avanzada de la Unión Europea a los crecientes desafíos ambientales y de salud pública asociados con la contaminación vehicular. Tras las lecciones aprendidas con la normativa Euro 5 y con una comprensión más profunda de la relación entre vehículos diésel, NOx y partículas, Euro 6 se estableció como un estándar riguroso con límites de emisión más estrictos, específicamente para vehículos diésel (European Environment Agency, 2016).

Especificaciones y detalles:

Mientras que Euro 5 había reducido el límite de emisión de NOx en vehículos diésel a 180 mg/km, Euro 6 dio un paso más al fijar este límite en 80 mg/km, lo que representa una disminución significativa del 55%. Además, esta norma introdujo un nuevo límite para las emisiones de partículas en vehículos diésel de

4.5x10¹¹ partículas/km. Estos límites, aunque desafiantes, se establecieron para impulsar la innovación en tecnologías limpias y sistemas de post-tratamiento de los gases de escape (Mock, P. et al., 2013).

Uno de los desarrollos más notables en vehículos Euro 6 diésel es el uso de sistemas de reducción catalítica selectiva (SCR) que utilizan AdBlue, una solución de urea, para convertir los NOx en nitrógeno y agua. Esta tecnología ha demostrado ser altamente efectiva en la reducción de emisiones de NOx en condiciones reales de conducción.

Impacto y resultados:

Varios estudios han comparado las emisiones de vehículos Euro 6 con las de sus predecesores. Vojtíšek-Lom, M. et al. (2018) encontraron que, a pesar de tener consumos similares a los vehículos Euro 5, los vehículos Euro 6 emiten hasta un 60% menos de NOx. Esta reducción en emisiones ha tenido un impacto palpable en la calidad del aire en áreas urbanas, especialmente en ciudades con una alta densidad de tráfico.

Sin embargo, es importante señalar que, a pesar de estas mejoras, los vehículos diésel todavía crean polémica debido a sus emisiones de partículas finas y ultrafinas que pueden no ser capturadas completamente por los sistemas de filtrado.

3.1.1.3.EURO 7

Aunque todavía en fase de discusión y desarrollo, se espera que la normativa Euro 7 establezca estándares de emisión casi nulos para contaminantes, lo que podría representar un cambio radical en la tecnología de motores y sistemas de post-tratamiento. Los estudios preliminares sugieren que esta regulación podría llevar a un alejamiento de los combustibles fósiles en favor de soluciones más sostenibles (Krajinska, 2021).

3.1.2. ELÉCTRICAS

La adopción de furgones eléctricos en el panorama vehicular moderno marca un paso adelante hacia una movilidad más limpia y sostenible. Estos vehículos, alimentados exclusivamente por baterías y sin dependencia de combustibles fósiles, tienen el potencial de reducir significativamente las emisiones de gases de efecto invernadero y otros contaminantes atmosféricos. Al carecer de un motor de combustión interna, los furgones eléctricos ofrecen una operación silenciosa, contribuyendo también a la reducción de la contaminación acústica, un aspecto especialmente valioso en entornos urbanos.

La métrica principal para evaluar la eficiencia de estos vehículos es el consumo energético, generalmente expresado en kWh/100 km. Es común encontrar que muchos furgones eléctricos actuales presentan consumos en el rango de 20-30 kWh/100 km, aunque estos valores pueden variar dependiendo del tamaño del vehículo, el tipo y la capacidad de la batería, y otros factores técnicos y ambientales. Estos datos sugieren que, en términos de eficiencia energética, los furgones eléctricos tienen una ventaja notable en comparación con sus equivalentes de combustión, especialmente al considerar que la electricidad puede provenir de fuentes renovables.

Sin embargo, no todo es optimista en el mundo de los furgones eléctricos. La autonomía, o la distancia que un vehículo puede recorrer con una carga completa de batería, ha sido tradicionalmente una de las principales barreras para una adopción masiva. Las primeras versiones de furgones eléctricos solían ofrecer autonomías limitadas, adecuadas para recorridos urbanos cortos, pero insuficientes para rutas más largas o trabajos de entrega extensiva.

Afortunadamente, este escenario está evolucionando de manera positiva. Avances recientes en la tecnología de baterías, incluyendo densidades energéticas más altas y técnicas de carga rápida, están ampliando significativamente las autonomías de los furgones eléctricos. Así, como se ha visto en capítulos anteriores, modelos actuales en el mercado ya están rompiendo la barrera de los 300 km con una sola carga, y se espera que esta cifra continúe aumentando en los próximos años. Además, la expansión de las

infraestructuras de carga y la disminución en los tiempos requeridos para recargar las baterías están mejorando la viabilidad de los furgones eléctricos para una amplia variedad de aplicaciones de transporte de carga.

3.1.3. HÍBRIDAS

En la búsqueda constante de soluciones más ecológicas y eficientes para el transporte, las furgonetas híbridas han emergido como una respuesta intermedia entre los vehículos totalmente eléctricos y los tradicionales de combustión interna. Estos vehículos, equipados con dos tipos de propulsores, ofrecen la posibilidad de adaptarse a diferentes escenarios y demandas operacionales, equilibrando eficiencia energética con versatilidad en la autonomía.

El principio detrás de los vehículos híbridos es sencillo, pero altamente efectivo. En situaciones donde la eficiencia de un motor eléctrico es óptima, como en el tráfico lento de las ciudades o en recorridos cortos, el vehículo opera principalmente con su motorización eléctrica, reduciendo así las emisiones y el consumo de combustible. Sin embargo, para recorridos más largos o cuando se necesita más potencia, el motor de combustión interna entra en juego, asegurando que el vehículo no quede limitado por la autonomía de la batería.

Si bien los consumos de combustible pueden variar dependiendo del modelo y de la gestión del sistema híbrido, la literatura sugiere una mejora notable en la eficiencia. Van Dijck (2007) indica que muchos vehículos híbridos logran un mayor ahorro de carburante para un aprovechamiento óptimo de las reservas existentes. Esta mejora no solo se traduce en un ahorro económico para los operadores, sino que también contribuye significativamente a la reducción de emisiones contaminantes y gases de efecto invernadero.

A pesar de estas ventajas, es esencial señalar algunos desafíos que enfrentan los furgones híbridos. El primero es el peso adicional que introducen las baterías y el sistema eléctrico, lo que puede afectar la capacidad de carga del vehículo. Sin embargo, con los avances en tecnologías de batería y la tendencia hacia baterías

más ligeras y densas, este problema tiende a ser menos prominente en los modelos más recientes.

Además, el coste inicial de adquisición suele ser más alto para los furgones híbridos que para los convencionales. Pero este desembolso inicial puede verse compensado con el tiempo gracias al ahorro en combustible y, en algunos lugares, a incentivos gubernamentales que buscan promover tecnologías más limpias.

Cabe mencionar que no existen furgonetas gran volumen de propulsión híbrida las más grandes son la Ford Transit con varios modelos (diésel o gasolina) y la Volkswagen Multivan PHEV (gasolina).



Figura 2.1. Furgoneta híbrida Ford (Fuente: Ford)



Figura 2.2. Furgoneta híbrida Volkswagen (Fuente: Volkswagen)

3.2. ANÁLISIS FURGONETAS GRAN VOLUMEN

En el ámbito de la ingeniería automotriz y la movilidad sostenible, el diseño y eficiencia de vehículos comerciales, en particular furgonetas, ocupan un lugar prioritario en la investigación y desarrollo. Con la evolución tecnológica y la urgencia de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, el segmento de furgonetas está experimentando una transición notable hacia la electrificación. Este cambio no solo implica una adaptación en términos de propulsión, sino también en la optimización de espacio, carga útil, autonomía y sistemas eléctricos integrados.

Como queda reflejado, las furgonetas se valoran cada vez más en el uso alternativo de la camperización. La adaptación de furgonetas para servir como unidades habitables móviles plantea desafíos y oportunidades únicos desde una perspectiva de ingeniería. La integración de sistemas eléctricos adicionales, la gestión eficiente de la energía y el diseño ergonómico son solo algunas de las consideraciones clave en este contexto.

Esta sección se centra en un análisis técnico detallado y comparativo de furgonetas diésel y eléctricas, como la Fiat Ducato, Mercedes Sprinter,

Volkswagen Crafter y Ford Transit. Se examinarán parámetros esenciales como eficiencia energética, emisiones, capacidad de carga y autonomía. Además, se abordarán las especificidades y desafíos de la camperización en cada modelo. Es importante destacar que este análisis se ha fundamentado en documentos oficiales y fichas técnicas proporcionadas por los fabricantes, garantizando así un rigor técnico en la información presentada.

3.2.1. FIAT DUCATO/ E-DUCATO

- Diésel

Emisiones CO2: cumple con la normativa Euro 6. (183 g/km)

Consumo aproximado: 8-10 l/100km (dependiendo del modelo y las condiciones de uso).

Precio aproximado: a partir de 30.000 € (varía según la configuración).

Autonomía: alrededor de 800 km.

- Eléctrica

Emisiones: 0 g/km.

Consumo aproximado: 25-30 kWh/100 km.

Precio aproximado: a partir de 60.000 € (varía ampliamente según incentivos y subsidios locales).

Autonomía: hasta 360 km (versión de 79 kWh).

3.2.2. IVECO DAILY/ eDAILY

- Diésel

Emisiones CO2: cumple con la normativa Euro 6. (194 g/km)

Consumo aproximado: 7-10 l/100 km (dependiendo del modelo y las condiciones de uso).

Precio aproximado: a partir de 33.000 € (varía según la configuración).

Autonomía: alrededor de 850 km.

- Eléctrica

Emisiones: 0 g/km.

Consumo aproximado: 28-33 kWh/100 km.

Precio aproximado: a partir de 68.000 € (varía ampliamente según incentivos y subsidios locales).

Autonomía: hasta 300 km (versión de 76 kWh).

3.2.3. MERCEDES SPRINTER/ eSPRINTER

- **Diésel**

Emisiones CO2: cumple con la normativa Euro 6. (241 g/km)

Consumo aproximado: 9-10 l/100 km.

Precio aproximado: a partir de 35.000 €.

Autonomía: alrededor de 900 km.

- **Eléctrica**

Emisiones: 0 g/km.

Consumo aproximado: 27-32 kWh/100 km.

Precio aproximado: a partir de 65.000 €.

Autonomía: hasta 150 km (depende del tamaño de la batería).

3.2.4. VOLKSWAGEN CRAFTER/ E-CRAFTER

- **Diésel**

Emisiones CO2: cumple con la normativa Euro 6. (221 g/km)

Consumo aproximado: 7-10 l/100 km.

Precio aproximado: a partir de 32.000 €.

Autonomía: alrededor de 800 km.

- **Eléctrica**

Emisiones: 0 g/km.

Consumo aproximado: 26-31 kWh/100 km.

Precio aproximado: a partir de 70.000 €.

Autonomía: hasta 160 km.

3.2.5. FORD TRANSIT/ E-TRANSIT

- Diésel

Emisiones CO2: cumple con la normativa Euro 6. (170 g/km)

Consumo aproximado: 7-9 l/100 km.

Precio aproximado: a partir de 30.000 €.

Autonomía: alrededor de 800-900 km.

- Eléctrica

Emisiones: 0 g/km.

Consumo aproximado: 29-33 kWh/100 km.

Precio aproximado: a partir de 65.000 €.

Autonomía: hasta 350 km (dependiendo de la versión de la batería).

Para el valor de las emisiones de CO2 se ha tenido en cuenta el modelo actual de similares características en todas las marcas, se observa que el rango de emisiones está entre 170-241 g/km siendo Ford la marca con las emisiones más bajas y Mercedes la marca con las emisiones más altas. Por otro lado es evidente que por el momento las autonomías de las versiones eléctricas no tienen comparación con las versiones de combustible siendo la mayor autonomía de la versión eléctrica 360 km en el modelo e-Ducato de la marca Fiat sin embargo todos los modelos diesel tienen como mínimo 800 km de autonomía y a esto se suma que los precios de las versiones eléctricas son al menos un 50% más caras, lo que no ayuda a fomentar su compra.

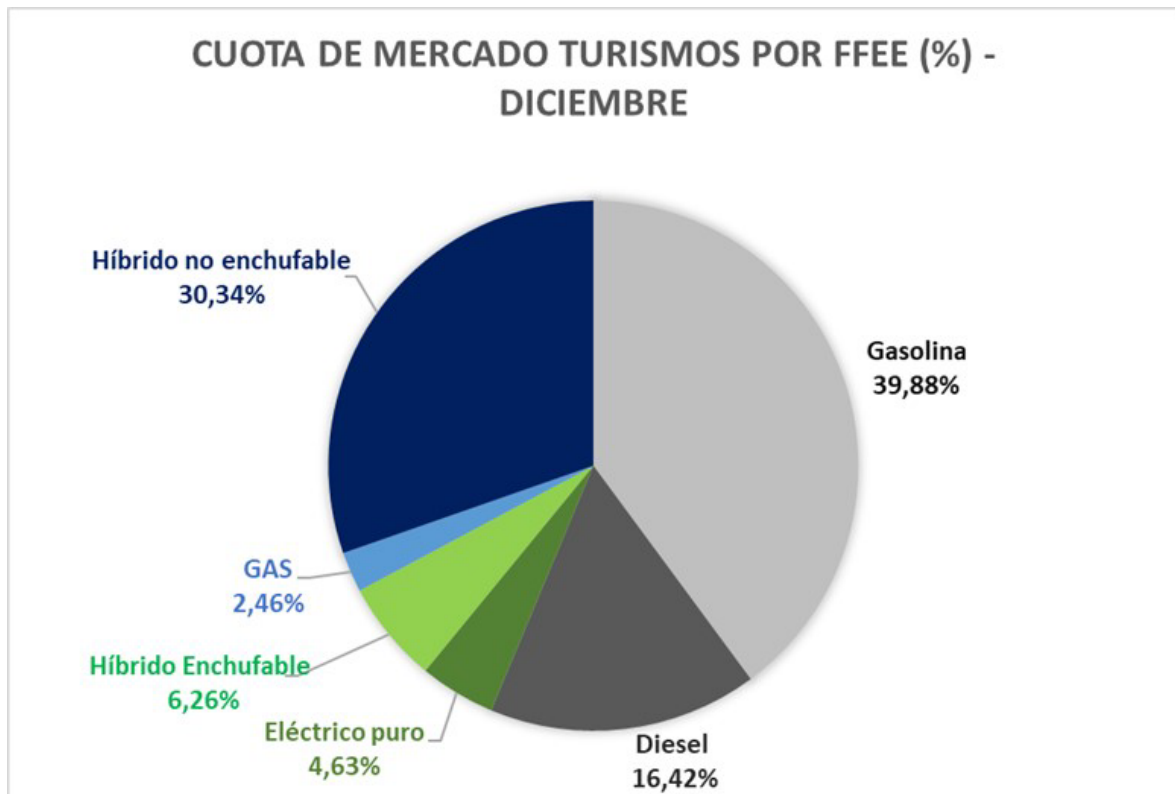


Figura 2.4. Cuota de mercado por fuente de energía julio 2022 (Fuente: Anfac)

Aunque las ventas de vehículos eléctricos en España han aumentado solo en julio un 50% según la Anfac (2023), en la figura 2.4. se observa que aún se venden más vehículos de combustión, siendo los más vendidos los gasolina con un 42,40 %. Además con respecto a otros países de Europa, España junto a Italia son los de menos porcentaje en cuota de matriculación de vehículos eléctricos, como se observa en la figura 2.5.

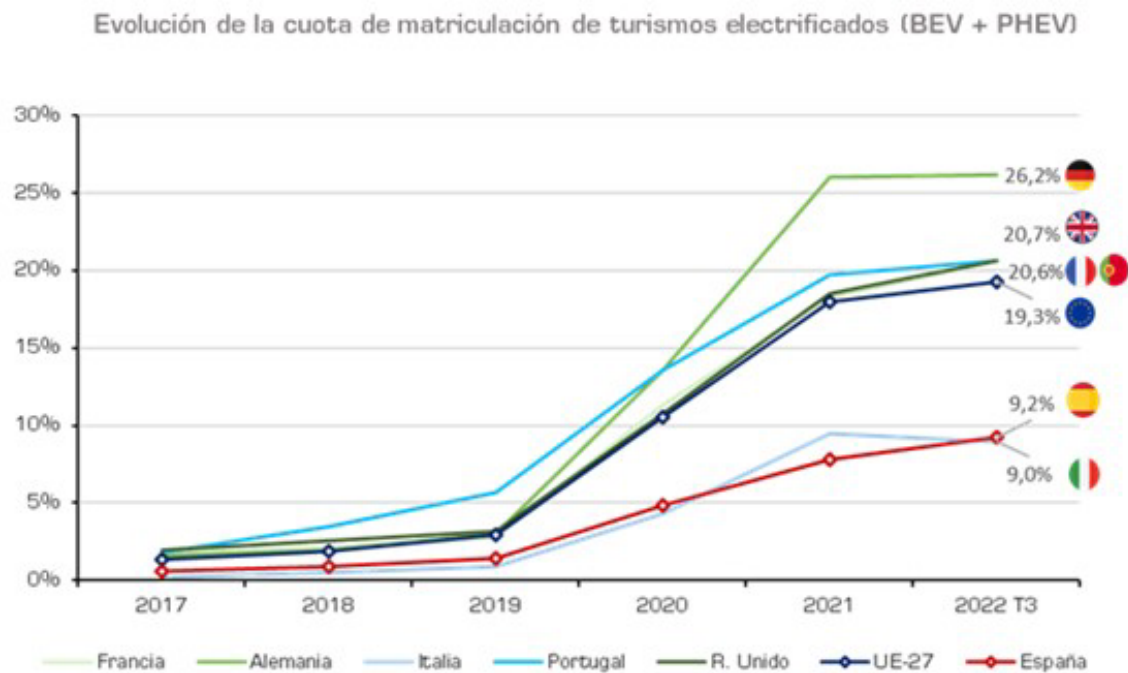


Figura 2.5. Gráfica cuota matriculación europea (Fuente: Anfac)

3.3.COMPARACIÓN CON LA DECADA ANTERIOR

La última década ha sido testigo de avances tecnológicos y cambios regulatorios en la industria automovilística, impactando de forma significativa el segmento de furgones de gran volumen. Este período, marcado por la imperativa necesidad de sostenibilidad y adaptabilidad, ha visto una transformación en la forma en que se utilizan estos vehículos, tanto en el tejido empresarial como en el logístico.

Las regulaciones ambientales han jugado un papel fundamental en esta transición. Hace una década, en la era de la normativa Euro 5, que, si bien representó un paso adelante en la reducción de emisiones en su momento, estaba lejos de los estándares actuales. El panorama dominante de entonces ha evolucionado, transicionando hacia la normativa Euro 6, que ha supuesto un endurecimiento en los límites permitidos de emisiones, especialmente en términos de NOx y partículas nocivas. El futuro cercano también vislumbra la inminente introducción de Euro 7, que aspira a establecer parámetros de emisión prácticamente nulos.

Aunque el rango de consumo para motores diésel no ha sufrido cambios significativos, la implementación de sistemas anti contaminación y gestión del motor ha optimizado la eficiencia global de estos vehículos. Ello contrasta con la situación de hace una década, cuando la tecnología auxiliar no estaba tan difundida y la eficiencia energética no era una prioridad tan marcada.

Adicionalmente, el mercado de furgones de gran volumen ha vivido una diversificación en términos de modelos y opciones disponibles. Modelos icónicos como el Fiat Ducato, Ford Transit, Peugeot Boxer, Iveco Daily y MAN TGE, que antes eran mayormente valorados por su espacio de carga y robustez, ahora ofrecen variantes más sostenibles, con opciones eléctricas incorporadas en su gama.

Desde una perspectiva económica, el coste total de propiedad (TCO) de los furgones ha sufrido cambios notables, especialmente en lo que concierne a los furgones eléctricos. Si bien la inversión inicial en estos vehículos todavía puede ser alta, los costes operativos y de mantenimiento han disminuido significativamente, lo que contrasta con la percepción de hace una década.

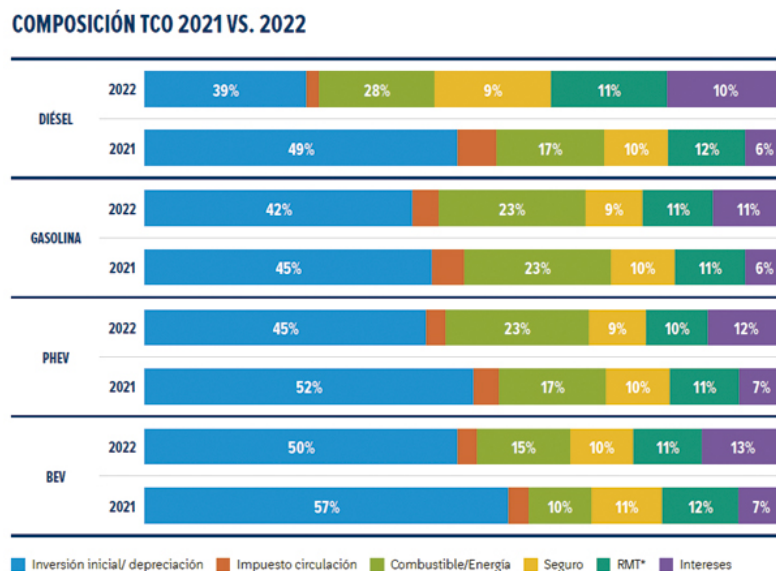


Figura 2.6. TCO 2021 vs 2022 (Fuente: aegfanews)

3.4.LO QUE SE ESPERA EN UN FUTURO

En el umbral de una nueva década, la industria de furgones de gran volumen se encuentra en una encrucijada de innovaciones y desafíos. Los avances tecnológicos, junto con las crecientes demandas ambientales y de sostenibilidad, presagian un futuro donde estos vehículos no solo serán más eficientes y limpios, sino también más integrados en sistemas de movilidad avanzados y redes logísticas más inteligentes.

Uno de los mayores cambios anticipados es el ascenso continuado de la electrificación. A medida que las infraestructuras de recarga se expanden y las tecnologías de baterías se vuelven más avanzadas, es probable que la autonomía y la viabilidad económica de los furgones eléctricos mejoren sustancialmente. Derivado de lo anterior se puede esperar una proliferación de modelos totalmente eléctricos, con rangos que desafíen o incluso superen a los de sus homólogos de combustibles fósiles. La adopción masiva de furgones eléctricos podría ser una realidad, especialmente en zonas urbanas donde las emisiones y la calidad del aire son preocupaciones primordiales.

Paralelamente, los avances en tecnologías híbridas y en combustibles alternativos, como el hidrógeno, podrían ofrecer soluciones intermedias, especialmente para operaciones que requieren mayores distancias o cargas pesadas. Estos sistemas podrían combinar la eficiencia de la propulsión eléctrica con la versatilidad y el alcance de los motores de combustión interna, proporcionando lo mejor de ambos mundos.

Otro cambio significativo que se espera en el futuro es la adopción generalizada de tecnologías autónomas y conectadas. Los furgones de gran volumen podrían estar equipados con sistemas avanzados de asistencia al conductor, o incluso capacidades completamente autónomas, permitiendo operaciones más seguras y eficientes. Además, su conexión a redes inteligentes permitirá una coordinación logística optimizada, lo que se traducirá en rutas más eficientes, reducción de tiempos muertos y una mayor productividad.

En términos de regulaciones, la inminente introducción de la normativa Euro 7 proporciona una pista del futuro: estándares de emisión cada vez más estrictos,

que exigirán a los fabricantes innovar constantemente para cumplir con los límites. Las regulaciones también podrían favorecer incentivos fiscales o beneficios para aquellos que opten por soluciones más sostenibles.

Por otro lado, podría ser que la clave estuviera, no tanto en los vehículos en sí, sino en la infraestructura para los mismos. Un gran ejemplo es el proyecto sueco EVOlutionRoad¹⁰ que ofrece una infraestructura de carga para todos los vehículos eléctricos sin enchufes a través de la carretera por la que circulan, sus primeros tramos construidos bautizados con el nombre ELONROAD se encuentran en las ciudades suecas de Lund y Maristard, inaugurados en junio de 2020.



Figura 2.7. ELONROAD (Fuente: ELONROAD)

¹⁰ ELONROAD, 2019: ELONROAD Autocharge everywhere.

4. Camperización sostenible

4.1. NORMATIVA (MANUAL DE REFORMAS)

El proceso de modificación y personalización de vehículos en España está regido por una serie de regulaciones precisas diseñadas para garantizar tanto la seguridad del vehículo como del conductor y sus pasajeros. El Manual de Reformas es una herramienta esencial que orienta y regula este proceso. A continuación, se describen las consideraciones más destacadas y actuales sobre las reformas en vehículos de recreo.

Vehículos vivienda y sus regulaciones actuales:

Cuando se habla de vehículos vivienda, es importante mencionar que actualmente, la normativa española obliga a homologar prácticamente cada modificación realizada. Desde un cambio tan sencillo como instalar ventanas y claraboyas, hasta anclajes al chasis del vehículo, todas estas modificaciones deben cumplir con estrictos criterios y directrices. Esta normativa ha ido evolucionando, volviéndose más restrictiva con el tiempo, particularmente para los vehículos de nueva fabricación. Las razones detrás de esta rigurosidad radican en garantizar en principio la integridad estructural y la seguridad operativa del vehículo, además han empezado a restringir los pesos para disminuir las emisiones.

Consideraciones de peso:

Es esencial considerar el peso total del vehículo una vez realizadas las reformas. Los vehículos tienen una masa máxima autorizada (MMA) que no debe ser superada bajo ninguna circunstancia. Según el manual de reformas, en su última versión, “Cada ocupante del vehículo se estima en 75 kg”, y cuando se suma la tara del vehículo, junto con el peso de la camperización, “la cifra resultante no debe exceder la MMA”. Es importante recalcar que, para determinar el peso final de un vehículo camperizado, se deberá pesar con el tanque de combustible y el depósito de aguas limpias completamente llenos.

Aspectos relevantes en las reformas:

Gas: la instalación de sistemas de gas requiere la presentación de un boletín oficial emitido por el instalador. Además, es obligatorio seguir la normativa específica en la instalación y realizar revisiones periódicas cada 4 años.

Electricidad: a partir de 2022, cualquier modificación eléctrica en el vehículo necesita un boletín para su homologación.

Ventanas y claraboyas: estas deben contar con una homologación y deben estar identificadas con un número de referencia específico.

Electrodomésticos: cualquier aparato eléctrico que se desee incorporar debe estar previamente homologado para su uso e instalación en vehículos vivienda.

Calefacción: al igual que los electrodomésticos, los sistemas de calefacción deben contar con una homologación pertinente.

Accesorios adicionales: otros elementos, como bacas, bolas de remolque, snorkels y luces exteriores, entre otros, también necesitan pasar por un proceso de homologación, y cada uno debe tener su respectivo número de homologación.

4.2.MATERIALES

Selección y evaluación

En el proceso de camperización, la decisión respecto a la elección de materiales es una tarea imprescindible, que trasciende el ámbito meramente estético para incidir directamente en la funcionalidad, seguridad y durabilidad del vehículo adaptado. Estos vehículos, destinados a ser espacios habitables móviles, enfrentan retos distintos a los de una vivienda estática. Su resistencia a factores como vibraciones constantes, cambios meteorológicos, humedad y desgaste diario es esencial para garantizar su funcionalidad a largo plazo.

Contrachapado:

Tradicionalmente, el contrachapado ha sido el material predilecto en la industria de la camperización, y su elección responde a una serie de ventajas inherentes a este material compuesto.

Contrachapado de chopo: investigaciones en la industria maderera han destacado las propiedades del chopo en cuanto a su ligereza y flexibilidad

(Hernanz, 2000). Esta característica le confiere una ventaja en términos de reducción de peso total del vehículo y adaptabilidad.

Contrachapado de pino: varios estudios han demostrado que el pino, al ser más denso que el anterior material, ofrece una resistencia mecánica superior, lo que puede traducirse en una mayor durabilidad en condiciones adversas (Rodríguez, 2008).

Contrachapado de abedul: a pesar de su elevado coste, el abedul presenta un equilibrio entre resistencia y ligereza, lo que lo convierte en una opción válida para determinados proyectos (Queipo, et al. 2010).

Madera de paulownia:

Comúnmente conocida como “el aluminio de las maderas” (Zhu, 1981), el surgimiento de la paulownia como material en la camperización se apoya en investigaciones recientes que destacan sus características únicas (Cáceres, 2016).

Características físicas: cabe destacar la homogeneidad de la madera de paulownia y la ausencia de nudos con una densidad promedio de 265-280 kg/m³, aproximadamente la mitad de la densidad que la madera de pino.

Propiedades mecánicas: la resistencia a la compresión, flexión estática y el módulo de elasticidad de la paulownia la sitúan como una madera con alta capacidad resistente.

Trabajabilidad y resistencia: la facilidad de trabajo de la paulownia, combinada con su resistencia intrínseca a la humedad, la posicionan como una opción superior en ambientes húmedos y cambiantes.

Conclusión y decisión

Si bien el contrachapado sigue siendo un recurso valioso en la camperización, valorar el uso de madera de paulownia puede ofrecer ventajas significativas en términos de peso, resistencia y adaptabilidad. Por lo tanto, para este proyecto, se ha tomado la decisión informada de emplear madera de paulownia, concretamente de 18mm de grosor, anticipando que esta elección maximizará la durabilidad, funcionalidad y sostenibilidad de la camperización, además de reducir su peso.

4.3.DISEÑO

La camperización de vehículos supone un desafío técnico donde convergen áreas de ingeniería, diseño y funcionalidad práctica. La consecución de un diseño óptimo va más allá de cuestiones estéticas y preferencias personales; radica en identificar y satisfacer las necesidades específicas, teniendo en cuenta las capacidades técnicas y limitaciones del vehículo en cuestión. Un diseño adecuado se centra en el usuario final y en el contexto operativo del vehículo.

El diseño de la furgoneta a camperizar demanda una elección adecuada del vehículo base, considerando las dimensiones específicas para la adaptación. Las dimensiones más comunes en las camperizaciones son L2 H3, que corresponde aproximadamente a 2,55 m de altura y 6 m de longitud, aunque estas cifras pueden variar según el fabricante.

Es fundamental recordar que una furgoneta camperizada suele operar con su capacidad máxima de carga en la mayoría de los recorridos. Además, la distribución de peso tiende a concentrarse en la parte posterior. Por ello, desde una perspectiva de ingeniería mecánica, se recomienda una tracción en la parte trasera para una operación óptima.

Los únicos fabricantes que ofrecen vehículos con estas características son Iveco y Mercedes. Sin embargo, al contrastar los costes y las emisiones de CO₂, Iveco se destaca como la opción preferente. En particular, el modelo diesel de Iveco equipado con el sistema SCR (utilizando Adblue) y la doble recirculación de los gases de escape (EGR) cumple con los criterios de diseño y sostenibilidad establecidos.

El diseño de furgón vivienda presentado, se centra en ofrecer una solución autónoma y versátil, idónea para adaptarse a distintas necesidades y condiciones climáticas. Los elementos clave de este diseño son:

Autonomía: el vehículo está proyectado para ser completamente autónomo, con la capacidad de permanecer largas estancias sin depender de infraestructuras externas. Esto se logra mediante la incorporación de un sistema solar y una amplia capacidad de almacenamiento de agua, garantizando suministro eléctrico y agua potable durante al menos una semana sin necesidad de reabastecimiento.

Versatilidad: el proyecto busca garantizar autonomía operativa, permitiendo adaptación a diversas condiciones climáticas y estancias prolongadas sin recurrencia a infraestructuras externas.

Seguridad, espacio y aislamiento: con el objetivo de garantizar seguridad y optimizar el uso del espacio, la cabina de conducción se mantendrá separada del área habitable mediante una mampara de seguridad, una característica común en furgones de carga. De esta manera además se ayuda a proporcionar un aislamiento térmico y sonoro óptimo al evitar las lunas delanteras. Esta configuración determina una capacidad máxima de tres pasajeros.

Ergonomía y funcionalidad: se prioriza la integración de elementos que potencien la comodidad, como una cama permanente y un baño con ducha, asegurando una gestión eficiente del espacio disponible.

Procedimiento y herramientas de diseño:

Para la elaboración de prototipos se ha recurrido a herramientas digitales avanzadas, en particular SketchUp, permitiendo agilizar el proceso y visualizar diversas configuraciones espaciales. A través de sucesivos diseños y ajustes de los mismos, se han generado propuestas optimizadas que sintetizan y materializan las especificaciones técnicas y funcionalidades deseadas para la camperización.

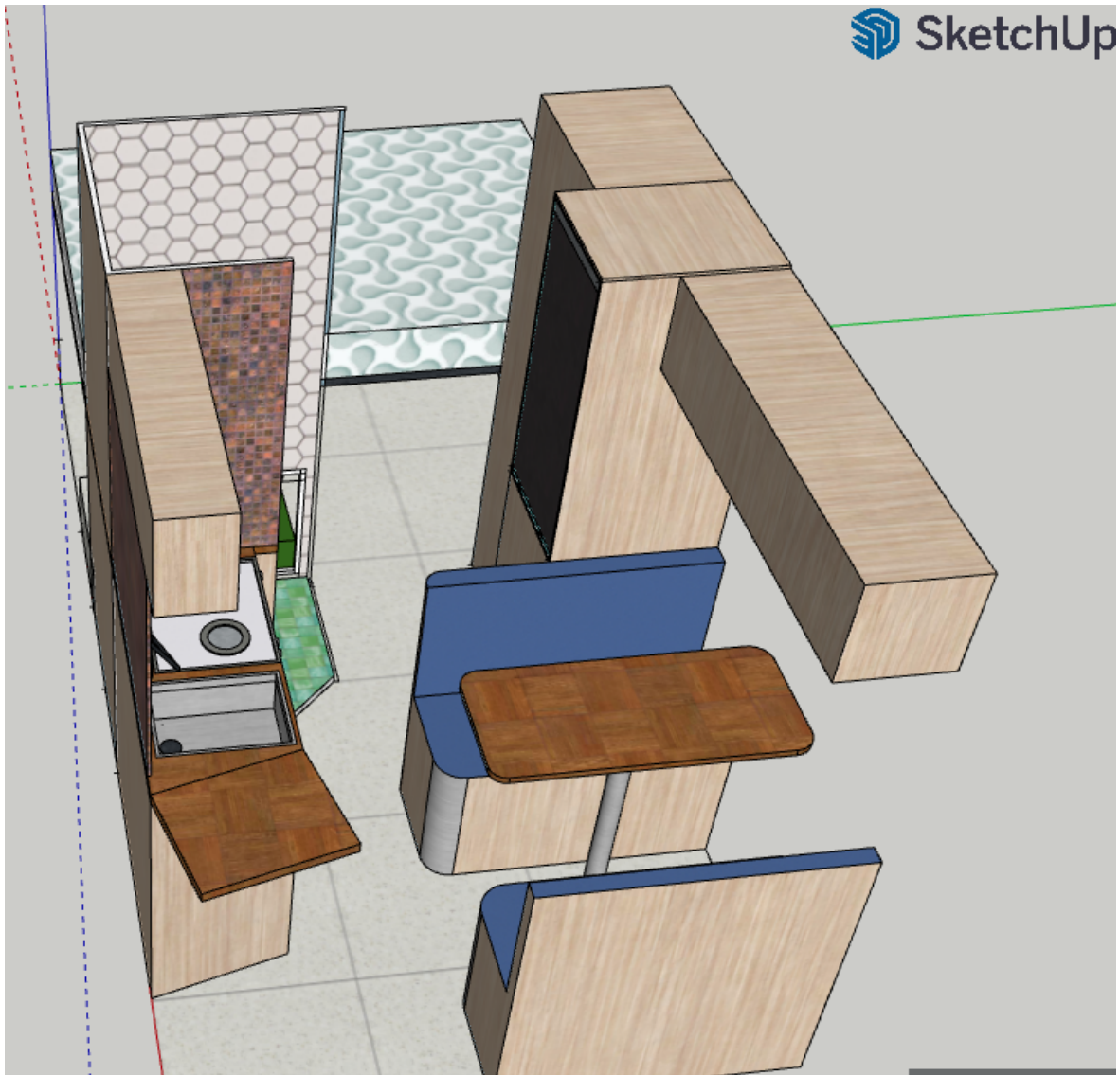


Figura 3.1. Diseño 1 SketchUp (Fuente: Elaboración propia)

El diseño 1, (Figura 3.1), presenta un salón comedor enfrentado en la parte delantera izquierda, cocina completa en la parte delantera derecha, baño completo en la parte central derecha, nevera y armario ropero con colgador en la parte central izquierda y una cama doble fija en la parte trasera con un gran maletero debajo de la misma.

En este caso, se ha descartado el modelo, ya que las medidas del comedor no son suficientes para convertirlo en cama por lo que habría tres plazas para viajar y dos para dormir que no es lo que se buscaba.

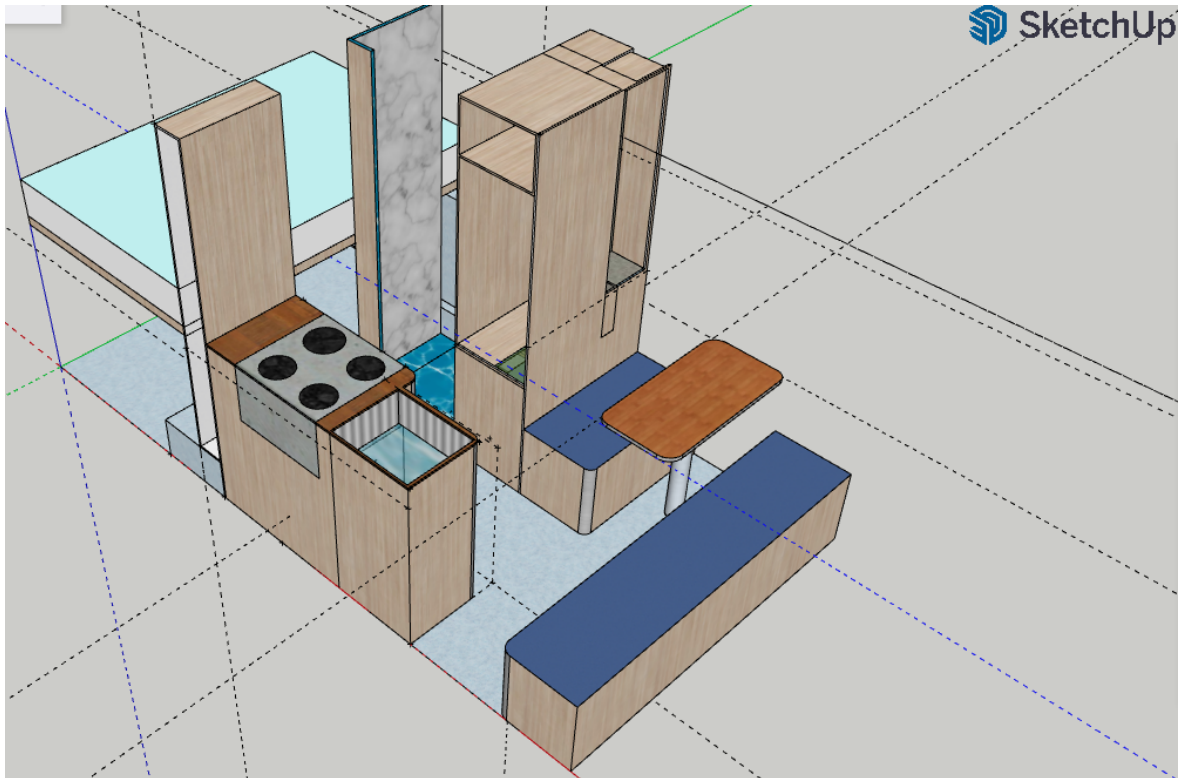


Figura 3.2. Diseño 2 SketchUp (Fuente: Elaboración propia)

El diseño 2, (Figura 3.2), presenta un salón comedor enfrentado en la parte delantera izquierda, cocina completa y armario ropero en la parte central derecha, baño completo y armarios en la parte central izquierda y una cama doble fija en la parte trasera con un gran maletero debajo de la misma.

En este caso se ha descartado el modelo por la dificultad para hacer el comedor convertible en cama, ya que habría que poner una estructura en el pasillo de entrada de la puerta lateral lo que impediría la entrada a la furgoneta.

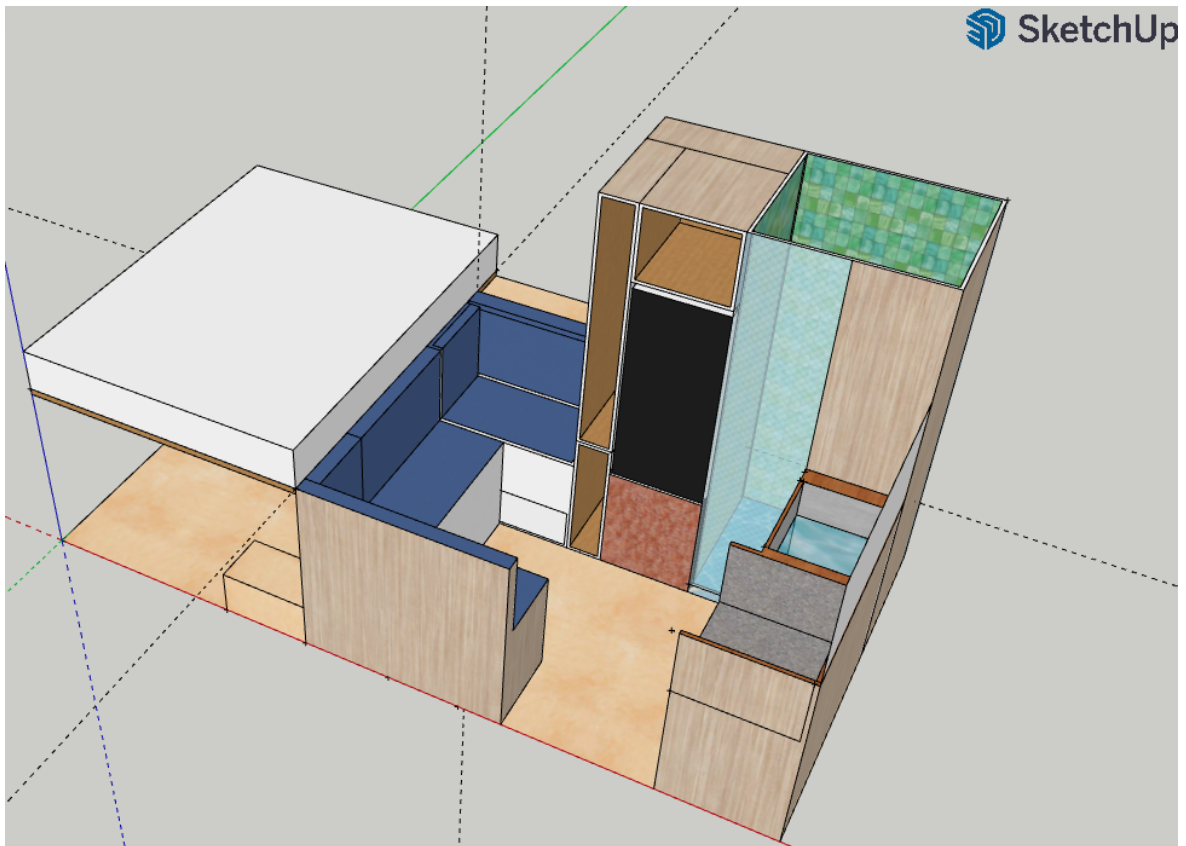


Figura 3.3. Diseño 3 SketchUp (Fuente: Elaboración propia)

El diseño 3, (Figura 3.3), presenta un salón comedor en forma de “U”, un armario ropero, almacenamiento y nevera en la parte central, cocina completa parte delantera derecha, baño completo en la parte delantera izquierda y una cama doble fija en la parte trasera con un gran maletero debajo de la misma. En este caso se ha descartado el modelo porque la mesa para el comedor estorba mucho y habría que quitarla cada vez que no se necesite. Además la entrada al baño es muy pequeña, lo que tampoco sería cómodo y el acceso interior al maletero sería imposible.

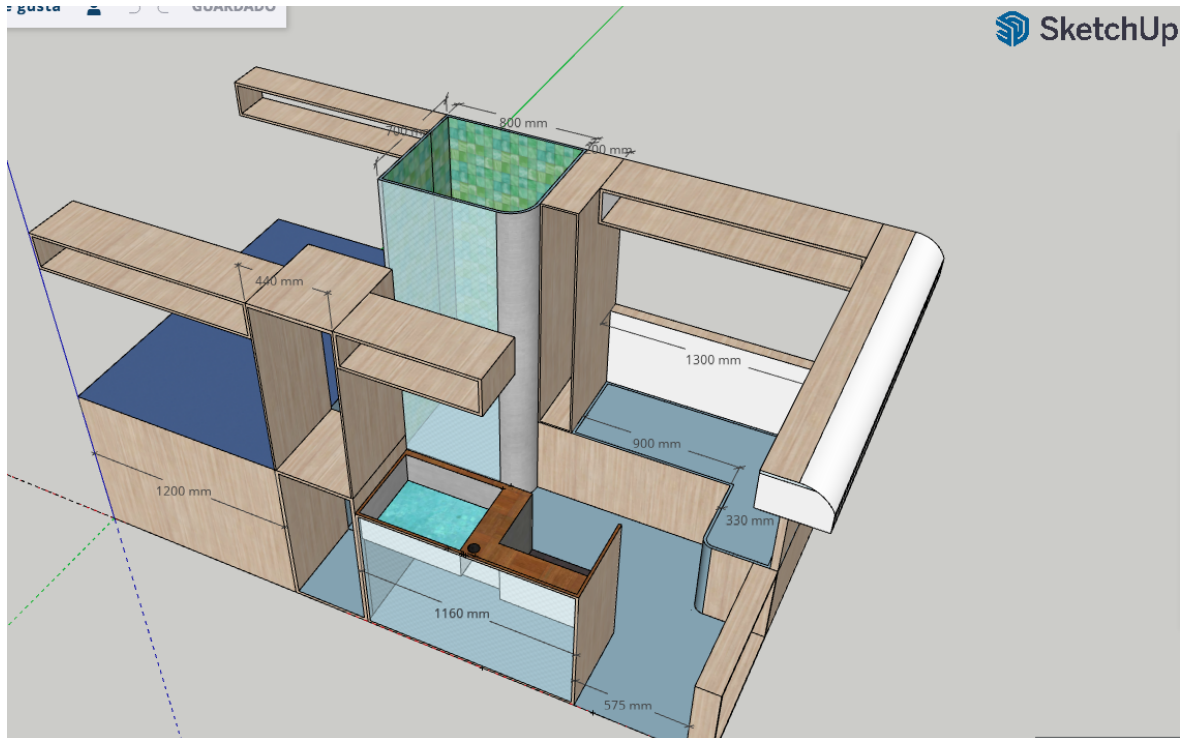


Figura 3.4. Diseño 4 SketchUp (Fuente: Elaboración propia)

El diseño 4, (Figura 3.4), presenta un salón comedor en forma de “L” en la parte delantera izquierda, un armario ropero y un baño completo en la parte central izquierda, cocina completa parte delantera derecha, y una cama doble fija en la parte trasera con un gran maletero debajo de la misma.

En este caso se ha descartado el modelo porque es imposible por falta de espacio hacer la segunda cama.

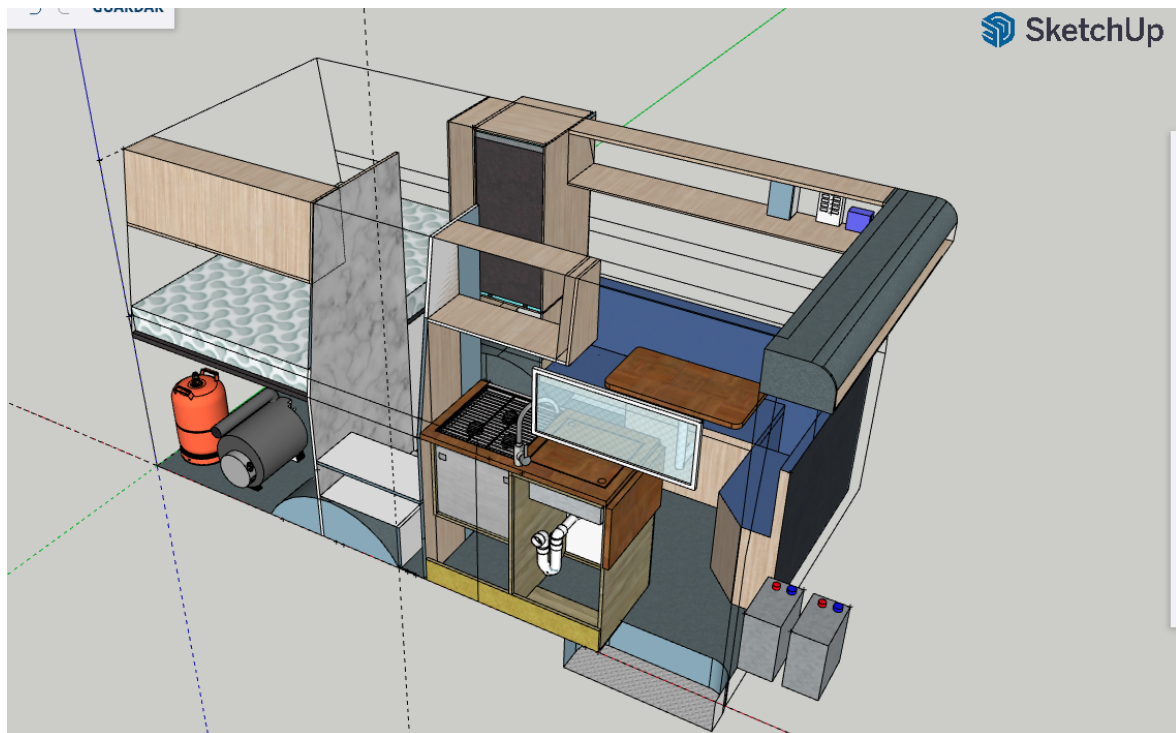


Figura 3.5. Diseño 5.1 SketchUp (Fuente: Elaboración propia)

El diseño 5, (Figura 3.5, 3.6 y 3.7), presenta un salón comedor en forma de “L” en la parte delantera izquierda, un armario ropero y frigorífico en la parte central izquierda, un baño completo en la parte central derecha, cocina completa parte delantera derecha, y una cama doble fija en la parte trasera con un gran maletero debajo de la misma con acceso al mismo también desde el interior de la furgoneta.

Este será el modelo escogido, ya que cumple con las condiciones iniciales pudiendo hacer una cama doble de 189cmx125cm en la parte trasera y el salón convertible en cama de 180cmx120cm, en la parte superior (figura 3.7) habrá dos claraboyas, una en la parte delantera que sería para el salón y otra en la parte trasera para la cama fija y, entre ambas, la placa solar. En la figura 3.8 se puede apreciar mejor la ubicación de cada parte.

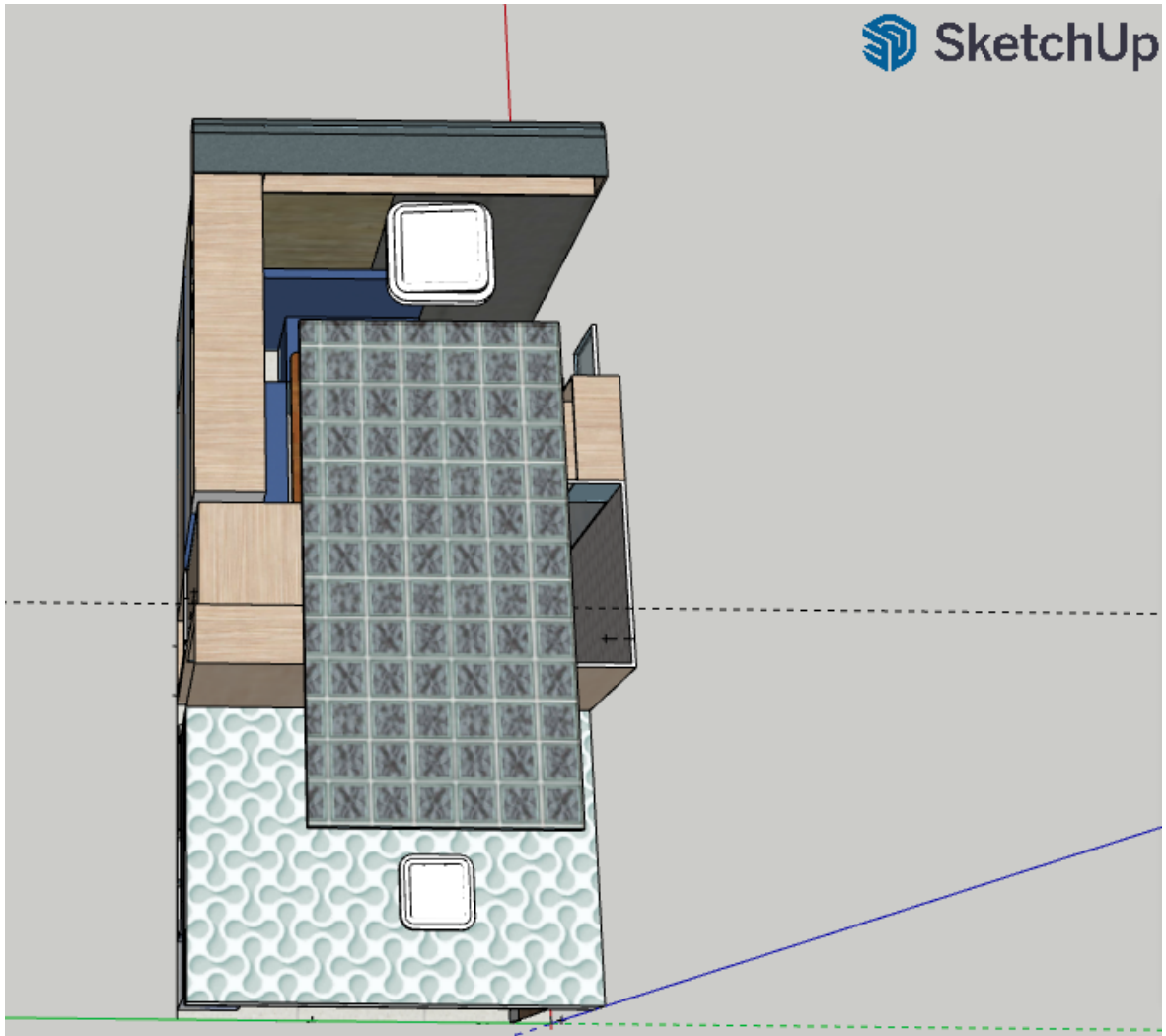


Figura 3.6. Diseño 5.2 SketchUp (Fuente: Elaboración propia)

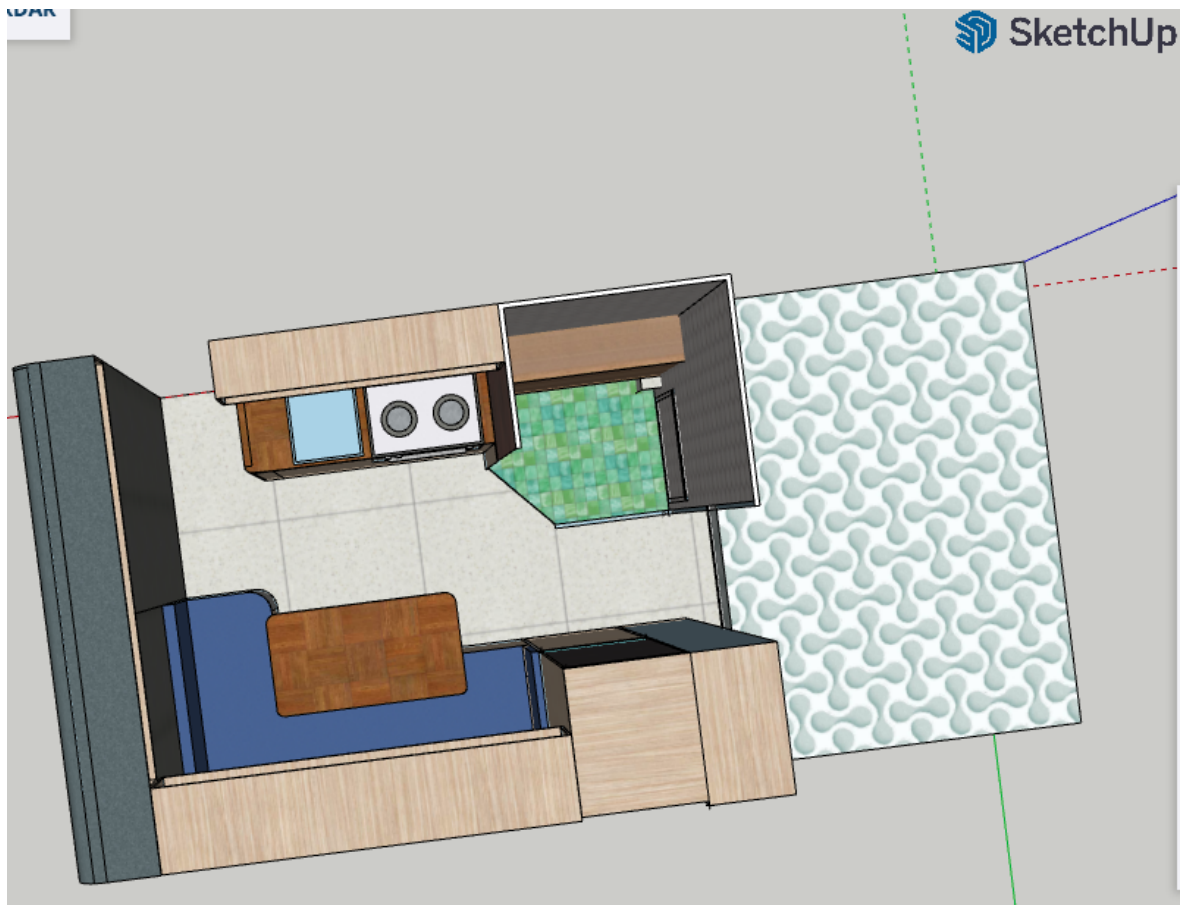


Figura 3.7. Diseño 5.3 (Fuente: Elaboración propia)

4.4.AISLAMIENTO

El aislamiento en este tipo de vehículos es muy importante, tanto el aislamiento térmico como el acústico y, debido a que la carrocería es de acero, se debe valorar de manera activa la prevención de su oxidación y deterioro tanto en interior como en exterior.

También se debe tener en cuenta el reto que supone el espacio reducido, por lo que es necesario encontrar un material que cumpla con las expectativas y que además lo haga en poco espacio. Otra necesidad que cubre el usar un aislamiento adecuado, es la de adaptar el vehículo para hacerlo versátil en cualquier tipo de climatología.

Los materiales más utilizados para este tipo de vehículos son:

Lana de Roca

La lana de roca es una lana mineral originada a partir de la roca. Tiene una conductividad térmica que oscila entre 0,033 y 0,040 W/m·K.

Ventajas:

- Económica.
- Procede de fuentes naturales.
- Excelente aislante térmico.
- Alta resistencia al fuego, clasificada como A1.
- Posee una vida útil estimada en 50 años.

Desventajas:

- Aunque es no hidrófilo, lo que significa que su rendimiento no se ve afectado ni se deteriora con la humedad y el agua, no retiene dichos elementos.
- Puede reducir ruidos ambientales, pero no destaca como aislante acústico.
- Es necesario el uso de guantes, mascarilla y gafas de protección durante su instalación para evitar lesiones con las fibras que se desprenden al manipularla.

Poliestireno Extruido (XPS)

Compuesto por un 95% de poliestireno y un 5% de gas, tiene una conductividad térmica que varía entre 0,029 y 0,036 W/m·K.

Ventajas:

- Económico.
- Resistente al moho, la corrosión y capaz de soportar grandes cargas.
- Puede ser reutilizado.
- Es altamente resistente al agua, actuando además como barrera de vapor.
- Mantiene sus propiedades intactas con el paso del tiempo.

Desventajas:

- Dada la estructura de las furgonetas, con nervios y muchas curvas, el aislamiento con placas de XPS puede resultar complejo si se busca optimizar el espacio.

Espuma de Poliuretano

Ventajas:

- Se adapta perfectamente a cualquier espacio debido a su capacidad de expansión, lo que lo hace ideal para los nervios internos de las furgonetas.

- Económica.
- Propiedades térmicas, hidrófugas y acústicas.
- Destaca por su excelente adherencia.

Desventajas:

- Sensible a los rayos ultravioleta.
- Es tóxico: al exponerse al fuego, libera cianuro de oxígeno, perjudicial para la salud.
- Se necesita equipo de protección para su aplicación, evitando la inhalación de partículas y el contacto con la piel.
- Material inflamable.

Kaiflex

Es un caucho sintético de celda cerrada que a 0°C tiene una conductividad térmica de 0,033 W/m·K.

Ventajas:

- Resistente al fuego.
- Fácil instalación gracias a su carácter autoadhesivo.
- Acabado antimicrobiano.
- Baja propagación de la llama en su superficie.
- Actúa como barrera de vapor.

Desventajas:

- Representa la opción más costosa entre los materiales analizados.
- Su eficacia es mayor a temperaturas bajas.

4.5.INSTALACIONES

4.5.1.GAS

Tipos de Gas y Sistemas de Almacenamiento

En el contexto de los furgones vivienda, predominan dos tipos de gases: propano y butano. La elección entre uno y otro suele depender de factores climáticos, dado que el propano resulta ser más eficiente en entornos fríos mientras que el butano es preferible en climas templados.

El almacenamiento de gas en estos vehículos es generalmente a través de botellas o cilindros cuya capacidad oscila entre los 5 y 15 kg. Existen modelos más contemporáneos (GLP) que integran sistemas de almacenamiento recargables en estaciones de servicio, facilitando su reposición.

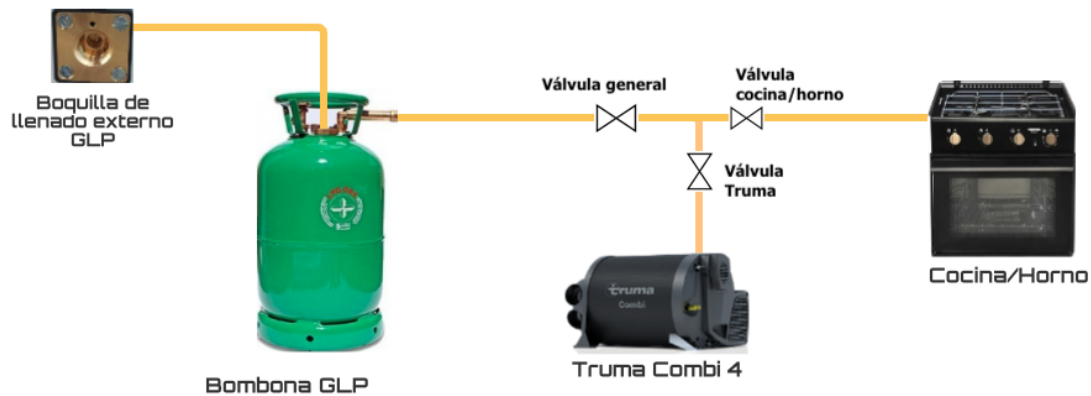


Figura 3.8. Esquema de la instalación de gas (Fuente: Elaboración propia)

La utilización de gas en vehículos habitables responde a criterios técnicos de eficiencia energética, comodidad y, sobre todo, seguridad. Su papel es fundamental al brindar soluciones de calefacción, agua caliente y cocina, especialmente en periodos fríos. Sin embargo, la integración de estos sistemas debe cumplir rigurosamente con normativas de seguridad y eficiencia.

Evaluación de fuentes de gas y características técnicas

Butano: Tradicionalmente preferido por su accesibilidad, el butano presenta la desventaja de solidificarse a 0 °C, lo que restringe su funcionalidad en ambientes de bajas temperaturas.

Propano: Este gas destaca por su resistencia a temperaturas extremadamente bajas, congelándose solo a -40 °C. Además, su alta eficiencia volumétrica permite un almacenamiento más extenso, resultando en una mayor durabilidad y un coste operativo reducido.

GLP (Gas Licuado de Petróleo): Esta opción, seleccionada para el proyecto, combina rendimiento y adaptabilidad. Se caracteriza por sus tanques ligeros de gran capacidad (26,3 l) y por su cómoda y sencilla forma de recarga sin

necesidad de extraer del depósito, facilitando la movilidad mediante boquillas adaptadoras para Europa. Es importante que el depósito tenga un sistema de seguridad integrado para limitar su llenado al 80%, ya que es el límite establecido por ley para repostar cilindros y tanques de vehículos por seguridad; por lo tanto, el depósito seleccionado es de 21 l útiles.

Proceso de instalación y criterios de homologación

La seguridad constituye el pilar principal en la integración de sistemas de gas:

Armario estanco: su diseño debe albergar el depósito en un compartimento sellado, accesible solo desde el exterior, garantizando así una óptima seguridad y facilitando el mantenimiento periódico.

Ventilación adecuada: la inclusión de una rejilla de ventilación en la base del armario estanco asegura que, en caso de posibles fugas, el gas se disperse adecuadamente, reduciendo potenciales riesgos.

Sistema de válvulas: la instalación debe incorporar una válvula general, así como controles independientes para cada dispositivo, garantizando un uso seguro y eficiente.

Certificación de componentes: todos los accesorios integrados en el sistema deben contar con homologaciones específicas para su uso en vehículos habitables.

Selección de equipos: la eficiencia y la optimización del espacio han orientado la elección hacia dispositivos de vanguardia:

Truma Combi 4: esta solución dual proporciona tanto calefacción como agua caliente, permitiendo operaciones simultáneas o independientes según las necesidades, optimizando el espacio y la energía.

Cocina Thetford: equipada con un quemador triple y un horno integrado, este equipo brinda versatilidad y alto rendimiento en la elaboración de alimentos.

4.5.2.AGUA

La gestión eficaz del agua en vehículos adaptados para la habitabilidad es muy importante de cara a asegurar un nivel óptimo de comodidad, operatividad y respeto medioambiental. La infraestructura asociada requiere una planificación

meticulosa, centrada en la durabilidad, eficiencia y adaptabilidad a las condiciones dinámicas de un vehículo en movimiento.

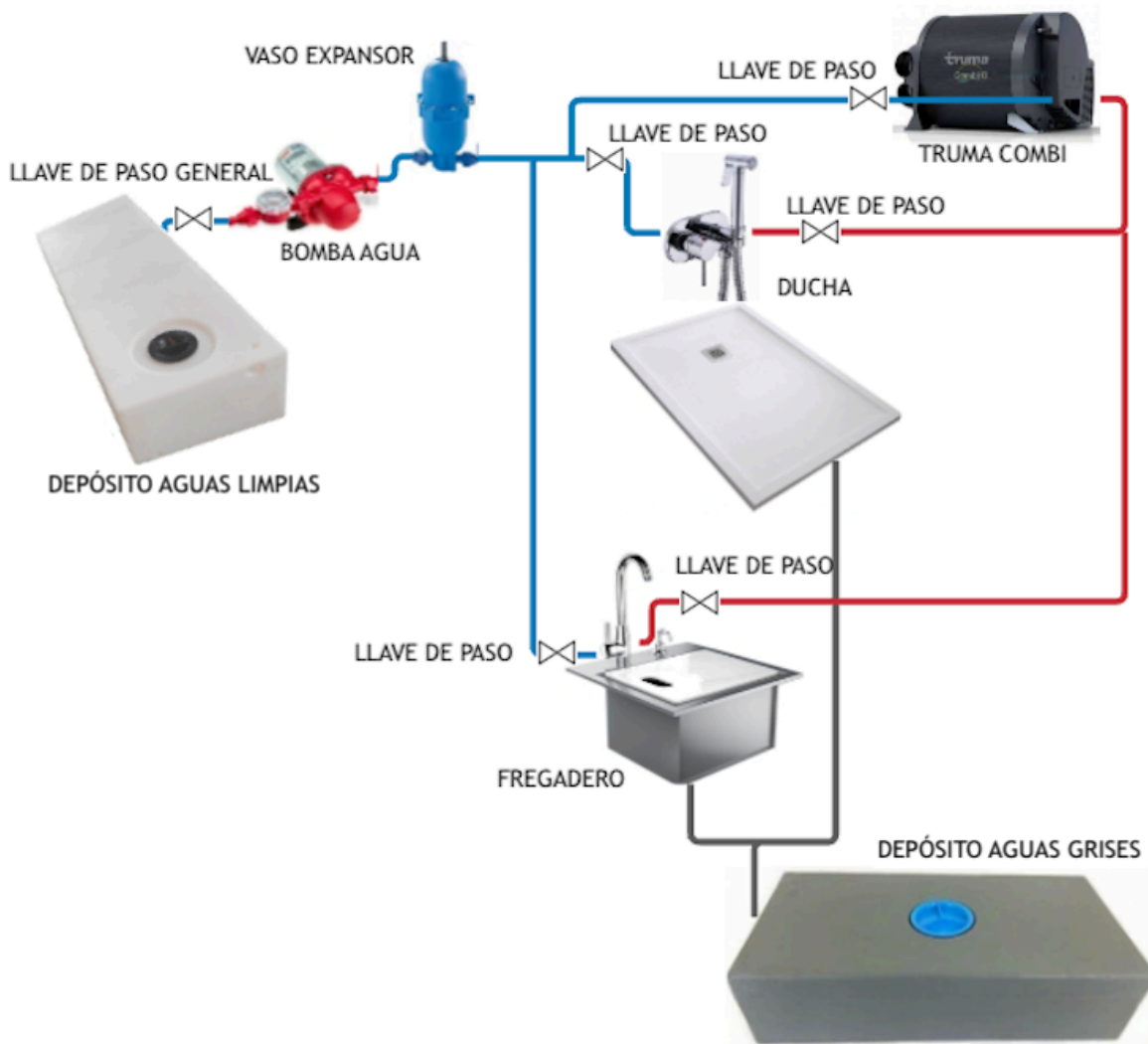


Figura 3.9. Esquema instalación agua (Fuente: Elaboración propia)

Elección de conductos de agua

Dada la necesidad de durabilidad y facilidad de mantenimiento, se opta por alejarse de las tuberías de cobre tradicionales, que demandan soldaduras en instalaciones y eventuales reparaciones. Se prioriza, en cambio, el sistema multicapa por sus atributos diferenciadores:

Practicidad y sencillez: facilita las intervenciones, tanto en instalación como en mantenimientos, eliminando las operaciones de soldadura.

Durabilidad: su resistencia a impactos, variaciones térmicas y vibraciones las posiciona como una elección acertada para condiciones vehiculares.

Mecanismos de presión de agua

La integración de una bomba de presión junto con un vaso expansor emula eficientemente los sistemas domésticos de distribución de agua. Este diseño autorregula la presión del agua, reactivando la bomba ante caídas de presión notorias. Es importante a considerar, sin embargo, prever situaciones de emergencia: en escenarios de fugas, la bomba podría operar ininterrumpidamente, agotando las reservas e inundando el vehículo. Para abordar esta eventualidad, se aconseja implementar un interruptor manual, facilitando la desactivación de la bomba en situaciones de desuso o ausencia prolongada del vehículo.

Almacenamiento y facilitación del agua

La dinámica cotidiana en un vehículo habitable exige un acceso constante y eficiente al agua, tanto fría como caliente:

Provisión de agua caliente: se contempla la inclusión de un sistema que suministra agua caliente para usos diversos, como duchas y cocina, elevando el estándar de confort a bordo.

Para ello se implementa el Truma Combi 4, nombrado previamente en la instalación de gas, que permite tener conjuntamente o independientemente calefacción y agua caliente utilizando GLP.

Capacidad de almacenamiento

Se propone un depósito para agua potable con una capacidad mínima de 140 litros y un tanque equivalente para la recogida de aguas grises. Esta configuración permite una autonomía destacable y una administración ambientalmente responsable de los residuos líquidos.

4.5.3.ELÉCTRICA

Todo componente eléctrico que se instale de forma permanente en el vehículo debe estar homologado específicamente para su uso en vehículos. Esta regla, aunque pueda elevar los gastos iniciales, representa una inversión esencial en

seguridad, garantizando que los dispositivos se adecuen y resistirán condiciones propias de un vehículo en tránsito, como son vibraciones, variaciones térmicas y ambientes húmedos.

Propuesta de autonomía energética

Con un enfoque en la autonomía y consistencia del suministro eléctrico, se presenta la siguiente estructura:

Placa solar: dada la superficie limitada en la cubierta del vehículo, es conveniente optimizar la elección de capacidad de la placa solar. Después de un análisis de consumos y aparatos comunes y cotidianos (figura 3.4), se opta por seleccionar un panel solar 450 W 24 V MONO PERC de Seraphim, destacado por su alto rendimiento y longevidad, aunque los cálculos sugieren la implementación de dos placas solares (2,03 placas de 450 W), esto no sería posible por falta de espacio. Sin embargo, se ha añadirá un segundo método de carga (a través de un booster con el alternador del vehículo de manera que siempre que esté en marcha, cargará la batería) de esta manera se consigue suplir esta demanda.

Aparato	Potencia (W)	Número aparatos	Horas de uso (día)	A/día	Total (Wh/día)	
Móvil	5	2	2	1,66666666666667	20	
Ordenador	80	2	4	53,3333333333333	640	
Iluminación LED	5	6	5	12,5	150	
Secador pelo	850	1	0,1	7,08333333333333	85	
Frigorífico	45	1	24	90	1080	
Bomba agua	48	1	0,5	2	24	
EXTRA	50	1	4	16,6666666666667	200	
			TOTAL	183,25	2199	Wh/día
Energía necesaria:	2932	Wh/día				
75 %						
	Con placas de 100W:	Placas 250W	Con placas de 150W:	Placas 450W		
Número de placas:	9,1625	3,665	6,10833333333333	2,03611111111111		

Figura 3.10. Cálculo número placas solares y tamaño batería (Fuente: Elaboración propia)

Regulador de carga: Entre la placa solar y las baterías se instalará el regulador de carga Victron energy BlueSolar MPPT 30 A que se encarga de gestionar el flujo

de energía que circula entre ambas optimizando la carga y alargando la vida útil de las baterías. Hay tres etapas de carga en una instalación solar:

- Bulk: es la primera etapa de carga de una batería, donde se suministra una corriente elevada, aumenta la tensión rápidamente al principio y más lenta hasta llegar al primer límite de voltaje en el que la batería se encuentra entre un 80-90 %.
- Absorción: la corriente de carga disminuye hasta que la batería se recarga al 100 %, en esta etapa se recupera el electrolito que ha podido verse afectado tras una descarga profunda.
- Flotación: en esta etapa la batería está completamente cargada y lo que hace es compensar la autodescarga de la misma.

La potencia del panel solar es de 450 W orientado a baterías de 12 V. Esto conlleva una demanda de alrededor de 37,5 A. Si bien se podría considerar un regulador de mayor capacidad, el de 30 A ofrece una gestión eficaz.

Baterías: El principal elemento de almacenamiento eléctrico en un furgón vivienda es la batería auxiliar o secundaria. Esta batería se diferencia de la batería principal (usada para arrancar el vehículo) y se dedica exclusivamente a las necesidades del espacio habitable. La recarga de la batería auxiliar puede realizarse a través de:

- Alternador del vehículo: Al conducir, el alternador recarga la batería.
- Paneles solares: Una solución ecológica y autónoma que convierte la radiación solar en electricidad.
- Conexión a la red: Al estacionar en campings o áreas equipadas, es posible conectarse directamente a la red eléctrica para recargar.

Con los cálculos obtenidos en la figura 3.4 observamos que se necesitan unos 184 A/día, siendo que la batería será de fibra de vidrio absorbente (AGM) ya que gracias a su tecnología pueden ser almacenadas en cualquier posición algo muy útil para un vehículo vivienda además permiten una descarga de un 80% frente al 50% de otras baterías, se podrían valorar las baterías de litio recientemente introducidas en este ámbito pero sus precios son aún muy elevados en comparación.

Por lo tanto, se necesita como mínimo una batería AGM de 250 Ah pero se implementará una batería de 550 Ah ya que habrá tres métodos de carga de la misma y por un precio y tamaño similares se tendrá más capacidad.

El modelo elegido es la batería ELEKSOL AGM 3GFM550 - 6V 550Ah, por lo que se implementarán dos baterías en serie para obtener un banco de baterías de 12V y 550Ah.

Protector de batería: a causa de la elección de la batería AGM se implementará un sistema de protección ante descargas profundas para alargar la vida de la batería, el Smart BatteryProtect, que impedirá que la batería se descargue a partir del porcentaje que se programe a través de su aplicación.

Monitor de batería: para controlar los consumos y el estado de la batería en todo momento se instalará el SmartShunt de Victron Energy que a través de su aplicación en cualquier dispositivo se podrá conectar mediante bluetooth.

Inversor: para poder disponer de tomas de corriente a 220 V se necesita un inversor de corriente, que es un dispositivo eléctrico capaz de transformar una corriente continua (DC) en una corriente alterna (AC). En este caso de 12 V (DC) a 230 V 50 Hz (AC).

Además se implantará una toma exterior para la recarga o la utilización directa de la energía en caso de conectarse a una toma exterior, como podría ser en un camping, por lo que el inversor será un inversor cargador.

El inversor cargador Victron Energy MultiPlus 12 V/1.600 VA/70 cumple con todas las necesidades, con una eficiencia entre el 93-95%. Cuenta con protección contra cortocircuitos y contra sobrecalentamiento, ya sea debido a una sobrecarga o a una temperatura ambiente elevada lo que es muy útil en una furgoneta donde es posible que la temperatura aumente en determinados momentos del día, sobre todo en verano. Además, es un inversor de onda sinusoidal por lo que se podrá enchufar tranquilamente cualquier aparato eléctrico sin riesgo de dañarlo. Se ha escogido el de 1.600 VA para que esté acorde a las baterías y a su vez se tenga suficiente potencia en caso de que fuera necesario, también contando con que la potencia de salida disminuye con la temperatura, por ejemplo, en este modelo a 65° tendrá 800 W mientras que a 25° tendrá 1.300 W.

Booster: el alternador, presente en la mayoría de los vehículos motorizados, convierte la energía mecánica en eléctrica. Este aparato es esencial no solo para alimentar diferentes dispositivos eléctricos del vehículo, sino también para cargar la batería principal.

Según el tipo de alternador, convencional¹¹ o inteligente¹² y según el tipo de batería (litio, AGM, GEL...), será necesaria la implementación de un booster¹³ o de un relé separador¹⁴.

En este caso, se instalará un booster entre el alternador del vehículo y la batería secundaria para optimizar la carga de la misma, ya que es un vehículo con alternador inteligente.

¹¹ Alternador Convencional: Entregan un voltaje más o menos constante, fluctuando entre 13,8V y 14,4V en función de la carga del vehículo

¹² Alternador Inteligente: Utilizados en vehículos modernos con especificaciones EURO5 y EURO6, ajustan el voltaje según las necesidades energéticas del vehículo. Están gestionados por un controlador y se encuentran frecuentemente en vehículos con función Start-Stop.

¹³ Transformador CC/CC Booster: Asegura un voltaje constante para cargar correctamente la batería secundaria, incluso si el voltaje de entrada varía.

¹⁴ Relé Separador: Une baterías cuando el alternador está en funcionamiento y las separa cuando no lo está.

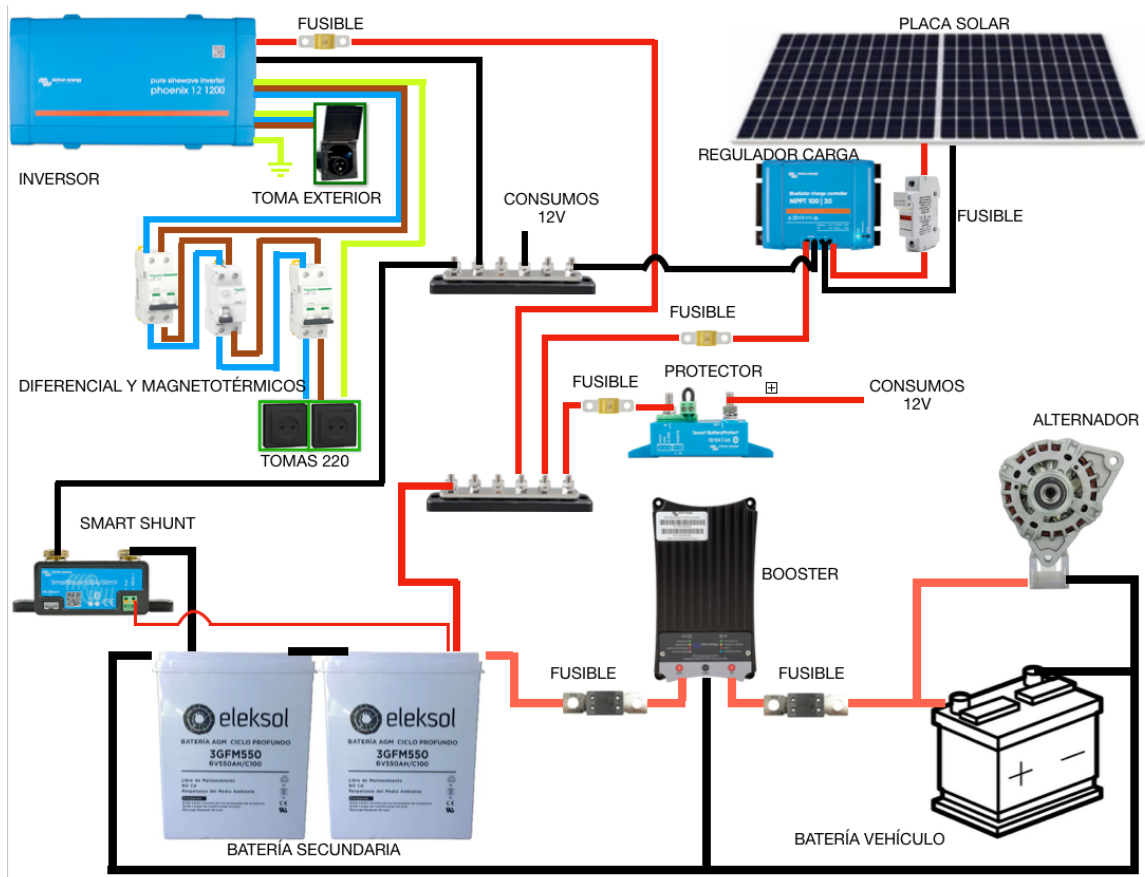


Figura 3.11. Esquema instalación eléctrica 1 (Fuente: Elaboración propia)

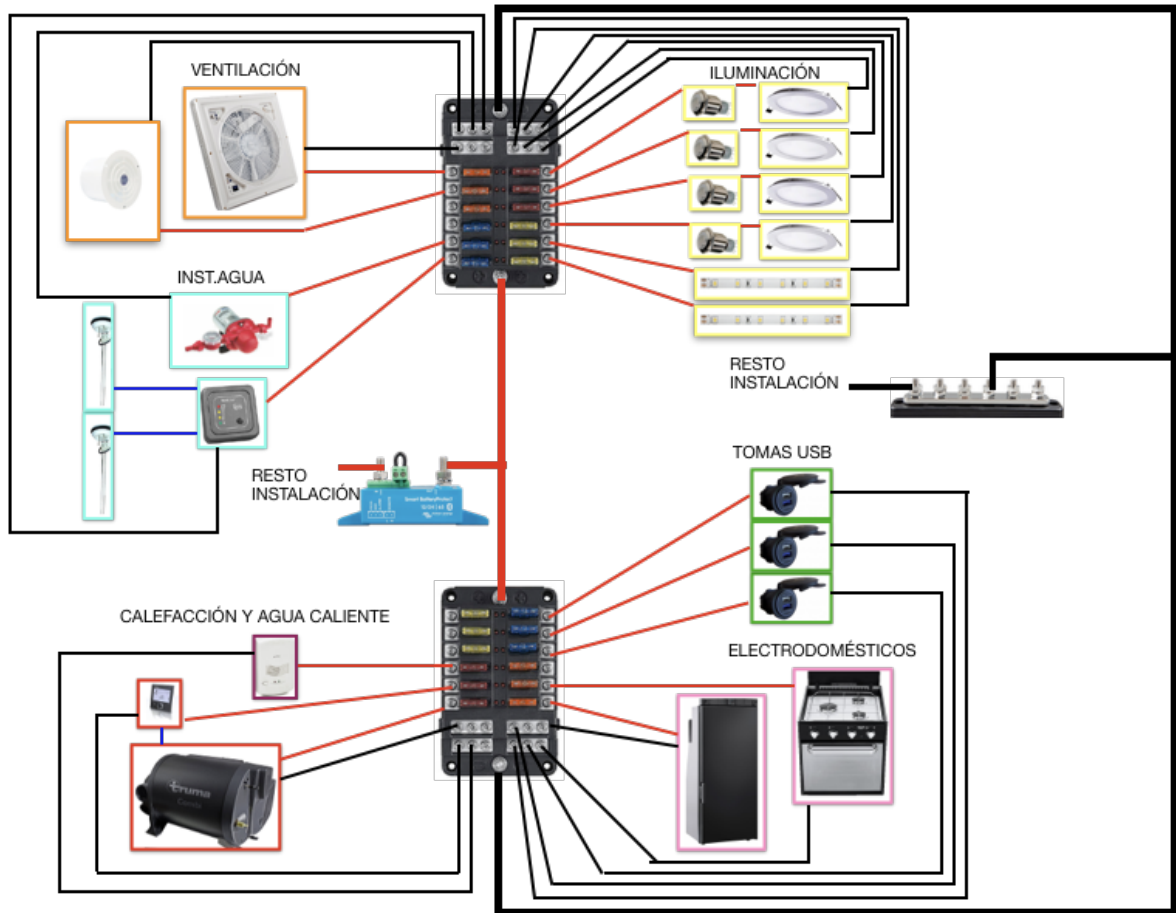


Figura 3.12. Esquema instalación eléctrica 2 (Fuente: Elaboración propia)

5. Estudio de consumos

Como ya se ha mencionado anteriormente, los furgones vivienda, o campers, se han convertido en una solución popular para aquellos que buscan la libertad de viajar sin renunciar a las comodidades del hogar. Estos vehículos compactos son autónomos en muchos aspectos y, como tales, tienen necesidades específicas en términos de consumo de agua, gas y electricidad. A continuación, se presenta un análisis técnico de estos consumos.

5.1. GAS

La utilización del gas en furgones vivienda es un recurso fundamental para las actividades cotidianas dentro del vehículo, como cocinar, calentar el ambiente y el agua para ducha, entre otros. Una gestión adecuada y un consumo responsable no solo garantizan una autonomía prolongada sino que también posibilitan una experiencia de viaje más sostenible y amigable con el medio ambiente.

Consumo Estimado

- Cocina: cocinar en una cocina de gas puede demandar un consumo que varía entre 150 y 250 g/h.
- Calefacción: para mantener una temperatura agradable, un calefactor puede consumir entre 300 y 500 g/h.
- Refrigeración: aunque es menor, el consumo de las neveras a gas en furgones se estima entre 20 y 30 g/h.
- Calentamiento de agua: el calentador de agua para ducha puede tener un consumo de 50 a 60 g/h.

Dadas estas cifras, el consumo diario total, considerando todas estas actividades, puede oscilar entre 0,7 y 2 kg de gas.

Datos reales

Calefacción y agua caliente Truma Combi 4 (GLP): 160 - 335 g/h según fabricante
Cocina y horno Thetford Triplex: 547.2 g/h consumo máximo según fabricante

El consumo de GLP varía mucho en función de la época del año ya que en temperaturas moderadas no se necesitaría la calefacción, lo que disminuye sustancialmente el consumo.

Según el fabricante, el depósito de GLP instalado es de 21 l, dado que 1 l de GLP es aproximadamente 0,540 kg, se tendrían unos 11 kg

Durante un año, principalmente en España, se ha llenado el depósito de 21 l en tres ocasiones (lo que equivale a 33 kg), dos de ellas en invierno. Al usarlo de forma continuada durante un mes en invierno, se observa un consumo medio de un depósito al mes, equivalente a 366 g/día.

El consumo estimado en verano es de 12 g/día utilizándose principalmente solo para cocinar mientras que en invierno aumenta a 366 g/día. Por tanto, el consumo en invierno es aproximadamente 30 veces mayor que en verano.

Optimización y Tecnologías Emergentes

El consumo eficiente de gas en furgones vivienda se puede lograr mediante lo siguiente:

- Sensores y sistemas de monitorización: la instalación de sensores permite monitorizar y ajustar el consumo de gas en tiempo real, ofreciendo una gestión más eficiente del recurso.
- Equipos de alta eficiencia: electrodomésticos y sistemas con mejor rendimiento energético pueden marcar la diferencia en el consumo.
- Aislamiento: un buen aislamiento en el furgón disminuye la necesidad de calefacción, impactando positivamente en el consumo.
- Energías alternativas: sistemas solares o electrodomésticos eléctricos pueden diversificar las fuentes de energía y reducir la dependencia del gas.

5.2.AGUA

Una gestión del agua de manera eficiente, en estas unidades móviles es de elevada importancia, tanto desde una perspectiva técnica como medioambiental. En el marco de un trabajo de grado en ingeniería, es crucial entender cómo se puede optimizar el consumo de agua para garantizar la sostenibilidad y eficiencia de estos vehículos.

Capacidad de almacenamiento y distribución de agua

La mayoría de los furgones vivienda están equipados con depósitos de aguas limpias con capacidades que varían desde los 50 l hasta más de 150 l, dependiendo del tamaño del vehículo y de la duración prevista del viaje. Además, estos vehículos cuentan con un sistema de tuberías que conecta el depósito de aguas limpias con los diferentes puntos de uso, como la ducha, el lavabo y el fregadero, y un sistema de recogida de aguas grises conectado a sus respectivos desagües.

Consumo diario estimado

Una aproximación al consumo promedio de agua en un furgón vivienda puede desglosarse de la siguiente manera:

- Ducha: un promedio de 12-15 l por ducha rápida.
- Cocina (lavado de alimentos y platos): 5-7 l diarios.
- Inodoro: aproximadamente 1-2 l por descarga, dependiendo del sistema.
- Lavado de manos, dientes y otros usos: en torno a 3-5 l diarios.

Esto da un consumo total estimado de 20 a 30 l por persona y día. Considerando que muchos de estos furgones están diseñados para albergar a dos personas, se obtiene un consumo diario de 40 a 60 l.

Datos reales

En el caso analizado con 150 l la estimación aproximada de autonomía de agua sería de 3,5 días con un uso similar al de una vivienda.

En la realidad sabiendo que se dispone de agua limitada el consumo es inferior alargando la autonomía para dos personas hasta 7 días:

- Ducha breve: 8 l/persona y día
- Lavado platos: 4 l/día
- Lavado manos, dientes: 1 l/persona y día

La media de consumo diario serían unos 11 l/persona que para dos personas serían 154 l a la semana y para tres personas 231 l a la semana, como hay 150 l con dos personas se tendrá una autonomía aproximada de una semana y con 3 personas unos 5 días.

Sistemas de ahorro y reutilización de agua

Dado que el almacenamiento de agua en furgones vivienda es limitado, se han desarrollado diversas tecnologías y prácticas para reducir el consumo:

- Duchas de bajo flujo: estas duchas reducen la cantidad de agua utilizada al limitar el flujo a través de la boquilla.
- Recolección de agua de lluvia: algunos furgones están equipados con sistemas que recolectan y purifican el agua de lluvia para su uso.
- Reutilización de aguas grises: se están investigando sistemas que tratan y reutilizan el agua de la ducha y el fregadero, reduciendo la necesidad de vaciar y rellenar el tanque con tanta frecuencia.
- Inodoros compostables: la incorporación de un inodoro compostable permite ahorrar significativamente en el consumo de agua, ya que no requiere agua para el enjuague. Además, transforma los residuos en compost, lo que puede ser beneficioso para el medio ambiente y reduce la necesidad de sistemas de desagüe complejos.
- Inodoros incineradores a gas: estos inodoros innovadores utilizan la combustión a gas para incinerar residuos sólidos y líquidos, convirtiéndolos en cenizas estériles. No solo reducen la necesidad de agua, sino que también minimizan el espacio requerido para el almacenamiento de desechos y eliminan los olores asociados con sistemas de desagüe tradicionales.

Implicaciones técnicas

La gestión óptima del agua en furgones vivienda implica una serie de consideraciones de técnicas:

- Diseño del depósito: el depósito debe estar diseñado para maximizar la capacidad sin comprometer el espacio o la seguridad. Además, debe ser fácilmente accesible para el llenado y vaciado
- Sistema de bombeo: el agua necesita ser bombeada desde el depósito a los diferentes puntos de uso. Esto requiere un sistema de bombeo eficiente y duradero.
- Aislamiento: para prevenir el congelamiento en climas fríos, es crucial que las tuberías y tanques estén adecuadamente aislados.
- Tratamiento y filtración: si se implementa un sistema de reutilización de agua, es necesario contar con sistemas de tratamiento y filtración para garantizar la calidad del agua.

5.3.ELECTRICIDAD

La electricidad en los furgones vivienda constituye un eje fundamental en la funcionalidad de diversos sistemas y equipos a bordo. Es evidente que con el avance tecnológico y la creciente demanda de comodidades durante el viaje, el consumo eléctrico ha ganado protagonismo en estos vehículos.

Consumo Estimado

- Iluminación: las luces LED, comunes en furgones vivienda, consumen alrededor de 2 a 5 W/h por punto de luz.
- Refrigeración: un frigorífico promedio en un furgón puede consumir entre 30 y 50 W/h.
- Ventiladores y sistemas de aire: pueden requerir entre 10 y 60 W/h, dependiendo de su tamaño y capacidad.
- Carga de dispositivos: la carga de smartphones, ordenadores portátiles y otros dispositivos puede oscilar entre 5 y 150 W/h, dependiendo del equipo.
- Equipos auxiliares: televisores, bombas de agua, microondas y otros sistemas pueden tener consumos que varían ampliamente, desde 20 a más de 1.000 W/h para dispositivos de alta potencia como un horno microondas.

Optimización y Tendencias Tecnológicas

Dada la naturaleza limitada de la electricidad en un furgón:

- Monitorización: sistemas que permiten conocer en tiempo real el consumo y la capacidad restante de la batería.
- Eficiencia energética: la elección de equipos y dispositivos de bajo consumo puede extender significativamente la autonomía eléctrica del furgón.
- Tecnologías de almacenamiento: baterías de litio, con su mayor densidad energética y ciclos de vida extendidos, están reemplazando gradualmente las tradicionales baterías de ácido-plomo.

Se han obtenido datos reales de una instalación similar a la planteada en el punto anterior, con dos baterías de 6 V y 550 Ah conectadas en serie para obtener un banco de baterías de 12 V y 550 Ah.

Mediante la aplicación Victron Connect se ha conectado el regulador de carga y el monitor de batería de donde se han obtenido los consumos.

El regulador de carga sí que permite el acceso y la exportación de datos mientras que el monitor de batería solo muestra los consumos instantáneos y el total.

La furgoneta se ha utilizado de manera intermitente con cortas y largas estancias de 1 a 3 personas sin escatimar en consumo eléctrico.

En la tabla 5.1 se observa que la descarga más profunda de la batería ha sido de 283 Ah con un total consumido de 8209 Ah, mientras que la energía descargada ha sido 105,2 kWh y la energía cargada 122,9 kWh, de esto se concluye que existe un equilibrio entre la energía consumida y la energía cargada.

Tabla 5.1. Consumos totales (Fuente: Elaboración propia)

Descarga más profunda	Ah consumidos	Energía descargada (kWh)	Energía cargada (kWh)
283Ah	8209	105,2	122,9

Por otro lado la descarga más profunda corresponde a un 52% de descarga de la batería teniendo aún un margen de descarga, según las indicaciones del fabricante hasta el 80% de descarga.

En el anexo A se adjunta la tabla de datos obtenida del regulador de carga, con la que se han obtenido las gráficas de las figuras 5.1., 5.2. y 5.3.

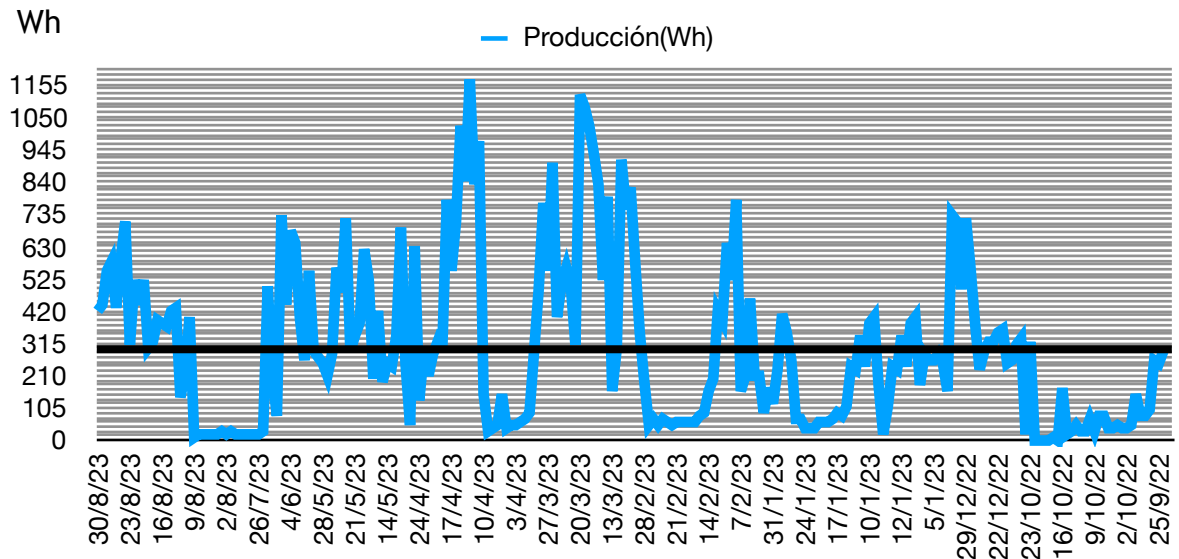


Figura 5.1. Gráfica producción solar del 24/09/2022 al 30/08/23 (Fuente: Elaboración propia)

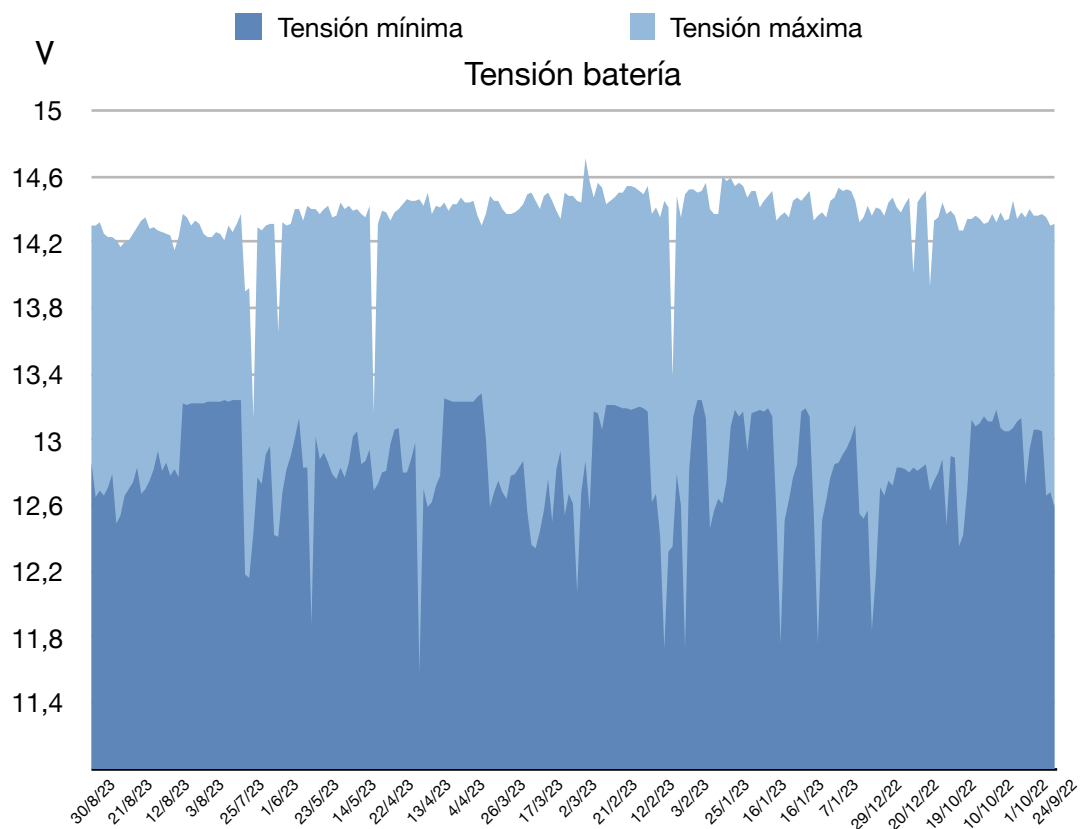


Figura 5.2. Gráfico tensión batería secundaria (Fuente: Elaboración propia)

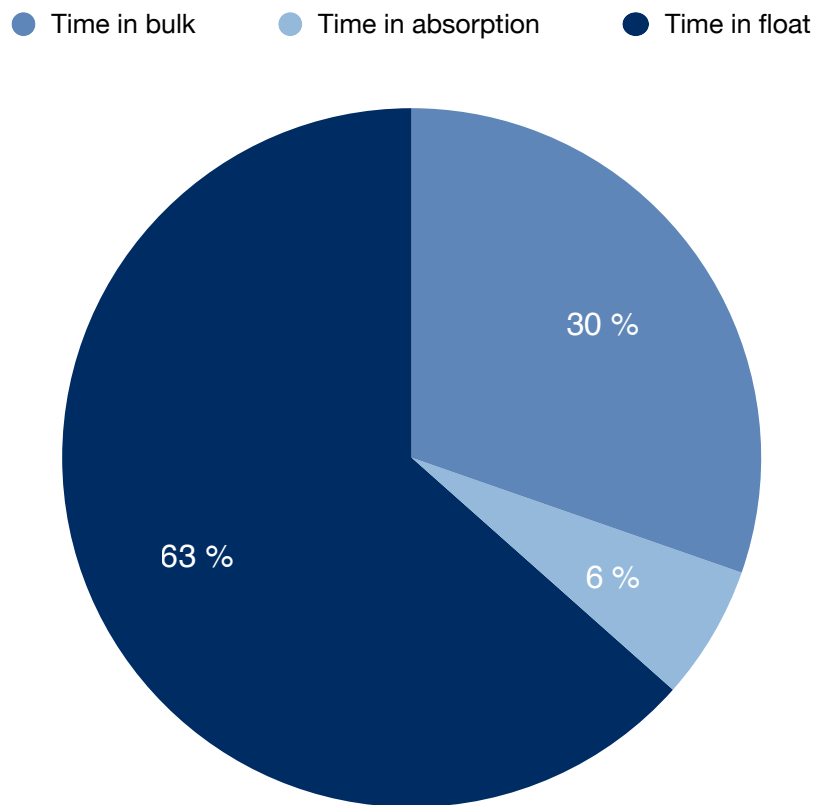


Figura 5.3. Gráfico estados de carga (Fuente: Elaboración propia)

En la figura 5.1. se observa que destacan picos de producción que se ha observado que coinciden con picos de consumo en los que en la mayor parte se estaba consumiendo la cantidad generada o, lo que es lo mismo, la batería estaba al 100% y la energía generada por la placa solar era suficiente para los consumos en ese momento, también destacan zonas con muy baja generación que coinciden con temporadas de desuso del vehículo en las que se tiene como máximo un consumo residual y se ha señalado el promedio de la producción que sería de 300 Wh.

En la figura 5.2. se representa el voltaje máximo y mínimo por día de la batería entre el 24/09/2022 y el 30/08/2023 siendo la tensión mínima registrada de unos 11,5 V y su tensión máxima 14,65 V que están en un rango correcto de uso, según el fabricante de la batería las tensiones para los diferentes estados de carga son:

- Absorción: 14,2-14,6 V
- Flotación: 13,5-13,8 V

- Almacenamiento: 13,2 - 13,5 V

Por tanto, se deduce que la tensión se ha ajustado bien en el estado de absorción ya que la tensión máxima ronda los valores indicados por el fabricante (14,2 - 14,6 V), la tensión de absorción y de almacenamiento no se puede observar en esta gráfica.

En la figura 5.3. se observa que la mayor parte del tiempo que está en activo la carga de la batería, se encuentra en estado de flotación de lo que se deduce que la batería está al 100% la mayoría del tiempo.

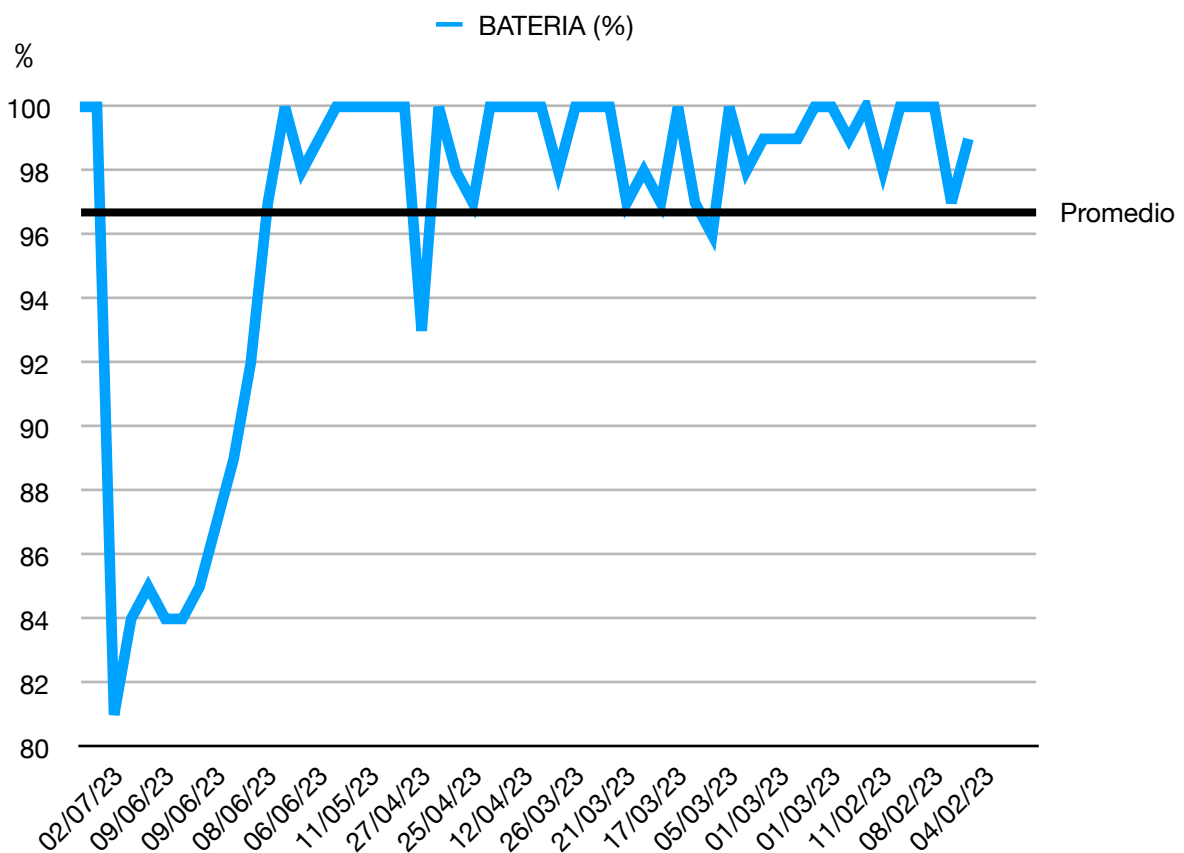


Figura 5.4. Gráfica porcentaje batería en consumos instantáneos (Fuente: Elaboración propia)

En la figura 5.4. se observa el porcentaje de la batería, los datos han sido obtenidos en momentos instantáneos de manera aleatoria entre el 04/02/23 y el 02/07/2023 estando comprendida el rango entre 81% y 100% en todo el periodo, con un promedio de un 96,5%.

A pesar de estar equipada con una instalación que posee una toma externa de carga, esta toma no ha sido utilizada en el periodo de estudio por lo que podemos considerar que ha sido eléctricamente autónomo en su totalidad.

6. Homologación

La homologación de una furgoneta camperizada implica la validación y certificación de las modificaciones y reformas realizadas durante el proceso de camperización. Estas reformas, al modificar la naturaleza y clasificación original del vehículo, requieren de una revisión y aprobación exhaustivas, típicamente realizadas en las estaciones de Inspección Técnica de Vehículos (ITV).

Es importante considerar que, a lo largo del proceso de camperización, se deben recopilar diversos documentos e información técnica que serán requeridos al momento de solicitar la homologación.

Tipos de clasificación de furgonetas camper

Las furgonetas camperizadas pueden ser categorizadas según su uso y adaptación en:

Furgón de carga: principalmente destinado al transporte de mercancías.

Vehículo mixto adaptable: con capacidad tanto para carga como para pasajeros.

Furgón vivienda: adaptado específicamente para ser habitable.

Autocaravana: con todas las comodidades y equipamiento de una vivienda.

Cada clasificación tiene sus propias características y requisitos que deben ser cumplidos para lograr la homologación. Estos requisitos pueden abarcar desde especificaciones del interior del vehículo hasta aspectos relacionados con la seguridad, capacidad de carga y actualmente también con las emisiones.

Consideraciones técnicas y normativas

El proceso de homologación exige un cumplimiento estricto de normativas técnicas. Las diferencias entre las clasificaciones antes mencionadas radican en aspectos como la velocidad máxima permitida, la frecuencia de las revisiones ITV, limitaciones en el número de pasajeros, y diferencias en tarifas tributarias, entre otros.

Es conveniente que, al optar por cambiar la clasificación de un vehículo, se cuente con la adecuada asesoría técnica y legal. Los ingenieros especializados en esta área pueden proporcionar la orientación y el soporte necesarios para garantizar que el proceso de homologación se realice sin contratiempos y en total conformidad con la normativa vigente.

Aspectos a homologar

Techo elevable: los techos elevables amplían el espacio interno de la furgoneta, facilitando la habilitación de un área de descanso superior. Es esencial garantizar que su instalación no comprometa la integridad estructural del vehículo. La homologación exige la presentación de documentación detallada sobre los anclajes, asegurando su compatibilidad con el modelo del vehículo. Se requiere que el techo cuente con una pegatina de homologación, confirmando su adecuación al tipo de vehículo en cuestión.

Aislamiento y panelado: es obligatorio homologar si el conjunto de aislamiento y panelado supera el 5% de la Masa en Orden de Marcha (MOM) del vehículo.

Muebles: todos los muebles integrados deben ser fijos, asegurándose a la estructura del vehículo en suelo, paredes y techo. Es crucial para la seguridad utilizar tornillería adecuada para garantizar la sujeción y estabilidad. Todos los muebles deben contar con bordes redondeados y sistemas de cierre que impidan su apertura durante la marcha.

Variación de asientos: cualquier modificación en la cantidad de asientos debe reflejarse en la documentación técnica.

Ventanas y claraboyas: la incorporación de estas estructuras se considera una reforma significativa. Deben poseer el Certificado Europeo y, en el caso de las ventanas, un número de serie. Su colocación no debe interferir con elementos estructurales críticos del vehículo, como pilares o travesaños.

Instalación eléctrica: es esencial homologar todos los componentes eléctricos anclados al vehículo. Todos los elementos, incluyendo baterías, inversores y electrodomésticos, deben contar con marcadores europeos y certificaciones de homologación.

Instalación de gas: debe estar homologada, especialmente si se incorporan elementos fijos. Se deben considerar criterios de seguridad, como la orientación y fijación de las bombonas de gas y las condiciones de ventilación. Todo el sistema debe estar respaldado por un certificado de un instalador autorizado.

Instalación de agua: todo el sistema de agua, incluyendo depósitos y puntos de uso, debe ser homologado. Los depósitos deben estar fabricados con materiales aptos para el consumo humano y adecuadamente anclados para garantizar la seguridad.

Calefacción estacionaria: las conexiones de gas deben estar ubicadas externamente y en direcciones opuestas. Las salidas de gases no deben estar cerca de puntos de acceso y deben contar con la certificación CE.

Requisitos preliminares para el proyecto técnico

Documentación fotográfica: es fundamental llevar un registro fotográfico detallado de todas las etapas de la camperización. Estas imágenes no sólo sirven como prueba del trabajo realizado, sino que también pueden ser esenciales para el ingeniero a cargo del proyecto.

Por ejemplo, son necesarias fotografías desde diversos ángulos del vehículo (tanto del exterior como del interior), detalles del mobiliario y componentes instalados, registros de los sellos CE y contraseñas de homologación pertinentes.

Certificación de componentes: todos los componentes electrónicos o eléctricos instalados deben contar con el sello de certificación CE, garantizando su cumplimiento con las normativas europeas.

Registro de especificaciones: durante el proceso de camperización, se debe anotar detalladamente información técnica relevante, como dimensiones de tornillería, grosor de materiales y características particulares de cada reforma.

Información requerida para la elaboración del proyecto técnico

Documentación técnica: copias de alta resolución de la ficha técnica y permiso de circulación, ticket de pesaje, planos de distribución y anclajes del mobiliario.

Descripción detallada de reformas: esto incluye el tipo de materiales utilizados para aislamiento, rastrelado y revestimiento, detalles de elementos adicionales como ventanas y placas solares, y especificaciones de instalaciones eléctricas o de gas.

Proceso de Inspección Técnica de Vehículos (ITV)

Una vez obtenidos todos los documentos del ingeniero y realizadas las modificaciones pertinentes en la furgoneta, se puede proceder a solicitar una cita en el Centro de Inspección Técnica de Vehículos (ITV) donde un ingeniero revisa el proyecto y comprueba de manera exhaustiva que coincida con la realidad, sobre todo las contraseñas de homologación de los componentes que la requieren, posteriormente, si todo ha sido favorable, añade las modificaciones a la ficha técnica del vehículo.

7. Presupuesto y costes

En el ámbito de la ingeniería, la planificación financiera y la estimación de costes son componentes fundamentales para garantizar la viabilidad y eficacia de cualquier proyecto. La conversión de furgones en viviendas no es una excepción. A continuación, se desglosan y analizan los principales aspectos presupuestarios y costes asociados con este tipo de proyecto.

Análisis preliminar

Antes de abordar cualquier tipo de modificación o adaptación, es crucial realizar un análisis preliminar para definir:

- Alcance del proyecto: ¿se desea una vivienda básica o de lujo?, ¿qué comodidades y características son esenciales?
- Objetivos financieros: ¿cuál es el presupuesto máximo disponible? ¿se busca una solución rentable o se está dispuesto a invertir más por ciertas comodidades?
- Restricciones: limitaciones relacionadas con el propio vehículo, normativas, o restricciones financieras.

Desglose de costes

A continuación, se presenta un desglose general de las áreas donde se incurre en costes durante la conversión:

- Vehículo base: si aún no se posee, es esencial considerar el coste de adquisición del furgón. El precio varía según marca, modelo, año y estado del vehículo.
- Reformas estructurales: incluyen modificaciones en la carrocería, instalación de ventanas, techos elevables, aislamientos, entre otros.
- Sistemas para la habitabilidad: esto comprende la instalación de sistemas de agua, gas y electricidad. También puede incluir paneles solares, baterías, sistemas de calefacción, etc.
- Mobiliario : cama, cocina, baño, almacenamiento y otros elementos esenciales para la habitabilidad.
- Homologación: incluye los costes de la preparación de la documentación técnica, inspecciones, y tarifas asociadas al proceso de homologación.

- Imprevistos: es recomendable asignar un porcentaje del presupuesto (generalmente entre un 10% y un 20%) para imprevistos o modificaciones no planificadas.

Estrategias de optimización de costes

- Investigación y comparación: es esencial investigar y comparar precios de componentes y servicios. A veces, adquirir paquetes o kits puede resultar más económico que comprar elementos individuales.
- Reutilización: en algunos casos, es posible reutilizar o adaptar materiales y componentes existentes.
- Negociación: es interesante valorar la posibilidad de negociar precios con proveedores o talleres, especialmente si se adquieren varios servicios o componentes.

A continuación se detallan los gastos para ello se han dividido en varias secciones representativas:

Tabla 7.1. Gastos aislamiento, suelo, ventanas y claraboyas (Fuente: Elaboración propia)

AISLAMIENTO, SUELO, CLARABOYAS Y VENTANAS					
Aislamiento					
Producto	Cantidad	Precio (€)	Gastado (€)	Comercio	TOTAL AISLAMIENTO (€)
Kaiflex 30mm	13.5m2	25 €/m2	223.85	PPLU	534.49
Kaiflex tira	10m	4.95€	9.9	LEROY	
Kflex 10mm	30		245	PPLU	
Espuma Poliuret	6	6.79	40.74	BAUHAUS	
Kaiflex tira	x4	3.75	15	BRICOMART	
Suelo					TOTAL SUELO (€)
Brocas metal HSS-Co		26.99	26.99	BAUHAUS	278.469
Lijas disco metal	x2	1.99	3.98	BAUHAUS	
Aceite de corte		7.95	7.95	BAUHAUS	
Bayetas		3.99	3.99	LEROY	
Lijas metal	x5	0.99	4.95	BAUHAUS	
Silicona auto.		8.99	8.99	BAUHAUS	
Espátula dentada		1.75	1.75	BAUHAUS	

Desoxidante		12.45	12.45	BAUHAUS	
Pintura protectora	x2	16.95	33.9	BAUHAUS	
Tuercas		7.25	7.25	BAUHAUS	
Tornillos		5.29	5.29	BAUHAUS	
Arandelas		1.76	1.76	BAUHAUS	
Pistola silicona		14.99	14.99	BAUHAUS	
Suelo VINILICO	7.1	14.99	106.429	BAUHAUS	
Cola suelo	4	9.45	37.8	BAUHAUS	
Ventanas/Claraboyas					TOTAL VENT/ CLARAB (€)
Fiamma Turbo-Vent		185.6	185.6	PPLU	656.64
Ventana Dometic 800x350		365	365	PPLU	
Ventana Micro Heki		79.35	79.35	PPLU	
Adaptadores		6.2	6.2	PPLU	
		12.36	12.36	PPLU	
		4.63	4.63	PPLU	
Aireador lateral		3.5	3.5	PPLU	

Según la tabla 7.1. el gasto en el aislamiento ha sido de 519,49 €, el gasto en el suelo ha sido de 278,47 € y el gasto en ventanas y claraboyas ha sido de 656,64 € haciendo un total en este apartado de 1469,6 €.

Tabla 7.2. Gastos instalación eléctrica (Fuente: Elaboración propia)

ELECTRICIDAD				
Producto		Cantidad	Precio (€)	Comercio
Focos LED 12V		5	18.21	AMAZON
Interruptores Luces		5	11.78	AMAZON
Corrugado automoción		1	25	BRICOMART
Corrugado automoción		1	21	BRICOMART
Cable	1.5mm2	25m	8.16	BRICOMART
Cable	1.5mm2	25m	8.16	BRICOMART
Pasacable		1	13.35	BRICOMART
Cable	2.5mm2	25m	13.03	BRICOMART
Cable	2.5mm3	25m	13.03	BRICOMART

Cable	2.5mm4	25m	13.03	BRICOMART
Regleta	4mm2	2	3.45	BRICODEPOT
Cable	1.5mm2	25m	10.99	LEROY
Cable	2.5mm2	20m	12.29	LEROY
Cable	2.5mm2	20m	12.29	LEROY
Cable	2.5mm2	10m	6.49	LEROY
Cable	2.5mm2	10m	6.49	LEROY
Termorretractil		1	2.19	LEROY
Identificador cables		1	6.29	LEROY
Brida cables		1	3.89	BAUHAUS
Soporte corrugado		1	9.99	BAUHAUS
Corrugado pvc		1	2.58	BAUHAUS
Cable	2.5mm2	10m	6.99	BAUHAUS
Cable	2.5mm3	10m	6.99	BAUHAUS
ENCHUFES	Marco	2	4.95	BRICODEPOT
	Metal sujec	2	1.22	BRICODEPOT
	Enchufes 2	2	9.78	BRICODEPOT
INSTALACIÓN FV		1	2720.18	DSP SOLAR

El gasto total de la instalación eléctrica según la tabla 7.2. es de 2971,8 € quedando comprendidas tanto la instalación a 220 V como la instalación a 12 V.

Tabla 7.3. Gastos madera (Fuente: Elaboración propia)

MADERA				
Producto	Cantidad	Precio/unidad	Total (€)	Comercio
Encimera cocina roble	1	99	99	BAUHAUS
Listones samba	5	6.5	32.5	BRICOMART
Listones samba	6	4.7	28.2	BRICOMART
Contrachapado 120x60x1	1	11	11	BRICOMART
MDF	1	9.9	9.9	BRICOMART
Galletas	1	12	12	BRICOMART
Friso abeto	4	22.96	91.84	BRICODEPOT
Friso pvc puertas	2	22.43	44.86	BRICODEPOT

Listones pino	2	3.45	6.9	BRICODEPOT
Contrachapado 2440x1220	1	37.95	37.95	BRICODEPOT
tubos metal cama	2	19.9	39.8	BRICOMART
PAULOWNIA	15	23.99	359,85	BAUHAUS
PAULOWNIA	3	21.99	65.97	BAUHAUS

El gasto total en madera según la tabla 7.3. es de 839,77 € siendo en su mayoría paulownia, excepto el rastrelado para la colocación del friso de pino que se realizará con madera de samba, el friso de pino, la encimera de la cocina de roble y dos planchas de contrachapado y mdf para sitios donde se necesitaba un grosor menor de los 18 cm de la paulownia.

Tabla 7.4. Gastos instalación agua (Fuente: Elaboración propia)

FONTANERÍA			
Producto	Cantidad	Total (€)	Comercio
Bomba Fiamma Aqua 13L	1	115	PPLU
Vaso expansor Fiamma	1	26.24	PPLU
Abocardador	1	8.45	BRICOMART
Tijeras cortatubos	1	8.47	BRICOMART
Grifo cocina	1	39.95	BRICOMART
Grifo ducha	1	37.95	BRICOMART
Muelle doblar	1	5.01	BAUHAUS
Cinta aluminio	1	6.99	BAUHAUS
Válvula cierre	x2(6.35)	12.7	BRICOMART
TE 16mm	x3(3.25)	9.75	BRICOMART
Codo 90 rosca 1/2	x2(2.45)	4.9	BRICOMART
Codo 90	x6(2.35)	14.1	BRICOMART
Tubo multicapa 25m	1	14.5	LEROY
Codos salida grifo cocina	x2 (2.75)	5.5	BRICOMART
Llave	1	2	BRICOMART
Reductor	1	1.03	BRICOMART
Válvula cierre exterior	1	2.5	BRICOMART
Llaves fregadero	2	6.3	BRICOMART

Codo 90 16mm	1	1.25	BRICODEPOT
Llave de paso 16mm	1	1.15	BRICODEPOT
Adaptador 16a3/4	1	0.7	BRICODEPOT
Juntas	1	3.95	BRICODEPOT
Juntas	1	1.15	BRICODEPOT
Juntas	1	2.95	BRICODEPOT
Llave vaciado sucias	1	4.95	BRICODEPOT
Codo	1	2.69	BRICODEPOT
Pasamuros	1	3.45	BRICODEPOT
Pasamuros	1	2.29	BRICODEPOT
Tapón depósito	1	0.47	LEROY
Codo	1	0.6	LEROY
Cola pvc	1	2.29	LEROY
Tubo pvc	1	10.29	LEROY

Según la tabla 7.4. el gasto total en la instalación de agua es de 359,52 € siendo lo más caro la bomba Fiamma Aqua de 13 l/min.

Tabla 7.5. Gastos baño (Fuente: Elaboración propia)

BAÑO		
Producto	Precio (€)	Comercio
Base ducha	66	BRICODEPOT
Gresite malla suelo	34.11	BAUHAUS
Mortero juntas	7.5	BRICOMART
Limpiador	9.5	BRICOMART
Peine	9.15	BRICOMART
Espátula	3.22	BRICOMART
Kit sumidero+geotextil impermeabilizador	46	BRICOMART
Crucetas 2 mm	2.65	BRICOMART
Friso pvc mármol	70.71	BRICODEPOT
WC químico	80	AMAZON

Según la tabla 7.5. el gasto total para la realización del baño es de 328,84 €.

Tabla 7.6. Gastos cocina (Fuente: Elaboración propia)

COCINA			
Producto	Marca	Precio (€)	Comercio
Fregadero		59.95	BRICODEPOT
Kit desagüe fregadero		12.95	BRICODEPOT
Cocina Horno	THEDFORD	625	PPLU
Nevera	THEDFORD	885	PPLU
Azulejos malla		79.92	LEROY

Según la tabla 7.6. el gasto total para la realización de la cocina es de 1662,82 € siendo la mayor parte del gasto los electrodomésticos.

Tabla 7.7. Gastos pinturas y pegamento (Fuente: Elaboración propia)

PINTURAS Y PEGAMENTOS				
Producto	Cantidad	Precio (€)	Total (€)	Comercio
Grasa de litio	1	9.7	9.7	LEROY
Sika 11FC	1	6.25	6.25	BRICOMART
Boquilla silicona	1	2.49	2.49	BAUHAUS
Sika 11FC	3	7.5	22.5	BRICOMART
Sika 11FC	5	6.95	34.75	BRICODEPOT
Adhesivo híbrido baño	3	6.79	20.37	BAUHAUS
Tratamiento Universal AXTON	1	24.99	9.03	LEROY
Colorante encimera	1	2.49	2.49	LEROY
Tratamiento encimera	1	14.99	14.99	LEROY
Pintura blanca muebles	5	50	250	LEROY

Según la tabla 7.7. el gasto total en pinturas y pegamentos es de 435,90 €.

Tabla 7.8. Gastos ferretería (Fuente: Elaboración propia)

FERRETERÍA				
Producto	Cantidad	Precio (€)	Total (€)	Comercio
Tornillos	2	1.9	3.8	BRICOMART
Tornillos armarios	2	7.9	15.8	BRICOMART
Tornillos cortos	1	3.2	3.2	BRICOMART
Tornillos largos	2	3.6	7.2	BRICOMART

Roscachapa cortos	3	5.97	17.91	LEROY
Escuadras pequeñas	4	7.58	30.32	LEROY
Remache	6	3.04	18.24	BAUHAUS
Tornillo	2	0.96	1.92	BAUHAUS
Roscachapa largos	1	5.2	5.2	BAUHAUS
Roscachapa medianos	2	5	10	BAUHAUS
Tornillo	1	3.11	3.11	BAUHAUS
Tornillo	2	1.6	3.2	BAUHAUS
Tornillo	3	2.59	7.77	BAUHAUS
Tornillo	5	3.59	17.95	BAUHAUS
Tornillo	1	0.5	0.5	BAUHAUS
Tornillo	2	3.6	7.2	BAUHAUS
Tornillo	1	0.4	0.4	BAUHAUS
Escuadras fijación muebles	18	2.69	48.42	BAUHAUS

Según la tabla 7.8. el gasto total en ferretería es de 202,14 €.

Tabla 7.9. Resumen de gastos (Fuente: Elaboración propia)

SECCIÓN	GASTO (€)
Aislamiento, suelo y ventanas/claraboyas	1469.599
Electricidad	2971.8
Maderas	839.77
Fontanería	359.52
Baño	328.84
Cocina	1662.82
Pinturas y pegamentos	435.9
Ferretería	202.14
TOTAL	8270.389

En la tabla 7.9. se presenta un resumen de los gastos según sección con una cuantía total de 8270,40 €.

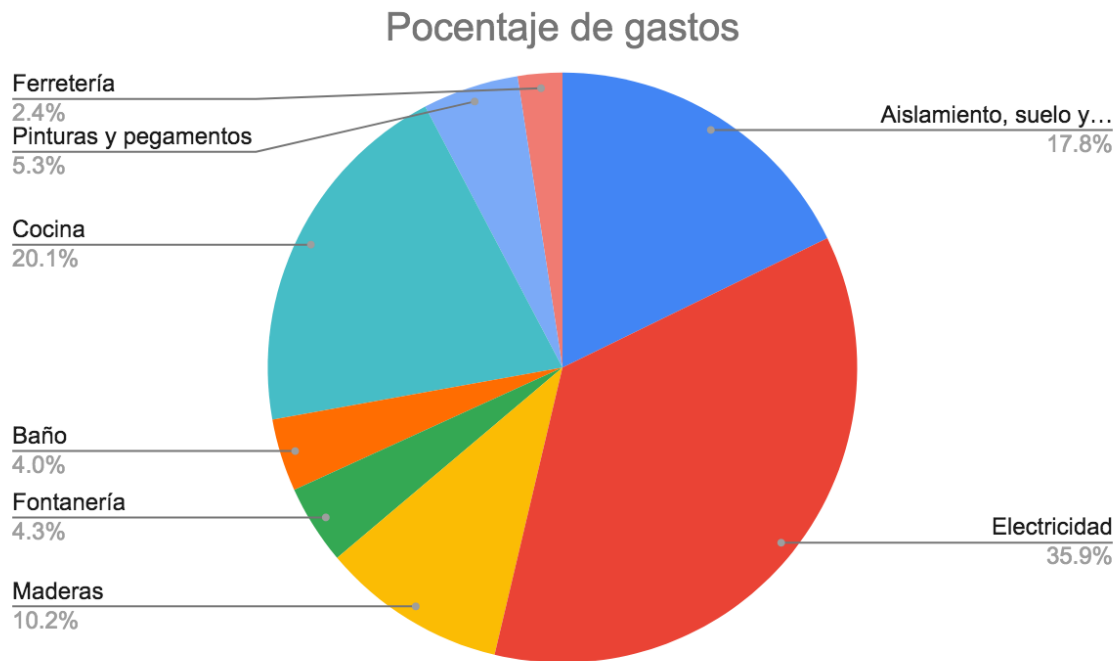


Figura 7.1. Porcentaje de gastos (Fuente: Elaboración propia)

En la figura 7.1. se han representado los porcentajes con respecto al total correspondientes a cada sección, siendo el gasto más representativo el de la instalación eléctrica con un porcentaje de un 35,9% seguido de la cocina con un 20,1% debido al precio de los electrodomésticos homologados para este tipo de vehículos, otro gasto notable sería la sección del aislamiento donde se han introducido el suelo, las ventanas y las claraboyas por su influencia en el mismo. Por otro lado, el gasto menos significativo sería el de ferretería con un 2,4%. Queda demostrada la importancia de la instalación eléctrica en el presupuesto de estos vehículos.

Costes a largo plazo

No solo se deben considerar los costes iniciales, sino también los gastos operativos y de mantenimiento. Estos incluyen:

- Mantenimiento: reparaciones, revisión de sistemas, reemplazo de componentes desgastados.
- Consumibles: gas, agua, electricidad (si se recarga en estaciones) y otros insumos recurrentes.
- Seguros: es posible que las primas de seguro varíen tras la conversión.

- Depreciación: como cualquier vehículo, el furgón vivienda se deprecia con el tiempo y el uso.

8. Conclusiones

La adaptación y mejora de furgonetas para uso como viviendas itinerantes es un campo con múltiples dimensiones que ofrece conclusiones relevantes desde un punto de vista técnico:

Sostenibilidad: A pesar de los progresos evidentes, la industria se encuentra todavía en una fase preliminar en el desarrollo de vehículos sin emisiones. El desarrollo y la integración de materiales sostenibles y sistemas energéticos eficientes continúa siendo un área activa de investigación y desarrollo. No obstante, este avance se enfrenta a desafíos significativos, como un mercado emergente de vehículos ecológicos con limitada autonomía y un precio que puede superar en un 50% al de los vehículos de combustión.

Una solución técnica viable que se sugiere es fomentar el desarrollo de infraestructuras, con especial énfasis en sistemas de carga en ruta implementados sobre carreteras principales, atenuando así las preocupaciones relativas a la autonomía en estos vehículos.

Autosuficiencia: El estudio sugiere que, mediante la correcta implementación de sistemas y tecnologías avanzadas, es factible que estos vehículos alcancen una total independencia en términos energéticos, en el caso presentado existe un sobrante de aproximado de un 25% de energía que podría aprovecharse poniendo un sistema de calefacción conjunto eléctrico y de gas. La utilización eficiente del GLP para demandas energéticas prioritarias, tales como calefacción, suministro de agua caliente y funciones de cocina, potencia esta capacidad. Sin embargo, la gestión óptima del agua representa un reto continuo siendo la estancia máxima del caso presentado de 7 días, requiriendo infraestructuras especializadas para su correcto manejo.

Se recomienda como futuras soluciones, considerar sistemas tales como inodoros compostables o incineradores para reducir el consumo de agua.

Para la autoridades municipales, se recomienda la instalación de puntos especializados para recarga y gestión de aguas, para incentivar el turismo ecológico y minimizar el impacto ambiental derivado de vertidos inapropiados.

Asimismo, es esencial que los fabricantes exploren soluciones de reutilización avanzada de aguas grises.

Para las autoridades municipales, se recomienda establecer puntos de recarga y evacuación de aguas, lo cual no solo puede incentivar el turismo, sino que también contribuye a proteger el medio ambiente evitando vertidos inadecuados.

Por último, se propone a los fabricantes explorar sistemas de reutilización de aguas grises.

Consumos: se deriva de este estudio que el consumo promedio en vehículos de este tipo, ya sea de agua, gas o electricidad, tiende a ser más responsable en comparación con alojamientos convencionales. Esta eficiencia se atribuye a que el usuario es más consciente de la limitación de dichos recursos en estos vehículos.

Presupuesto: dentro del ámbito técnico de la camperización de furgonetas, el análisis de presupuesto y costes ha revelado una categoría de inversión que demanda atención especial: la instalación eléctrica. Esta sección, responsable de casi el 36% del coste total del proyecto, es un indicador claro de su relevancia en el conjunto del mismo. En términos de diseño y operatividad, priorizar la inversión en esta área es crucial para garantizar la óptima funcionalidad del vehículo en su parte habitacional

Por tanto, al abordar proyectos de esta naturaleza, es prioritario que se reconozca la importancia del sistema eléctrico, no solo como un aspecto financiero, sino como un elemento crítico en la integración y eficiencia global del vehículo camperizado.

9. Referencias

- Agencia Internacional de Energía (AIE). (2019). World Energy Outlook 2019.
- Anfac. (2023). Las ventas de vehículos electrificados crecen un 50% en julio. Anfac. <https://anfac.com/actualidad/las-ventas-de-vehiculos-electrificados-crecen-un-50-en-julio/>
- Cáceres Hidalgo, E. (2016). Caracterización físico-mecánica de la madera de Paulownia Elongata. Universidad de Valladolid.
- Comisión Europea. (2007). Regulation (EC) No 715/2007 on type approval of motor vehicles with respect to emissions from light passenger and commercial vehicles (Euro 5 and Euro 6).
- Comisión Europea. (2016). Clean Energy For All Europeans.
- European Environment Agency (EEA). (2016). NOx emissions from diesel cars.
- European Environment Agency (EEA). (2013). Air Quality in Europe.
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. IPCC. (2014). Cambio Climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación.
- Hernandez Garrido, R., Perea, D., & Perez Calañas, C. (n.d.). The Vision of the Main Mobile Apps Related to Caravanning: an Analysis of the Reviews Focusing on Users and Developers. *Journal of Turisim and Services*, 13(24), 1-25. www.jots.cz
- Hernanz Arrollo, G. (2000). La industria del chopo en España. Portal Forestal de Castilla y León. <https://pfcyl.es/sites/default/files/eventos/adjuntos/01ponenciamesa5.pdf>
- Jiménez, J. L., Valido, J., & Molden, N. (2019). The drivers behind differences between official and actual vehicle efficiency and CO2 emissions. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 67, 628-641. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1361920918305972>
- Krajinska, A. (2021). Euro 7: Europe's chance to have clean air. *Transport & Environment*, 1-31. https://ecodes.org/images/que-hacemos/01.Cambio_Climatico/Incidencia_politicas/Movilidad/Euro_7_LD_policy_paper_2021_final.pdf

Ministerio de Industria, Comercio y Turismo. (2022). Manual de reformas de vehículos (7th ed.). Subdirección general de desarrollo normativo, informes y publicaciones.

Mock, P., Riemersma, I., Ligterink, N., & Lambrecht, U. (2013). From Laboratory to road. https://theicct.org/sites/default/files/publications/ICCT_LabToRoad_20130527.pdf

ONU. (2015). Objetivos de desarrollo sostenible.

Queipo, J., González, B., Llinares, M., Villagrà, C., & Gallego, V. (2010). Guía de construir con madera. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. www.confemadera.es

Rodríguez, C., & Vergara, E. (2008). Propiedades físicas y mecánicas de la madera de pinus canadiensis. *Bosque*, 29(3), 192-196. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/bosque/v29n3/art02.pdf>

Tirado-Ballesteros, J. G. (2022). ¿Renacimiento rural? Los espacios rurales en época de post pandemia (7th ed.). Asociación Española de Geografía. <https://www.age-geografia.es/site/wp-content/uploads/2022/11/LibroActasColorural2022SantiagoCompostela.pdf>

Van Dijck, K. (2007). La tecnología híbrida, lo mejor de dos mundos. *Economía Industrial*, 140-147. <https://www.mincotur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/377/140.pdf>

White, L., Miles, A., Boocock, C., Cooper, J. G., & Mills, S. (2018). " Report A comparison of real driving emissions from Euro 6 diesel passenger cars with zero emission vehicles and their impact on urban air quality compliance. *Environmental Science for European Refining*, 18(8), 2-61. https://www.concawe.eu/wp-content/uploads/2018/04/Rpt_18_8.pdf

Zhu Zhao, H. (1981). Exploration on the distribution center and flora structure of the genus Paulownia plant. *Forestry science in China*, 3, 271-280.

Anexos

ANEXO A: TABLA GENERACIÓN SOLAR

FECHA	HORA	BATERÍA (%)	TENSIÓN (V)	CONSUMO INSTANTÁNEO (A)	TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)
02/07/23	20:47	100	13,31	-1,5	10
10/06/23	19:20	100	13,68	14,74	10
10/06/23	10:38	81	12,02	-5,16	2
09/06/23	21:43	84	12,26	-4,2	2
09/06/23	17:12	85	12,86	6,46	2
09/06/23	15:18	84	12,92	3,24	2
09/06/23	12:20	84	12,38	-2,43	9
09/06/23	0:38	85	12,34	-0,6	10
08/06/23	19:44	87	12,24	-7,6	1,6
08/06/23	10:33	89	12,43	-4,01	6
08/06/23	0:28	92	12,53	-6,03	2
07/06/23	12:06	97	12,91	0,20	Infinito
06/06/23	20:01	100	13,10	-3,18	6,5
26/05/23	7:34	98	13,00	-0,19	10
24/05/23	20:52	99	12,84	-4,43	4,29
11/05/23	14:38	100	13,42	0	Infinito
03/05/23	16:19	100	13,32	0,16	Infinito
27/04/23	18:30	100	13,49	2,68	Infinito
27/04/23	14:19	100	13,41	3,92	Infinito
26/04/23	15:15	100	13,55	8,21	Infinito
26/04/23	11:39	93	12,96	1,35	8
25/04/23	17:04	100	13,26	-2,54	10
14/04/23	22:50	98	12,78	-6,69	2,25
13/04/23	1:58	97	12,69	-4,31	3,7
12/04/23	14:49	100	13,49	2,63	Infinito
11/04/23	11:50	100	13,92	6,52	Infinito
28/03/23	17:18	100	13,56	1,22	Infinito

26/03/23	16:12	100	13,59	2,11	Infinito
26/03/23	0:57	98	12,87	-8,12	2
23/03/23	10:51	100	13,55	1,97	Infinito
21/03/23	5:52	100	14,19	2,21	Infinito
19/03/23	10:33	100	13,64	8,97	Infinito
19/03/23	0:15	97	12,59	-5,05	3
17/03/23	23:13	98	12,58	-4,37	3,5
17/03/23	0:19	97	12,70	-3,83	4,2
11/03/03	12:21	100	14,21	5,84	Infinito
05/03/23	22:34	97	12,57	-5,05	3,3
05/03/23	2:48	96	12,70	-1,63	10
02/03/23	19:01	100	12,97	-3,98	4,8
01/03/23	23:29	98	12,78	-3,84	4,7
01/03/23	21:39	99	12,77	-4,44	3,9
01/03/23	20:46	99	12,82	-2,63	4,3
01/03/23	8:15	99	12,78	-3,94	4
17/02/23	20:39	100	13,28	-0,11	10
15/02/23	20:01	100	13,28	-0,15	10
11/02/23	21:56	99	12,86	-4,02	4,4
10/02/23	13:51	100	13,53	4,28	Infinito
09/02/23	20:11	98	11,77	-86,85	2
08/02/23	18:38	100	13,12	-1,51	10
06/02/23	17:24	100	14,31	3,02	Infinito
05/02/23	18:14	100	13,28	-0,12	10
04/02/23	21:55	97	12,74	-2,15	2h
04/02/23	21:49	99	11,82	-86,61	4h

ANEXO B: TABLA CONSUMOS INSTANTÁNEOS

FECHA	HOR A	BATERÍA (%)	TENSIÓN (V)	CONSUMO INSTANTÁNEO (A)	TIEMPO ESTIMADO (DÍAS)
02/07/23	20:47	100	13,31	-1,5	10
10/06/23	19:20	100	13,68	14,74	10
10/06/23	10:38	81	12,02	-5,16	2
09/06/23	21:43	84	12,26	-4,2	2
09/06/23	17:12	85	12,86	6,46	2
09/06/23	15:18	84	12,92	3,24	2
09/06/23	12:20	84	12,38	-2,43	9
09/06/23	0:38	85	12,34	-0,6	10
08/06/23	19:44	87	12,24	-7,6	1,6
08/06/23	10:33	89	12,43	-4,01	6
08/06/23	0:28	92	12,53	-6,03	2
07/06/23	12:06	97	12,91	0,20	
06/06/23	20:01	100	13,10	-3,18	6,5
26/05/23	7:34	98	13,00	-0,19	10
24/05/23	20:52	99	12,84	-4,43	4,29
11/05/23	14:38	100	13,42	0	Infinito
03/05/23	16:19	100	13,32	0,16	Infinito
27/04/23	18:30	100	13,49	2,68	Infinito
27/04/23	14:19	100	13,41	3,92	Infinito
26/04/23	15:15	100	13,55	8,21	Infinito
26/04/23	11:39	93	12,96	1,35	8
25/04/23	17:04	100	13,26	-2,54	10
14/04/23	22:50	98	12,78	-6,69	2,25
13/04/23	1:58	97	12,69	-4,31	3,7
12/04/23	14:49	100	13,49	2,63	Infinito
11/04/23	11:50	100	13,92	6,52	Infinito
28/03/23	17:18	100	13,56	1,22	Infinito
26/03/23	16:12	100	13,59	2,11	Infinito
26/03/23	0:57	98	12,87	-8,12	2

23/03/23	10:51	100	13,55	1,97	Infinito
21/03/23	5:52	100	14,19	2,21	Infinito
19/03/23	10:33	100	13,64	8,97	Infinito
19/03/23	0:15	97	12,59	-5,05	3
17/03/23	23:13	98	12,58	-4,37	3,5
17/03/23	0:19	97	12,70	-3,83	4,2
11/03/03	12:21	100	14,21	5,84	Infinito
05/03/23	22:34	97	12,57	-5,05	3,3
05/03/23	2:48	96	12,70	-1,63	10
02/03/23	19:01	100	12,97	-3,98	4,8
01/03/23	23:29	98	12,78	-3,84	4,7
01/03/23	21:39	99	12,77	-4,44	3,9
01/03/23	20:46	99	12,82	-2,63	4,3
01/03/23	8:15	99	12,78	-3,94	4
17/02/23	20:39	100	13,28	-0,11	10
15/02/23	20:01	100	13,28	-0,15	10
11/02/23	21:56	99	12,86	-4,02	4,4
10/02/23	13:51	100	13,53	4,28	Infinito
09/02/23	20:11	98	11,77	-86,85	2
08/02/23	18:38	100	13,12	-1,51	10
06/02/23	17:24	100	14,31	3,02	Infinito
05/02/23	18:14	100	13,28	-0,12	10
04/02/23	21:55	97	12,74	-2,15	2h
04/02/23	21:49	99	11,82	-86,61	4h