

## Trabajo Fin de Grado

Implantación de un periscopio de observación para  
el jefe de vehículo

Miguel Ángel Gutiérrez Hernández

Director académico: D. Luis Medrano

Director militar: D. José Ignacio de la Puerta

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2023





## Agradecimientos

Me gustaría agradecer en este trabajo el apoyo brindado por el personal del BIMZ "Lepanto" II/2 perteneciente al Regimiento de Infantería La Reina Nº2. Su ayuda ha resultado determinante a la hora de realizar el proyecto, aportando diferentes enfoques e información sobre el tema tratado. A parte, su predisposición para ayudarme en cualquier cuestión durante las prácticas externas facilitó mi estancia y mi período de aprendizaje en la unidad, al tratarse de una unidad completamente desconocida para mí. Por último, quiero agradecer a mi familia, amigos y compañeros de promoción su constante apoyo recibido a lo largo de estos años de formación.



## RESUMEN

El reciente protagonismo de las unidades mecanizadas en la Guerra de Ucrania ha impulsado nuevos proyectos para solucionar los problemas identificados en el empleo de estas unidades.

Este proyecto tiene como objetivo de exponer el problema de visión del jefe de vehículo Pizarro y proponer una serie de soluciones ante este problema. Actualmente, el jefe de vehículo no posee ningún elemento independiente de observación que le permita mantener un control del entorno efectivo. Como solución ante esta situación, se proponen una serie de sistemas ópticos, y se analizan en función de varios factores, como el avance tecnológico o la ventaja táctica que ofrecen dichos sistemas.

La toma de decisiones, se han fundamentado en asesoramientos de expertos en el Programa Pizarro y métodos de elección entre opciones como el AHP. Tras el análisis realizado, se concluye que el sistema electro-óptico de mayor rendimiento para el Pizarro sería el sistema ELBIT. Esto se debe a las ventajas que ofrecen su cámara térmica y el telémetro utilizado en el mismo.

Además, mediante una encuesta a la Batallón "Lepanto" se realiza un análisis estadístico. Para poder analizar las posibles diferencias de opinión entre oficiales, suboficiales y tropa, participó personal de las tres escalas. Los resultados obtenidos permitieron extraer varias deducciones. En primer lugar, la similitud de opiniones entre oficiales y suboficiales. En segundo lugar, se constató una diferencia en cuanto a los conocimientos técnicos entre el personal de tropa y los oficiales. Estos últimos poseen un conocimiento más generalizado de la plataforma, mientras que el personal de tropa se especializa en aspectos más específicos.

Como resultado de los análisis anteriormente descritos se desglosan las siguientes conclusiones. Por una parte, la primera conclusión destacable es la inclinación del personal de la unidad hacia la modificación de la transmisión SAPA del Fase II, en lugar de optar por la instalación del sistema electro-óptico. La segunda conclusión trata sobre la dificultad de encontrar un periscopio que se adapte de manera idónea al vehículo, y no de manera inversa. El Ejército de Tierra no dispone en dotación de ningún sistema adecuado para la plataforma estudiada.

Las conclusiones del proyecto incluyen las limitaciones del mismo y las posibles líneas de investigación futuras, entre las que se podría mencionar la instalación eléctrica del sistema que ha resultado elegido.

## PALABRAS CLAVE

Sistema electro-óptico, periscopios de observación, vehículos mecanizados y jefe de vehículo.



## ABSTRACT

The recent prominence of mechanized units in the Ukrainian War has prompted new projects to solve the problems identified in the employment of these units.

This project aims to expose the vision problem of the Pizarro vehicle commander and propose a series of solutions to this problem. Currently, the vehicle commander does not have any independent observation element that allows him to maintain an effective control of the environment. As a remedy to this situation, a series of optical systems are proposed and analyzed in terms of several factors such as technological progress or the tactical advantage offered by such systems.

The decision making process is based on expert advice from the Pizarro Program and methods of choice between options such as AHP. After the analysis carried out, it was concluded that the best performing electro-optical system for the Pizarro would be the ELBIT system. This is due to the advantages offered by its thermal camera and the rangefinder used in it.

In addition, by means of a survey to the "Lepanto" Battalion, a statistical analysis is carried out. In order to analyze the possible differences of opinion between officers, NCOs and troops, personnel of the three scales participated. The results obtained allowed several deductions to be made. Firstly, the similarity of opinions between officers and NCOs. Secondly, there was a difference in technical knowledge between troops and officers. The latter have a more generalized knowledge of the platform, while the latter specialize in more specific aspects.

As a result of the analyses described above, the following conclusions can be drawn. On the one hand, the first noteworthy conclusion is the inclination of unit personnel towards the modification of the Phase II SAPA transmission, rather than opting for the installation of the electro-optical system. The second conclusion deals with the difficulty of finding a periscope that is ideally suited to the vehicle, rather than the other way around. The Army does not have any system suitable for the platform studied.

The conclusions of the project include its limitations and possible lines of future research, among which could be mentioned the electrical installation of the system that has been chosen.

## KEYWORDS

Electro-optical system, observation periscopes, mechanized vehicles and vehicle leader.



# INDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>II</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>III</b>
<b>INDICE DE CONTENIDO .....</b>	<b>IV</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VI</b>
<b>INDICE DE ILUSTRACIONES.....</b>	<b>VI</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>VII</b>
<b>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Marco del proyecto .....	1
1.2 Justificación del proyecto.....	1
1.3 Estructura de la memoria.....	2
<b>2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA .....</b>	<b>3</b>
2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE .....	3
2.2 METODOLOGÍA.....	3
2.2.1 Métodos cualitativos .....	3
2.2.2 Métodos cuantitativos.....	4
<b>3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>5</b>
3.1 VEHÍCULO PIZARRO .....	6
3.2 PLATAFORMAS MECANIZADAS EN EJÉRCITOS EXTRANJEROS .....	7
3.3 MEDIOS DE OBSERVACIÓN EN EJÉRCITOS EXTRANJEROS.....	8
3.4 PERISCOPIOS EN EL EJERCITO DE TIERRA .....	9
3.4.1 Periscopios empleados por vehículos de reconocimiento de caballería.....	10
3.4.2 Periscopio empleado por vehículos de combate de infantería. ....	12
3.4.3 Periscopios propuestos para el VCR 8x8 "Dragón".....	13
<b>4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS .....</b>	<b>17</b>
4.1 ANÁLISIS AHP .....	18
4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	22
4.2.1 Contraste de bondad de ajuste .....	23
4.2.2 Contraste de homogeneidad e independencia.....	24
<b>5 CONCLUSIONES.....</b>	<b>26</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>28</b>



<b>ANEXOS .....</b>	<b>30</b>
<b>ANEXO I .....</b>	<b>30</b>
<b>ANEXO II .....</b>	<b>33</b>
<b>ANEXO III .....</b>	<b>36</b>



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura jerarquizada del problema .....	20
Figura 2 Frecuencias relativas acerca de su implementación .....	23
Figura 3 Frecuencia relativas sobre conocimientos del periscopio .....	24
Figura 4 Frecuencias relativas de los posibles escenarios de empleos del periscopio.....	25
Figura 5 Frecuencias relativas de las diferentes escalas frente a si el Pizarro se encuentra desfasado .....	25

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Cámara delantera del VCI/C PIZARRO.....	7
Ilustración 2 PERI del VRC CENTAURO .....	11
Ilustración 3 VERT empleando el Subsistema Pedestal.....	11
Ilustración 4 Posición jefe de vehículo del VERT.....	12
Ilustración 5 PERI-R17 A2 .....	13
Ilustración 6 Sistema APOLO.....	14
Ilustración 7 Sistema OTEOS .....	15
Ilustración 8 Componentes del Sistema CPS .....	16
Ilustración 9 VCOAV .....	17





## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Condiciones de uso del PERI .....	10
Tabla 2 Características de los sistemas electro-ópticos .....	16
Tabla 3 Matriz de decisión .....	21



## **ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS**

AHP: Analitic Hierarchy Process

BIMZ: Batallón de Infantería Mecanizada

BMR: Blindado Medio sobre Ruedas

CC: Carro de Combate

Cias: Compañías

CMOS: Complementary Metal-Oxide-Semiconductor

CPS: Commander's Panoramic Sight

DCC: Defensa Contra Carro

ECP: Elemento de Combate a Pie

EM&E: Escribano Mechanical Engineering

GMP: Grupo Motor Propulsor

GPS: Global Positioning System

HEI: High Explosive Incendiary

IL: Intensificador de Luz

IR: Infrarroja

MAPO: Mando y Apoyo

NBQ: Nuclear Biológica Química

PERI: Periscopio

SABBLIR: Santa Bárbara Blindaje Reactivo

SERECO: Sección de Reconocimiento

SERT: Sistema de Exploración y Reconocimiento Terrestre

SIVE: Servicio Integrado de Vigilancia Exterior

TOA: Transporte Oruga Acorazado

TFG: Trabajo de Fin de Grado

VCI/C: Vehículo de Combate de Infantería y Caballería

VCOA: Vehículo de Combate del Observador Avanzado

VEC: Vehículo de Exploración de Caballería

VERT: Vehículo de Exploración y Reconocimiento de Caballería



# 1 INTRODUCCIÓN

La siguiente memoria contiene los resultados del Trabajo de Fin de Grado realizado durante las prácticas externas en el BIMZ "Lepanto" II/2 perteneciente al Regimiento de Infantería "La Reina" nº2 de la Brigada X "Guzmán El Bueno".

En ella, se expondrá el estudio y las conclusiones referentes al análisis de la viabilidad de implantar un periscopio de observación para el jefe de vehículo del VCI/ C Pizarro Fase II.

## 1.1 Marco del proyecto

Actualmente, el ejército de tierra dispone de dos vehículos mecanizados en dotación: el TOA M113 (Transporte Oruga Acorazado) y el VCI/C Pizarro. Ambos conforman los Batallones de Infantería Ligero-Protegida y Batallones de Infantería Mecanizados (BIMZ), encuadrados dentro de las Brigadas I, X, XI y XII. La orgánica de un BIMZ dentro del territorio nacional se compone en:

- Tres compañías (Cias.) de fusiles. Una compañía se compone de 3 secciones y cada sección dispone de 4 Pizarros o 4 vehículos TOA.
- La Compañía de Mando y Apoyo (MAPO). Se compone de una sección de reconocimiento (SERECO), una sección de morteros pesados y una sección de Defensa Contra Carro (DCC). Las dos primeras secciones emplean la plataforma TOA y la DCC la plataforma URO VAMTAC.
- La Compañía de Servicios. Se encarga del suministro de material (alimentos, combustible, municiones y equipo) a las unidades de combate y del mantenimiento de los vehículos, incluyendo la reparación y el reemplazo de material inoperativo.

En función de la plataforma que empleen como vehículo (TOA o VCI/C Pizarro), a cada batallón se le asigna una misión. El ritmo, la potencia de fuego y la maniobrabilidad de cada vehículo es diferente y por lo tanto, su capacidad para el combate difiere. Aunque ambas plataformas compartan el tipo de tren de rodaje (cadenas), el Pizarro cuenta con un blindaje y con un sistema de armas que le permite realizar maniobras ofensivas con carácter resolutivo.

## 1.2 Justificación del proyecto

Las unidades mecanizadas surgieron ante la necesidad de explotación del éxito de la misión. Las unidades acorazadas poseen gran potencia de fuego pero necesitan el elemento de combate a pie para alcanzar la explotación y persecución del éxito. Dicho elemento se lo proporcionan las unidades mecanizadas.

Estas unidades combinan dos tipos de infantería, la infantería ligera y la infantería acorazada, resultando en un único sistema de armas con potencia de fuego y con capacidad de anclarse al terreno.

Se ha citado en el apartado anterior que el Ejército de Tierra emplea las plataformas M113 y Pizarro en las unidades ligero-protegidas y mecanizadas. Ambos vehículos han adquirido innovaciones a lo largo de su vida útil para poder adaptarlos a las nuevas amenazas que surgen en los conflictos actuales, como es el empleo de drones en la guerra de Ucrania. Sin embargo, el TOA tras 50 años de servicio, se ha quedado obsoleto y el programa Pizarro necesita



actualizarse para enfrentarse a las presentes y futuras amenazas.

La Dirección General de Armamento y Material presentó un informe (SYSTEMS, 2018) sobre el futuro del vehículo mecanizado Pizarro. En este informe se plantea la necesidad operativa de “Modernización y Mejora del VCI/C Pizarro”. Las mejoras que se han propuesto comprenden: la modificación del tren de rodaje (cadenas metálicas por cadenas de goma con el objetivo de reducir los costes), integrar un Grupo Motor Propulsor (GMP) con una transmisión que ofrezca una alta fiabilidad, debido a que la transmisión actual es la principal causa de inoperatividad en las unidades y la más revolucionaria; es la modernización de la torre del VCI, la cual contará con un sistema electro-óptico independiente para el jefe de vehículo.

Este sistema de observación capacitará al jefe de vehículo para identificar y adquirir objetivos, calificar fuegos indirectos de artillería y de morteros, lo que deriva en la liberación de la observación del jefe de vehículo del movimiento de la torre y aumentará el control del entorno.

En EE.UU., el concepto control del entorno lo denominan *situational awareness* y traducido al español sería “consciencia situacional”. Este concepto aunque no sea novedoso, actualmente se emplea con frecuencia en combate urbano.

En infantería ligera, la “consciencia situacional” se logra observando los alrededores con detenimiento, pero esto cambia al emplear plataformas vehiculares y, en este caso, el VCI/C Pizarro. La tripulación y el elemento de combate se encuentran embarcados y ambos dependen del jefe para el control del entorno. En el carro de combate, el jefe dispone de un periscopio de observación que le proporciona esa consciencia situacional. Sin embargo, el jefe del VCI/C Pizarro no posee de medios de visión propios que le permitan observar los 360º con detalle. Como solución ante este problema, se propone la posibilidad de implantar un sistema electro-óptico en los vehículos Pizarro ya en dotación.

### 1.3 Estructura de la memoria

El documento consta de cuatro secciones. En la primera, se presentan los objetivos, principal y secundarios, y se exponen las diferentes metodologías utilizadas. A continuación, en “ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO”, se analiza el estado del programa Pizarro en España y se exponen diferentes tipos de periscopios que se pueden implementar en el VCI/C. La tercera sección, de análisis y resultados, incluye un estudio detallado de diversos periscopios. Por último, se presentan las principales conclusiones, limitaciones y líneas futuras de investigación de este proyecto.



## 2 OBJETIVOS Y METODOLOGÍA

### 2.1 OBJETIVOS Y ALCANCE

El objetivo general de este proyecto es estudiar la posibilidad de implantar un periscopio para el jefe de vehículo del VCI/C Pizarro. El principal motivo es la ausencia de control del entorno por parte del jefe del VCI/C "Pizarro".

Los pasos seguidos para la consecución de dicho objetivo son:

- En primer lugar, se van a analizar las diferentes propuestas: periscopios en dotación tanto del arma de Caballería como de Infantería y periscopios que se han propuesto para el Programa "Dragón". El "Dragón" sería el primer vehículo de transporte de tropas en servicio en el que el jefe tuviera su propio sistema de observación. Este sistema sería independiente del movimiento de la torre (característica fundamental).
- En segundo lugar, se van a comparar entre sí las propuestas para poder seleccionar la mejor alternativa. Se tendrán en cuenta dos elementos: los análisis obtenidos con anterioridad y las opiniones de expertos obtenidas mediante métodos cualitativos.

El objetivo secundario de este trabajo es informar sobre una serie de características técnicas del futuro vehículo de infantería VCR 8x8. Además, se presentarán algunos de los sistemas electro-ópticos que llegarán a ser empleados en nuevos programas, como el Programa Escorpión.

En cuanto al alcance del proyecto, el estudio se enfoca en qué periscopio es compatible para el vehículo y que el jefe del mismo pueda utilizar, sin que suponga una reestructuración significativa de su espacio en la cámara de combate. Sin embargo, no se estudia cómo es la implementación mecánica y eléctrica de este sistema óptico ni las modificaciones que sufre la torre de la plataforma.

Con la información obtenida en este proyecto, se estudia la posibilidad de implantar periscopios en vehículos que carecen de ello o de actualizar los periscopios en dotación como es el caso del carro de combate Leopard 2E.

En resumen, se estudian las soluciones ante esta carencia de visión por parte del jefe del vehículo Pizarro.

### 2.2 METODOLOGÍA

Las herramientas empleadas durante el proyecto corresponden a metodologías cuantitativas y cualitativas. Esta combinación nos permite recabar información distinta que nos ayuda a abordar posibles soluciones desde perspectivas estadísticas y subjetivas.

#### 2.2.1 Métodos cualitativos

Estas herramientas están basadas en la búsqueda de información y entrevistas a personal altamente cualificado que ha trabajado en programas de modernización de vehículos mecanizados.

- Estudio del estado del Arte: se recopilan y se analizan los avances en los vehículos mecanizados y cómo se han adaptado a las necesidades de la actualidad. Además, se estudian los avances en los sistemas de observación y adquisición de objetivos que ya llevan incorporados vehículos mecanizados. Para ello se han consultado numerosas fuentes especializadas, como



manuales, revistas e internet.

- Entrevistas a personal especializado: con el fin de determinar cuáles son las soluciones más competentes para el estudio, así como establecer los criterios y subcriterios presentes en el cuestionario para la aplicación del método AHP.

- Encuestas: con el objetivo de recopilar información sobre la percepción de los usuarios acerca del vehículo Pizarro. Dicha encuesta se llevó a cabo mediante un medio telemático (encuestas de "Google"). Se formularon preguntas generales sobre el Pizarro y cuestiones más detalladas en relación a los sistemas electro-ópticos.

- Cuestionarios: a través de ellos el personal experto en la materia emite su valoración en cuanto a la importancia de cada criterio y subcriterio, además de comparar las alternativas propuestas. Con estos cuestionarios se permite la aplicación del método AHP.

El empleo de estas herramientas cualitativas permite conocer la situación operativa actual del VCI/C Pizarro en las unidades mecanizadas del Ejército de Tierra y la opinión de sus usuarios en las unidades.

### **2.2.2 Métodos cuantitativos**

Con la información obtenida mediante las herramientas cualitativas se emplean herramientas basadas en métodos estadísticos y matemáticos, que permiten analizar los datos. Destacan dos métodos:

- Análisis estadístico: a partir de la información recopilada mediante las encuestas, se llevará a cabo un análisis estadístico para identificar la solución más adecuada. Específicamente, se emplearon métodos como los contrastes de bondad de ajuste y los contrastes de homogeneidad.

- Método AHP: permite identificar mediante cuestionarios cuál es la mejor alternativa entre las soluciones propuestas en el estudio. Es un método de decisión multi-criterio desarrollado por Thomas L. Saaty (Saaty, 2008) que nos ayuda a seleccionar entre distintas alternativas en función de una serie de criterios y subcriterios.



### 3 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

El reconocimiento del terreno y la obtención de información del enemigo siempre han sido objetivos prioritarios para el jefe de la unidad. Con esa información se puede planear y adaptar la maniobra a nuestras necesidades, con el propósito de cumplir la misión y reducir bajas en filas propias. La manera de obtener esa información ha ido evolucionando a lo largo de los años y la tecnología ha jugado un papel decisivo. En el Ejército de Tierra se instruyen unidades con el único propósito de este cometido; obtener información para el mando. Se tratan de las unidades de reconocimiento que emplean sistemas específicos como cámaras térmicas, cámaras IR, etc. Antes de contar con esos sistemas avanzados, la información se obtenía a partir del reconocimiento visual, empleando los medios ópticos de la época (prismáticos). Las unidades de reconocimiento recababan información y se la transmitían al mando por diferentes vías. Este proceso ha evolucionado considerablemente. Las unidades de reconocimiento ya no necesitan estar presencialmente en la zona para recoger información, pueden estar fuera de la zona de conflicto recabando información en tiempo real, mediante imágenes y videos del entorno.

En el Ejército de Tierra, estas unidades específicas pueden pertenecer a la Especialidad Fundamental de Caballería o de Infantería. En el caso de la Infantería, se encuadran en la Compañía de Mando y Apoyo de un batallón. A parte, el jefe de compañía y los jefes de sección disponen de elementos de combate a pie, cuya instrucción se focaliza en el reconocimiento, la observación y la adquisición de objetivos; se trata de los tiradores de precisión. Pero este elemento de combate a pie se queda corto si se emplean unidades mecanizadas. Los vehículos recorren mucha distancia en un breve espacio de tiempo, por lo tanto, necesitan medios propios de visión tanto para la seguridad propia como para realizar tareas de reconocimiento y de observación. En el Trabajo de Investigación (Moran, 2019) "Material de observación a implementar en la Sección de Reconocimiento de un Batallón Acorazado y cómo adecuarlo a los sistemas de Mando y Control actuales" se analiza como las unidades de reconocimiento se adaptan a plataformas con características muy específicas, como es el caso de los carros de combate.

La evolución tecnológica de los medios de visión se manifiesta en el entorno militar con el empleo de cámaras infrarrojas, cámaras térmicas, cámaras de visión diurna (con potentes aumentos) y telémetros láser. Estos elementos se combinan dando lugar a los modernos sistemas electro-ópticos, sistemas que se pueden integrar en plataformas fijas como piezas de artillería antiaérea o en plataformas vehiculares como el VERT (Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre) de caballería. Las posibilidades son muy amplias al tratarse de sistemas modulares. Las cámaras de visión diurna, IR (Infrarroja) y térmica, se pueden modificar por otras con mayor resolución o mayor alcance de detección. En función de la misión, el sistema se configura de una manera determinada. La tendencia de modular los sistemas, soluciona el problema de la desactualización que sufre el material del Ejército de Tierra. En lugar de invertir dinero en actualizar toda la plataforma y el sistema óptico, sólo se necesita modificar el elemento en cuestión por otro más moderno. A parte, se puede integrar el mismo sistema electro-óptico en diferentes vehículos, como es el caso del Sistema de Exploración y Reconocimiento Terrestre (SERT). El SERT está integrado en el Vehículo de Exploración y Reconocimiento Terrestre (VERT) y en el prototipo Vehículo de Combate del Observador Avanzado (VCOA).

Antes de analizar estos sistemas ópticos en profundidad se necesita conocer el empleo táctico que pueden desempeñar las unidades mecanizadas y analizar el vehículo al cual se va implantar el sistema electro-óptico, en este caso, al VCI/C Pizarro.



### 3.1 VEHÍCULO PIZARRO

El desarrollo del VCI/C Pizarro es producto del Programa Coraza (Instituto de Historia y Cultura Militar, 2022), el cual surgió ante la necesidad de modernizar los medios mecanizados con los que contaba el Ejército de Tierra en dotación en el año 1994 como es el caso del vehículo de transporte TOA M-113.

Este vehículo de transporte fue desarrollado por EE. UU. en 1960 y el primer lote llegó a España en el año 1963. Tras más de 50 años de servicio, el TOA M113 ha sufrido actualizaciones para mantener la flota operativa, quedando obsoleta. Surgen nuevas situaciones, nuevos conflictos, a los cuales no se les puede dar respuesta.

El programa Coraza se enfocó en nuevos proyectos dedicados a la obtención e integración de nuevo armamento para la modernización del Ejército español, entre los que destaca el programa CC Leopardo 2E y el VCI/C Pizarro.

El Vehículo de Combate de Infantería/Caballería Pizarro (Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2016) se compone de la plataforma, una tripulación y un elemento de combate a pie (ECP). Su principal cometido es complementar la capacidad de combate a pie de las unidades acorazadas mediante el transporte de personal. Sin embargo, como vehículo de combate con capacidad resolutive, también puede realizar misiones de forma independiente.

Cada Pizarro aloja en su interior un Pelotón de Infantería Mecanizada (PIMZ) (Academia General Militar, s.f.), conformado por su tripulación (conductor, tirador y jefe de vehículo) y su ECP (6 fusileros) desplegable.

En cuanto a las características generales del vehículo, destacan tres (Ejército de Tierra, s.f.); la potencia de fuego, la movilidad del vehículo y la protección que ofrece. Con respecto a la potencia de fuego (Ejército de Tierra, s.f.), el Pizarro cuenta con un cañón de 30 mm con un alcance eficaz de 2000 metros, una ametralladora coaxial de 7,62 mm cuyo alcance eficaz es 1200 metros, y 4 baterías de 3 tubos de lanza-artificios. El sistema de armas principal (cañón de 30 mm) puede emplear munición HEI (*High Explosive Incendiary*) de 30 mm y munición perforadora. Sobre la característica de la movilidad, despunta la velocidad máxima del vehículo (70 km/h), la autonomía (500 km) y la capacidad de vadeo del vehículo (1,3m sin preparación y 1,5m con preparación). Por último, el Pizarro dispone de varios sistemas de protección, como el blindaje reactivo SABBLIR (Santa Bárbara Blindaje Reactivo), estanqueidad NBQ (Nuclear Biológica Química), sistema contra-incendios y anti-explosión. A parte, el vehículo se diseñó con un blindaje protector contra munición 7,62x51mm.

La actualización periódica es necesaria en todos los proyectos de Defensa para hacer frente a las amenazas emergentes. En el caso del Proyecto Pizarro, la Fase I se completó en 2016, luego de haber entregado las últimas unidades en 2003. En el mismo año, se implementó la Fase II en las unidades mecanizadas, pero aún hay algunas unidades que siguen empleando la Fase I debido a que no han sido actualizadas.

El VCI/C Pizarro Fase II presenta varias modificaciones técnicas en comparación con la Fase I. Se ha extendido la longitud y la altura de la barcaza del vehículo y se han alargado los faldones de acero en los costados para proteger el tren de rodaje. También se han realizado cambios en los controles del puesto del jefe de vehículo, equipándolos con el mismo sistema que el del tirador. Sin embargo, la modificación más importante es la implementación de la transmisión española SAPA, en lugar de la anterior transmisión alemana RENK, que se caracterizaba por su alta fiabilidad en comparación con la española. Este cambio ha provocado problemas de inoperatividad en algunos vehículos. La adición más reciente es la integración de una cámara de conducción, que incluye una videocámara delantera y trasera para mejorar la





conducción y la conciencia situacional.



Ilustración 1 Cámara delantera del VCI/C PIZARRO

### 3.2 PLATAFORMAS MECANIZADAS EN EJÉRCITOS EXTRANJEROS

Las unidades mecanizadas están proliferando en los ejércitos actuales. Los nuevos conflictos requieren este tipo de unidades. Un claro ejemplo es el despliegue militar, conocido como Presencia Reforzada Avanzada. Este despliegue se compone de cuatro *Multinational Battlegroups* con presencia en Letonia, Polonia, Estonia y Lituania. España participa en el *Battlegroup* de Letonia enviando tanto material como personal perteneciente a unidades mecanizadas y acorazadas. El Ejército español cuenta con dos secciones de VCI/C Pizarro y una sección acorazada de CC Leopard 2E en zona de operaciones. El resto de países que participan en los *Battlegroups* también disponen de unidades con características similares.

El ejército británico emplea en sus unidades mecanizadas la plataforma el FV510 Warrior. Un vehículo blindado sobre cadenas cuya producción comenzó en el año 1980 y continúa en servicio a día de hoy; está diseñando un plan para actualizar el vehículo y extender su vida útil. A parte del FV510 Warrior, en 2014 el Ministerio de Defensa Británico adquirió un contrato con General Dynamics UK para recibir en 2017 las primeras unidades de los vehículos blindados Scout (*Specialist Vehicle*) (Defensa, s.f.). Este vehículo se ha diseñado sobre la barcaza del Pizarro y presenta variaciones: transporte de tropas, reconocimiento, recuperación y mando y control. El propósito del ejército británico es renovar las unidades mecanizadas integrando este vehículo como plataforma principal. Una situación similar sucede en el ejército español con la plataforma 8x8.

El ejército alemán dispone desde 2009 en dotación del vehículo blindado Puma, desarrollado para reemplazar al vehículo Marder, el cual se ha quedado obsoleto tecnológicamente. El vehículo Puma presenta una serie de ventajas que lo hacen único en el mercado: blindaje modulable (protecciones intercambiables según la necesidad del operador), bajo peso que facilita su aerotransporte y un sistema de sensores de alerta de situación. Este vehículo se encuentra entre las opciones de futuras adquisiciones del ejército canadiense y del



ejército estadounidense.

El ejército estadounidense se encuentra diseñando un plan para reemplazar a su vehículo de combate de infantería M2 Bradley (Biurrun, 2022). La producción del Bradley comenzó en el año 1980 y ha sufrido numerosas actualizaciones a lo largo de su vida útil. Existen varias opciones en el mercado para reemplazar al Bradley, una de ellas el Puma, pero el ejército estadounidense se plantea sustituirlo por un vehículo de combate de infantería híbrido. Los motores híbridos ofrecen ventajas en el campo de batalla, son más silenciosos y emiten menos calor (baja firma IR) lo que les permite pasar desapercibidos.

El ejército ruso emplea la plataforma BMP-3, diseñada en 1992 y continúa de servicio en la actualidad. Se trata de un vehículo de combate de infantería destinado al transporte de tropas pero dispone de una gran potencia de fuego proporcionada por un cañón de 100mm, se asemeja a un carro de combate ligero. Destaca por su alta movilidad y agilidad en el campo de batalla, esto se debe al bajo peso de su barcaza.

Estos vehículos de infantería ofrecen diseños, características técnicas y sistemas de armas diferentes, pero siguen manteniendo su propósito: el transporte de un pelotón de infantería ligera.

### 3.3 MEDIOS DE OBSERVACIÓN EN EJÉRCITOS EXTRANJEROS

Este apartado se enfoca principalmente en los sistemas de observación y de adquisición de objetivos que llevan integrados ejércitos extranjeros en sus vehículos de combate partiendo de los vehículos presentados en el apartado anterior.

En primer lugar se encuentra el FV 510, del ejército británico, el cual no dispone de un sistema electro-óptico independiente. El ejército británico planea actualizar la flota integrando equipos de visión nocturna y sistemas de visión térmica, con el objetivo de alargar su vida útil. Además del FV510, se está desarrollando el vehículo Scout también conocido como AJAX. Existen variaciones del AJAX en función del propósito del mando, la que más se asemeja al Pizarro sería la variante Ares por su capacidad de transporte de tropas. El Ares ofrece un sistema de observación 360° con cámaras térmicas y diurnas que permiten el control de la situación, la búsqueda y detección de objetivos.

En segundo lugar se presenta el vehículo alemán, el Puma, el cual destaca por sus sistemas de alerta temprana. Cuenta con: un sistema de alerta acústica que le permite detectar sonidos de disparos de armamento ligero y pesado, proporcionando información sobre la distancia y dirección del disparo. Un sistema de alerta láser que identifica el origen de un láser enemigo y un sistema radar. También se compone de un sistema electro-óptico compuesto de un periscopio y un conjunto de cámaras exteriores que facilitan el control del entorno. El periscopio es independiente del movimiento de la torre, permite una observación 360° y lleva integrado un sistema de visión diurna y térmica, y un sistema de marcaje de blancos láser. A parte del sistema óptico, la tripulación cuenta con periscopios de visión directa en la barcaza del vehículo que les permite el control del entorno.

A continuación se presenta el M2 Bradley, un vehículo de origen estadounidense. Sin embargo, sus sistemas electrónicos son limitados, ya que sólo cuenta con una unidad de visión integrada para el tirador, cuya imagen se transmite al comandante del vehículo a través de una pantalla. Desafortunadamente, carece de cualquier tipo de equipo de observación para monitorear el entorno circundante. El ejército estadounidense posee otros vehículos con sistemas electro-ópticos más avanzados como es el caso del M1114 Up-Armored Humvee, el cual cuenta con dos cámaras: una cámara térmica y una cámara de televisión, la cual



proporciona una imagen a color. En cuanto al futuro de los sistemas de observación en el ejército estadounidense, se encuentra en fase de desarrollo junto con la creación del nuevo vehículo NGCV. Se espera que esta plataforma presente un sistema óptico innovador, que incluirá una inteligencia artificial capaz de procesar la información recopilada por los sensores y las cámaras para identificar posibles amenazas en el campo de batalla.

Con respecto a los vehículos rusos se encuentran el BMP-3 y los carros de combate T-82 y T-80. El BMP-3 mantiene los sistemas ópticos de su antecesor el BMP-2 y no dispone de un sistema de visión 360° independiente de la torre, que es esclava de la dirección de tiro del sistema de armas. La plataforma posee un visor con capacidad diurno/nocturno que solo puede emplear el tirador. Para ambiente nocturno, el visor incorpora un amplificador de luz pasivo y un iluminador IR por si se quiere emplear en modo activo. Con respecto a los carros de combate, ambos cuentan el sistema TIS 1A40-4, el cual permite la detección y seguimiento de objetivos térmicos a larga distancia, estos tienen un alcance de hasta 5 km y un campo de visión de 10 grados.

Analizando estos vehículos se observa que la mayoría de ellos no ofrecen sistemas electro-ópticos independientes del sistema de armas para que puedan ser empleados por el jefe del vehículo como medio de observación y adquisición de objetivos, únicamente el Puma. Los proyectos que están en fase de desarrollo ya ofrecen sistemas de visión propios del jefe.

Además de los sistemas de observación que tienen estas plataformas, hay otros sistemas electro-ópticos que son notables por las funciones que proporcionan.

Rusia dispone del Sistema de Observación y Detección de objetivos (SOSNA-U) implementado en el vehículo de defensa aérea Pantsir-S1 que permite la detección y seguimiento de objetivos aéreos y terrestres. Está equipado con una cámara térmica y una cámara de televisión, ambas con un alcance de hasta 30 km.

El ejército estadounidense cuenta con el Sistema de observación y detección de objetivos EO/IR/LRF, este se utiliza en el helicóptero de ataque Apache y permite la detección y seguimiento de objetivos aéreos y terrestres. Emplea una cámara térmica, una cámara de televisión y un telémetro láser con un alcance de hasta 8 km.

Francia posee dos sistemas de observación y adquisición de blancos diseñados para el soldado de infantería: el FELIN y el JIM LR. El sistema FELIN dispone de visión nocturna y una cámara térmica que proporciona información sobre la posición del enemigo. El segundo es un binocular empleado en operaciones terrestres para localizar y medir la distancia al objetivo mediante el telémetro láser.

### 3.4 PERISCOPIOS EN EL EJERCITO DE TIERRA

El control de entorno se define como la capacidad de ser conscientes del ambiente donde se encuentra un sujeto. Este problema no era determinante con la infantería ligera, ya que durante la maniobra, se establecían puntos de observación en lugares críticos y se realizaba siempre defensa 360°. En cambio, al introducir el vehículo como elemento de transporte de tropas, de reconocimiento y de combate, se convierte en un problema decisivo.

Como solución a este problema, se instalaron episcopios de visión directa tanto en la barcaza como en las torres de los vehículos y carros. Estos episcopios permiten observar los alrededores del vehículo, pero resultan ser poco eficaces, ya que dependen de las condiciones de visibilidad. Otra propuesta es la instalación de cámaras alrededor del vehículo. Recientemente, al VCI/C Pizarro Fase II se le ha incorporado una cámara térmica frontal y trasera que facilita la conducción pero sigue sin resolver la falta de visión del jefe.



Los vehículos más modernos cuentan con sistemas electrópticos, conjunto formado por uno o más sensores ópticos (cámaras diurnas, cámaras térmicas, visores IR) y por los elementos electro-mecánicos que permiten controlarlos y orientarlos en sus líneas de visión. En los modelos más complejos, se incluyen sistemas de estabilización (giro-estabilizado) que hacen posible mantener el objetivo enfocado durante la maniobra.

En función del tipo de vehículo y del uso operativo que desempeñan, cada vehículo presenta unas características únicas destinadas al cumplimiento de la misión que se le encomienda. Se distinguen vehículos de reconocimiento de caballería, vehículos y carros de combate de infantería.

### 3.4.1 Periscopios empleados por vehículos de reconocimiento de caballería.

La Caballería se caracteriza por su velocidad, su movilidad y su flexibilidad durante la maniobra. Es el arma del reconocimiento por excelencia y sus vehículos se desarrollan con unas capacidades específicas. Pero solo vamos a reseñar los periscopios de los vehículos viables para el proyecto.

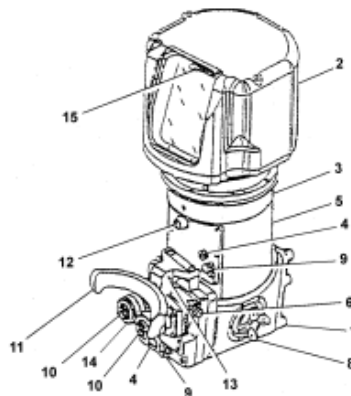
#### ➤ **Periscopio panorámico con estabilización independiente (PERI)**

Este periscopio es empleado por el Centauro VRC-105 y se encuentra en el techo de la torre, delante de la escotilla del jefe de vehículo. Se compone de una cabeza móvil que sobresale de la torre y cuenta con un ángulo de visión de  $n \times 360^\circ$ , un módulo central y un módulo de visión. A parte, el periscopio se puede utilizar en ambiente nocturno ya que cuenta con una unidad IL (intensificador de luz).

El módulo de visión se compone así mismo del grupo óptico de visión binocular y los retículos de puntería y de distancia. En el grupo óptico se colocan diferentes tipos de filtros en función de las condiciones ambientales y operativas, y se indica mediante un punto de color.

COLOR PUNTO	COLOR FILTRO	CONDICION AMBIENTAL
AMARILLO	AMARILLO	A utilizar bajo niebla
GRIS	GRIS	A utilizar bajo luz solar extrema
ROJO	VERDE	A utilizar en caso de empleo del láser
BLANCO	SIN FILTRO	A utilizar en caso de luz diurna

Tabla 1 Condiciones de uso del PERI



*Ilustración 2 PERI del VRC CENTAURO*

#### ➤ **Subsistema Pedestal electro-óptico giro estabilizado**

Se compone de cámara de televisión TV VINIRIS S, cámara infrarroja CASTOR HR, telémetro láser LDM 43, Posicionador HUMANTIS y todos estos elementos se encuentran sobre un mástil elevable 4 metros. El subsistema es capaz de proporcionar la siguiente información:

- Imagen del campo de batalla.
- Capacidad de localizar personal a pie al menos 4000 metros y vehículos a 7000 metros.
- Distancia geométrica desde el propio vehículo al objetivo y orientación de la línea de observación.

La información recogida pasa por un procesador de vídeo y control, en el que se integra con la información del GPS (Global Positioning System) o del navegador inercial. Estos sensores de posicionamiento le brindan la capacidad de geolocalización de objetivos. El subsistema Pedestal se integra dentro del Sistema de Exploración y Reconocimiento Terrestre (SERT), desarrollado por la empresa Navantia.



*Ilustración 3 VERT empleando el Subsistema Pedestal*





El control del SERT se encuentra en la posiciones del jefe de vehículo y del observador. Ambos disponen del mismo joystick, cuyos botones dan acceso directo a diversas funciones como el empleo de la cámara TV, del telémetro láser, controlar la elevación o la orientación del Pedestal.



*Ilustración 4 Posición jefe de vehículo del VERT*

### 3.4.2 Periscopio empleado por vehículos de combate de infantería.

- **Periscopio del jefe de carro PERI-R17 A2 (basado manual M16)**

El PERI R-17 A2 (Ejército de Tierra Español, s.f.) es un periscopio panorámico que permite al jefe del carro tener una visión 360°. Se diseñó para la observación, detección, reconocimiento e identificación de objetivos tanto en ambiente nocturno como diurno y con condiciones meteorológicas adversas que dificulten la misión.

El PERI-R17 A2 dispone de tres modos de funcionamiento:

- Modo observación: el periscopio es independiente de la torre. El jefe del carro puede mover el periscopio de manera independiente sin mover el cañón.
- Modo alineación: la torre y el periscopio se alinean, perdiendo el movimiento independiente del periscopio.
- Modo designación: el PERI R-17 lleva integrado la dirección de tiro del carro de combate. De esta manera, el jefe del carro puede mover la torre con el periscopio.

El sistema de visión del PERI se compone de: mando, unidad de control del PERI, anillo de designación rápida de objetivos, unidad de control del anillo de designación rápida de objetivos, monitor, interruptor de velocidad y unidad electrónica del PERI.

El PERI-R17 se encuentra en dotación en ejércitos europeos como el español, el alemán,



el austriaco y el noruego. En España, este periscopio va integrado en el carro de combate Leopard 2E, derivado del carro alemán Leopard 2A 6, y que el Ejército comenzó a adquirir en 2003.



*Ilustración 5 PERI-R17 A2*

### 3.4.3 Periscopios propuestos para el VCR 8x8 "Dragón".

El VCR 8x8 (Tierra, J.E.M.E.- E.de Vehículo 8x8 'Dragón', Vehículo 8X8 'Dragón' - Ejército de tierra., s.f.) es un vehículo de combate sobre ruedas, el cual se encuentra en fase de pruebas. Surge ante la necesidad de reemplazar al BMR-M1 como transporte de tropas, al VEC-M11 como vehículo de exploración de caballería y al TOA M113.

El "Dragón" se basa en el vehículo Piranha V aunque es de concepción modular, es decir, se van a desarrollar 13 configuraciones distintas en función del desempeño táctico con el que se emplee. La barcaza será similar y se modificará tanto la torre como los sistemas que lleven integrados.

Un 8x8 desarrollado para caballería dispondrá de una torre y de sistemas electro-ópticos dirigidos al reconocimiento y a la observación. En cambio, un "Dragón" como vehículo de infantería se modulará enfatizando en la potencia de fuego y en la movilidad.

Durante el desarrollo del proyecto, se han analizado diferentes torres: GUARDIAN 30, GUARDIAN 2.0, GUARDIAN L-HIT y la MT30 Torre. Las tres primeras son de fabricación española y pertenecen a la empresa Escribano Mechanical & Engineering (EM&E). En cambio, la torre MT30 es de origen israelí.

A parte de los sistemas propios de la torre, al "Dragón" se le pueden implementar los sistemas electro-ópticos que se exponen a continuación y que se han estudiado durante el desarrollo del programa:

- **Sistema APOLO:**

Este sistema (OTEOS y APOLO, s.f.) se compone de sistemas electro-ópticos giro estabilizados, sensores infrarrojos y telemetría para misiones de observación, vigilancia y adquisición de objetivos. Permite integrar la dirección de tiro de una plataforma como es el caso



del PERI-R17 del Leopardo.

Es de fabricación española (Apolo, Sistema Electro-Óptico, s.f.) y diseñado para ser integrado en un amplio abanico de plataformas terrestres, navales y aéreas. Además, es modular. Su arquitectura abierta permite configurar el APOLO con diferentes sensores y su integración con sistemas externos.

La implementación del sistema Apolo se ha estudiado empleando como plataforma la torre GUARDIAN 30. Se trata de una torre controlada de manera remota, giro estabilizada en dos ejes y que cuenta con sistemas electro-ópticos propios: cámara diurna DS, cámara IR refrigerada y un telémetro láser. Debido a que presentaba una carencia de visión, Escribano va a implementar el sistema APOLO, que suprime este déficit.



*Ilustración 6 Sistema APOLO*

- **Sistema OTEOS:**

OTEOS (Oteos - Escribano, s.f.) es un sistema electro-óptico diseñado para la observación y el seguimiento de objetivos (tracking). El sistema se basa en una plataforma estabilizada y modular que cuenta con sensores optrónicos punteros, tanto en el espectro visible como en el infrarrojo.

Los subsistemas que conforman el OTEOS son los siguientes:

- Cámara diurna con un sensor CMOS (*Complementary Metal-Oxide-Semiconductor*) de alta definición. Es un sensor de píxeles activos que evita el efecto *blooming*, efecto que se produce cuando una luz muy intensa provoca pérdida de calidad en la imagen.
- Cámara IR refrigerada equipada con un sensor MWIR de 3ª generación. Es capaz de detectar objetivos a 25 km y de identificarlos a 10 km. Es el subsistema máspreciado, ya que ofrece la capacidad de operar de manera efectiva de noche con altas garantías.
- Telémetro láser. El OTEOS dispone de un telémetro láser con un alcance máximo de 25km.

El sistema OTEOS es de fabricación española (EM&E) y actualmente se encuentra en





servicio en la Guardia Civil. Instalaron el sistema en las patrulleras de su Servicio Marítimo y en los emplazamientos fijos del SIVE (Servicio Integrado de Vigilancia Exterior). En cambio, el Ejército de Tierra no posee ningún sistema OTEOS en servicio aunque, recientemente, adquirió el sistema para estudiar cómo integrarlo en un UGV Themis de la empresa Milrem Robotics.



Ilustración 7 Sistema OTEOS

- **Sistema ELBIT:**

La magnitud del programa VCR 8x8 implica que se valoren opciones extranjeras, como ocurrió con la torre MT30, perteneciente a la empresa israelí Elbit Systems.

La torre MT30 presenta una serie de sistemas comunes a las torres diseñadas por Escribano como el cañón de 30 mm que porta la GUARDIAN 30, una dirección de tiro, lanza-artificios y un sistema electro-óptico para el tirador. Este sistema se compone de una cámara diurna equipada con un sensor CMOS, una cámara térmica y un telémetro láser. Pero, además, posee un sistema electro-óptico independiente de la torre y es exclusivo para el jefe de vehículo.

Este sistema se denomina Commander's Panoramic Sight (CPS) y es un sistema autónomo de observación operado por el jefe de vehículo (Elbit Systems, s.f.). El CPS se emplea para la adquisición de objetivos (*targeting*) y misiones de vigilancia.

El sistema se compone de una cámara diurna, una cámara térmica y un telémetro láser; elementos que comparten la mayoría de los sistemas electro-ópticos.

La torre MT30 posee modos de funcionamiento similares a los del CC Leopard 2E: modo designación (el cañón esclavo del sistema electro-óptico del jefe) y modo alineación (el periscopio es fijo y depende del movimiento de la torre). Además, el CPS añade la *capacidad Hunter Killer*. Este modo permite al jefe de vehículo la posibilidad de adquirir un objetivo y de batirlo rápidamente con el cañón, sin importar donde estuviera apuntando la torre.

El visor de Elbit se evaluó junto con la torre de Elbit en el programa de reducción de riesgos del VCR 8x8. El alto rendimiento de su óptica era uno de los mejores puntos, siendo considerado el mejor visor de las torres que se seleccionaron para los demostradores. El sistema Elbit finalmente no se ha seleccionado para el VCR 8x8, pero presenta características que pueden ser útiles en el Pizarro.



*Ilustración 8 Componentes del Sistema CPS*

A continuación, se recoge en una tabla las características principales de cada sistema electro-óptico propuesto para el futuro Pizarro Fase III.

		SISTEMA ELBIT	OTEOS	APOLO
EMPRESA		ELBIT SYSTEMS	EME	EME
DATOS TÉCNICOS	RANGO DE ELEVACIÓN	100º	120º	120º
	PESO	40 KG	60 KG	21 KG
DATOS ÓPTICOS CÁMARA IR	LONGITUD DE ONDA	10µm	3µm	3µm
	ALCANCE DETECCIÓN	25 KM	23,1 KM	19,1 KM
	RESOLUCIÓN	1280×1024	640 X 512	640 X 512
DATOS ÓPTICOS CÁMARA DIURNA	ALCANCE DETECCIÓN	13 KM	14,3 KM	14,3 KM
	RESOLUCIÓN	1920 x 1080	1920 x 1080	1920 x 1080
DATOS TELÉMETRO LÁSER	PRECISIÓN	± 2 m	± 5 m	± 5 m
	ALCANCE MÁXIMO	20 KM	8 KM	15 KM

*Tabla 2 Características de los sistemas electro-ópticos*



## 4 DESARROLLO: ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este apartado se van a analizar y comparar entre sí las alternativas de sistemas electro-ópticos propuestas en el apartado anterior. Las propuestas deben cumplir una serie de requisitos para poder ser implementados en el Pizarro. El primero de todos, es el limitado espacio físico, el sistema debe entrar físicamente en el vehículo. El segundo condicionante, es la no modificación de la torre. Se trata de la integración de un nuevo elemento, no la actualización del VCI/C Pizarro. El tercer condicionante, son las ventajas tecnológicas que debe ofrecer el nuevo sistema. El cuarto y último condicionante, son los beneficios tácticos que aporta integrar el periscopio. Siguiendo los condicionantes expuestos, se analizara uno a uno cada sistema y si no cumplen los 5 requisitos, se eliminan como propuestas para el proyecto.

En primer lugar, se presenta el Periscopio panorámico con estabilización independiente (PERI), el cual se encuentra integrado en el Centauro. Es un sistema óptico desfasado por varias razones: se necesita cambiar el filtro del binocular para adaptarlo a las condiciones ambientales, no dispone de cámara térmica y la visión nocturna es un intensificador de luz. En cuanto a los requisitos, este sistema cumple con dos de los cuatro: el espacio físico y el requisito de no modificar la torre. Con respecto a los dos últimos, este periscopio frente a las demás alternativas no ofrece ninguna ventaja. Por lo tanto, el PERI se elimina como propuesta para implementarlo.

En segundo lugar, se encuentra el Subsistema Pedestal electróptico giro-estabilizado integrado en el VERT. Este subsistema cuenta con diferentes sensores ópticos y térmicos que le convierten en el subsistema perfecto para la especialidad de la Caballería, cuya misión principal es el reconocimiento. En cambio, para el vehículo de infantería Pizarro este subsistema está sobrecapacitado, porque el jefe de vehículo recibiría demasiada información no necesaria para la maniobra. Si se analiza el Subsistema Pedestal en función de los requisitos propuestos, cumple el requisito de las ventajas tecnológicas. Emplea cámaras y sensores de última generación. Sin embargo, para poder implantarlo en el Pizarro es necesario modificar el interior del vehículo.

En 2013, con el Programa Pizarro se desarrolló un prototipo empleando la barcaza del Pizarro, pero integrando un sistema electro-óptico similar al del VERT (infodefensa, s.f.). Este prototipo se destinaría a las unidades de Artillería con el objetivo de dotarlas de vehículos de observación avanzada en base a cadenas. Para poder integrar este sistema, se eliminó el espacio destinado al elemento de combate a pie, perdiendo el propósito principal de este vehículo, el transporte de un pelotón ligero. El sistema óptico no se puede desplegar en movimiento, la capacidad de observación y adquisición de objetivos es estática. Además, el cañón del sistema de armas es simulado, perdiendo su potencia de fuego. Este prototipo reúne las razones que demuestran que el Subsistema Pedestal del VERT no se puede implementar en el vehículo de infantería Pizarro. Por lo tanto, se elimina como propuesta.



*Ilustración 9 VCOAV*



En tercer lugar, se expone el periscopio del jefe de carro PERI-R17 A2. Este periscopio es el único sistema electro-óptico empleado en las unidades de infantería y, en concreto, unidades acorazadas. Cumple su función como elemento de observación del jefe, pero se rechaza como alternativa para implementarlo en el Pizarro. Sí que ofrece beneficios tácticos al jefe de vehículo, le proporciona esa capacidad de observación que en la actualidad no dispone de ella y es independiente del movimiento de la torre, sin embargo, esas ventajas tecnológicas se han quedado obsoletas. Además, el limitado espacio en la torre impide su instalación. El PERI-R17 A2 se diseñó para ser integrado en carros de combate donde la tripulación se limita a 4 personas y dispone de mayor espacio para implementar la tecnología.

Una vez analizados los periscopios en servicio en el Ejército, comienza el estudio y la comparación de sistemas electro-ópticos que se han propuesto como medios de observación para el futuro VCR 8x8 Dragón. El proyecto "Dragón" surge del concepto "Fuerza 35", el cual, se define como "la solución del Ejército de Tierra para dar respuesta al proceso de planeamiento militar que lidera el Jefe de Estado Mayor de la Defensa (JEMAD), con la finalidad de mantener unas Fuerzas Armadas eficaces y proporcionadas al nivel de ambición establecido. El diseño, la experimentación y el equipamiento de esta fuerza son prioridades que centran todos los esfuerzos de nuestro Ejército". El diseño de la "Fuerza 2035" se apoya sobre 8 ideas claves, entre la que destaca la tecnología avanzada. De esta idea surgió el vehículo 8x8, el cual, es la plataforma vehicular de la "Brigada 2035" (núcleo de maniobra de la "Fuerza 2035"). Los futuros batallones de infantería, zapadores y grupos de caballería dispondrán de esta plataforma adaptada al cumplimiento de su misión. A parte del 8x8, la Brigada contará con Pizarros Fase III y Vehículo de Vigilancia Terrestre (VTT). El Pizarro Fase III integrará un sistema de observación propia para el jefe de vehículo y el VTT equipado con sensores electro-ópticos (compuestos por telémetro láser, cámara de bajo nivel de luz y cámara térmica).

Entre las diferentes propuestas de sistemas electro-ópticos, se encuentra el sistema APOLO, el sistema OTEOS y el sistema ELBIT. Estas tres alternativas cumplen los 4 requisitos que deben cumplir para poder ser implementados en el Pizarro. Ofrecen ventajas tecnológicas al poseer elementos de visión de última generación y al ser modulables, como que se puedan actualizar los medios de visión sin tener que modificar el sistema. Con respecto al requisito de espacio, no se modifica la barcaza pero sí es necesario adaptar la torre y el puesto del jefe de vehículo.

Tras haber analizado las diferentes alternativas, se descartan los periscopios en servicio y quedan los sistemas ópticos del 8x8. Estas tres propuestas se van a someter a un estudio más en profundidad para seleccionar la alternativa más ventajosa y que mejor se adapta al vehículo en cuestión.

## 4.1 ANÁLISIS AHP

El AHP (Cabrera, 2008) es una herramienta de decisión multi-criterio que permite evaluar y ordenar en función de unos criterios de las diferentes alternativas. Los criterios pueden ser tangibles como una característica técnica del sistema o intangibles como la fiabilidad. Asimismo, estos criterios se dividen en subcriterios.

El método AHP fue diseñado por Tomas L. Saaty a finales de los años 60 en su libro "The Analytic Hierarchy Process" (Saaty, 2008), y lo desarrolló para el Departamento de Defensa de EE. UU. con el objetivo de facilitar la toma de decisiones de gran complejidad. Este método es empleado por grandes empresas con gran frecuencia, para la toma de decisiones importantes y tiene una alta fiabilidad.



Los datos utilizados en el método AHP se obtienen a partir de las opiniones personales de expertos en la materia. El personal que ha realizado el cuestionario se encuentra destinado en la Dirección de Adquisición de Material del Ejército de Tierra y, en concreto, en el Programa Pizarro. Actualmente, ostentan los empleos de brigada y capitán, con más de 10 años de experiencia en unidades mecanizadas. Las alternativas que se van a comparar fueron propuestas por este personal: Sistema ELBIT, Sistema OTEOS y el Sistema APOLO. Los motivos de selección de estas alternativas se deben a varios factores: son los sistemas electro-ópticos más avanzados y poseen capacidades de observación superiores a los del Ejército de Tierra.

El proceso del AHP se compone de cuatro etapas: representación del problema, evaluación de los criterios de valoración, evaluación de las alternativas y jerarquización de las alternativas. Antes de comenzar con las etapas, se exponen los criterios y los subcriterios que se han tenido en cuenta para el AHP:

- **Criterio 1:** Características técnicas: las características técnicas son los aspectos básicos que comparten todos los medios de visión. Se han valorado dos:
  - ❖ Subcriterio 1.1: Rango de elevación: Campo de movimiento de la plataforma electro-óptica en el eje vertical. Es determinante para la capacidad de adquisición de objetivos aéreos.
  - ❖ Subcriterio 1.2: Peso: cada plataforma presenta unos pesos distintos en función de los elementos que la compongan. Esto se debe a que los sistemas son modulables.
- **Criterio 2:** Datos ópticos de la cámara IR: estos datos determinan la capacidad de observación de la cámara IR, elemento óptico común en los tres sistemas. De este criterio se han valorado tres aspectos:
  - ❖ Subcriterio 2.1: Alcance para la detección de un objetivo. La distancia a partir de la cual la cámara IR es capaz de detectar un blanco OTAN (2,3 x 2,3).
  - ❖ Subcriterio 2.2: Resolución: número exacto de píxeles que genera la imagen del sensor de la cámara IR.
  - ❖ Subcriterio 2.3: Longitud de onda. Banda del espectro electromagnético que percibe la cámara.
- **Criterio 3:** Características del telémetro láser: el telémetro láser se encarga de reflejar la distancia a la que se encuentra un objetivo. Emite un pulso de láser y en función del tiempo que tarde en rebotar y llegar de vuelta al emisor mide la distancia. Se van a valorar dos características:
  - ❖ Subcriterio 3.1: Precisión: La precisión del telémetro depende de tres factores. El primero es la caída del pulso láser, el segundo, es la velocidad del receptor y el tercero, es la distancia a la que se encuentra el objetivo.
  - ❖ Subcriterio 3.2: Alcance máximo: distancia a partir de la cual el telémetro deja de ser efectivo, es decir, el pulso de láser no es capaz de volver al emisor.
- **Criterio 4:** Datos ópticos de la cámara diurna: solo se ha valorado un aspecto.
  - ❖ Subcriterio 4.1: Alcance para la detección de un objetivo. La distancia a partir de la cual la cámara diurna es capaz de detectar un blanco OTAN (2,3 x 2,3).

En el marco del Proyecto Pizarro, el personal responsable ha proporcionado los criterios necesarios para la realización del estudio. Es importante destacar que, debido a la



confidencialidad de las empresas involucradas en el proyecto, no se han valorado criterios como el coste o la vida útil de los productos. Asimismo, se hace constar que estos datos no son de difusión pública y que el Ministerio de Defensa ha precisado la no difusión de datos técnicos relacionados con el proyecto. Por tanto, se han considerado únicamente aquellos criterios que han sido suministrados por el personal responsable.

## ETAPA 1: REPRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

En la primera etapa se realiza una estructura esquemática donde se muestra el problema que analizamos (implantación de un periscopio de observación al jefe de vehículo), y las relaciones existentes entre los criterios, subcriterios y las alternativas.

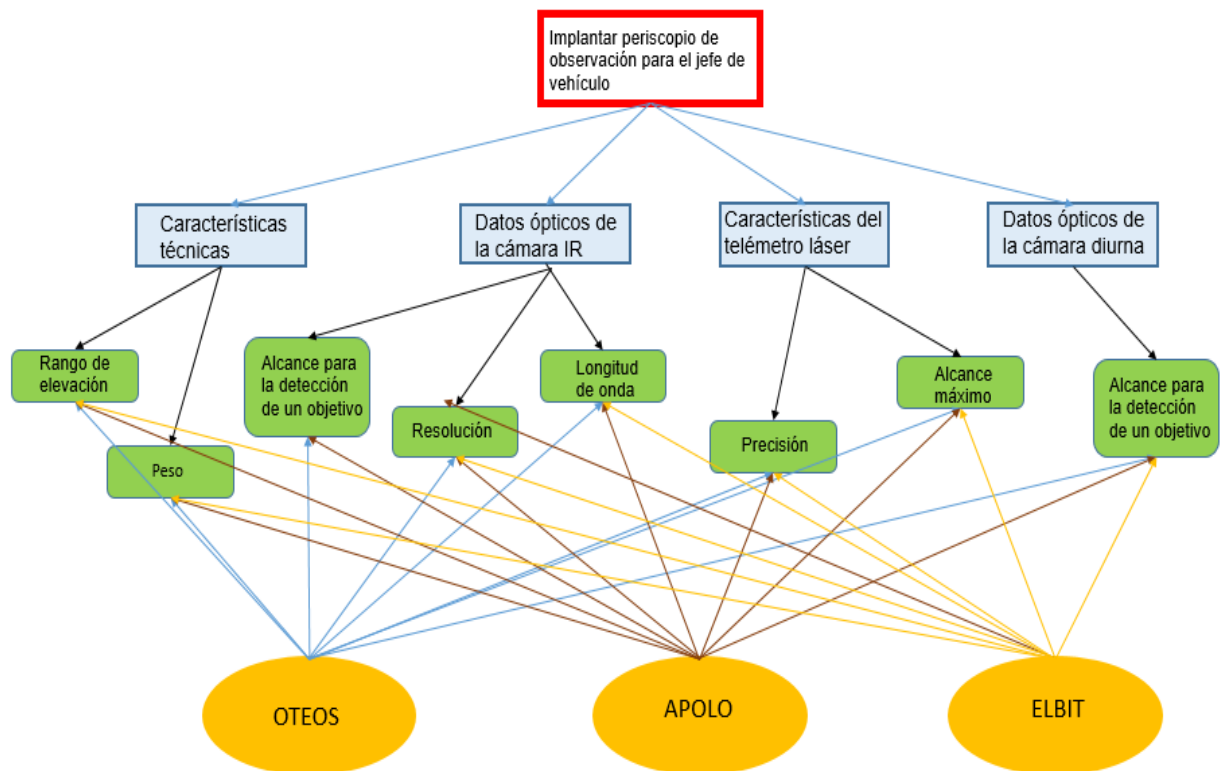


Figura 1 Estructura jerarquizada del problema

## ETAPA 2: EVALUACIÓN DE LOS CRITERIOS DE VALORACIÓN

En la segunda etapa, se comparan por pares los subcriterios de un mismo criterio y, posteriormente, por pares entre criterios. Para estas comparaciones se han empleado las valoraciones de los expertos obtenidas a través de un cuestionario. Los resultados de las comparaciones se recogen en matrices. Además, estas matrices reflejan el rango de





inconsistencia, valor que indica la incoherencia en las valoraciones, y debe ser inferior a 0,1. Si el valor es superior, las valoraciones de la matriz no se sostienen y se determina una incongruencia.

Para las matrices se han eliminado los valores de la escala de Saaty intermedios: 2, 4, 6, 8. La razón es simplificar este proceso, ya que estos valores realmente no ofrecen información determinante a la hora de valorar.

### ETAPA 3: EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

En esta etapa se sigue el mismo proceso que en la etapa anterior, se comparan entre pares. Sin embargo, se comparan las alternativas en función de los subcriterios. En el cuestionario proporcionado a los expertos se encuentra una tabla donde se reflejan los datos de los subcriterios con el objetivo de apoyar las valoraciones. Por cada subcriterio se obtiene una matriz.

### ETAPA 4: JERARQUIZACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

En la última fase del proceso AHP se combinan los pesos obtenidos para cada uno de los criterios y subcriterios. El peso de cada criterio se calcula realizando una media ponderada con el peso de cada subcriterio. Una vez calculados, se realiza una media ponderada que determina la valoración de cada alternativa.

CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	OTEOS	APOLO	ELBIT
<b>Características técnicas</b>	<b>0,04</b>	<b>0,37</b>	<b>0,46</b>	<b>0,17</b>
Peso	0,17	0,07	0,64	0,28
Rango elevación	0,83	0,43	0,43	0,14
<b>Datos Cámara IR</b>	<b>0,57</b>	<b>0,23</b>	<b>0,08</b>	<b>0,69</b>
Longitud de onda	0,08	0,09	0,09	0,82
Resolución	0,19	0,14	0,14	0,71
Alcance de detección	0,72	0,06	0,06	0,67
<b>Datos Cámara Diurna</b>	<b>0,29</b>	<b>0,42</b>	<b>0,42</b>	<b>0,17</b>
Alcance de detección	0,87	0,43	0,43	0,14
Resolución	0,13	0,33	0,33	0,33
<b>Datos Telémetro</b>	<b>0,09</b>	<b>0,13</b>	<b>0,17</b>	<b>0,7</b>
Alcance máximo	0,17	0,06	0,29	0,65
Precisión	0,83	0,14	0,14	0,71
		<b>0,28</b>	<b>0,2</b>	<b>0,52</b>

Tabla 3 Matriz de decisión

En esta tabla se observa una matriz de decisión donde se exponen los pesos de cada sistema en función del criterio y del subcriterio. Al final de la misma se refleja el valor que posee cada alternativa. La solución del problema planteado para seleccionar el mejor sistema electro-óptico para el Pizarro, en este caso, es la alternativa con el valor más alto. El periscopio que mejor se adapta al vehículo según las valoraciones de los expertos es el ELBIT con un 52% frente a los sistemas OTEOS y APOLO con un 28% y un 20% respectivamente.

En la matriz de decisión también se reflejan los resultados obtenidos en el estudio de los criterios y subcriterios. Con respecto a la valoración de los criterios se observa que el aspecto



más importante son los “datos de la cámara IR” con un peso del 57%, siguiéndole los “datos de la cámara diurna” con un 29%. Los criterios “Características técnicas” y “Datos del telémetro” han obtenido un peso del 4% y del 9% respectivamente. Estos pesos tan bajos significan que la elección del periscopio no dependerá de estos factores. No será determinante ni el peso ni el rango de elevación, así como tampoco las características que presenta el telémetro. Los expertos valorarán el periscopio fijándose en primer lugar, en la cámara IR y, si las alternativas presentan datos similares, valorarán después la cámara diurna de cada alternativa. Dentro del criterio de la cámara IR, se diferencian tres factores con pesos distintos. De estos tres factores el más importante es el “alcance de detección” con un peso del 72%, siendo 3,789 veces mayor que el peso del segundo factor “la resolución” con un peso del 19%. Los expertos consideran fundamental el alcance de detección de la cámara IR y basarán su elección en este aspecto. La importancia de la cámara IR se puede deber a varias razones: la vulnerabilidad del vehículo y su limitada capacidad de observación durante el arco nocturno. En ambientes con escasez de luz, la movilidad y la supervivencia del propio vehículo dependen únicamente de la capacidad de la cámara IR.

Observando la matriz destaca el valor que tiene la alternativa APOLO con respecto a los datos de la cámara IR (8%) frente a la valoración que ha recibido el ELBIT (69 %). Por esta razón, el sistema APOLO no puede competir con las otras alternativas y se descarta como propuesta, quedando en último lugar. Otro valor a resaltar es el 17% que ha obtenido el sistema ELBIT en función del criterio “Características técnicas”, siendo el más bajo de todas las alternativas. Pero debido al 4% de peso que los expertos otorgan a este criterio no influye en la elección. Como conclusión, las características técnicas que poseen los sistemas no son relevantes.

A parte, la matriz refleja que los sistemas APOLO y OTEOS ofrecen cámaras diurnas con el mismo peso 43%, es decir, los expertos las han valorado igual de importantes y esto se debe al hecho de que tienen el mismo alcance de detección y la misma resolución. Escribano, la empresa que desarrolla estos sistemas electro-ópticos, es posible que emplee la misma cámara para ambos sistemas.

Con respecto a la alternativa mejor valorada, el sistema ELBIT presenta la peor cámara diurna (17%) y las peores características técnicas (17%) de los tres, pero ofrece la mejor cámara IR y el mejor telémetro con grandes diferencias de peso.

## 4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Durante las prácticas en la unidad, se llevó a cabo una encuesta al personal del Batallón de Infantería Lepanto que utiliza la plataforma Pizarro. El proyecto en estudio considera la posibilidad de incorporar un periscopio de observación para el jefe en el vehículo Pizarro. Por esta razón, se diseñaron dos variantes de preguntas para la encuesta, una sobre el Pizarro y otra sobre el periscopio.

En la encuesta participaron 32 personas, de las cuales 6 eran oficiales, 6 suboficiales y 20 miembros de tropa. Aunque el proyecto se dirige a los jefes de vehículo, que generalmente son oficiales y suboficiales, se consideró la opinión de la tropa por dos motivos: su experiencia en el uso de la plataforma Pizarro y ocupan los puestos de conductor y tirador. Además, la tripulación debe estar capacitada en el uso y mantenimiento del periscopio.

Las tres primeras preguntas eran cuestiones destinadas a clasificar al personal que ha participado en la encuesta: conocer su empleo, años de servicio en el Ejército y en una unidad mecanizada. El último aspecto es relevante para la encuesta ya que, en las unidades mecanizadas, normalmente trabaja personal con muchos años de experiencia debido a que son unidades que requieren altos niveles de preparación técnica. El personal con antigüedad suele





ocupar los puestos de conductor y tirador, y la tropa más moderna el ECP.

La encuesta refleja que 18 personas (56%) llevan menos de 2 años de servicio en una unidad mecanizada. Este fenómeno se debe a que el personal más antiguo del Batallón se encontraba de permiso post-misión en el momento de las prácticas y habían permanecido en España la tropa moderna.

En el cuestionario empleado en este estudio, se incluyen 12 preguntas que abordan diferentes aspectos del VCI/C Pizarro y del sistema electro-óptico. Un ejemplo es la pregunta número 12, dónde se plantea si se debería implementar el periscopio en el Pizarro Fase II o esperar a la nueva actualización del Pizarro Fase III. Los participantes pueden responder a esta pregunta seleccionando una de las dos opciones propuestas: "sí, implementarlo en el Fase II" o "no, esperaría al Fase III".

Otro tipo de preguntas incluidas en el cuestionario son aquellas que requieren una valoración subjetiva de una característica de la plataforma. Por ejemplo, en la pregunta número 2, se solicita a los participantes que valoren el tren de rodaje de la plataforma utilizando una escala del 1 al 5, siendo el 1 "poco importante" y el 5 "muy importante".

El análisis estadístico de la encuesta se compone de contrastes de bondad de ajuste y contrastes de homogeneidad e independencia (López, s.f.).

#### 4.2.1 Contraste de bondad de ajuste

Este tipo de contraste se aplica sobre preguntas cuyas opciones de respuesta sean del tipo sí o no, y elegir una opción entre varias. En la encuesta se encuentran cuestiones con ambos tipos de respuesta.

La pregunta 7 cuestiona si usted implementaría un periscopio al VCI/C Pizarro o no. Se plantea la siguiente hipótesis nula:  $P(\text{Sí lo implementaría}) = P(\text{No})$  y la hipótesis alternativa:  $P(\text{Sí}) \neq P(\text{No})$ . Se aplica el contraste y se observa que el estadístico de contraste es menor (0,125) que el valor crítico (3,84). Por lo tanto, no se rechaza la hipótesis nula. El personal se encuentra indiferente frente a la decisión de implementar un periscopio al Pizarro.

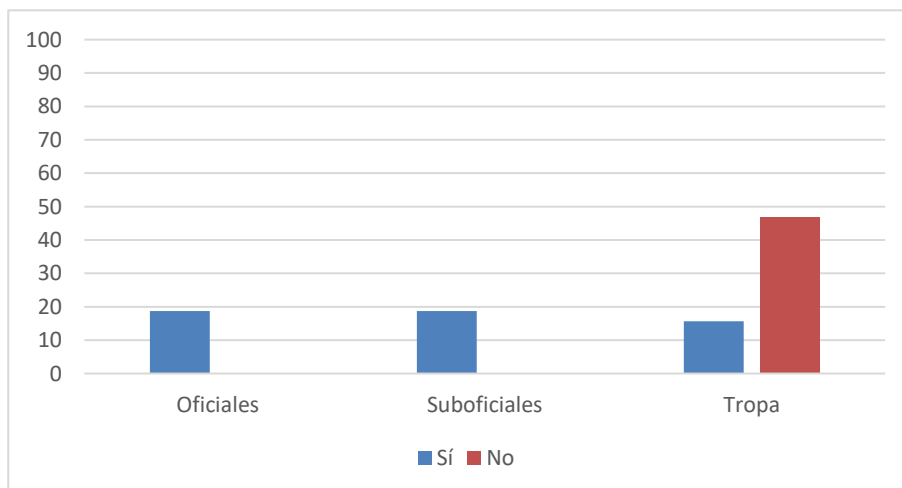


Figura 2 Frecuencias relativas acerca de su implementación

Observando el gráfico de la pregunta 7 se advierte que los oficiales y suboficiales comparten la necesidad de implementar un sistema electro-óptico al vehículo, en cambio, el personal de tropa difiere.



También en el cuestionario en la pregunta 11 se plantea la posibilidad de esperar al futuro proyecto Pizarro Fase III para integrar el periscopio o implementarlos en el Fase II ya en servicio como si se tratase de una actualización del vehículo. Se plantea la hipótesis nula:  $P(\text{Sí, integrarlo en el Fase II}) = P(\text{No, esperar al Pizarro Fase III})$  y la hipótesis alternativa:  $P(\text{Sí}) \neq P(\text{No})$ . Después de aplicar el contraste de bondad se observa que el estadístico de contraste es menor que el valor crítico ( $2 < 3,84$ ). Como consecuencia, no podemos concluir si es mejor implementar el periscopio en el Pizarro Fase II o esperar para integrarlo en el proyecto Pizarro Fase III.

#### 4.2.2 Contraste de homogeneidad e independencia

Este tipo de contraste se emplea con el objetivo de analizar las diferencias entre oficiales, suboficiales y personal de tropa a la hora de seleccionar una opción. En concreto, se van a analizar tres cuestiones: 5, 6 y 8.

La pregunta 5 trata sobre si los participantes poseen conocimientos generales sobre el funcionamiento del periscopio. Existen 4 opciones de respuesta: nulos (A), pocos (B), medios (C) y avanzados (D). Sólo se van a tener en cuenta las opciones que hayan respondido oficiales y suboficiales con el propósito de analizar entre estos dos empleos quienes poseen mayores conocimientos sobre periscopios. Se plantea la hipótesis nula:  $P(A \text{ oficiales}) = P(A \text{ suboficiales})$ ,  $P(B \text{ oficiales}) = P(B \text{ suboficiales})$ ,  $P(C \text{ oficiales}) = P(C \text{ suboficiales})$ ,  $P(D \text{ oficiales}) = P(D \text{ suboficiales})$  y la hipótesis alternativa:  $P(A \text{ oficiales}) \neq P(A \text{ suboficiales})$ ,  $P(B \text{ oficiales}) \neq P(B \text{ suboficiales})$ ,  $P(C \text{ oficiales}) \neq P(C \text{ suboficiales})$ ,  $P(D \text{ oficiales}) \neq P(D \text{ suboficiales})$ . Se aplica el contraste y se observa que el estadístico de contraste 4 es menor que el valor crítico 3,84, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula. Ambos empleos no responden de manera significativamente homogénea ante la pregunta. En definitiva, los oficiales y los suboficiales no poseen conocimientos similares.

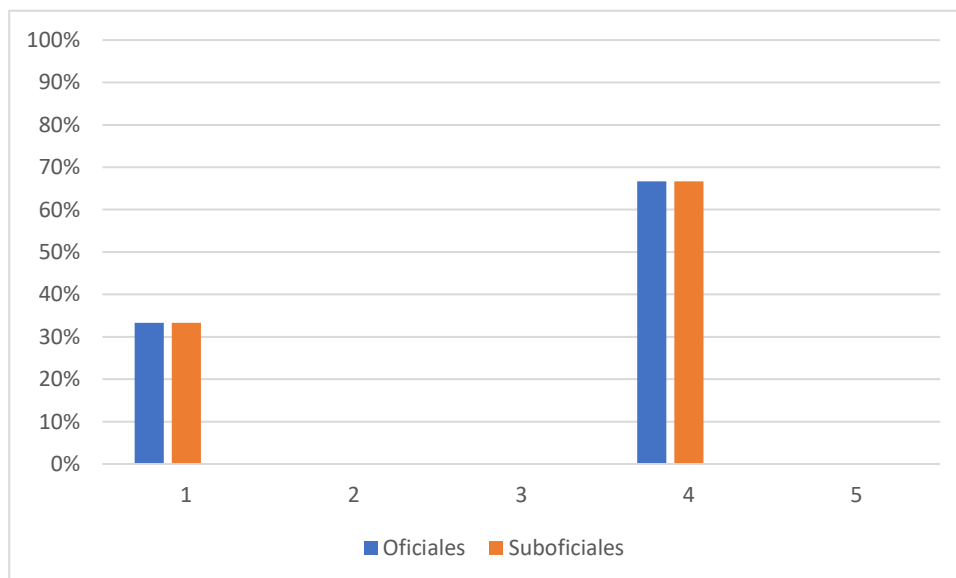


Figura 3 Frecuencia relativas sobre conocimientos del periscopio

La pregunta 6 cuestiona en qué escenario se va a emplear con mayor frecuencia el sistema electro-óptico. Se plantean 5 tipos: combate en zonas urbanizadas (A), asalto a una posición defensiva (B), reconocimientos de itinerarios (C), línea de vigilancia (D) y posición defensiva (E). Para el contraste de homogeneidad se tendrán en cuenta todos los empleos, se quiere analizar



si los oficiales, suboficiales y personal de tropa responden de manera homogénea a la cuestión. Se plantea la hipótesis nula y alternativa, y se aplica el contraste.

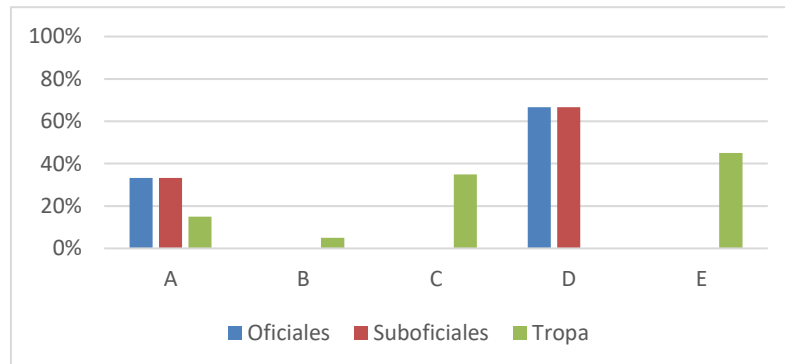


Figura 4 Frecuencias relativas de los posibles escenarios de empleos del periscopio

Observando el gráfico de la figura, se aprecian diferencias entre las respuestas de los oficiales, suboficiales y personal de tropa sobre el escenario de uso del periscopio y se puede rechazar la hipótesis nula ya que el estadístico de contraste (24,68) es mayor que el valor crítico (15,51). Esto significa que los oficiales, los suboficiales y el personal de tropa no opinan significativamente diferente en cuanto al uso del sistema electro-óptico.

La última cuestión a analizar es la pregunta 8. Ésta trata sobre si el Pizarro se encuentra desfasado tecnológicamente con respecto a otros ejércitos. Se proponen 4 respuestas: nada desfasado (A), un poco desfasado (B), bastante desfasado (C) y no tiene suficiente información (D). Se van a analizar las respuestas de todos los empleos. Una vez planteadas la hipótesis nula y alternativa, se aplica el contraste.

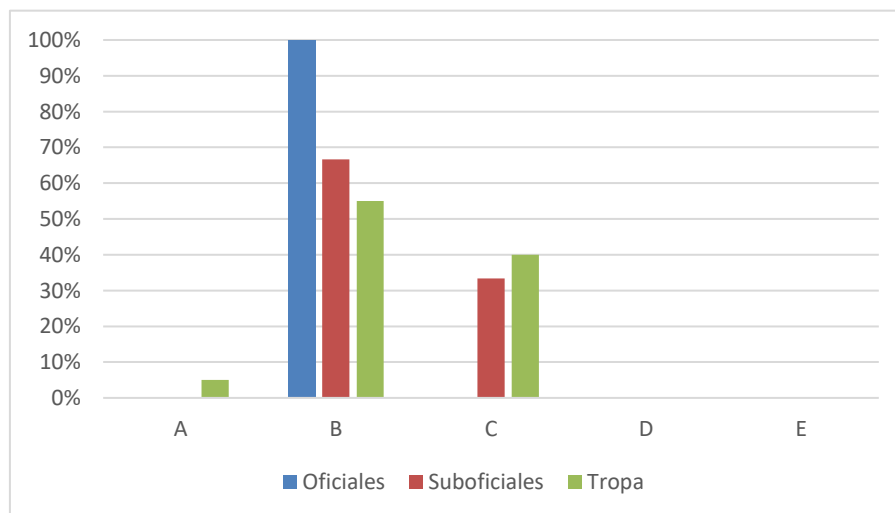


Figura 5 Frecuencias relativas de las diferentes escalas frente a si el Pizarro se encuentra desfasado

Observando el gráfico de la figura, se aprecia una gran similitud entre las respuestas de los oficiales, suboficiales y personal de tropa sobre el Pizarro. Idea que se confirma al obtener un estadístico de contraste (4,39) significativamente menor que el valor crítico (9,48), por lo tanto, no se puede rechazar que los oficiales, los suboficiales y el personal de tropa opinen significativamente parecido en cuanto al estado tecnológico del VCI/C Pizarro.



## 5 CONCLUSIONES

En una primera instancia se ha analizado el VCI/C Pizarro enfatizando en los aspectos más relevantes de este vehículo y la cuestión a valorar y resolver. En concreto, se ha identificado la falta de capacidad de observación por parte del jefe de vehículo como el obstáculo principal a solucionar. En la actualidad, el jefe de vehículo depende únicamente de la óptica del sistema de armas para controlar los alrededores e identificar posibles objetivos, lo que limita su capacidad de observación y toma de decisiones. Sin embargo, este problema no es exclusivo del Pizarro, afectando de igual manera a otros vehículos mecanizados utilizados por otros ejércitos. Es esta la razón por la que se están desarrollando planes de actualización y adquisición de nuevos vehículos con sistemas ópticos integrados.

En este aspecto, España se encuentra trabajando en el avance de la nueva plataforma 8x8 que servirá como base para la 'Brigada 2035'. Además, se está llevando a cabo un estudio sobre el Pizarro Fase III, que contará con nuevas actualizaciones, incluyendo un sistema electro-óptico para el jefe de vehículo. Ambos aspectos convergen en la necesidad de resolver la falta de visibilidad con la mayor rapidez posible.

En segundo lugar, el objetivo de este TFG es analizar y seleccionar la mejor alternativa de periscopio para el VCI/C Pizarro. Se ha establecido la condición de contar con un sistema electro-óptico moderno y actualizado para el vehículo. Para ello, se han analizado seis propuestas de periscopios, de las cuales tres ya están en uso en el Ejército.

Tras un análisis detallado, se ha descartado la posibilidad de implementar tres periscopios: dos de ellos al estar desactualizados (en el Ejército) y el tercero, no ser adecuado al vehículo (SERT). Como resultado, se han evaluado las tres alternativas restantes que se han propuesto para el VCR "Dragón". Todas ellas ofrecen un sistema moderno de visión independiente de la torre para el jefe de vehículo, lo que satisface la necesidad de control del entorno.

Con el fin de seleccionar la mejor alternativa, se ha utilizado el método AHP para valorar las diferentes propuestas en función de las opiniones de expertos en el campo. Después de aplicar este método, se ha determinado que la mejor alternativa es el sistema israelí ELBIT.

En tercer lugar, durante las prácticas externas, se realizó una encuesta al personal de la unidad con la finalidad de recopilar información sobre diferentes temas como mejoras necesarias para el VCI/C Pizarro, futuro empleo del periscopio, etc.

Una vez analizadas las respuestas se observan diferentes situaciones. Se han encontrado cuestiones en las que los tres grupos coinciden en sus respuestas. Por otro lado, se han detectado preguntas en las que solo suboficiales y oficiales coinciden. Otras donde no hay unanimidad dentro de la misma escala y tampoco entre las diferentes escalas. Estas observaciones sugieren que existen diferentes percepciones y opiniones dentro de los diferentes grupos.

Un ejemplo claro donde todos los participantes coinciden es en la respuesta que afirma que el vehículo Pizarro se encuentra un poco desfasado comparándolo con otros vehículos mecanizados extranjeros. España necesitaba actualizar el Pizarro Fase I y diseñó el Fase II incorporándose actualmente en las unidades. El Fase II sigue sin solucionar el problema de la visión, problema que otros países están solventando con las nuevas adquisiciones. Otra pregunta donde las opiniones entre escalas coinciden trata del conocimiento sobre el periscopio. Este sistema es familiar en unidades acorazadas debido a que la plataforma Leopard lleva uno, sin embargo, las unidades mecanizadas lo conocen pero no están familiarizados con él. Además, todas las escalas determinan que el aspecto a modificar es la transmisión SAPA del Fase II como



se puede observar en la pregunta 4. La transmisión SAPA presenta una fiabilidad muy baja y consideran que debería volver a instalarse la transmisión REIK alemana.

También, se encuentran cuestiones donde hay disparidad de opiniones como los posibles empleos del sistema electro-óptico. La escala de oficiales se decanta por el combate en zonas urbanas, los suboficiales por la línea de vigilancia mientras que el personal de tropa por el reconocimiento de itinerario. No hay un empleo del periscopio más correcto que otro pero se refleja en esta cuestión las diferencias tácticas entre las escalas. Y la última cuestión a remarcar es la coincidencia de las tres escalas con respecto a si el Pizarro posee ventajas tecnológicas frente a sus iguales o se encuentra algo desfasado. Los participantes coinciden en que el VCI Pizarro se encuentra un poco desfasado tecnológicamente, problema a resolver con el futuro Pizarro Fase III.

Con respecto a las limitaciones del estudio, no se aborda la instalación física de los sistemas electrópticos dentro del puesto del jefe ni la reestructuración que sufriría la torre al implementar este sistema. Tampoco se trata del desembolso económico que supondría tanto la adquisición del sistema como su instalación. El hecho de instalarlo necesitaría un estudio a parte por su dificultad técnica y por el espacio limitante de la torre. Además, se analiza si es rentable implantarlo en los VCI Pizarro Fase I, vehículos con más de 15 años de servicio pero que aún se emplean en unidades mecanizadas.

Para concluir, serán mostradas las futuras líneas de investigación para profundizar en la temática expuesta. La primera podría abordar como implementar el sistema electro-óptico dentro de la torre y del puesto del jefe de vehículo. Donde colocarlo para que no interfiera con el resto de los elementos o qué elementos se pueden sustituir al instalar el periscopio. La segunda podría tratar sobre la rentabilidad económica en instalarlo en el Fase II, ya presente en las unidades o si se necesita un nuevo proyecto para implementar el sistema óptico. La tercera línea, se centraría en el mantenimiento de estos sistemas electro-ópticos. Estos sistemas requieren un mantenimiento específico para alargar su vida útil. Sería fundamental que dicho mantenimiento pudiese aplicarlo el propio escalón de mantenimiento de la unidad ahorrando dinero y maximizando el tiempo de los vehículos en la unidad.

Este proyecto es de aplicación para otros vehículos en dotación en el Ejército de Tierra como el BMR (Blindado Medio sobre Ruedas), el TOA M113, el VEC (Vehículo de Exploración de Caballería), etc.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Academia General Militar, s.f. *Módulo de Combate de Pelotón: Pelotón de Infantería Mecanizada y Combate en Zonas Urbanizadas*, s.l.: s.n.

Apolo, Sistema Electro-Óptico, s.f. *Escribano*. [En línea]  
Available at: <https://www.eme-es.com/apolo/?lang=es>

Biurrun, A., 2022. *El Ejército de EE.UU. reemplazará los M2 Bradley con un vehículo de combate de infantería híbrido*, s.l.: s.n. Available from: <https://www.larazon.es/tecnologia/20221020/hqe7ltwebfbgtp6c4ugemg5zgy.html>

Cabrera, J. C. O. G. y. J. P. O., 2008. *EL PROCESO DE ANÁLISIS JERÁRQUICO (AHP) Y LA TOMA DE DECISIONES MULTICRITERIO. EJEMPLO DE APLICACIÓN*, s.l.: s.n.

Defensa, s.f. General Dynamics UK contrata estaciones de armas para los blindados Scout SV. *Defensa*. <https://www.defensa.com/industria/general-dynamics-uk-contrata-estaciones-armas-para-blindados-sv>

Ejército de Tierra Español, s.f. *Carro de Combate Leopard 2E. Manual de Tripulación y Mantenimiento de 1º Escalón, MT6-049*, s.l.:s.n.

Ejército de Tierra, s.f. *Ejército de Tierra*. [En línea]  
Available at: [https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/Armamento\\_pesado\\_veh\\_combate/PIZARRO.html](https://ejercito.defensa.gob.es/materiales/Armamento_pesado_veh_combate/PIZARRO.html)

Ejército de Tierra, s.f. *MI-011 Manual de Instrucción Conductor "F" VCI/C PIZARRO Tomo I*, s.l.: s.n.

Elbit Systems, s.f. *Elbit Systems*.  
Available at: <https://elbitsystems.com/product/coaps-l/>

infodefensa, s.f. *infodefensa*. Available at: <https://www.infodefensa.com/texto-diario/mostrar/3138343/ejercito-comienza-pruebas-aceptacion-prototipo-vehiculo-observador-avanzado>

Instituto de Historia y Cultura Militar, 2022. *"100 años de Fuerzas y Medios Acorazados en España"*, s.l.: s.n.

López, C. R., s.f. *"Introducción a la teoría de probabilidades e inferencia estadística"*, s.l.:s.n.

Mando de Adiestramiento y Doctrina, 2016. *MT-103 (2a Ed.) Vehículo VCI/C PIZARRO (2ª Fase) Manual de Tripulación Tomo I/III (Casco)*, s.l.:s.n.

Moran, V. A., 2019. *'Material de observación a implementar en la Sección de Reconocimiento de un Batallón Acorazado y cómo adecuarlo a los sistemas de Mando y Control actuales*, s.l.: s.n. Available at: <https://zagan.unizar.es/record/98710?ln=en#>

Oteos - *Escribano*, s.f. *Oteos - *Escribano**.  
Available at: <https://www.eme-es.com/oteos/?lang=es>



OTEOS y APOLO, s.f. *Revista Ejércitos*. Available at: <https://www.revistaejercitos.com/2022/07/06/oteos-y-apollo/>

Saaty, T. L., 2008. *Decision making with the analytic hierarchy Process..* s.l.:s.n.

SYSTEMS, E. L., 2018. '*FUERZA POSIBLE Mejora Capacidades Flota de Vehículos Pizarro*', s.l.: s.n.

Tierra, J.E.M.E.- E.de Vehículo 8x8 'Dragón', Vehículo 8X8 'Dragón' - Ejército de tierra., s.f. s.l.: Available at: [https://ejercito.defensa.gob.es/estructura/briex\\_2035/dragon.html](https://ejercito.defensa.gob.es/estructura/briex_2035/dragon.html)



# ANEXOS

## ANEXO I

En este anexo se incluye la tabla donde se recogen las puntuaciones proporcionadas por los expertos para aplicar el método AHP y las evaluaciones de las alternativas (fase 3 del método AHP). Se observa que estas puntuaciones se basan en la escala de Saaty.

	VALOR EN FUNCIÓN DE LA ESCALA DE SAATY									
	9	7	5	3	1	3	5	7	9	
CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS								1	2	DATOS ÓPTICOS CÁMARA IR
DATOS OPTICOS CAMARA DIURNA		3								CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
DATOS TELÉMETRO LÁSER			1	2						CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS
DATOS ÓPTICOS CÁMARA IR				3						DATOS ÓPTICOS CÁMARA DIURNA
DATOS ÓPTICOS CÁMARA IR		2	1							DATOS TELÉMETRO LÁSER
DATOS ÓPTICOS CÁMARA DIURNA		1	1	1						DATOS TELÉMETRO LÁSER

A continuación, se muestran las matrices de evaluación de los criterios y subcriterios de las alternativas. Estas se obtienen en la segunda y tercera fase, y se consiguen al aplicar el programa “Herramienta de Ayuda a la Decisión” desarrollado por la Academia de Logística del Ejército de Tierra.

En la segunda fase, en primera instancia, se comparan los criterios entre sí. Se les valora según la importancia que tiene un criterio sobre el otro y, al finalizar, se obtiene el peso de cada uno. En esta matriz se observa que el criterio más importante son los datos de la cámara IR con un peso de un 57%.

Evaluación de CRITERIOS					
	CRITERIOS	Caract. Técnicas	Datos Cámara IR	Datos Cámara	Datos Telémetro
	Caract. Técnicas	1	1/9	1/7	1/3
	Datos Cámara IR	9	1	3	7
	Datos Cámara Di...	7	1/3	1	5
	Datos Telémetro	3	1/7	1/5	1

	PESOS(W)
	0.04
	0.57
	0.29
	0.09

En segundo lugar, se repite el paso anterior con los subcriterios de cada uno y se recogen 4 matrices de valoraciones.

Caract. Técnicas	Peso	Rango elevación
Peso	1	1/5
Rango elevación	5	1

PESOS(W)
0.17
0.83

**R.I. : 0.0000**





Del criterio “Características técnicas”, el subcriterio con mayor relevancia es el “Rango de elevación” con un 83% sobre el “Peso”.

Datos Cámara IR	Longitud onda	Resolución	Alcance detección	PESOS(W)
Longitud onda	1	1/3	1/7	0,08
Resolución	3	1	1/5	0,19
Alcance detección	7	5	1	0,72
R.I. : 0,0567				

Del criterio “Datos Cámara IR”, el subcriterio con una notoria relevancia es el “Alcance de detección” sobre los otros dos con un 72%.

Datos Telémetro	Alcance máximo	Precisión	PESOS(W)
Alcance máximo	1	1/5	0,17
Precisión	5	1	0,83
R.I. : 0,0000			

Del criterio “Datos Telémetro”, el subcriterio más importante es la “Precisión”. El alcance máximo no resulta determinante para los expertos a la hora de valorar un telémetro.

Datos Cámara Diurna	Alcance detección	Resolución	PESOS(W)
Alcance detección	1	7	0,87
Resolución	1/7	1	0,13
R.I. : 0,0000			

Del criterio “Datos Cámara Diurna”, el “Alcance de Detección” es el subcriterio mejor valorado frente a la “Resolución”.

En la tercera etapa del AHP, las matrices obtenidas resultan de comparar las alternativas en función de los subcriterios anteriormente citados.

- Matrices del criterio “Características técnicas”:**

Peso	OTEOS	APOLO	ELBIT	PESOS(W)
OTEOS	1	1/7	1/5	0,07
APOLO	7	1	3	0,64
ELBIT	5	1/3	1	0,28
R.I. : 0,0565				

En función del subcriterio “Peso”, alternativa con mayor peso es el sistema electro-óptico Apolo frente a los otros dos sistemas.



				R.I. : 0,0000
Rango elevación	OTEOS	APOLO	ELBIT	PESOS(W)
OTEOS	1	1	3	0,43
APOLO	1	1	3	0,43
ELBIT	1/3	1/3	1	0,14

Conforme al subcriterio “Rango de elevación”, existen dos sistemas con la misma valoración, es decir, los expertos se encuentran indecisos a la hora de seleccionar la alternativa OTEOS o la APOLO, ambas con un peso del 43%.

- Matrices del criterio “Datos Cámara IR”:**

				R.I. : 0,0000
Longitud onda	OTEOS	APOLO	ELBIT	PESOS(W)
OTEOS	1	1	1/9	0,09
APOLO	1	1	1/9	0,09
ELBIT	9	9	1	0,82

Según el subcriterio “Longitud de onda”, la alternativa predominante con un 82% es el sistema ELBIT.

				R.I. : 0,0000
Resolución	OTEOS	APOLO	ELBIT	PESOS(W)
OTEOS	1	1	1/5	0,14
APOLO	1	1	1/5	0,14
ELBIT	5	5	1	0,71

En función del subcriterio “Resolución”, se obtiene que el sistema ELBIT es más importante frente a los otros dos sistemas, los cuales comparten la misma valoración.

				R.I. : 0,0252
Alcance detección	OTEOS	APOLO	ELBIT	PESOS(W)
OTEOS	1	5	1/3	0,27
APOLO	1/5	1	1/9	0,06
ELBIT	3	9	1	0,67

Atendiendo al subcriterio “Alcance de detección”, la alternativa mejor valorada es el sistema ELBIT quedando el sistema APOLO con una puntuación menor del 7%.

- Matrices del criterio “Datos Cámara Diurna”:**

				R.I. : 0,0000
Alcance detección	OTEOS	APOLO	ELBIT	PESOS(W)
OTEOS	1	1	3	0,43
APOLO	1	1	3	0,43
ELBIT	1/3	1/3	1	0,14



Conforme al subcriterio “Alcance de detección”, los expertos se encuentran indecisos a la hora de seleccionar la alternativa OTEOS o la APOLO, ambas con un peso del 43%, quedando el sistema ELBIT con 14%.

				R.I. : 0.0000
Resolución	OTEOS	APOLO	ELBIT	PESOS(W)
OTEOS	1	1	1	0.33
APOLO	1	1	1	0.33
ELBIT	1	1	1	0.33

En función del subcriterio “Resolución”, se da el caso de que los expertos se sienten indiferentes frente a las tres alternativas, las tres comparten un peso del 33%.

• **Matrices del criterio “Datos Telémetro”:**

				R.I. : 0.0701
Alcance máximo	OTEOS	APOLO	ELBIT	PESOS(W)
OTEOS	1	1/7	1/9	0.06
APOLO	7	1	1/3	0.29
ELBIT	9	3	1	0.65

Según el subcriterio “Alcance máximo”, el sistema ELBIT es la mejor alternativa con un peso del 65%, quedando en último lugar el sistema OTEOS con 6%.

				R.I. : 0.0000
Precisión	OTEOS	APOLO	ELBIT	PESOS(W)
OTEOS	1	1	1/5	0.14
APOLO	1	1	1/5	0.14
ELBIT	5	5	1	0.71

Atendiendo al último subcriterio “Precisión”, los expertos han valorado como mejor alternativa al sistema ELBIT. Los otros dos sistemas han recibido el mismo peso, un 14% frente al 71% del ELBIT.

## ANEXO II

En este anexo se incluye la encuesta realizada al personal de la unidad. Se observan doce cuestiones sobre el VCI/C Pizarro, algunas son valoraciones subjetivas sobre una característica determinada, y otras requieren la selección de una opción.



Valora del 1 (menos importante) al 5 (más importante) la siguiente característica técnica: \*

	1	2	3	4	5
Potencia de fuego	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Valora del 1 (menos importante) al 5 (más importante) la siguiente característica técnica: \*

	1	2	3	4	5
Tren de rodaje en base a cadenas	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Características que usted cambiaría del Pizarro: \*

- ☐ Transmisión del Fase II
- ☐ Tren de rodaje
- ☐ Mandos del jefe de vehículo
- ☐ Mandos del tirador

Razone su respuesta: \*

Texto de respuesta larga

Conocimientos sobre el funcionamiento del periscopio: \*

- ☐ Nulos
- ☐ Pocos
- ☐ Medios
- ☐ Avanzados



¿Dónde usted cree que se va a emplear más el periscopio?

- ☐ Combate en zonas urbanizadas
- ☐ Asalto a una posición defensiva
- ☐ Reconocimientos de itinerarios
- ☐ Línea de vigilancia
- ☐ Posición defensiva

¿Usted implantaría un periscopio al VCI/C Pizarro?

- ☐ Sí
- ☐ No

¿Usted considera que el Pizarro se encuentra desfasado con respecto a otros ejércitos ? \*

- ☐ Nada
- ☐ Un poco
- ☐ Bastante desfasado
- ☐ No sabe

¿Usted diseñaría un periscopio únicamente para el Pizarro o implementaría periscopios ya en dotación del Ejército de Tierra? \*

- ☐ Sí
- ☐ No



...

Elija las dos opciones que usted considere mas importante: \*

☐ Calificación de tiro directo e indirecto

☐ visión independiente del jefe de vehículo (sin mover la torre)

☐ Designación y geolocalización de objetivos

¿Implantaría un periscopio al Pizarro Fase II o esperaría al Fase III ? \*

☐ Implementarlo en el fase II

☐ Esperaría al fase III

Valore del 1 (poco importante) al 5 (muy importante) la capacidad de geolocalizar objetivos mediante el periscopio \*

1  
☐

2  
☐

3  
☐

4  
☐

5  
☐

## ANEXO III

Aquí se presentan una serie de tablas que contienen las frecuencias relativas de cada una de las preguntas mencionadas anteriormente. Estas tablas son utilizadas para el análisis estadístico de la sección 4.2.

### Pregunta 1

	1	2	3	4	5
Oficiales	0	3	2	1	0
Suboficiales	0	2	3	1	0
Tropa	1	5	4	10	0

### Pregunta 2

	1	2	3	4	5
Oficiales	0	0	1	5	0
Suboficiales	0	0	1	4	1
Tropa	0	0	7	10	3



### Pregunta 3

	A	B	C	D	E
Oficiales	5	0	1	0	0
Suboficiales	6	0	0	0	0
Tropa	16	4	0	0	0

### Pregunta 4

Es una cuestión de opinión, por lo tanto, no se puede recoger la información en una tabla para poder aplicar métodos estadísticos. Aun así, la respuesta con mayor frecuencia es la modificación de la transmisión SAPA del Fase II.

### Pregunta 5

Esta tabla, recopila únicamente las respuestas de las escalas de oficiales y suboficiales. Se quiere analizar las diferencias de elección entre ambos.

	A	B	C	D
Oficiales	0	0	6	0
Suboficiales	0	0	3	3
Total	0	0	9	3

### Pregunta 6

	A	B	C	D	E
Oficiales	2	0	0	4	0
Suboficiales	2	0	0	4	0
Tropa	3	1	7	0	9

### Pregunta 7

	Sí	No
Oficiales	6	0
Suboficiales	6	0
Tropa	5	15
Totales	17	15





### Pregunta 8

	A	B	C	D
Oficiales	0	6	0	0
Suboficiales	0	4	2	0
Tropa	1	11	8	0

### Pregunta 9

	Sí, diseñaría un periscopio para el Pizarro	No, emplearía un periscopio ya en dotación
Oficiales	6	0
Suboficiales	6	0
Tropa	17	3

### Pregunta 10

La opción A es la "Calificación de tiro directo e indirecto", la opción B es la "Visión independiente del jefe de vehículo" y la opción C es la "designación y geolocalización de objetivos".

	A y B	A y C	B y C
Oficiales	1	1	4
Suboficiales	2	1	3

### Pregunta 11

En esta cuestión, no se tiene en consideración la escala jerárquica del personal, sino las frecuencias relativas de las respuestas.

Respuestas	Frecuencia
Sí, implantaría un periscopio al Fase II	20
No, esperaríamos al Fase III	12



### Pregunta 12

	1	2	3	4	5
Oficiales	0	0	0	2	4
Suboficiales	0	0	0	3	3
Tropa	0	4	8	4	4