

Trabajo Fin de Grado

Análisis de la adaptación bivial de un vehículo
táctico URO VAMTAC ST5.

Autor

Rubén Núñez López

Director/es

Director académico: Dr. D. Antonio M. Oller Marcén

Director militar: Cap. D. Oscar Luis Gálvez Cortés

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2020

Resumen

Dadas las mermadas capacidades de la única unidad de ferrocarriles del Ejército, la Compañía de Ferrocarriles del Batallón II de Especialidades del Regimiento de Pontoneros y Especialidades de Ingenieros N°12, y la necesidad de dotar a unidades ligeras de capacidad para desplazarse por tramos ferroviarios, surge la necesidad de un medio de transporte que lo permita.

Los vehículos hi-rail son una solución ampliamente adoptada en el ámbito civil por las empresas de mantenimiento y obras de vías de tren. Se trata, básicamente de vehículos y maquinaria adaptada con diploris. Hay varios tipos de sistemas que se utilizan en función de las máquinas y de los vehículos que se adaptan, los diploris pasivos, los de tracción por rodillo y los de tracción hidráulica. Además, se parte de la premisa de que el vehículo elegido de entre los que el Ejército tiene en dotación es el VAMTAC ST5.

Con el fin de conocer las necesidades de la Cía. de Ferrocarriles y las posibles aplicaciones en otras unidades, se realiza un estudio de referencias históricas, documentación doctrinal, manuales técnicos, realización de entrevistas y una encuesta al personal de tropa y mando de la compañía.

Teniendo en cuenta los requerimientos obtenidos, se ha realizado un análisis comparativo de los 3 tipos de diploris, donde se han tomado en cuenta características determinadas como fundamentales; peso, versatilidad en distintos anchos de vía, coste, velocidad máxima sobre raíles... Para realizar la comparación y proponer uno de los modelos para su adquisición se ha empleado DAFO. Como resultado se obtuvo que el mejor candidato era el tipo diplori pasivo. Su simplicidad, ligereza, economía y facilidad de montaje lo hace el mejor sistema.

A continuación, se realiza una búsqueda de posibles empresas capaces de ejecutar la adaptación. Para ello se recurre a una base de datos de empresas del sector ferroviario certificadas para realizar este tipo de trabajo, obteniendo así 5 candidatas. También se realiza una propuesta para el análisis de dichas empresas que pudiera arrojar al mejor de los proveedores.

Se concluye por tanto que la adaptación del vehículo URO VAMTAC ST5 con un sistema de diplori pasivo sería viable, existiendo actualmente 5 empresas en territorio nacional con capacidad para realizarla.

Palabras clave: Hi-rail, vehículo bivial, diplori, VAMTAC

Abstract

Given the diminished capabilities of the Army's only railway unit, the Army's Battalion II Specialty Railway Company and Engineers' Specialties No12 Specialties, and the need to provide light units with capacity to travel on rail sections, the need arises for a means of transport that allows it.

Hi-rail vehicles are a solution widely adopted in the civilian field by maintenance companies and train track works. These are basically vehicles and machinery adapted with diploris. There are several types of systems used depending on the machines and adapting vehicles, passive diploris, roller traction and hydraulic traction systems. In addition, it is based on the premise that the vehicle chosen from which the Army is equipped is the VAMTAC ST5.

In order to know the needs of the Railway Company and possible applications in other units, a study of historical references, doctrinal documentation, technical manuals, conducting interviews and a survey of the company's troop and command personnel is carried out.

Taking into account the requirements obtained, a comparative analysis of the 3 types of diploris has been carried out, taking into account characteristics determined as fundamental; weight, versatility in different track widths, cost, maximum speed on rails...To make the comparison and proposing one of the models for acquisition, has been used DAFO. As a result it was obtained that the best candidate was the passive diplori type. Its simplicity, lightness, economy and ease of assembly makes it the best system.

A search is then carried out for potential companies capable of executing the adaptation. To this end, a database of railway companies certified to carry out this type of work is used, thus obtaining 5 candidates. A proposal is also made for the analysis of these companies that could yield to the best of suppliers.

It is therefore concluded that the adaptation of the VAMTAC ST5 URO vehicle with a passive diploris system would be feasible, with 5 companies currently in the national territory with the capacity to carry it out.

Keywords: Hi-rail, bivial vehicle, diplori, VAMTAC.

Agradecimientos

Al Batallón de Especialidades, por su apoyo, experiencia y el valor militar y humano de sus miembros.

A la Compañía de Ferrocarriles, por ofrecerme la posibilidad conocer una unidad con tanta historia a sus espaldas.

Al Capitán D. Oscar Luis Gálvez Cortés, por su tiempo y conocimientos.

Al Doctor D. Antonio M. Oller Marcén, por su esfuerzo y paciencia apoyándome este trabajo.

A la LXXVI promoción del Cuerpo General del Ejército de Tierra y en especial a la CCIII promoción de Ingenieros, por lo que nos hemos divertido juntos.

A mi familia, especialmente a mi esposa Patricia, por su amor, apoyo y paciencia, y a mis dos cachorros Eneko y Samuel por darle sentido a todo.

Índice

Abstract	3
Agradecimientos	4
Resumen.....	2
Índice	5
Índice de figuras.....	7
Glosario de términos	8
Capítulo 1. Introducción	9
Capítulo 2. Metodología del proyecto	11
Capítulo 3. Antecedentes	12
3.1. Histórico.....	12
3.2. Descripción general de diploris.....	14
3.3. Clasificación.....	14
3.3.1 Diploris pasivos	14
3.3.2. Diploris de tracción por rodillo	18
3.3.3. Diploris de tracción hidráulica	18
3.4.1. Carriles	19
3.4.2. Plataformas	20
3.5. Vehículo	22
Capítulo 4. Determinación de las características	24
Capítulo 5. Recogida y análisis de información propia	28
5.1. Análisis DAFO.....	28
5.2. Análisis de entrevistas.....	30
5.3. Análisis de resultados de la encuesta	32
5.4. Análisis de proveedores	33

Capítulo 6. Conclusiones y trabajo futuro	36
Referencias.....	37
Apéndice A. Encuesta.....	39
Apéndice B. Fichas Técnicas	40
Ficha 1. Alzado anterior y posterior de un VAMTAC ST5	40
Ficha 2. Alzado lateral y vista cenital de un VAMTAC ST5.	41
Ficha 3. Extracto del manual de operador y mantenimiento sobre el bastidor	42
Ficha 4. Extracto del manual de operador y mantenimiento sobre el bastidor.	43
Ficha 5. Extracto del manual de operador y mantenimiento sobre el bastidor.	44
Ficha 6. Representación del chasis y ruedas.....	45
Ficha 7. Tolerancias de ángulos de ataque.....	46
Ficha 8. Medidas de ancho de eje y altura de panza.....	47
Ficha 9. Plantilla de gálibos de ADIF para la red general de ferrocarriles.....	48
Ficha 10. Mapa de la red nacional de ferrocarriles representando rampas características.....	49
Ficha 11. Cuadro de características de los vehículos tipo.	50
Ficha 12. Ejemplos de configuraciones. Catálogo VAMTAC.	51

Índice de figuras

Figura 1. Land Rover de RENFE a la 34ª sección de vías y obras de Jaén (1980).....	12
Figura 2. BA-64.....	13
Figura 3. URAL-4330 camión pesado soviético.	14
Figura 4. Diplori pasivo desplegado y Figura 5. Diplori pasivo retraído.....	15
Figura 6. Esquema de diplori pasivo.	16
Figura 7. Vehículo Toyota adaptado con diplori pasivo.	16
Figura 8. Todoterreno Ford circulando con diplori pasivo.....	17
Figura 9. Detalle del émbolo hidráulico del sistema.	17
Figura 10. Dumper pesado con diplori de rodillos.	18
Figura 11. Camión circulando sobre diplori de tracción hidráulica.	19
Figura 12. VAMTAC ST5 del Ejército de Tierra.....	22
Figura 13. Ejemplo de evaluación mediante radar chart.	34

Glosario de términos

- **Batalla.** Distancia entre dos ejes
- **Bogie.** Dispositivo giratorio dotado de dos o más ejes, cada uno con dos ruedas, sobre los que se apoya un vehículo ferroviario. Los ejes son paralelos y solidarios entre sí, y en general están situados en ambos extremos de los vehículos, destinados a circular sobre los carriles. El vehículo se apoya en cada bogie por medio de un eje vertical mediante un pivote, gracias al que puede describir curvas muy cerradas. Podemos encontrar bogies tractores y bogies remolcados, estos últimos sin fuerza de tracción.
- **Carril.** Cada una de las barras metálicas sobre las que se desplazan las ruedas de los trenes y tranvías.
- **Diplori.** Pequeño carretón de dos ejes con pequeñas ruedas troncocónicas con pestañas a cada lado, empleado para el transporte de objetos pesados por la vía.
- **Dresina.** Una dresina es un vehículo ferroviario ligero y automotor, conducida por personal propio del servicio, equipado para transportar el personal y material necesario para la conservación de las instalaciones ferroviarias. También se les conoce por el nombre de vagoneta o vagoneta automóvil.
- **Gálibo.** Un gálibo ferroviario especifica las dimensiones máximas del material rodante y de sus cargas (y en particular, de su sección transversal a la vía) para garantizar que los trenes puedan pasar de manera segura a través de los túneles y por debajo de los puentes, y mantenerse suficientemente alejados de los elementos adyacentes a la plataforma y de los otros trenes.¹² De forma análoga, un gálibo ferroviario también puede establecer el espacio mínimo libre de obstáculos del que se debe disponer alrededor de una vía para que un determinado tipo de tren pueda circular por la misma con las debidas condiciones de seguridad.
- **Hi-rail.** Un Hi-rail o vehículo de carretera-ferrocarril es un vehículo que puede funcionar tanto sobre las vías férreas como en las carreteras o rutas convencionales. Estos vehículos tienen ruedas aptas para carretera, con llantas y neumáticos de caucho, y un juego adicional de ruedas de acero retirables, para circular por las vías férreas.
- **Locomotor.** Vehículos de tracción por ruedas neumáticas que se utiliza para mover trenes sin necesidad de estar encarrilado.
- **Teatro de operaciones.** Área geográfica específica en la cual se desarrolla un conflicto armado.

Capítulo 1. Introducción

Algunos de los cometidos que están asignados a la Compañía de Ferrocarriles son el reconocimiento y limpieza de itinerarios ferroviarios con presencia de UXO¹'s e IED²'s., así como la preparación de tren militar para movimiento en terreno hostil. Tanto para realizar los reconocimientos como para actuar de acompañamiento de trenes militares, es necesario un vehículo que permita acceder de forma rápida y segura, a través de la infraestructura ferroviaria, a los tramos a reconocer.

Muchos de estos tramos, por ende, puntos vulnerables, ideales para el emplazamiento de IED,s, son las trincheras o terraplenes ferroviarios. A estos sólo se puede acceder por la infraestructura ferroviaria. Para mitigar esta carencia y llegar al punto vulnerable en tiempo y forma adecuada, las organizaciones civiles y empresas han optado por acoplar a vehículos carreteros ordinarios, un diplotri que permita acceder a la infraestructura ferroviaria y circular por ella sin ningún inconveniente. Estos vehículos permitirían aproximarse al punto vulnerable por carretera y realizar la aproximación final por la infraestructura ferroviaria.

Tras el estudio de los Teatros de Operaciones actuales y las capacidades de otros ejércitos, se ha observado la creciente importancia de los ferrocarriles, tanto para el transporte de sus sistemas de armas como en la construcción, rehabilitación y mantenimiento de nuevas infraestructuras que beneficien a la defensa del territorio. Algunas unidades militares de otras naciones disponen de este tipo de vehículos, que se emplean para realizar operaciones militares en tramos ferroviarios, tanto desde el punto de vista táctico como el específico de ejecución del transporte.

Por otro lado, como hipótesis secundarias tenemos que: según la doctrina³,

“Los objetivos más probables que puede atacar el enemigo son todos aquellos puntos críticos del trazado (túneles y obras de fábrica), nudos ferroviarios y terminales.”, y *“Hoy en día, el empleo de artefactos explosivos improvisados, tanto reales como simulados, constituye la principal amenaza; la simple comunicación indicando su posible presencia obliga a detener el tráfico hasta que un equipo especializado EOD/EOR se desplaza al lugar, verifica y, en su caso, desactiva el objeto que generó la alarma.”*

“La Cía. FFCC está dotada del material tractor y remolcado necesario, así como de puentes y muelles móviles específicos y maquinaria y herramienta para la construcción y reparación de vía.”

“Para cualquier tipo de escenario, se extremará la coordinación de todos los apoyos necesarios para solventar aquellas incidencias que pudieran producirse durante el transporte y, en especial, las que pudieran ser originadas por el enemigo. Además, el

¹ Unexploded Explosive Ordinance. Objeto explosivo sin detonar.

² Improvised Explosive Device. Artefacto explosivo improvisado.

³ PD4-406. Batallón de Especialidad de Ingenieros. 4.2. La Compañía de ferrocarriles.

mando de la Cía. FFCC deberá disponer en todo momento de reservas de material tractor y remolcado, maquinaria, herramienta y equipos de reparación de vía, y las escoltas necesarias para desplazarse a los puntos amenazados y solventar las incidencias ocurridas en el menor plazo posible.”

“La planificación de las acciones conducentes a proporcionar seguridad vendrá condicionada por el conocimiento del ambiente en que tienen lugar las operaciones. Por otra parte, se requerirá un constante esfuerzo innovador para mantener, en todo momento, una ventaja tanto táctica como material sobre las acciones enemigas. A estos efectos, se deberán establecer procedimientos que den cabida a una gran flexibilidad para proporcionar tiempos de respuesta lo más breves posibles; incluyendo en los mismos la asignación de equipos de reconocimiento y desactivación a la unidad, el uso de inhibidores de frecuencia, helitransporte de equipos de reparación y cualesquiera otros que proporcionen una alerta temprana y una rápida reacción.”

Los vehículos hi-rail son una solución más que consolidada, en el ámbito civil para solventar la movilidad en infraestructura ferroviaria. Tanto en el territorio nacional como en muchos otros países con redes ferroviarias desarrolladas, es fácil observar que las empresas, que se encargan de realizar labores de mantenimiento y obras ferroviarias, están dotadas de vehículos de este tipo.

Las adaptaciones de vehículos con diptoris son operaciones relativamente sencillas y económicas. Si nos basamos meramente en un criterio de sencillez de la tecnología utilizada y la premisa de que adaptar vehículos de línea siempre resulta más económico que desarrollar modelos específicos para ámbitos concretos.

Un vehículo con las capacidades que se proponen sería multipropósito. Válido para labores de mantenimiento viario, reconocimiento, transporte o seguridad. Al tratarse de una capacidad nueva en cuanto a movilidad se refiere y no circunscribirse a cometidos concretos, el abanico de posibilidades en cuanto a tareas para las que podría utilizarse.

El objetivo a alcanzar en el presente estudio es analizar la viabilidad de una adaptación de un vehículo de combate ligero URO VAMTAC ST5, para dotarlo de capacidad bivial. De ser así, cuál sería la manera óptima de hacerlo atendiendo a criterios económicos, de fiabilidad, versatilidad y operatividad.

Capítulo 2. Metodología del proyecto

El estudio objeto de este trabajo se ha dividido en las siguientes fases para alcanzar el objetivo fijado:

Fase 1. Documentación y estado del arte

- **Documentación y conocimiento del ámbito ferroviario.** En esta primera fase se realizará un acercamiento al mundo del ferrocarril y un estudio somero de las infraestructuras, vehículos y normativa.
- **Estudio del estado del arte.** Se investiga cuál es el desarrollo actual de los vehículos hi-rail en el mundo civil a nivel global y se determina la tipología de sistemas que nos podemos encontrar. Se realiza una investigación de los antecedentes de los vehículos biviales que se han utilizado históricamente y más concretamente en el ámbito militar. Esto nos permite realizar una clasificación de los distintos tipos de soluciones que encontramos en el mercado.

Fase 2. Estudio de las necesidades

- **Comprensión de las necesidades a cubrir.** Primeramente, se acumulará todo el conocimiento posible sobre la unidad receptora y sobre cuáles son las necesidades que el vehículo debe suplir, así como los *stake holders*. Se realizan entrevistas y encuestas al personal destinado en la misma. También la realización de ejercicios de instrucción con dicha unidad servirá como fuente de información de sus carencias y necesidades, observando de qué manera el vehículo podría solventarlas.
- **Definición de las características técnicas.** Se estudiarán las fichas técnicas del vehículo en cuestión y los manuales de este para concretar que especificaciones técnicas debe cumplir el sistema que se implante.

Fase 3. Selección de soluciones

- **Selección del sistema óptimo.** En base a la clasificación de diplotis y sus características se analizan cuáles son sus debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades (DAFO). De esta manera se estará en disposición de discernir cuál es el mejor para la adaptación del VAMTAC.
- **Análisis de proveedores.** Se determinará cómo deben ser evaluadas las empresas proveedoras para concluir cuáles son los mejores candidatos que puedan realizar la adaptación. Esto se materializa en un radar chart por proveedor, que más tarde serán contrastados entre sí.

Capítulo 3. Antecedentes

3.1. Histórico

El eje central del proyecto son los vehículos tácticos, por lo tanto, encontrar referencias históricas se limita bastante. Los vehículos tácticos son un concepto relativamente reciente y por ello no encontramos en el pasado referencias de ellos y mucho menos hi-rail.

Por otro lado, los sistemas hi-rail se caracterizan por su capacidad de rápida retracción y despliegue, lo que convierte a los vehículos que disponen de ellos en biviales. Esto era raro encontrarlo en el pasado, ya que es casi obligatorio la utilización de sistemas hidráulicos capaces de elevar el vehículo.

Podemos observar, sin embargo, como vehículos de ruedas convencionales, incluso civiles, eran modificados para poder circular por vías férreas, eso sí, sin una forma fácil y rápida de cambiar de modalidad de desplazamiento. Esto hace que no se les pueda denominar biviales.



Figura 1. Land Rover que asignó RENFE a la 34ª sección de vías y obras de Jaén (1980)

En la Segunda Guerra Mundial, vemos como los rusos realizaron adaptaciones de algunos blindados como este BA-64, al cual colocaron un tren de rodaje delantero y trasero. Dicho tren de rodaje era desmontable, pero tampoco llegaba a ser un sistema bivial, puesto que tal montaje y desmontaje era lento y se necesitaba personal y herramientas. La tracción la ofrecían las ruedas de goma y el objetivo era el de poder desplazarse distancias largas por las vías cuando dicho transporte resultaba imposible por las condiciones meteorológicas de nevadas intensas.



Figura 2. BA-64

Más recientemente ya vemos como, sin salir de Rusia se han utilizado sistemas hi-rail propios de adaptaciones civiles en camiones militares. En este caso la finalidad de la adaptación también es la de proporcionar alternativas para las situaciones de nevadas extremas, tan propias de este país.

“BA-64G es la segunda modificación ferroviaria experimental del BA-64. Su desarrollo fue llevado a cabo por la Oficina de Diseño de GAZ en julio - septiembre de 1942. El tren de aterrizaje del BA-64G se distinguió por la presencia de dos bogies de elevación, parcialmente suspendidos, con ruedas de ferrocarril de diámetro pequeño, y el movimiento se llevó a cabo debido al contacto con la vía del tren que retiene los neumáticos de goma de las ruedas. Además, los prototipos se distinguieron por la instalación de una caja de transferencia con un eje delantero no desconectable y un mecanismo inverso, que permitía el movimiento inverso a toda velocidad, así como la presencia de una señalización ferroviaria.”⁴

⁴ <https://es.topwar.ru/121091-kolesnaya-bronetehnika-vremen-vtoroy-mirovoy-chast-13-legkiy-broneavtomobil-ba-64.html>



Figura 3. URAL-4330 camión pesado soviético.

3.2. Descripción general de diploris

Los Hi-rail o vehículos de carretera-ferrocarril, son capaces de desplazarse tanto por carreteras o pistas, así como por vía férrea. Para ello, disponen de dos juegos de ruedas, uno de llantas y neumáticos, y otro de ruedas de acero ferroviarias retractiles. El tren de rodaje ferroviario con el que se dota excepcionalmente a cualquier tipo de material que no fue diseñado inicialmente para llevarlo, se denomina diplori. Todos estos diploris tienen en común que el sistema del que disponen para desplegarse es hidráulico, ya que en muchos casos debe ser capaz de elevar total o parcialmente el vehículo, además de soportar la carga del mismo, de manera estática por largos periodos de tiempo.

Encontramos varios tipos de diploris dependiendo de sus sistemas de tracción o tipo de vehículos sobre los que se instala. A continuación, se detallan los diferentes tipos que podemos utilizar para adaptar un vehículo como el VAMTAC.

3.3. Clasificación

3.3.1 Diploris pasivos

Se trata de un sistema sencillo que únicamente guía al vehículo por la vía. Las ruedas de acero una vez encarriladas evitan que las ruedas se salgan de la superficie de los carriles durante el desplazamiento. Se denominan pasivos al no incorporar ningún tipo de tracción en los ejes ferroviarios.

En este sistema prácticamente todo el peso del vehículo reposa sobre las ruedas neumáticas, siendo estas las que proporcionan la tracción. Para ello la separación entre los neumáticos de un mismo eje, debe coincidir con el ancho de vía. Esto provoca que no

se reparta todo el peso del vehículo sobre la banda de rodadura de los neumáticos, tal y como se diseñaron los mismo. Como consecuencia se produce un desgaste anómalo de la goma y una sobrepresión que podría provocar problemas.

Se observa que este sistema es el más utilizado para vehículos ligeros como los 4x4 y pickups, debido principalmente a que suele coincidir la separación entre neumáticos con la mayoría de los anchos de vía. También el peso de los vehículos juega un papel determinante, siendo este sistema restringido a vehículos ligeros.

A continuación, se muestran varias figuras de diploris pasivos, donde se puede apreciar los componentes y las dos disposiciones (retraído y desplegado).

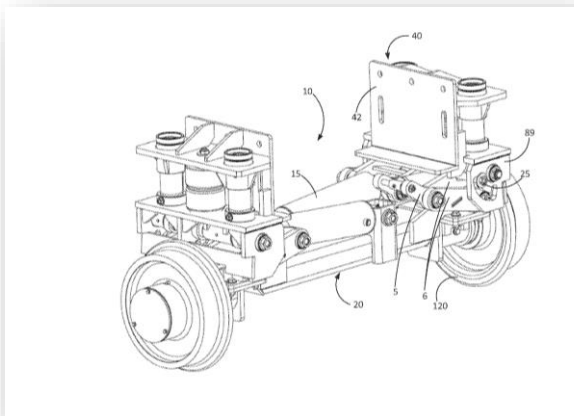
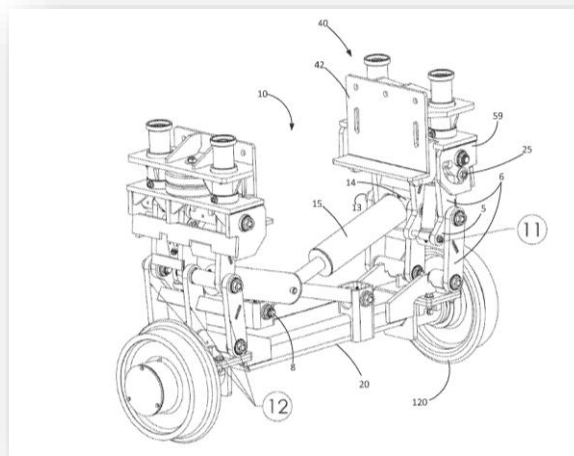


Figura 4. Diplori pasivo desplegado y Figura 5. Diplori pasivo retraído.

En las siguientes figuras vemos otro de los sistemas. En el esquema se puede apreciar la simplicidad del ensamblaje que en este caso no lleva instalado ningún sistema hidráulico de despliegue. Este tren de rodaje necesita elementos auxiliares que eleven el vehículo temporalmente y de manera manual se despliega el diplori. En la fotografía inferior se observa un vehículo Toyota Aries Hyrail© con este sistema instalado.

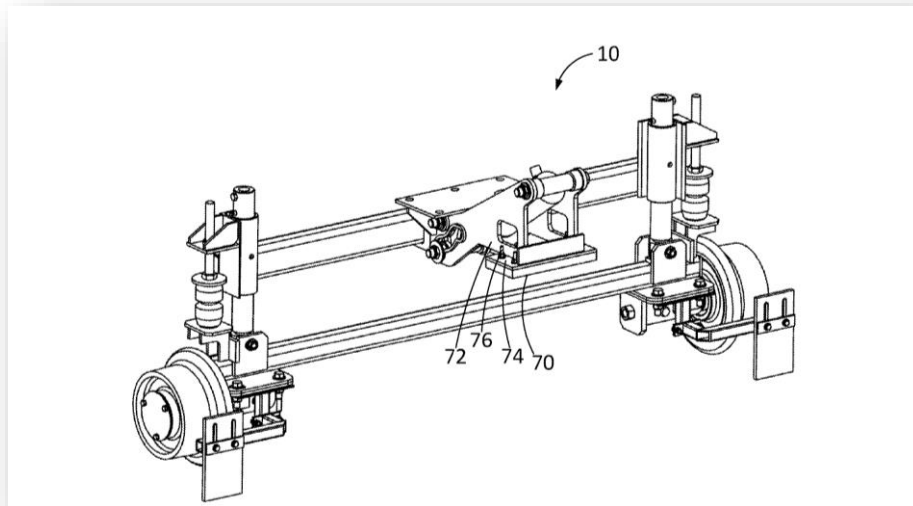


Figura 6. Esquema de diplori pasivo.



Figura 7. Vehículo Toyota adaptado con diplori pasivo.

En la siguiente fotografía observamos un todoterreno con capacidad de despliegue hidráulico mediante un solo cilindro central. Es interesante observar los neumáticos, en los que se aprecia la franja de desgaste en la banda de rodadura.



Figura 8. Todoterreno Ford circulando con diplori pasivo.



Figura 9. Detalle del émbolo hidráulico del sistema.

3.3.2. Diploris de tracción por rodillo

Este tipo de diplori se caracteriza principalmente por aplicar la tracción motriz directamente sobre las ruedas ferroviarias. Esto se consigue haciendo que las ruedas tractoras neumáticas, se apoyen y rueden, sobre unos rodillos estriados de acero solidarios a las ruedas ferroviarias. De esta manera se consigue transmitir totalmente el peso del vehículo y la tracción.

Por la configuración de este sistema, observamos que la separación de las ruedas ferroviarias va a ser mayor o menor que la separación de las ruedas neumáticas, esto le hace especialmente útil en el caso de que no coincidan los anchos de vía con la separación de ruedas neumáticas. Esto se suele dar en maquinaria pesada y vehículos voluminosos, así como aquellos que disponen de más de dos neumáticos por eje.

Nótese que la transmisión del giro de las ruedas se invierte con el rodillo. Esto obliga a circular con la marcha atrás del vehículo. A priori, esto supone un mayor par de tracción, pero una limitación en la velocidad máxima alcanzable sobre vía.



Figura 10. Dumper pesado con diplori de rodillos.

3.3.3. Diploris de tracción hidráulica

Estamos ante el sistema más sofisticado de todos. Dado que dispone de tracción propia, incorpora motores hidráulicos en cada una de las ruedas. Esto hace que el sistema se complique por la necesaria adición de los pertinentes componentes extra, como dichos motores, compresor hidráulico, válvulas, etc.

Por las características de los motores hidráulicos, los vehículos dotados con estos diploris no pueden alcanzar velocidades de más de 20 km/h, aunque si pueden desarrollar

par motor superior a los otros sistemas. Esto cobra interés en vehículos pesados (>3.500kg) o arrastre de materiales pesados.

En contrapartida se trata de un sistema muy eficiente dado que el tren de rodaje es totalmente independiente y todos sus elementos han sido diseñados para el desplazamiento por vía férrea.



Figura 11. Camión circulando sobre diptori de tracción hidráulica.

3.4. Infraestructuras ferroviarias

A continuación, se pasa a describir los elementos que caracterizan las infraestructuras ferroviarias. Se describen las características más importantes desde el punto de vista de este tipo de vehículos. Dichas características se tendrán en cuenta para el posterior análisis de los distintos sistemas.

3.4.1. Carriles

Se trata del elemento principal del transporte ferroviario. Son básicamente perfiles de acero con medidas estandarizadas. Colocados paralelamente a distancias estándar también. Dichos anchos de vía⁵ son determinantes, ya que trenes rodantes diseñados para un ancho determinado no podrán circular por otro diferente. Existen infinidad de anchos a nivel internacional⁶, pero los más interesantes por tratarse de los que hay en territorio nacional son:

- *“1.672 mm «ancho español»: se emplea en exclusividad en la línea 1 del metro de Barcelona, siendo el único ferrocarril que realmente emplea el ancho de vía establecido en el informe Subercase.”*

⁵ Distancia entre las dos caras internas de los carriles que componen una vía, medida a 14 mm por debajo del plano de rodadura

⁶ Todos los anchos de vía: www.trenvista.net

- *“1.668 mm «ancho ibérico»: es el más extendido en la península y, por supuesto, en la RFIG (Red Ferroviaria de Interés General); lo que ha marcado la incompatibilidad con el resto de la red europea. Aparte de en los ferrocarriles convencionales gestionados por Adif, el ancho ibérico está implementado en la línea Lérida-La Pobra de Segur de FGC.”*
- *“1.435 mm «ancho internacional»: es el empleado en la gran mayoría de los países europeos. En España se ha usado históricamente en algún ferrocarril secundario, pero desde los 90 es el elegido para las líneas de alta velocidad. Además, el ancho internacional se emplea en la línea Barcelona-Vallés de FGC, en los metros de Barcelona (sólo los explotados por TMB salvo la mencionada línea 1), Málaga y Sevilla; así como en los tranvías de Barcelona, Murcia, Sevilla, Parla, Vélez-Málaga, Tenerife y Zaragoza.”*
- *“1.445 mm «ancho madrileño»: si bien es muy similar al internacional, este ancho de vía es el que utiliza el metro de Madrid y sus metros ligeros anexos. A nivel mundial, tan sólo es empleado en la Comunidad de Madrid y su origen tiene lugar en la extinta red tranviaria. Al parecer, hubo un error de 10 mm. al cambiar de unidades del sistema imperial británico, que ha perdurado hasta nuestros días.”*
- *“1000 mm «ancho métrico»: es el usado por la red de vía estrecha de Adif (ex FEVE), la gran mayoría de ferrocarriles autonómicos (FGC -salvo las mencionadas líneas del Vallés y de La Pobra de Segur-, FGV, Euskotren y SFM), en la línea Cercedilla-Cotos y en algunos ferrocarriles mineros y turísticos.”*
- *“914 mm: equivalente a una yarda inglesa, en la actualidad tan sólo se utiliza en el ferrocarril y tranvía de Sóller, en Mallorca.”*

Existen sistemas que se adaptan a diferentes anchos, los cuales dan gran versatilidad, pudiendo circular por cualquier infraestructura.

3.4.2. Plataformas

Se trata de la infraestructura que se realiza sobre una explanación con la finalidad de sustentar a la vía y demás elementos auxiliares del ferrocarril. Dependiendo de la orografía y las características edafológicas de la zona esta plataforma tendrá una configuración u otra. Al tratarse básicamente de explanaciones, en ocasiones se realizan terraplenes y en otras, desmontes.

Un terraplén muy pronunciado sitúa la vía a varios metros por encima de la cota cero del terreno colindante, ocurriendo justo lo contrario en el caso de los desmontes. Estas estructuras se caracterizan por los taludes que forman, siendo cruciales para este estudio, dado que son los obstáculos que impiden el acceso de los vehículos convencionales a ciertas zonas del trazado ferroviario.

Sobre estas plataformas se aporta siempre balasto, que es la fijación de las traviesas. El balasto forma otro talud que, por ser piedra suelta, también representa una dificultad para acceder a la vía.

Un VAMTAC de línea es capaz de superar pendientes de hasta un 78%, aunque de suponer que con la instalación de diplotris que se busca esta capacidad se reduzca. Los casos extremos de desmontes son las trincheras. Se dan en terrenos rocosos donde se pueden realizar taludes verticales y de decenas de metros de desnivel. En esta situación estaríamos ante limitaciones, ya no solo de accesibilidad, sino también de circulación, similares a las de los túneles.

3.4.3. Túneles

Muy comunes en trazados ferroviarios de terrenos montañosos. En el pasado tenían normalmente longitudes menores, pero con los avances en maquinaria de tunelación actualmente existen túneles extensísimos.

Desde el punto de vista táctico, los túneles son puntos de paso obligado y por lo tanto son objeto de colocación de artefactos y sabotajes varios. Evidentemente, la manera de acceder a ellos tanto para atravesarlos como para reconocerlos son cualquiera de los dos accesos de la vía. Por lo tanto, debe de realizarse con un vehículo capaz de circular por la vía y que cumpla los gálibos establecidos. Véase Apéndice B. Ficha 9.

Por otro lado, imaginemos una situación en la que se haya producido una obstaculización por voladura, derrumbamiento o cualquier otro tipo de obstrucción. Todo el material de apoyo a la movilidad necesario para abrir brecha (herramienta manual, martillos neumáticos, barrenas, explosivos ...), es necesario transportarlo en vehículo.

3.4.4. Puentes

Estaríamos ante una situación muy similar a la de los túneles desde el punto de vista táctico, con la limitación extra que supone el peso máximo que soporta el puente.

En el caso de tratarse de puentes militares tendríamos la limitación MLC⁷. Para ello se debe conocer cuál sería la clase⁸. Véase el apartado 4. En el caso de puentes civiles no tendríamos este tipo de limitación, puesto que todo convoy o máquina ferroviaria excede con creces la clase del vehículo.

Los reconocimientos de puentes son cometidos específicos de unidades de ingenieros, concretamente de las secciones de reconocimiento. En el caso de los puentes actuales, de líneas de alta velocidad e incluso de líneas ordinarias de ferrocarril, las longitudes de los puentes pueden llegar a ser kilométricas. Con los medios que se dispone actualmente las secciones de reconocimiento, deben realizar este tipo de misiones a pie, lo que supone una gran lentitud.

⁷ El acuerdo de normalización (STANAG. 2021 ENGR.) “Determinación de la clasificación militar de los puentes, de los transbordadores y compuertas de navegación y de los vehículos” tiene como finalidad normalizar, para el uso de las fuerzas de la OTAN, un método de determinación de la clase militar MLC (Military Load Classification) de los puentes, de los transbordadores y compuertas de navegación (comprendidos sus muelles de embarque) y de los vehículos.

⁸ Es como comúnmente se denomina a la MLC.

3.5. Vehículo

Vehículo de Alta Movilidad Táctica 5 URO ST5 (VAMTAC).



Figura 12. VAMTAC ST5 del Ejército de Tierra.

VAMTAC es un vehículo de la empresa UROVESA. Sus siglas significan Vehículo de Alta Movilidad Táctica. Se trata de un vehículo 4x4 de dotación en las Fuerzas Armadas españolas. En mayo de 2013 la empresa firmó un acuerdo con el Ministerio de Defensa para fabricar un total de 772 unidades, 519 unidades para el Ejército de Tierra, 99 a la Armada, 78 para la Unidad Militar de Emergencias y 76 al Ejército del Aire.⁹

Sus características son tracción 4 por 4 permanente, con chasis de alta protección, incluye planchas de acero balístico, cristales blindados con marco y placas Exteriores de cerámica nivel 3. También cuenta con protección contra minas y contra IED's. Esto se debe a los sistemas de protección en forma de V, elementos de absorción de onda expansiva, estructura y puertas con difusor anti-deformación, cierres de seguridad y suelo elevado con mantas antiminas.

Cuenta con un motor de 3200 cm³ con 6 cilindros en línea, biturbo secuencial con intercooler, con 270 cv, transmisión automática de 6 velocidades y suspensión independiente a las 4 ruedas.

Suma un peso aproximado de 8400 kg y una capacidad de carga de unos 800 kg. Puede alcanzar los 110 km/h y cuenta con una autonomía de 600 km. Dispone con sistema de detección y extinción de incendios en cabina, sistema de inflado electroneumático desde el puesto de conductor (CTIS), ruedas con Run Flat, protección perimetral para el tirador y cámara de visión trasera o cabestrante, entre otras.

⁹ Maíz, 2017

La característica principal que hace a este vehículo idóneo para su adaptación es capacidad multipropósito. Existen varios modelos de VAMTAC que, compartiendo el mismo chasis, tren de rodaje, motor, etc., están adaptados a diferentes propósitos. Por ejemplo, el modelo ambulancia, el EOD, vehículo de carga o PCBON. Esto significa tener cualquiera de dichas capacidades operativas en lugares inaccesibles actualmente con este vehículo. Cobra especial relevancia el hecho de disponer del VAMTAC EOD bivial, el cual completaría perfectamente uno de los cometidos de la Cía. FFCC, el reconocimiento y limpieza de posibles IED's en vías férreas. También hay que reflexionar acerca de las capacidades que daría un VAMTAC de carga. El transporte de herramientas y materiales para reparación de vías, hasta el lugar concreto objeto de la reparación.

Aunque el estudio técnico para la conversión quedaría en manos de la empresa proveedora del sistema, una revisión somera del manual de usuario del VAMTAC y sus fichas técnicas, nos muestra la posibilidad acoplar el diptori a las vigas principales del chasis. Tal y como indica el manual, se contempla practicar orificios en la estructura. Esta operación debe de realizarse en todo caso obviando las soldaduras. Véase anexo.

También merece especial mención el hecho de que tanto la Armada, más concretamente Infantería de Marina, como el Ejército del Aire y la Unidad Militar de Emergencias, dispongan de este vehículo, lo cual le hace ser un firme candidato para la adaptación objeto del estudio.

Capítulo 4. Determinación de las características

Según las hipótesis expuestas y la justificación del proyecto, las características que se buscan el sistema Hi-rail serían aquellas que permitan tener unas capacidades de transporte y movilidad similares al VAMTAC de línea en movimiento sobre neumáticos y sin ninguna limitación para poderse desplazar por cualquier tramo de ferrocarril. Las características que delimitan esta capacidad son:

- Capacidad de carga.
- Clase de vehículo (MLC)
- Compatibilidad con anchos de vía.
- Compatibilidad con gálibos
- Peso del sistema.
- Velocidad máxima alcanzable.
- Pendiente máxima superable.

A nivel operacional, daría una gran flexibilidad la instalación del sistema en unidades tipo “2º escalón de mantenimiento”, encuadradas normalmente en Batallones. Esto permitiría dotar a este tipo de unidades de la capacidad bivial para acciones puntuales, sin necesidad de adquirir decenas de unidades de este sistema, cuyo uso, como se ha comentado, está relegado a operaciones muy concretas. También sería deseable por que los diplotris puedan ser transportados con los medios propios del ET tales como los camiones IVECO o cualquiera de los que se encuentran en dotación actualmente en las unidades. Esto permitiría mayor flexibilidad para el intercambio de esta capacidad según lo demande la misión, así como el transporte del sistema a escalones superiores de mantenimiento para su reparación, en caso de necesitarlo.

- Posibilidad de instalación en 2º escalón de mantenimiento.
- Posibilidad de ser transportado en camiones de dotación del ET.

A nivel táctico, los factores determinantes son la velocidad y la facilidad en la transición de una modalidad a otra. A este nivel no se debe descuidar las capacidades que ya teníamos sin la adaptación.

- Velocidad de cambio de modalidad.
- Facilidad de despliegue y repliegue del diplotri.
- Mínima reducción de capacidades off-road del VAMTAC.

A continuación, se pasa a definir cada una de estas características de manera más detallada.

Capacidad de carga

Debe ser capaz de soportar las mismas que marca el manual técnico del VAMTAC y con las que se cuenta a nivel táctico para la carga del vehículo.

- Masa Máx. Autorizada..... 6.300 kg
- Masa Máx. Eje delantero..... 2.800 kg
- Masa Máx. Eje trasero..... 3.700 kg

Clase del Vehículo (MLC)

“Es sólo un número, no representa el peso del vehículo.

Si el vehículo tiene un número de clase inferior o igual al del puente, transbordador o compuerta (incluido su muelle de embarque), puede embarcar o pasar; en caso contrario debe dar la vuelta.

El método de señalización de los puentes, transbordadores y de las compuertas (incluido sus muelles de embarque) y de los vehículos mediante su número de clase se detalla en el STANAG. 2010 ENGR. Señalización de clasificación militar de cargas.”

“En el STANAG 2021 se definen 32 vehículos tipo (16 de cadenas y 16 de ruedas, estos últimos presentan diversas configuraciones de ejes y ruedas) mediante sus características principales, en unidades del Sistema Internacional (SI), entre las clases tipo MLC 4 y MLC 150, ambas incluidas. El vehículo de clase 0 se asimila a un vehículo de peso nulo.

Además, para cada clase militar de los vehículos de ruedas, se definen una carga máxima por eje aislado, así como la carga máxima sobre los neumáticos, las dimensiones mínimas de los neumáticos y la presión máxima de inflado para estos últimos.”¹⁰

En el caso del vehículo que nos ocupa se trata de una Clase 8. véase ficha 11 en los anexos. Existe gran margen de carga por eje para que aumentase de clase, no obstante, una vez conocido el peso del implemento se debería recalcular. No es deseable que aumente de MLC debido a las implicaciones logísticas y tácticas que tendría.

Posibilidad de instalación en 2º escalón de mantenimiento

Se trata de tener la capacidad de, en la propia unidad, poder instalar el sistema en cualquier vehículo del modelo VAMTAC ST5 en función de la misión. Esto se resume en que el sistema de anclaje al chasis, así como el montaje de todo el sistema hidráulico deben de poderse montar con las herramientas disponibles en cualquier taller nivel 2º escalón.

¹⁰ Memorial del Arma de Ingenieros. N° 65. diciembre de 2001.

Seguramente se traduzca en anclajes basados en tornillería y pasadores convenientemente calculados. Se evitaría el uso de soldaduras o remaches dada su limitación de ciclos de montaje y desmontaje.

Compatibilidad con anchos de vía.

Como mínimo debe ser compatible con el ancho ibérico, pero es deseable que dispusiera de la capacidad de adaptarse a distintos anchos de vía.

- Ancho Ibérico – 1668 mm
- UIC (Alta Velocidad) – 1435 mm
- Metro – 1445 mm
- FEVE (Ferrocarril Vía Estrecha) – 1000 mm

Compatibilidad con gálibos.

Una vez en la vía el vehículo debe respetar los gálibos establecidos por ADIF para evitar accidentes en los puntos limitantes de la red. Véase anexo.

En la mayoría de los sistemas hi-rail el vehículo suele ganar cierta altura y en los sistemas de tracción por rodillo suele haber un aumento de anchura. Estos incrementos son los que deben vigilarse a la hora de elegir según qué sistema para que no altere los gálibos hasta exceder los límites.

Velocidad de cambio de modalidad.

Se busca un sistema que cuyo despliegue pueda ser llevado a cabo desde el interior del vehículo. Esto proporcionará casi siempre la mayor seguridad para el personal que va en el interior. Esto implica que el mismo, no necesite personal desembarcado para realizar la operación, lo cual reduce drásticamente el tiempo necesario para completar el despliegue del diplotri.

Por otro lado, el operador, que podría ser el jefe de vehículo o en su defecto el conductor, necesitaría instrucción específica para reducir los tiempos aún más. Este operador se debe coordinar a la perfección con el conductor, para que este último sitúe el vehículo justo sobre los carriles.

- Tiempo de encarrilado: Desde que el vehículo se encuentra fuera de la plataforma de balasto hasta que está en disposición de iniciar la marcha sobre las vías.
- Tiempo de descarrilado: Desde posición de marcha sobre las vías, hasta disposición de inicio de marcha fuera de la plataforma de balasto.

Peso del sistema.

Peso mínimo posible que pueda tener el sistema. Para tener en cuenta la MLC 8, que no sea superada por lo comentado en el apartado correspondiente.

Evidentemente el peso del diplori repercutirá en una reducción equivalente de la carga útil del VAMTAC, yendo en detrimento de material, munición y/o personal.

Velocidad máxima alcanzable en vía.

La máxima velocidad que puede alcanzar el vehículo yendo por los raíles manteniendo la seguridad, tanto en la capacidad de frenado, como evitando descarrilamientos no deseados en curvas.

Esta característica irá asociada a la altura del centro de gravedad y a la forma de tracción utilizada.

Pendiente máxima superable.

Que sea capaz de superar la pendiente máxima de la infraestructura ferroviaria.

La rampa característica es el valor de rampa empleado para el cálculo de cargas máximas y por lo tanto la más importante. Se trata del valor de la rampa más restrictiva del trayecto a valorar tomando en cuenta otros condicionantes como la pérdida de velocidad en la misma, posibilidad de asegurar arranque de trenes y evitar la posibilidad de dañar el material motor por sobreesfuerzos.

Mínima reducción de rendimientos del VAMTAC en off-road.

Deben alterarse lo mínimo posible los valores de la ficha técnica del vehículo, los cuales son:

- Velocidad máxima (carretera, en horizontal) 115 Km/h
- Velocidad mínima (carretera, en horizontal)3 Km/h
- Pendiente superable< 78%
- Pendiente lateral< 50%
- Autonomía (en carretera)500 Km
- Consumo a 80 Km/h.....22 l/100 Km
- Capacidad de vadeo (sin preparación)750 mm

Capítulo 5. Recogida y análisis de información

5.1. Análisis DAFO

A continuación, se pasa a analizar cada uno de los tipos de diplotis en base a las características de cada uno de ellos. Dichas características intrínsecas de cada sistema se confrontan con las exigencias descritas en el apartado anterior y se clasifica como debilidad, amenaza, fortaleza u oportunidad.

Diploris pasivos

Debilidades

- Desgaste irregular de los neumáticos. El apoyo de los neumáticos sobre los carriles produce un desgaste para el cual el neumático no está diseñado y eso repercute en la vida útil de los mismos.
- Solo apto para ancho de vía igual que la separación entre neumáticos. Esto limita la capacidad de circulación del VAMTAC.

Amenazas

- Que una rueda tenga una pérdida considerable de presión, dejaría el vehículo inmovilizado en cualquiera de las dos modalidades. Que la circulación ferroviaria también dependa de los neumáticos le hace vulnerable a cualquier modo de fallo de estos, siendo el más probable la pérdida de presión por pinchazo.

Fortalezas

- Ligereza. En comparación con los otros dos sistemas este sería el más ligero por su sencillez. Similar en este aspecto al de tracción por rodillo, pero más liviano por la ausencia de los rodillos propiamente dicho.
- Simplicidad en el diseño. El hecho de ser un tren de rodaje pasivo simplifica su mecánica. El sistema hidráulico de despliegue y repliegue no necesitaría grandes presiones de trabajo dado que únicamente entra en funcionamiento en esos momentos puntuales y sin grandes solicitaciones de carga.

Oportunidades

- El más utilizado en vehículos civiles de similares características, por lo tanto, mayor demanda. Ofrece un gran abanico en la oferta de estos dispositivos y mayor número de empresas que lo instalan.

Diploris de tracción por rodillo

Debilidades.

- El vehículo debe proporcionar la tracción en marcha atrás pudiendo verse comprometida la velocidad máxima. Como se comenta en la descripción del sistema el efecto inversor de giro que experimentan las ruedas al transmitir la

tracción por fricción, exige que, en los desplazamientos hacia adelante, el vehículo debe efectuarlos con la marcha atrás. Esto implica que la velocidad máxima sea limitada a la que pueda proporcionar en esta marcha, la cual es sensiblemente menor a la obtenida en las otras relaciones.

- Reducción en los ángulos de ataque especificados por el fabricante. Los rodillos son implementos relativamente voluminosos que se encontrarían replegados, en la zona inferior del paragolpes delantero y trasero. Justo esto produciría una reducción drástica en los ángulos de ataque para salvar obstáculos cuando el vehículo circule por caminos abruptos. Esto entraría en conflicto con la premisa de reducir lo mínimo las capacidades off-road.

Amenazas

- Podrían reducirse notablemente los rendimientos nominales del vehículo. Circular en marcha atrás requeriría regímenes de elevadas revoluciones, lo que se traduce en aumentos del consumo y reducción de la autonomía.

Fortalezas

- Permite adaptarse a diversos anchos de vía. Uno de los requerimientos para que el vehículo lo más versátil en vías férreas de todo tipo.
- Desgaste natural de los neumáticos. En este caso la banda de rodadura apoya completamente sobre los rodillos lo que produce una superficie de contacto similar a la que se pensó a la hora de diseñar los neumáticos.

Oportunidades

- Numerosas adaptaciones de maquinaria civil con este sistema.

Diploris de tracción hidráulica

Debilidades

- Mayor complicación técnica por el uso de motores hidráulicos. Este tipo de motores requiere una bomba hidráulica de mayor capacidad, así como multitud de válvulas, reguladores y en general uno sistemas asociados que aumentan la complejidad y el volumen del diplori, así como todo el mantenimiento y servidumbres asociadas.
- El sistema más pesado de todos. Esto se desprende de lo descrito en el punto anterior, siendo un factor que evitar.

Amenazas

- Vulnerabilidad del sistema hidráulico a posibles averías con la consiguiente pérdida de la tracción en vía. En caso de fuga o fallo de este sistema el vehículo quedaría inhabilitado para circular por vía.

Fortalezas

- Menor huella sonora en entornos hostiles. El poder desplazarse con el motor principal apagado lo hace especialmente interesante para operaciones en las

que el nivel de ruido interesa que sea lo menor posible, para evitar ser delatada la posición del vehículo.

Oportunidades

- No se ha encontrado ninguna

De este análisis se desprende en primer lugar, que los diplotris de tracción neumática están en clara desventaja con los dos primeros candidatos pudiendo descartarlo de entrada. Poniendo a los pasivos y de rodillo en una balanza, tendríamos que el punto fuerte del segundo es la adaptabilidad a diferentes anchos de vía, pero esto a costa de mayor aparatosidad que el primero. Los puntos fuertes de los diplotris pasivos están en consonancia con el objetivo del trabajo. Como se habló en la introducción, debe atender a criterios económicos, de fiabilidad, versatilidad y operatividad.

5.2. Análisis de entrevistas

En este apartado se van a resumir algunas de las interlocuciones mantenidas con algunos de los miembros de la unidad y las ideas más importantes que se han podido de extraer de las mismas. Todos ellos son mandos con años de experiencia en ferrocarriles. Son conocedores de las necesidades y de los cometidos que se asignan en la Compañía de FFCC.

Capitán Gálvez, actualmente destinado en S-3 del Batallón de Especialidades del Regimiento. Fue jefe de la Cía. de F.F.C.C. y tiene un largo bagaje en la unidad. Además, es el Director Militar de este TFG. Por ello además de por sus vastos conocimientos en la materia, viene a ser la piedra angular de las orientaciones de este trabajo.

De las diversas interlocuciones llevadas a cabo con el capitán se extrae la idea general del proyecto. Qué es lo que busca exactamente la unidad en esta adaptación y cómo se ha llegado a la conclusión de que esta capacidad es necesaria.

Uno de los puntos más valiosos de las conversaciones, es la experiencia en maniobras realizadas con otras unidades, en las que la instrucción estaba orientada a combate en zonas urbanizadas. En dichos ejercicios se daban hipotéticas situaciones en las que era necesario realizar reconocimientos de túneles de metro. Los vehículos convencionales de dichas unidades no podían acceder, lo que suponía que la única alternativa que quedaba era realizar dicho reconocimiento con personal a pie. Nótese lo expuestos que quedaría dichos soldados en un lugar confinado sin abrigos para protegerse de un posible hostigamiento a vanguardia, como puede ser un túnel de metro. Se ve claramente como la protección que brinda el blindaje de los vehículos como el VAMTAC en dicha situación se torna crucial. Por ello, se pensó en solventar dicha carencia con un vehículo hi-rail.

Por otro lado, el capitán comentó como en ejércitos de otros países disponen de algún tipo de vehículo de similares características. Más tarde se pudo comprobar que en

E.E.U.U. la policía usa vehículos de este tipo para realizar intervenciones con equipos especiales en instalaciones de metro.

Brigada Bedmar encuadrado en el CCMR. Se trata de un suboficial con una dilatada experiencia profesional en unidades de ferrocarriles. Aportó información acerca de la normativa de ADIF para la circulación por vía de la red nacional. Gálibos, restricciones de pendientes, prioridades de circulación.

También aportó documentación acerca de la intención de la unidad de adquirir un loco tractor bivial para realizar maniobras de montaje de trenes por parte de la sección de explotación.

Teniente Perea, jefe de la Sección de Vía y Obra de la Cía. de FFCC. Tras cuatro años al mando de la Scc. de vía y obra pudo arrojar luz sobre diversos temas como orgánica de personal, medios y capacidades, así como carencias y necesidades que su unidad tiene y que bien podrían ser suplidas en parte con la ejecución del objeto de este trabajo.

Un caso concreto es la misión de mantenimiento de la terminal militar del Goloso en Madrid. Allí existen unas playas y muelles para la carga y descarga de vehículos y carros. Periódicamente se envía a un pelotón para realizar el mantenimiento de los ramales. Una de las tareas que se realizan es la aplicación de herbicidas para

Cabo 1º García, Jefe de Pelotón en la Scc. de Vía y Obra. Fue el encargado de la descripción detallada de todo el material y equipo del que está dotada la sección para llevar a cabo sus cometidos, lo cual es muy interesante de cara a conocer realmente la utilidad de un vehículo de estas características.

Destacó el papel de la dresina, actualmente inoperativa y que podría ser sustituida por el VAMTAC adaptado. Dicha dresina se encuentra averiada y al ser un vehículo bastante antiguo no se dispone de repuestos para su reparación lo que lo hace muy complicado y costoso.

Brigada Tundidor, jefe de la Sección de Explotación. Su sección es la que tiene como cometidos los reconocimientos de tramos de vía para dar luz verde al paso de un transporte. Apunta a una carencia total de vehículo de reconocimiento lo que hace obligatoria su realización con personal a pie.

Teniente Reservista Costa, Analista de Riesgos del Metro Alicante. Este experto del ámbito ferroviario civil casualmente se encontraba realizando su periodo de servicio como Militar Reservista Voluntario en la unidad. Se ocupa de analizar las instalaciones e infraestructuras del metro de Alicante, pero lleva muchos años en empresas nacionales relacionadas con el sector del tren.

De las conversaciones con él se pudo extraer el punto de partida para la búsqueda de empresas dedicadas a las adaptaciones. La base de datos de la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria, que es la que se encarga de homologar y certificar a este tipo de

empresas. También atestiguó, el uso que se le dan a los vehículos biviales en los trabajos de mantenimiento y obras de infraestructura ferroviaria, así como su opinión de experto en cuanto a la viabilidad de la adaptación, dándola por factible teniendo las características del VAMTAC.

Como conclusión de todas estas entrevistas, podemos decir que, siendo todos los entrevistados profesionales especializados en ferrocarriles, cada uno de ellos con matices en cuanto a su currículum profesional, las opiniones e información aportada por ellos debe ser tomada en cuenta para la toma de decisiones. Todos coinciden en la viabilidad de la adaptación y de la utilidad que tendría. Por otro lado, coincidiendo con el análisis DAFO el candidato más valorado sería del tipo pasivo.

5.3. Análisis de resultados de la encuesta

Se realiza una encuesta basada en preguntas con respuesta SÍ/NO/No sabe, no contesta, a una muestra 37 efectivos del personal de la Cía. de FFCC (32 Militares de Tropa y 5 Suboficiales). Véase Anexo A.

La encuesta se realiza a estos efectivos que son los integrantes de la Compañía de Ferrocarriles, la cual será la unidad que se dotaría, en un primer momento, con el vehículo. El fin de esta es obtener una información de carácter más generalista acerca de la opinión que tiene el personal sobre el tema que se está estudiando. Partimos de la premisa de que, para algunos de los participantes en la encuesta, el tema es totalmente nuevo y jamás se han planteado la posibilidad de dicha adaptación.

Como podemos observar en los resultados la mayoría de los encuestados opina que un vehículo bivial como el que se propone dotaría a la unidad de una capacidad necesaria, para la cual no disponen actualmente de medios específicos. Algunos de los cometidos que no pueden llevar a cabo por esta carencia serían las referentes a problemas de accesibilidad a ciertos tramos y aquellos relacionados con la premura en la aproximación a incidentes.

En cuanto a la última pregunta no existe tal unanimidad. Posiblemente atendiendo al desconocimiento de las exigencias de un vehículo Hi-rail y del propio modelo VAMTAC. Una decena de entrevistados aseguran que hay otro vehículo mejor para realizar la adaptación. Debido a que el objetivo de este estudio ya venía definido como que la adaptación debía de ser de un vehículo VAMTAC, esta pregunta solamente se tiene en cuenta para descartar o no este modelo de vehículo en caso de obtener un resultado elevado de opiniones contrarias al modelo. En este caso no se ha consultado por posibles alternativas al vehículo, por lo comentado anteriormente. Haberse obtenido un resultado más adverso se habría realizado un estudio en profundidad de los motivos y de los vehículos alternativos.

Como resultado de la encuesta tenemos que por lo general el personal ve con buenos ojos la iniciativa, si bien es cierto que alguna pregunta como la última se formulaba de manera meramente confirmatoria, se observa que algo que se había dado por hecho, cómo

era la elección del vehículo a adaptar, podría resultar objeto de estudio. No obstante, la actual situación de falta de medios, como se ha comentado anteriormente, hace que cualquier propuesta para dotar esta unidad de material nuevo sea recibida con los brazos abiertos.

5.4. Análisis de proveedores

En primer lugar, se ha de aclarar que la finalidad de este apartado es la propuesta de un sistema para analizar los posibles proveedores. No se pretende realizar el análisis propiamente dicho simplemente describir las características a evaluar y como representarlas en un gráfico para su posterior utilización en la toma de decisiones por parte del mando.

Como punto de partida para la selección de candidatos a proveedores de la adaptación se toma la Agencia Estatal de Seguridad Ferroviaria.

“...Serán sus competencias, de conformidad con el Real Decreto 1072/2014:

- 1. Velar por el mantenimiento general de la seguridad en la circulación sobre la Red Ferroviaria de Interés General mediante la supervisión del cumplimiento de las obligaciones de los diferentes actores en esta materia.*
- 2. Autorizar la entrada en servicio de los subsistemas estructurales que constituyen el sistema ferroviario y así como comprobar que mantienen sus requisitos.*
- 3. Supervisar el cumplimiento de los requisitos esenciales por parte de los componentes de interoperabilidad.*
- 4. Autorizar la puesta en servicio de vehículos.*
- 5. Expedir, renovar, modificar o revocar los certificados de seguridad de las empresas ferroviarias, así como supervisarlos posteriormente...”¹¹*

Remitiéndonos a su base de datos obtenemos una lista de empresas certificadas por este organismo para la realización de mantenimientos de material rodante ferroviario. De las cuales seleccionamos únicamente aquellas que realizan adaptaciones de vehículos biviales:

- Self-Rail Ibérica S.L.
- Producciones Ferroviarias S.L.
- Railmac S.A.U.
- Talleres Robles S.A.
- Vefca S.L.

A continuación, se procede a diseñar una propuesta para evaluar dichas empresas en base a los parámetros económicos (presupuesto, cercanía), fiabilidad (experiencia y garantía) y capacidad de abastecimiento (escalabilidad del pedido). Cada uno de estos aspectos puede tomar valores del 1 al 5 en función de la valoración detallada a continuación.

¹¹ <https://www.seguridadferroviaria.es/quienes-somos/competencias>

El objeto en este apartado es la elaboración del sistema de evaluación, no la evaluación en sí de la empresa. Se pasa a definir cada uno de los aspectos a evaluar.

- **Presupuesto.** Una vez recibidos todos los presupuestos se ordenarán de mayor a menor, valorando del 1 al 5, obteniendo un 5 el de menor coste y un 1 el del mayor. Los valores intermedios se interpolarán redondeando al alza al primer decimal.
- **Cercanía geográfica a la unidad objetivo (en kilómetros).** Una vez geolocalizadas las empresas y medidas las distancias hasta la unidad destino, se ordenarán de mayor a menor, valorando del 1 al 5, obteniendo un 5 el de mayor lejanía y un 1 el de mayor cercanía. Los valores intermedios se interpolarán redondeando al alza al primer decimal.
- **Experiencia realizando este tipo de trabajos.** Valorado del 1 al 5, obteniendo un 5 la empresa con más años de experiencia en el sector y un 1 la más inexperta. El tiempo se computará desde que se realizó el primer proyecto con resultado satisfactorio hasta la actualidad. Los valores intermedios se interpolarán redondeando al alza al primer decimal.
- **Años de garantía.** Valorado del 1 al 5, obteniendo un 5 el que ofrezca más años de garantía y un 1 el que ofrezca menos. Los valores intermedios se interpolarán redondeando al alza al primer decimal.
- **Escalabilidad del pedido.** Valorado del 1 al 5, obteniendo un 5 el que tenga una mayor capacidad de producción en unidades/año y un 1 el que tenga menor capacidad. Los valores intermedios se interpolarán redondeando al alza al primer decimal.

Posteriormente los resultados serán expuestos en forma de radar chart para esclarecer los resultados tal y como se muestra la figura de ejemplo.

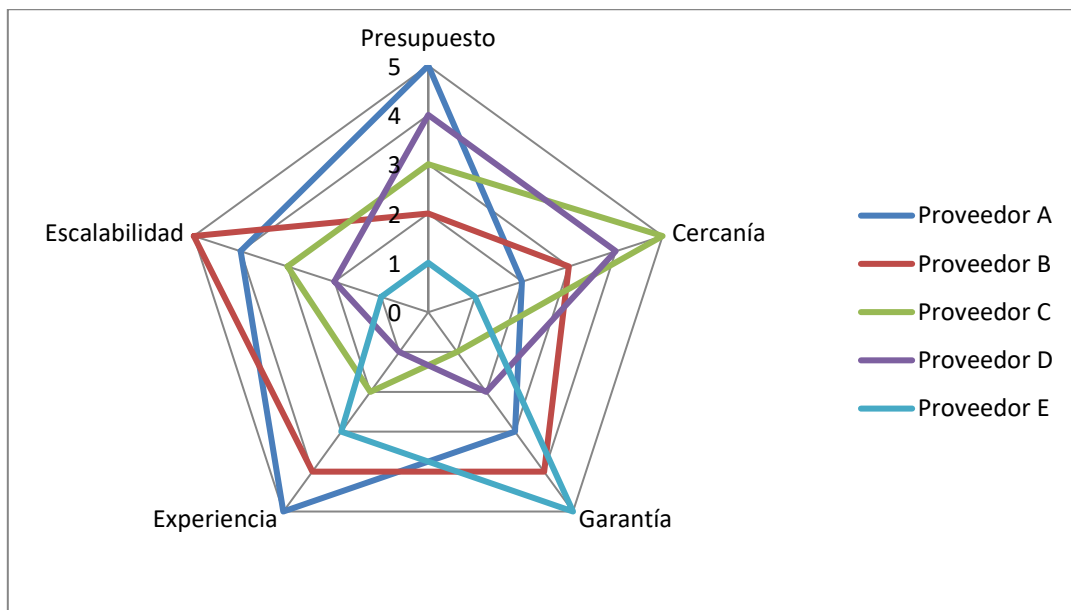


Figura 13. Ejemplo de evaluación mediante radar chart.

El mando podrá comparar en dicha herramienta de manera ágil y gráfica las características de cada empresa y en función de los condicionantes estratégicos, económicos y logísticos tomar una decisión.

Merece la pena hacer una mención a la posibilidad de que la empresa UROVESA suministrara un sistema de este tipo para su vehículo, dado que como se puede observar en el catálogo ya ha realizado diversas adaptaciones para labores especiales. Véase anexo. El motivo de que no se haya tenido en cuenta a UROVESA, radica principalmente en el volumen del pedido que se realizaría. Esta empresa suele trabajar con volúmenes elevados propios de planes de adquisición y no pedidos puntuales de una o dos unidades.

Capítulo 6. Conclusiones y trabajo futuro

Tras el análisis de toda la información aquí vertida y también fruto de las diversas experiencias personales vividas durante las prácticas externas en la Compañía de Ferrocarriles, se puede concluir que la adaptación de un vehículo tal como el URO VAMTAC ST5 es viable desde el punto de vista técnico. Como se ha analizado hay diversas empresas del sector que llevan años realizando este tipo de operaciones en vehículos de diversa índole.

Si bien es cierto que las unidades de ferrocarriles vivieron épocas en las que cobraban mayor importancia por el papel estratégico que desempeñaba este medio de transporte, hoy en día son unidades muy mermadas en cuanto a tamaño y capacidades. Esto se traduce en que el material específico y los medios no son renovados y acaban siendo obsoletos.

Además, la existencia de ADIF como empresa gestora y encargada del mantenimiento y seguridad de la red ferroviaria, desplaza aún más al Ejército del ferrocarril. Los planes de adquisición de Defensa, por lo tanto, no van a tener en cuenta la renovación de dichos medios por su elevado coste y especificidad.

Sin embargo, en un ámbito operativo en el que las líneas de ferrocarril aparecen de forma transversal ocupando un lugar táctico, en cuanto a la movilidad y la seguridad de unidades de infantería ligera, secciones de reconocimiento de ingenieros, vehículos de transmisiones, etc... Resulta interesante tener capacidades como las que brinda un vehículo bivial como el que aquí se propone. Por otro lado, se trata de un recurso muy versátil que a su vez revertiría en las unidades especializadas, tales como la Scc. Vía y Obras que lo utilizarían para cumplir sus cometidos.

Podemos aseverar que, no solo es viable, sino que es necesario que se obtenga la capacidad que este vehículo daría en caso de ser ejecutado. Esta necesidad la extraemos directamente de los manuales doctrinales y de los cometidos que ya fueron asignados a esta unidad y que hoy en día con los medios de los que disponen no podrían realizar.

La consecuencia lógica de que este proyecto se llevara a cabo sería un análisis del funcionamiento de este en diversas misiones y ejercicios. De ahí extraeríamos las lecciones aprendidas y modificaciones para la mejora del modelo, así como nuevas TTP's¹² propias. De obtener resultados satisfactorios tras la adaptación aquí propuesta, podríamos estar hablando de la posibilidad de adaptar, de la misma manera, otros vehículos con cometidos semejantes.

¹² Tácticas Técnicas y Procedimientos.

Referencias

- [1] Maíz, J. (2017), “defensa.com”: Los URO VAMTAC ST5 del Ejército del Aire español. Disponible en: <https://www.defensa.com/espana/uro-vamtac-st5-ejercito-aire-espanol> [Consulta: 12 de febrero de 2019]
- [2] Mando de Adiestramiento y Doctrina (2019): MT-032. Manual de Operador y Mantenimiento Primer Escalón. Vehículo VAMTAC ST5 BN1 BIVALENTE.
- [3] Ferropedia. Disponible en: <https://ferrocarriles.fandom.com/wiki/Portada>
- [4] TCOL. CGA/ESO/ ING. Manuel García López. La clasificación militar OTAN de los vehículos. Memorial de Ingenieros nº 65. diciembre de 2001.
- [5] Renfe Jaén. Disponible en: <http://renfejaen.blogspot.com/2014/03/este-fue-el-2-land-rover-que-asigno.html>
- [6] Yuferev Sergey. Top War. Vehículos blindados de ruedas de la Segunda Guerra Mundial. Parte de 13. Vehículo ligero blindado BA-64. Disponible en: <https://es.topwar.ru/121091-kolesnaya-bronetehnika-vremen-vtoroy-mirovoy-chast-13-legkiy-broneavtomobil-ba-64.html>
- [7] Cool Road-Rail Vehicles. Disponible en: <http://www.darkroastedblend.com/2007/10/cool-road-rail-vehicles.html>
- [8] United States Patent Application Publication Pub .No.: US 2018 /0370309 A1. AZRATI-ASHTIANI et al.
- [9] United States Patent Application Publication Pub .No.: US 2018 /0370309 A1. AZRATI-ASHTIANI et al.
- [10] U.S. Patent. April 21, 2020. Sheet 10 of 11. US 10,625,548 B2
- [11] Wikipedia. Disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Road-rail_vehicle_conversion_to_Toyota_Land_Cruiser.jpg
- [12] Ferrosol. Disponible en: http://www.ferrosol.com.ar/sistema_bivial.php
- [13] ADIF. Disponible en: http://www.adif.es/es_ES/index.shtml
- [14] Euroimplementos. Disponible en: <https://www.euroimplementos.net/producto/diploris/>
- [15] Rail Express. Disponible en: <https://www.railexpress.com.au/deciding-on-the-right-drive-system-for-your-next-rrv/>
- [16] UROVESA. VAMTAC, Vehículo de Alta Movilidad Tactico. Disponible en : <https://www.urovesa.com/es/vamtac>

[17] Mando de Adiestramiento y Doctrina. PD4-406. Batallón de Especialidad de Ingenieros. 4.2. La Compañía de ferrocarriles

Apéndice A. Encuesta

A.1. Modelo de encuesta

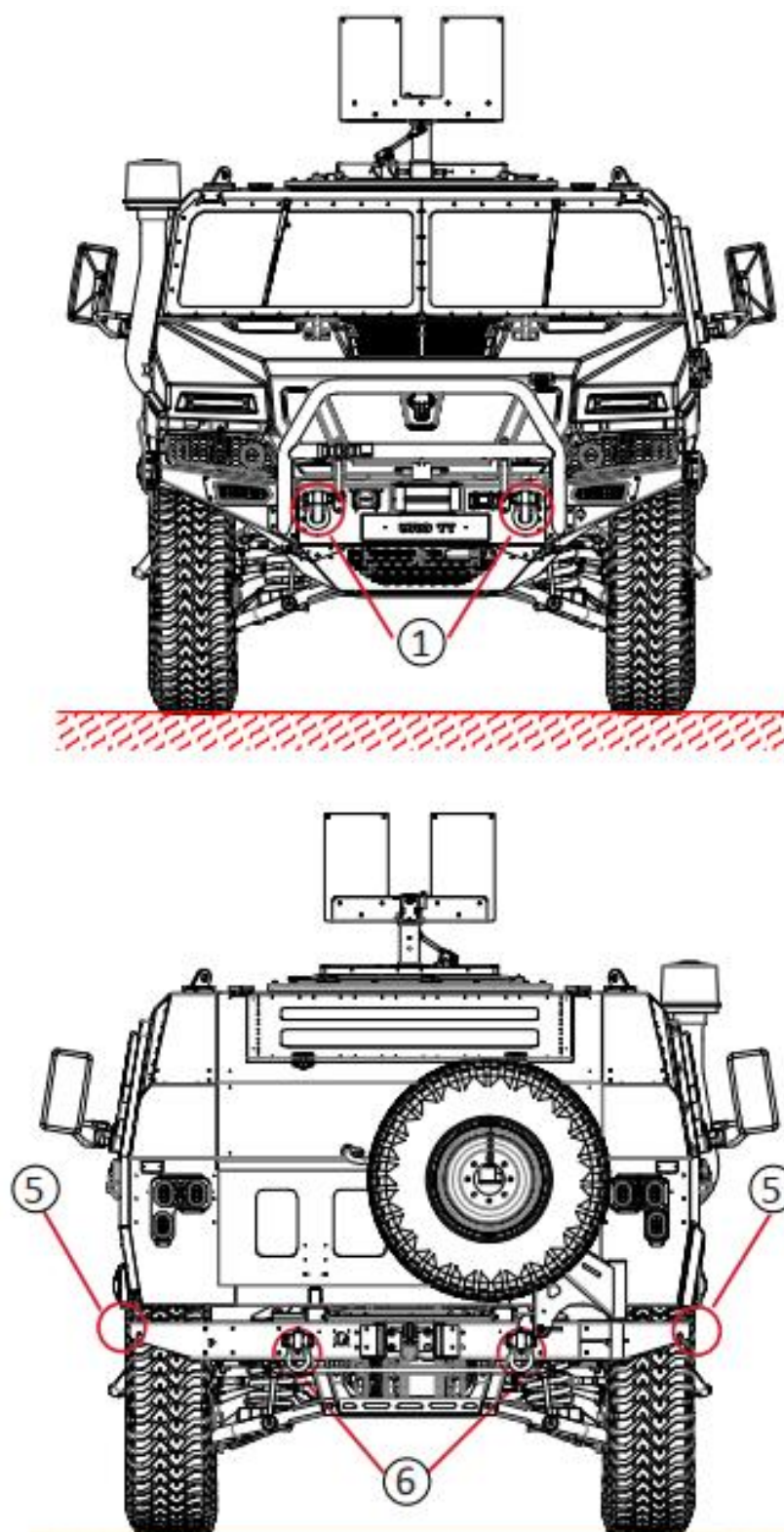
Conteste a las siguientes preguntas con Sí o NO

- 1- ¿Cree que un vehículo bivial como el que se propone dotaría a su unidad de capacidades necesarias hoy en día?
- 2- ¿Disponen actualmente su unidad de medios que permitan acceder a túneles ferroviarios para realizar reconocimientos o trabajos de mantenimiento o reparación?
- 3- ¿Dispone su unidad de la capacidad de realizar un reconocimiento/ reparación de emergencia de un tramo que sólo sea accesible por la vía?
- 4- ¿Cree que hay otro vehículo de dotación en el Ejército de Tierra que pueda cumplir mejor la misión una vez adaptado a bivial que el VAMTAC ST5?

A.2. Resultados de la encuesta

Nº Pregunta	SI	NO	NS/NC
1	32	2	3
2	5	30	2
3	0	37	0
4	10	25	2

Apéndice B. Fichas Técnicas



Ficha 1. Alzado anterior y posterior de un VAMTAC ST5

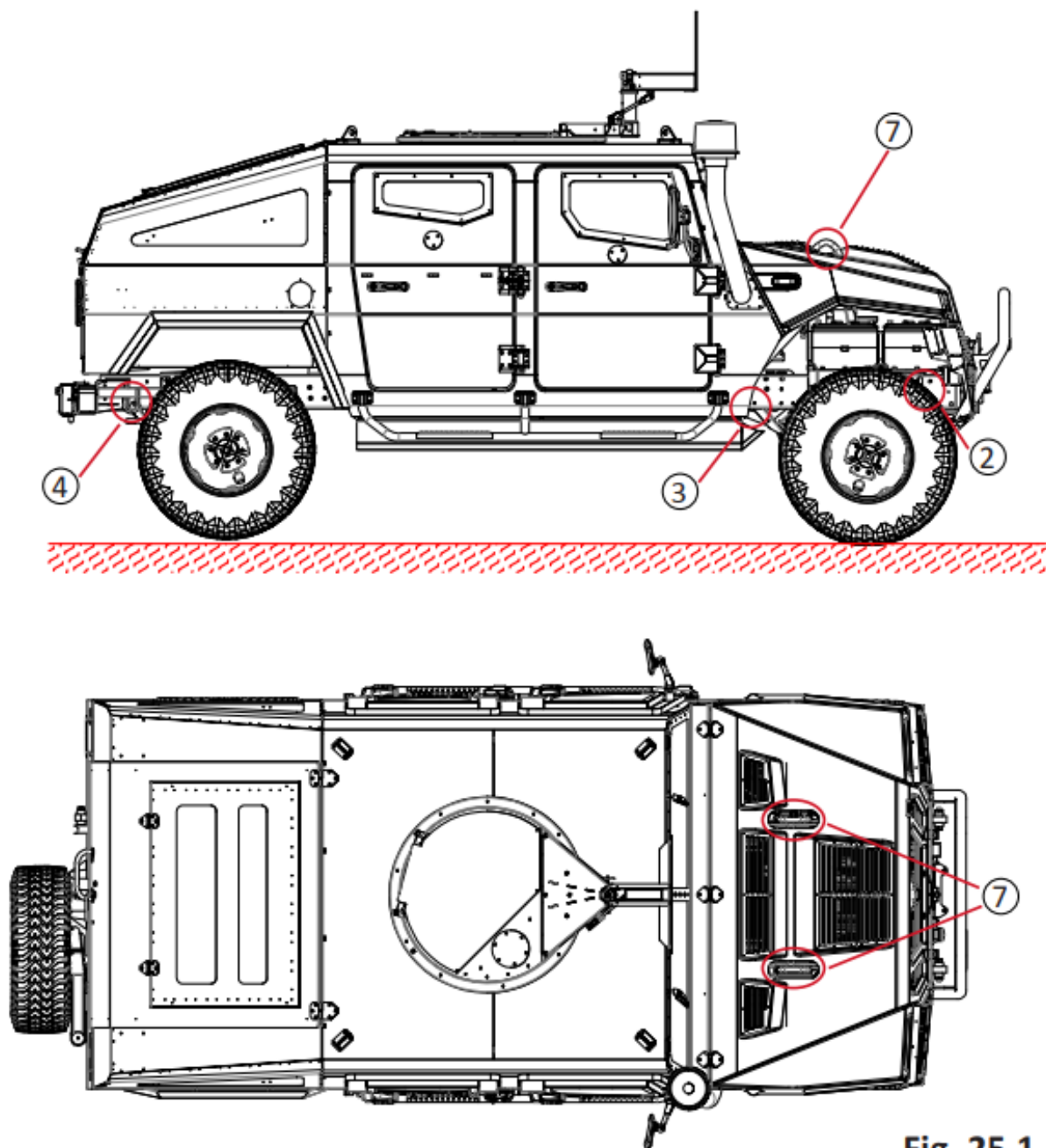


Fig. 25.1.

Ficha 2. Alzado lateral y vista cenital de un VAMTAC ST5.



21.- BASTIDOR

El bastidor dispone de **soportes** para el conjunto de la carrocería, y está compuesto por **dos perfiles** cerrados que forman una sección rectangular, unidos mediante puentes. Dos de ellos están conformados y alojan en su interior los grupos diferenciales. El puente intermedio sirve de tercer punto de apoyo del conjunto motor-caja de velocidades.

Periódicamente se vigilarán los silemblocks de apoyo del conjunto motor-caja de velocidades, caja transfer y carrocería.

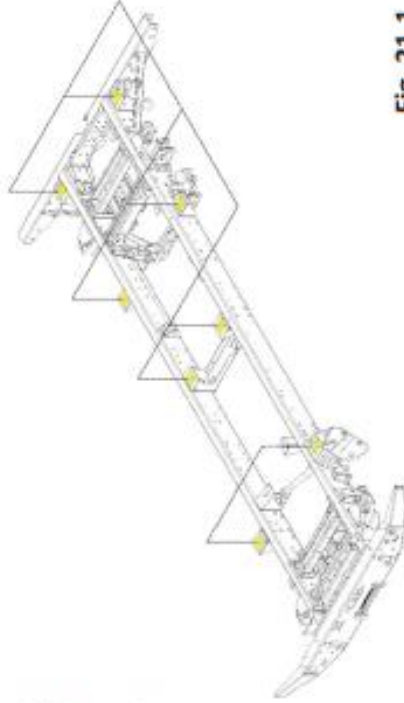


Fig. 21.1.

21.1.- NORMAS SOBRE LOS BASTIDORES

Estas normas deberán respetarse meticulosamente.

1. Abstenerse de realizar cualquier clase de soldadura en el bastidor.
2. No realizar taladros a una distancia de las alas inferior a 30 mm.
3. La separación entre dos taladros será siempre superior a 55 mm.
4. En ningún caso los taladros tendrán un diámetro superior a 18 mm.
5. Los taladros no deberán realizarse nunca en una línea vertical. Su alineación estará inclinada como mínimo 30° con relación a la vertical.
6. Ningún órgano o equipo se sujetará de forma rígida sobre el bastidor.
7. La tornillería a emplear será de alta resistencia (Calidad 12.9), con tratamiento superficial antioxidante.
8. Cuando sea necesario taladrar el bastidor, para poder montar un soporte o equipo, se seguirá el proceso detallado en el apartado siguiente, siempre respetando las normas anteriormente descritas.



21.3.- VERIFICACIÓN DE DAÑOS EN EL BASTIDOR

Si el bastidor está desalineado, esto puede afectar a la alineación de las ruedas y al funcionamiento de las partes mecánicas.

Antes de comprobar la alineación del bastidor habrá que verificar todos los componentes, especialmente los puentes (delantero y trasero):

- 1º - Examinar y verificar si existen grietas o torceduras sobre los puentes, especialmente en la zona de anclaje de los trapecios inferiores.
- 2º - Verificar el apriete de todos los tornillos y soportes (no deben estar flojos).

21.4.- PARES DE APRIETE DE LA TORNILLERÍA DEL BASTIDOR

Tornillo de M 8-1,25	3,5mKg
Tornillo de M10-1,25	6mKg
Tornillo de M12-1,50	12mKg
Tornillo de M14-1,50	20mKg
Tornillo de M16-1,50	28mKg
Tornillo de M18-1,50	35mKg
Tornillo de M20-1,50	42mKg



21.2.- COLOCACIÓN DE NUEVOS SOPORTES SOBRE EL BASTIDOR

- 1º - Taladrar las dos paredes del larguero (A) al diámetro del casquillo separador (C) que se va a utilizar + 0,5mm.
- 2º - Cortar casquillo separador (C) de largo 80mm, con diámetro interior = (diámetro del tornillo (B) + 0,5mm) y diámetro exterior mínimo = al diámetro interior + 10mm.
- 3º - Soldar el casquillo (C) a la pared (E) en ambos lados del larguero, y en toda su periferia.
- 4º - Pulir la superficie de apoyo.

No respetar estas normas traerá consecuencias nefastas tanto para el bastidor como para los equipos, pudiendo producir roturas, aflojamiento o desalineaciones, de las cuales UROVESA no se responsabilizará. Esto conllevará automáticamente la pérdida de la garantía de la garantía del vehículo.

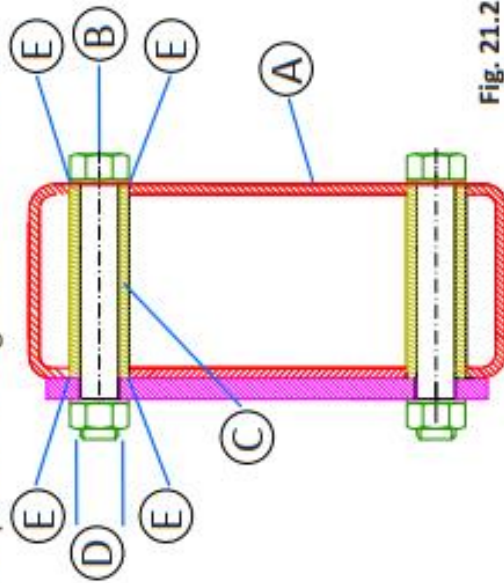
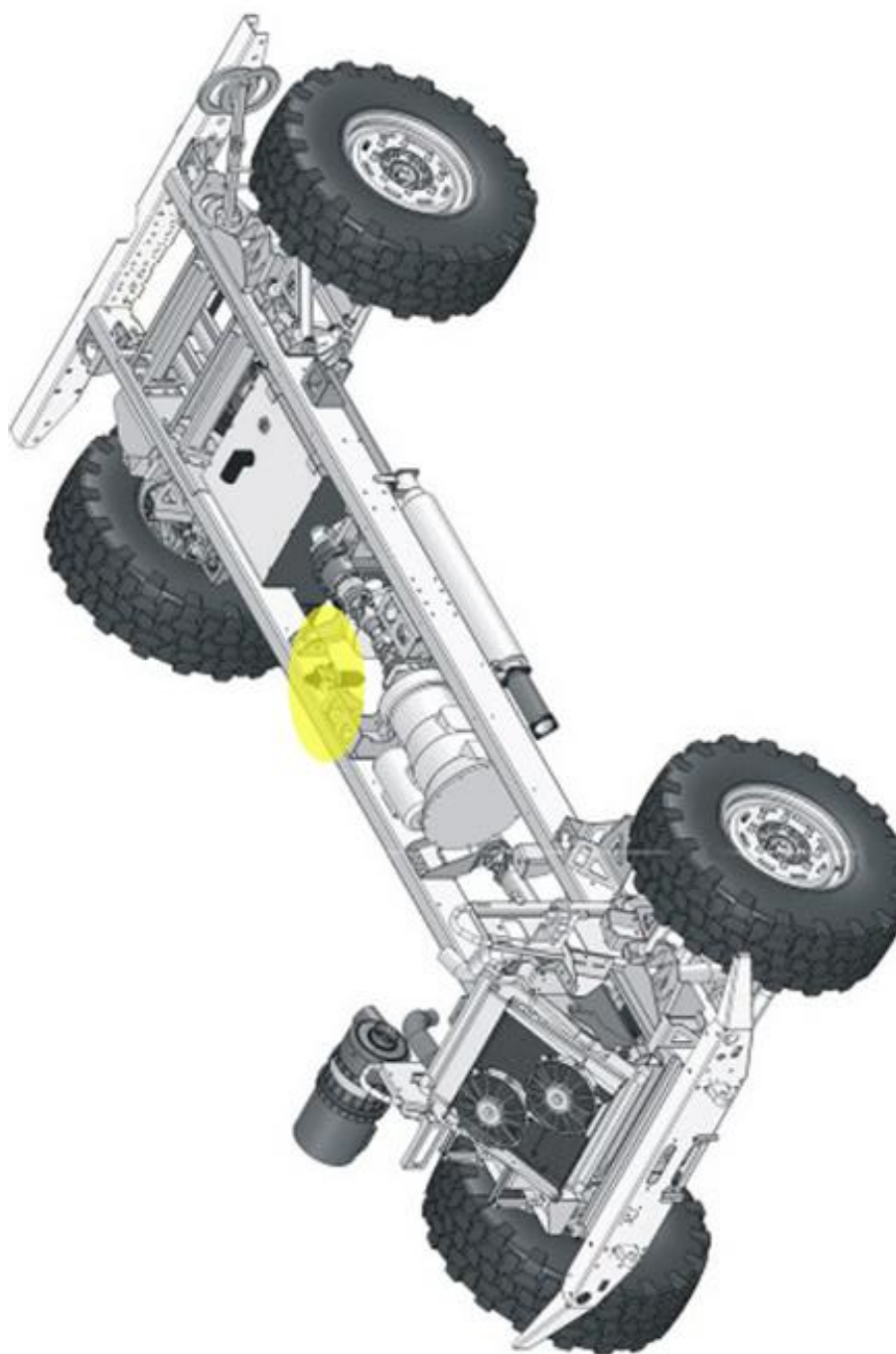
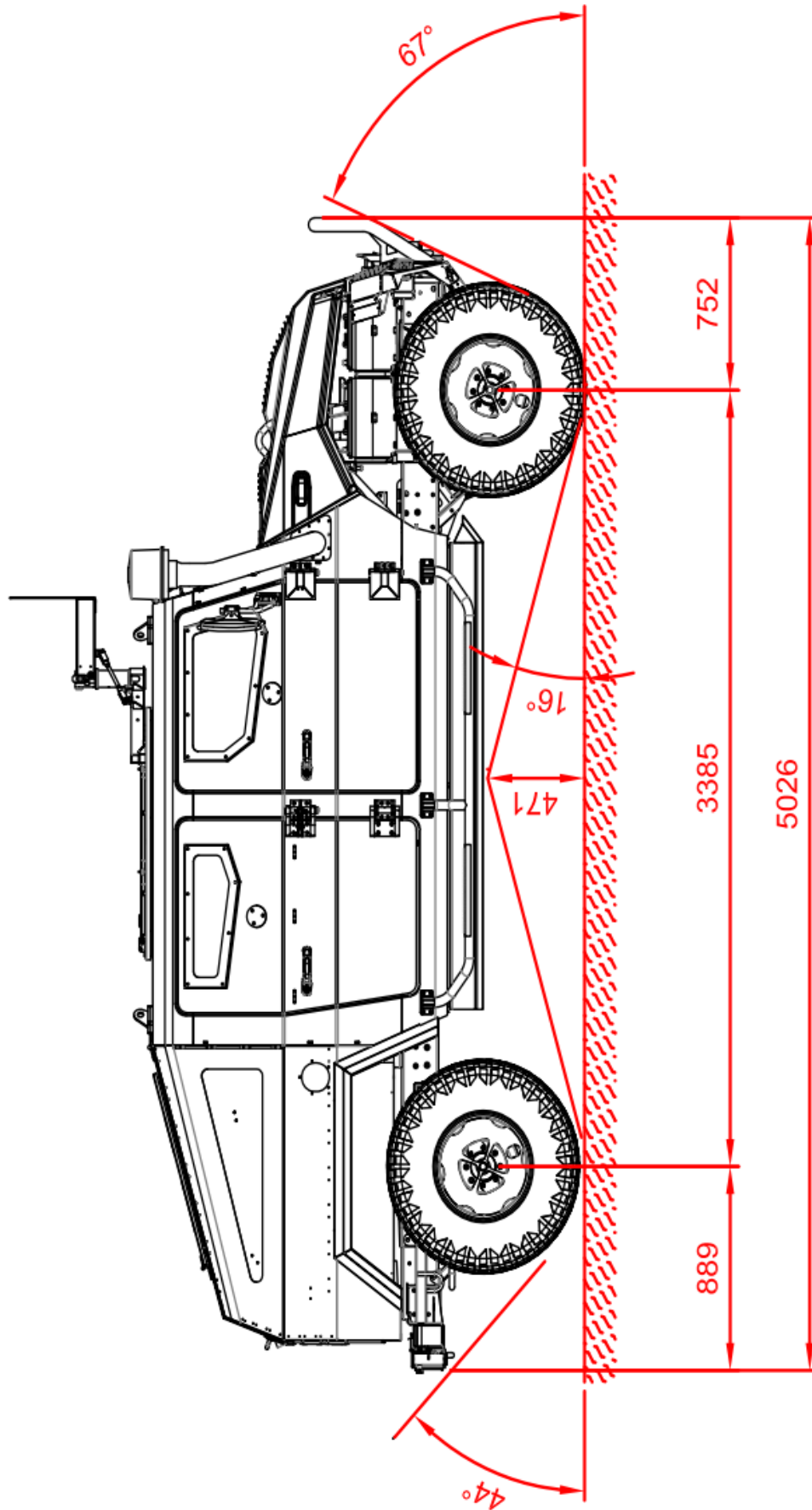


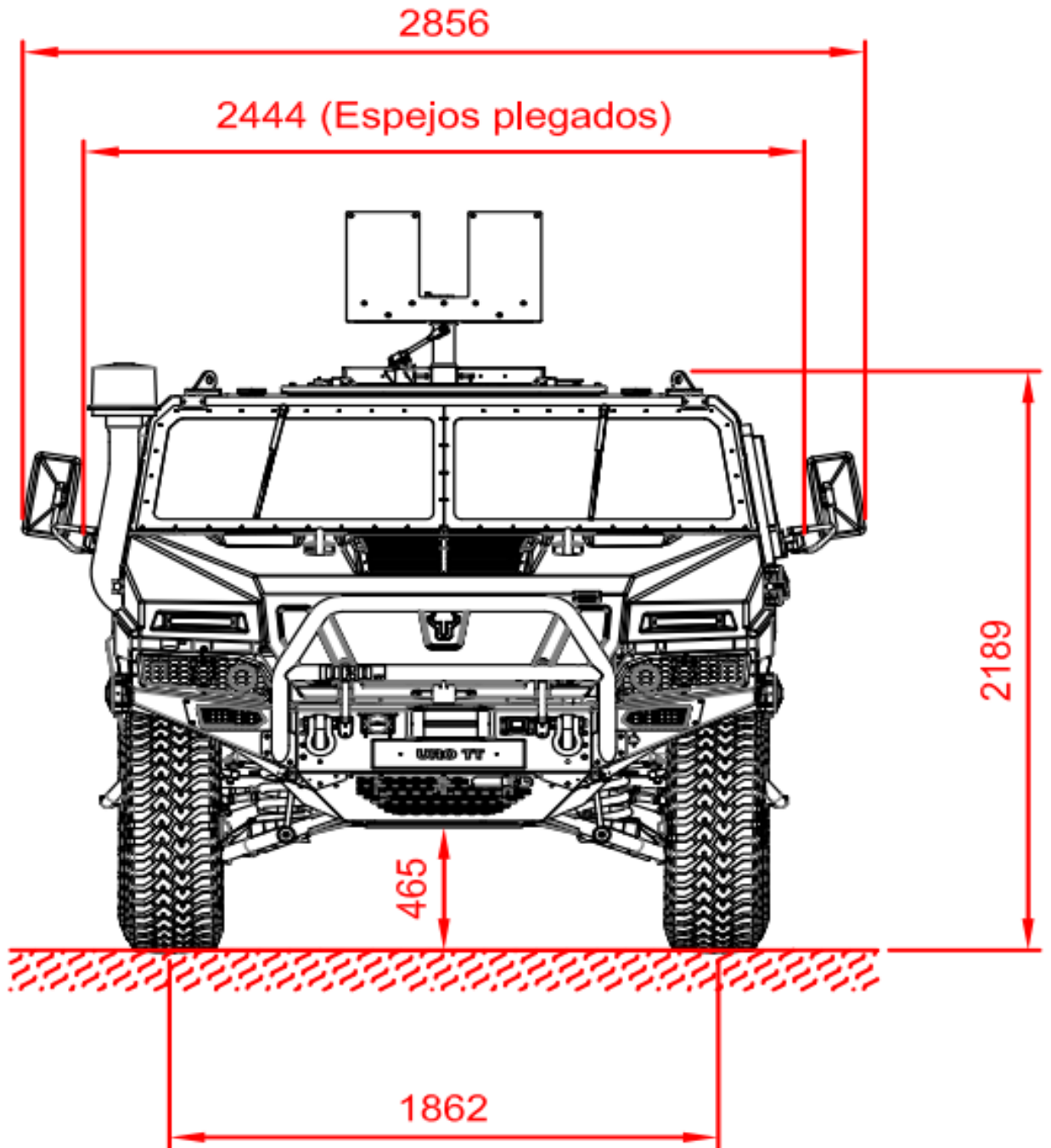
Fig. 21.2.



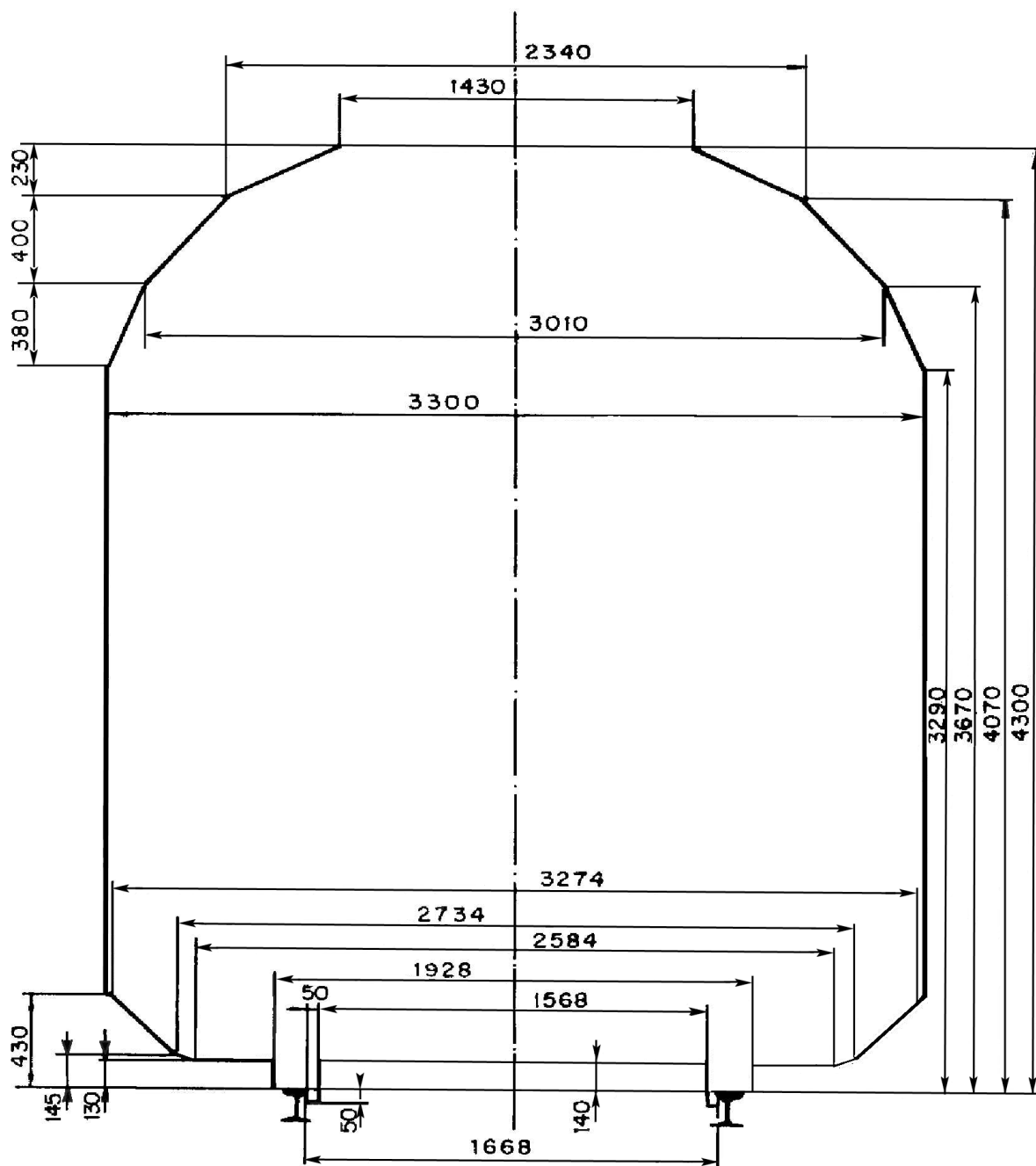
Ficha 6. Representación del chasis y ruedas.



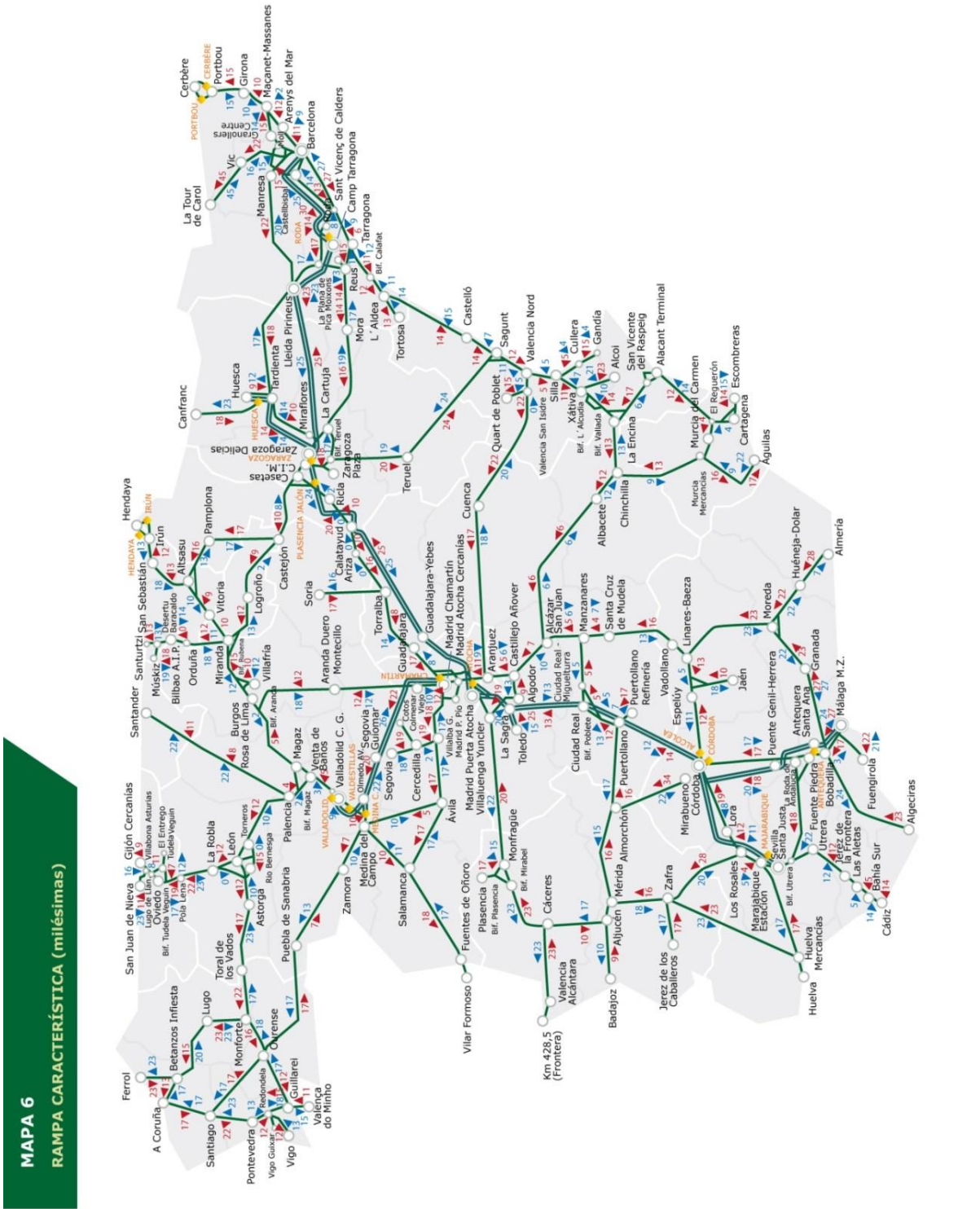
Ficha 7. Tolerancias de ángulos de ataque.



Ficha 8. Medidas de ancho de eje y altura de panza.



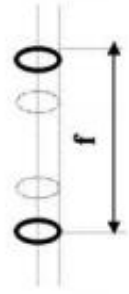
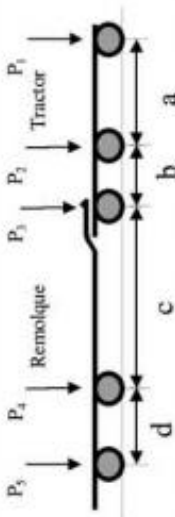
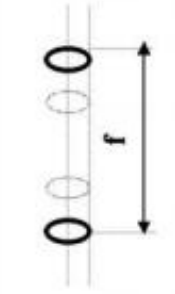
Ficha 9. Plantilla de gálibos de ADIF para la red general de ferrocarriles.



Ficha 10. Mapa de la red nacional de ferrocarriles representando rampas características.

TABLA 1
CARACTERÍSTICAS DE LOS VEHÍCULOS TIPO

VEHICULO DE CADENAS		VEHICULO DE RUEDAS																		
CLASE	Peso Tm	a cm.	b cm.	c cm.	CLASE	Peso Tm	Carga máxima por eje Tm	Distancia entre ejes cm.					Distribución de la carga Tm					Carga máxima sobre neumático	Medida mínima de llanta	r
								a	b	c	d	P1	P2	P3	P4	P5				
4	3,63	183	30	183	4	4,08	2,27	244	122			0,91	1,59	1,59			1130	190x508	183	
8	7,25	198	30	198	8	8,16	4,99	305	122			2,72	2,72	2,72			2490	305x508	208	
12	10,39	274	30	203	12	13,61	7,26	305	122	366		2,72	4,54	4,54	1,81		3630	356x508	213	
16	14,51	274	30	213	16	16,78	9,07	305	122	366		2,72	5,90	5,90	2,27		4540	406x610	229	
20	18,14	274	41	244	20	21,77	9,98	305	122	366		3,63	7,71	7,71	2,72		4990	457x610	244	
24	21,77	274	46	254	24	25,40	10,80	305	122	366		4,54	9,07	9,07	2,72		5440	457x610	244	
30	27,22	335	46	254	30	30,84	12,25	305	122	366		5,44	9,96	9,96	5,44		6120	457x610	244	
40	36,20	366	56	284	40	42,64	15,42	366	122	488		6,35	11,79	11,79	12,70		7710	533x610	254	
50	45,36	396	66	325	50	52,52	18,14	366	122	488		7,20	13,61	13,61	18,14		9070	610x737	284	
60	54,43	427	71	335	60	63,50	20,86	366	152	457	122	7,26	16,33	16,33	11,79	11,79	9070	610x737	325	
70	63,50	457	79	351	70	73,03	23,13	366	152	457	122	9,52	19,05	19,05	12,70	12,70	9070	610x737	335	
80	72,58	488	84	366	80	83,46	25,40	366	152	549	152	10,89	21,77	21,77	14,51	14,51	9070	610x737	351	
90	81,65	513	89	381	90	93,69	27,22	366	152	549	152	12,25	24,49	24,49	16,33	16,33	9070	610x737	351	
100	90,72	549	94	396	100	104,33	29,03	366	183	610	152	13,61	27,22	27,22	18,14	18,14	9070	610x737	366	
120	103,83	610	102	427	120	125,19	32,66	366	183	610	152	16,33	32,66	32,66	21,77	21,77	9070	610x737	391	
150	136,08	732	127	467	150	154,22	38,10	366	213	671	183	19,96	38,10	38,10	29,03	29,03	9070	610x737	406	



Gálbo en anchura mínimo:

Circulación sencilla
 Clases 4 a 12..... 2,75 m.
 Clases 13 a 30..... 3,35 m.
 Clases 31 a 70..... 4,00 m.
 Clases 71 a 100..... 4,50 m.
 Superior a 100..... 5,00 m.

Circulación doble:
 Clases 4 a 30..... 5,50 m.
 Clases 31 a 70..... 7,30 m.
 Clases 71 a 100..... 8,20 m.
 Superior a 100..... No autorizada



No nos limitamos a diseñar y vender
vehículos, **aportamos soluciones**
We not only design and sell vehicles,
but we also provide solutions

El **VAMTAC** fue creado desde un principio teniendo en cuenta todos los requisitos operativos y una variedad de aplicaciones exigibles a una plataforma militar auténticamente multi-propósito. Así, UROVESA ha diseñado sobre la misma plataforma diversas variantes de carrocerías, cargas, potencias, equipamientos y accesorios dando lugar a múltiples configuraciones para adecuarse a las innumerables necesidades de nuestros clientes.

From the beginning, the **VAMTAC** was created considering all operational requirements, as well as the range of applications required by a truly multi-purpose military platform.

On the same chassis UROVESA has designed several variants of bodies, payloads, engine powers, equipment and accessories, resulting in multiple configurations to suit the countless needs of our customers.

Concebido Versátil y Modular Conceived Versatile & Modular

Mayor versatilidad con estos
accesorios opcionales:

- Sistema Central Inflado de Neumáticos
- RUNFLAT
- Sistema automático de extinción de incendios
- Sistema de vigilancia perimetral
- Sistema NBQ
- Etc...

Higher versatility through
optional accessories:

- Central Tire Inflation System CTIS
- RUNFLAT
- Automatic Fire Extinguishing System
- Monitoring Surveillance System
- NBC System
- Etc...



Ficha 12. Ejemplos de configuraciones. Catálogo VAMTAC.

