



## Trabajo Fin de Grado

Empleo de una pantalla auxiliar que evite el uso de los oculares de la óptica del vehículo VEC para situaciones de vigilancia o movimiento.

Autor

CAC. Manuel Pérez Loma

Director/es

Director académico: D. Sergio Gutiérrez Rodrigo

Director militar: D. Jorge Marqueta Sanz

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar  
2020

[Página intencionadamente en blanco]

## **Resumen**

Este trabajo tiene como objetivo principal mejorar y facilitar al tirador del vehículo de caballería VEC la labor de vigilancia y observación del entorno en situaciones estáticas y en movimiento. Para ello, en primer lugar, se realizará una introducción genérica de la evolución del VEC, sus características principales y de los diferentes medios de visión de los que dispone.

Después se marcará el propósito final del trabajo y se definirán los elementos necesarios para llevar a cabo este proyecto. Se ha determinado que el elemento más importante es la búsqueda de una cámara.

Para ello, se ha realizado un profundo estudio de mercado contactando con empresas expertas en el ámbito de Defensa para obtener una gran variedad de cámaras. Ante la gran dificultad que supone elegir la mejor cámara se ha empleado el método AHP (*Analytic Hierarchy Process*). A través de este método se puede llevar a cabo una comparación de las distintas alternativas con aspectos cuantitativos y cualitativos para poder elegir la mejor opción. El principal objetivo de este método es el de obtener de la forma más objetiva la mejor alternativa que nos ofrece el mercado. Para la implementación del método AHP, los criterios y subcriterios a tener en cuenta para la elección de la cámara han sido establecidos por los diferentes expertos entrevistados. Finalmente, el número de alternativas propuestas ha sido de tres cámaras de las cuales tras la aplicación del método AHP, la que mayor puntuación ha obtenido ha sido la cámara de la empresa Kurokesu “USB camera C1 Pro” con una puntuación de 0,52 puntos sobre 1.

Posteriormente, en este trabajo se ha redactado un apartado sobre la propuesta de instalación del proyecto la cual incluye la búsqueda de un monitor en el mercado, el diseño de dos soportes a través de la herramienta de diseño SOLIDWORKS y el estudio sobre la conexión de estos dispositivos a la fuente de alimentación del vehículo VEC.

Finalmente, se ha redactado un apartado de conclusiones donde se ha expuesto los motivos de la elección de la cámara por parte de los expertos y la razón de la ubicación de los elementos para su instalación. Además, se ha redactado un apartado de “líneas futuras” donde se expone futuras mejoras de este proyecto.

## **Palabras clave:**

Cámara, fuente de alimentación, método AHP, monitor, periscopio, puesto del tirador, P204 y vehículo VEC.

## **Abstract**

The main objective of this work is to improve and facilitate the VEC cavalry vehicle shooter the task of surveillance and observation of the environment in static and moving situations. To do this, first a generic introduction of the evolution of the VEC, its main characteristics and the different means of vision available nowadays.

Then the final purpose of the work will be marked and the necessary elements to carry out this project will be defined. It has been determined that the most important element is the search for a camera.

To do this, an in-depth market study has been carried out, contacting expert companies in the field of Defense to obtain a wide variety of cameras. Given the great difficulty of choosing the best camera, the AHP (Analytic Hierarchy Process) method has been used. Through this method, a comparison of the different alternatives with quantitative and qualitative aspects can be carried out in order to choose the best option. The main objective of this method is to obtain the best alternative that the market offers us in the most objective way. For the implementation of the AHP method, the criteria and sub-criteria to be taken into account for the election of the chamber have been established by the different experts interviewed. Finally, the number of alternatives proposed was three cameras, of which after applying the AHP method, the one that obtained the highest score was the camera from the company Kurokesu "USB camera C1 Pro" with a score of 0.52 points about 1.

Subsequently, in this work a section has been written on the project installation proposal which includes the search for a monitor in the market, the design of two supports through the SOLIDWORKS design tool and the study on the connection of these devices to the vehicle power supply VEC.

Finally, a section of conclusions has been drawn up where the reasons for the choice of the camera by the experts and the reason for the location of the elements for their installation have been exposed.

## **Key words:**

Camera, power supply, AHP method, monitor, periscope, shooter's stand, P204 and VEC vehicle.

## **Agradecimientos**

En primer lugar, agradecer al Regimiento de Caballería ‘España ‘ 11 por brindarme la oportunidad de realizar las prácticas en su Unidad y en especial destacar al Escuadrón Ligero Acorazado 2 (Grupo Ligero Acorazado ‘Lanceros de Borbón’ 1), cuyos integrantes sin excepción han aportado su granito de arena poniendo a mi disposición todos sus años de experiencia y conocimientos sobre el vehículo VEC cuyas ideas me han permitido orientar y canalizar este proyecto y que sin su aportación este no hubiera sido posible.

Quisiera realizar una mención especial a mi tutor militar el Teniente Don Jorge Luque Sánchez quien ha sido el que más me ha ayudado diariamente al desarrollo de este proyecto y también al Subteniente Alcaide y Sargento Blanquet miembros del Cuerpo de Especialistas del Ejército de Tierra y especialistas en el campo de óptica y electrónica respectivamente, que me han ayudado al estudio de la viabilidad de la instalación del producto fruto del trabajo en el VEC. Además, quisiera agradecer a los empleados de las empresas de Indra, Europavía S.A., Kurokesu, Kappa Optronics y Beetronics que han contactado conmigo por videollamada, teléfono y correo electrónico, y cuyas aportaciones sobre sus productos y su enfoque sobre el proyecto han sido vitales para la consecución del trabajo. Por último, quisiera agradecer a mi amigo Ramón Pérez Carreras que me ha enseñado y ayudado al diseño de los soportes de la cámara y la pantalla.

Por último, mostrar mi agradecimiento a mi director militar, el Capitán Don Jorge Marqueta Sanz cuya aportación ha sido importante para el enfoque del proyecto y agradecer también a mi director académico, el Doctor Don Sergio Gutiérrez Rodrigo cuyo papel en el desarrollo de la memoria ha sido de gran importancia.

**Índice**

.....	i
<b>Índice de Figuras</b> .....	vii
<b>Índice de Tablas</b> .....	viii
<b>Lista de acrónimos</b> .....	ix
1 Introducción.....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Características principales .....	2
1.3 Tripulación y organización dentro del Ejército .....	2
1.4 Funcionamiento de la óptica .....	3
2 Desarrollo .....	5
2.1 Objetivo del proyecto.....	5
2.2 Material necesario para la consecución del proyecto .....	6
3 Análisis multicriterio basado en el método AHP .....	6
3.1 Elección de criterios y subcriterios .....	7
3.2 Resultados de cámaras obtenidas en el estudio de mercado. ....	9
3.3 Representación visual del problema y explicación de su desarrollo.....	9
3.3.1 Árbol de Jerarquías .....	9
3.3.2 Explicación del método a desarrollar y valoración final de los criterios y subcriterios escogidos.....	10
4 Propuesta de Instalación .....	22
4.1 Material a emplear .....	23
4.1.1 Pantalla .....	23
4.1.2 Cámara.....	24
4.1.3 Soporte pantalla .....	24
4.1.4 Soporte cámara .....	25
4.1.5 Cable de conexión entre la cámara y la pantalla .....	26
4.1.6 Cable de conexión entre la pantalla y la fuente eléctrica .....	26
4.2 Localización de la instalación.....	26
4.2.1 Conexión del monitor a la fuente de alimentación del VEC .....	26
4.2.2. Instalación de la pantalla .....	29
4.2.3. Instalación de la cámara .....	31
4.3 Coste de la instalación .....	32
5 Conclusiones.....	33
5.1 Conclusiones .....	33
5.2 Líneas futuras.....	34
BIBLIOGRAFÍA .....	35

<b>ANEXO A: LISTA DE VEHÍCULOS</b> .....	36
<b>ANEXO B. CUESTIONARIO REALIZADO POR LOS DISTINTOS INTEGRANTES DEL GRUPO DE CABALLERÍA LIGERO ACORAZADO “LANCEROS DE BORBÓN”</b> .....	39
<b>ANEXO C: RESULTADOS DE LA ENCUESTA</b> .....	49
<b>ANEXO D: LISTA DEL MATERIAL A EMPLEAR PARA LLEVAR A CABO EL PROYECTO</b> .....	50
<b>ANEXO E: CARACTERÍSTICAS MONITOR BEETRONICS DE 7 PULGADAS (4:3)</b> .....	52
<b>ANEXO F: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SOPORTES</b> .....	53
<b>ANEXO G: SOPORTE DE LA CÁMARA</b> .....	54
<b>ANEXO H: SOPORTE DE LA PANTALLA</b> .....	55
<b>ANEXO I: LISTA DEL MATERIAL ELÉCTRICO PARA LA INSTALACIÓN</b> .....	56

### Índice de Figuras

Figura 1: Tripulación y elementos principales del Vehículo de Exploración de Caballería (VEC) .....	2
Figura 2. Árbol de jerarquías. Fuente: Elaboración propia. ....	10
Figura 3. Matriz de decisión final. Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta de AHP. ....	21
Figura 4. Representación delantera del diseño de SolidWorks del soporte de la pantalla. ....	24
Figura 5. Representación trasera del diseño de SolidWorks del soporte de la pantalla. ....	25
Figura 6. Representación delantera del diseño de SolidWorks de la cámara y su soporte. ....	25
Figura 7. Representación trasera del diseño de SolidWorks de la cámara y su soporte. ....	26
Figura 8. Plafón con luz normal. Fuente: Elaboración propia. ....	27
Figura 9. Plafón con la luz de emergencia. Fuente: Elaboración propia. ....	27
Figura 10. Descripción del lugar donde se quiere instalar la caja estanca de electrónica. Fuente: Elaboración propia. ....	28
Figura 11. Representación a mano alzada de la instalación eléctrica. Fuente: Elaboración propia. ....	29
Figura 12. Representación del alojamiento de la pantalla. Fuente: Elaboración propia. ....	30
Figura 13. Representación de la ubicación de la pantalla y su soporte en el hueco entre el soporte fijo y el cajón de extracción de vainas de la ametralladora. Fuente: Elaboración propia. ....	30
Figura 14. Representación de una "Go Pro" empotrada en el periscopio P204 del VEC. Fuente: Elaboración propia. ....	32
Figura 15. Representación de una tablet de 7" en la supuesta ubicación del monitor. Fuente: elaboración propia. ....	32

## **Índice de Tablas**

Tabla 1. Escala numérica propuesta por Saaty para efectuar comparaciones. Fuente: (Saaty & McGraw-Hill, 1980).....	11
Tabla 2. Intervalos de valoración de acuerdo con los resultados obtenidos. Fuente: (Saaty et al., 1991).....	12
Tabla 3. Aplicación de la matriz de comparación de criterios a este estudio en concreto. Fuente: Elaboración propia.....	12
Tabla 4. Resultado del vector de prioridades de los criterios seleccionados en este estudio. Fuente: Elaboración propia.....	14
Tabla 5. Valores de la Consistencia Aleatoria según el tamaño de la matriz normalizada (N). Fuente: Elaboración propia a partir de (Saaty & McGraw-Hill, 1980) .....	15
Tabla 6. Matriz de comparación del subcriterio de Prestaciones. Fuente: Elaboración propia.....	16
Tabla 7. Matriz de comparación del subcriterio de Instalación. Fuente: Elaboración propia.....	16
Tabla 8. Matriz de comparación del subcriterio Costes. Fuente: Elaboración propia....	17
Tabla 9. Matriz de comparación de las alternativas respecto al subcriterio de Interfaz. Fuente: Elaboración propia.....	17
Tabla 10. Precios unitarios de las tres alternativas a comparar. Fuente: Elaboración propia.....	18
Tabla 11. Matriz de comparación de las alternativas respecto al subcriterio de Precio unitario. Fuente: Elaboración propia. ....	19
Tabla 12. Matriz de comparación de las alternativas respecto al subcriterio de Resolución. Fuente: Elaboración propia.....	19
Tabla 13. Matriz de comparación de las alternativas respecto al subcriterio de "Dynamic Range". Fuente: Elaboración propia.....	19
Tabla 14. Matriz de comparación de las alternativas respecto al subcriterio de "Frame Rate". Fuente: Elaboración propia.....	20
Tabla 15. Matriz de comparación de las alternativas respecto al subcriterio de Peso y dimensiones. Fuente: Elaboración propia.....	20
Tabla 16. Matriz de comparación de las alternativas respecto al subcriterio de Consumo. Fuente: Elaboración propia.....	20
Tabla 17. Matriz de comparación de las alternativas respecto al subcriterio de Flujo de suministros. Fuente: Elaboración propia. ....	20
Tabla 18. Presupuesto total del proyecto.....	32

**Lista de acrónimos**

AHP	Analitic Hierarchy Process
AML	Auto Mitrailleuse Legére
AMX	Nombre de un tanque francés, no significa nada las siglas
BMR	Blindado Medio sobre Ruedas
BMS	Battlefield Management System
BNC	Bayonet Neill-Concelman
CA	Consistencia Aleatoria
CUD	Centro Universitario de la Defensa
CV	Caballos de Vapor
dB	Decibelios
ELAC	Escuadrón Ligero Acorazado
fps	Fotogramas por segundo
FUTER	Fuerza Terrestre
GV	Get Value
HD	High Definition
HDMI	High Definition Multimedia Interface
IC	Índice de Consistencia
LED	Light Emitting Diode
LR	Land Rover
MG	Machine Gun
NOC	Número de Catálogo OTAN
PCMASA	Parque y Centro de Mantenimiento de Sistemas Acorazados
ppp	Puntos por Pulgada
RAE	Real Academia Española
RCA	Radio Corporation of America
RI	Razón de Inconsistencia
SDI	Single Document Interface
USB	Universal Serial Bus
VBR	Vehículo Blindado sobre Ruedas
VCI	Vehículo de Combate de Infantería
VEC	Vehículo de Exploración de Caballería
VGA	Video Graphics Array
VRCC	Vehículo de Reconocimiento y Combate de Caballería

# 1 Introducción

## 1.1 Antecedentes

El Vehículo de Exploración de Caballería (VEC) llegó al Ejército de España en la década de los años 80 y actualmente sigue estando operativo en las distintas unidades de caballería tras más de 35 años de servicio dando un excelente rendimiento y habiendo participado con éxito en multitud de misiones como Líbano, Kosovo, Iraq o Bosnia.

El VEC en sus dos versiones, el M1 y el M2, es uno de los diferentes modelos surgidos a partir del vehículo BMR 600 el cual su fabricación se inició en 1979 por la empresa española Santa Bárbara Sistemas, actualmente perteneciente al grupo norteamericano General Dynamics. El principal motivo de la incorporación del VEC era la de sustituir a los distintos vehículos de las unidades de caballería del Ejército como pueden ser los AML 60, el AML 90 o el LR-109.<sup>1</sup>

Se puede afirmar que el VEC es un vehículo “híbrido” de los distintos vehículos acorazados y blindados que estaban operativos en el ejército sobre la década de los 70 y 80. Como bien se ha comentado, el VEC es un modelo exclusivo de caballería derivado del BMR. La barcaza y el tren de rodaje son prácticamente idénticos al BMR con pequeñas modificaciones respecto a la localización de los componentes mecánicos del BMR al tener que variar la forma de su casco y su distribución y acondicionamiento interno para adaptarlo a sus nuevas funciones. Respecto a la óptica, se aprovecharon las cámaras térmicas de segunda generación de los AMX 30 cuando estos se dieron de baja.

Por otro lado, en los orígenes del VEC, la torre original de Oto Melara (TC-20) estaba diseñada para un cañón Rheinmetall Rh-202 de 20 mm. También a algunos VEC se les incorporó las torres del AML 90. Sin embargo, ambos cañones dieron muchísimos problemas, lo que provocó un retraso en su producción. Finalmente, se decidió instalar el cañón M242 Bushmaster de 25 mm alimentado por un motor eléctrico proporcionando unos excelentes resultados en el tiro, tanto por su precisión como por su estabilidad. Asimismo, también se incorporó como armamento secundario una ametralladora MG-3S, de calibre 7,62 mm situada sobre el cañón M242.

Sin embargo, tras aproximadamente 35 años de servicio, el Ministerio de Defensa ha desarrollado un ambicioso proyecto de modernización y sustitución de los vehículos de la familia BMR por los VBR 8x8 Dragón con una fecha aún sin determinar.

---

<sup>1</sup> En el Anexo A se muestra una tabla con fotos de todos los vehículos mencionados en este apartado.

## 1.2 Características principales

El VEC es un vehículo blindado de ruedas con tracción 6x6 que le permite obtener una mayor velocidad en el campo de batalla que los vehículos con cadenas. Sin embargo, por lo general, los vehículos blindados se ven perjudicados por una menor movilidad sobre el terreno en comparación a los vehículos de cadenas ya que tienen una menor adherencia y su desplazamiento se puede ver más limitado en terrenos inundados o con poco agarre.

El VEC es un vehículo con un motor diésel de 19,5 CV/t que puede llegar a alcanzar los 90km/h por carretera y disponer de una autonomía de 800km. Respecto a su armamento, como se ha mencionado anteriormente y tras varias modificaciones en sus comienzos, goza de un cañón M242 *Bushmaster* de 25 mm como armamento principal con capacidad para emplear distintas municiones a elegir según el objetivo al que se quiera disparar. El cañón del VEC tiene un alcance máximo de 2.500m y dispone de tres modos de disparo: disparo individual, automático de 85 disparos por minuto y automático de 200 disparos por minuto siendo esta su mayor cadencia de tiro. Como armamento secundario, dispone de una ametralladora MG-3S de calibre 7,62 mm con capacidad de emplear hasta 350 disparos. Por último, dispone de 6 lanza-artificios tipo *Wegmann*, para lanzamiento de botes de humo para la ocultación durante el movimiento propio o granadas de fragmentación. En la *figura 1* se puede observar en rojo los elementos principales del VEC.

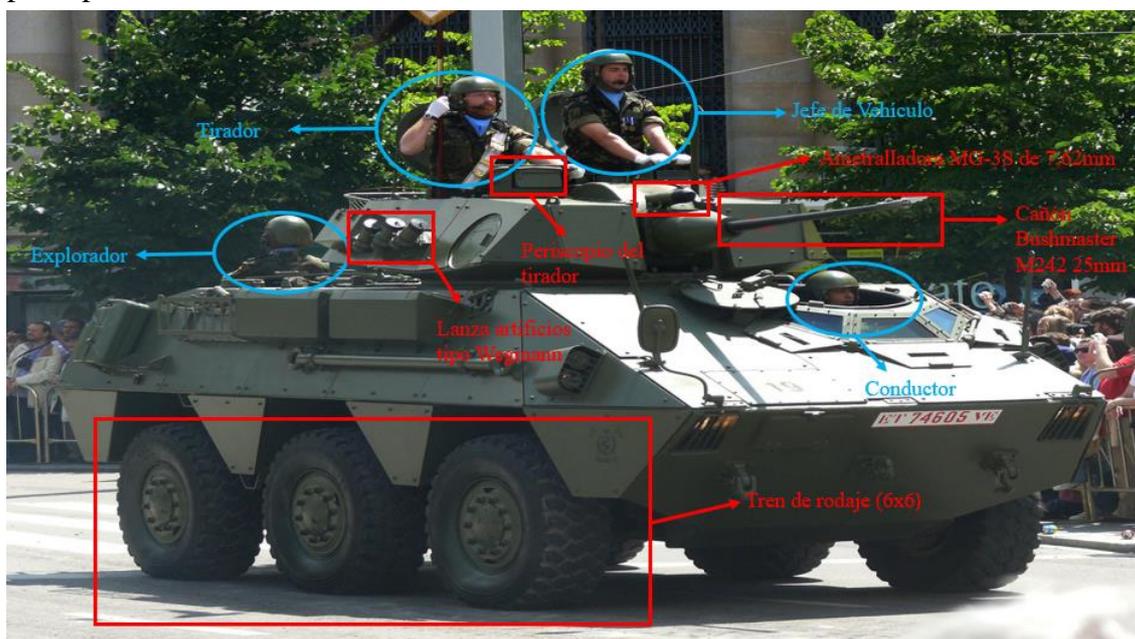


Figura 1: Tripulación y elementos principales del Vehículo de Exploración de Caballería (VEC)

## 1.3 Tripulación y organización dentro del Ejército

Respecto a la distribución de su tripulación, es completamente diferente tanto al BMR como al resto de vehículos blindados y acorazados. A diferencia del BMR, cuya principal función es el transporte de tropas de infantería ligera, su tripulación está formada por el jefe del vehículo, el conductor y hasta ocho tripulantes más. El VEC está formado

por los puestos de Jefe de Vehículo, Tirador, Conductor y uno o dos exploradores listos para desembarcar en labores de reconocimiento y observación. En la *figura 1* se muestra la ubicación de los distintos puestos. La gran diferencia de la tripulación del VEC con respecto al resto de vehículos de caballería como el Leopard 2E o el VRCC Centauro es la ausencia del puesto de cargador, ya que las municiones del VEC son mucho más pequeñas y por tanto más manejables.

Respecto a su organización dentro del ejército, el VEC es un vehículo exclusivo de la especialidad fundamental de caballería. El VEC se encuentra integrado en todos los Grupos de Caballería del Ejército a excepción de los Regimientos de Caballería de Alcántara y Montesa localizados en Melilla y Ceuta respectivamente, ya que las unidades al norte de África solo operan con los VCI Pizarro y CC Leopard 2A4, ambos de cadenas. (Departamento de Instrucción y adiestramiento Específico Caballería, 2019-2020.)

Respecto al resto de unidades de caballería situadas todas en la península, podemos encontrar distintas combinaciones del VEC con otros vehículos. En los Grupos de Caballería Ligero Acorazados encontramos secciones formadas por dos VEC y dos VRCC Centauro, ambos de ruedas y en los Grupos de Caballería Acorazada encontramos secciones formadas por dos VEC y dos Leopard 2E, encontrando pues la combinación de ruedas y cadenas. Por último, cabe mencionar que el Regimiento de Caballería España nº11 perteneciente a FUTER, es la única unidad de Caballería que dispone de secciones ligeras formadas íntegramente por cuatro VEC. (Departamento de Técnica Militar, 2019-2020.)

Sin embargo, la previsión futura del Ministerio de Defensa y del Ejército de Tierra consiste en reemplazar todos los VEC existentes en las distintas unidades de caballería por el VBR 8x8 Dragón, aún sin fecha exacta por concretar.

## 1.4 Funcionamiento de la óptica

Uno de los principales objetivos de este trabajo de fin de grado consiste en la implementación de una cámara y una pantalla auxiliar en el puesto del tirador para labores de vigilancia en situaciones estáticas y en movimiento. Se considera de vital importancia redactar un apartado sobre la configuración actual de la óptica del vehículo VEC, así como mencionar las funciones del “tirador” del VEC.

Las misiones principales del tirador son entre otras: la colaboración en labores de observación mediante el reparto de sectores, localización de objetivos, batir objetivos (apuntar, disparar y corregir) con el cañón o la ametralladora coaxial, el tiro y conocimiento de los distintos elementos de visión del que dispone, tanto de tiro como para observar. (Departamento de Técnica Militar, 2019-2020.)

Los medios de visión del VEC se divide en tres tipos: los periscopios físicos de la torre, el periscopio P204 y la cámara térmica.

En primer lugar, los periscopios físicos de la torre se conforman de varias “ventanillas” situadas alrededor de la torre que simplemente sirven para observar desde dentro de la torre lo que hay en el exterior. Sin embargo, estas son muy poco prácticas

debido a dos principales motivos. El primero de ellos es que la amplitud visual de esos periscopios es muy reducida, asimismo no se puede observar lo que se encuentra inmediatamente alrededor del vehículo, por ello el jefe del Vehículo a efectos prácticos nunca va metido dentro de la torre porque necesita ver de forma completa el terreno para la navegación del vehículo y dar indicaciones al conductor, así como para avisar de posibles elementos del terreno que puedan hacer volcar o atascar el vehículo como un pozo de tirador. Además, el jefe del Vehículo necesita de una visión completa de 360° para observar el despliegue de su unidad.

El segundo motivo es la posición del tirador. A diferencia del jefe de vehículo que necesita estar asomado por la escotilla de la torre para gestionar la maniobra del vehículo y de su unidad, el tirador simplemente debe centrarse en el empleo de la torre y del armamento según las órdenes del jefe del vehículo. Sin embargo, el diseño de la torre hace que el tirador se siente más abajo que el jefe del vehículo, lo que ocasiona que el tirador no pueda observar por los periscopios físicos de forma cómoda, haciendo que estos sean inútiles. Entonces como conclusión, los periscopios físicos no tienen prácticamente ninguna utilidad porque el jefe del Vehículo no los va a usar por ir asomado por la escotilla de la torre y el tirador no alcanza o mirar a través de ellos debido a su posición dentro de la torre.

En segundo lugar, se encuentra el periscopio P204 el cual solo se encuentra disponible en el puesto del tirador. El P204 es la óptica empleada por el tirador para la observación, reconocimiento, identificación y adquisición de objetivos, así como para el tiro. La óptica del periscopio P204 es una óptica que no está digitalizada, sino que está formada por un complejo juego de lentes ya que es un vehículo relativamente antiguo que se ha quedado atrás en la cada vez más rápida evolución tecnológica. El P204 es un periscopio que tiene un peso total de unos 12 kilos formado por tres piezas diferentes. El P204 tiene dos tipos de empleo, el “campo ancho” (cuando no se hace el “zoom”) para labores de observación y el “campo estrecho” (cuando se aplica el “zoom”) para labores de puntería. Con el campo ancho no se emplea ningún aumento y el campo visual es de 26°. Por el otro lado, el campo estrecho tiene un empleo de hasta 8 aumentos y un campo visual de 9°. Asimismo, el P204 dispone de un ajuste ocular de  $\pm 3$  dioptrías y una resolución de 89 ppp.

En tercer y último lugar, cabe destacar la cámara térmica. Sin embargo, no todos los VEC tienen cámara térmica. Sólo el modelo M2 que es el más moderno. A principios del S. XXI, el ejército español decidió adquirir de forma progresiva hasta 84 VRCC Centauro para reemplazar a los antiguos y problemáticos AMX-30E. A medida que los AMX-30E fueron causando baja, el Ejército decidió reutilizar las cámaras térmicas de estos. Con la colaboración de Indra se reinstaló la cámara térmica en aproximadamente 110 VEC, lo que ha elevado las prestaciones de puntería de estos vehículos. Asimismo, se instalaron dos repetidores para que el jefe del vehículo pudiera ver lo que estaba observando el tirador. Sin embargo, a pesar de la modernización de los VEC, es importante mencionar que estas cámaras térmicas son relativamente antiguas ya que pertenecen a la 1ª generación y media cuando actualmente el desarrollo tecnológico se encuentra entre la 3ª y 4ª generación.

No obstante, la térmica del VEC es una cámara “refrigerada”, es decir, que es de compresión criogénica lo que permite reducir el tamaño de la óptica y además ofrece una

grandísima sensibilidad térmica, es decir, ofrece variaciones de temperatura en décimas y centésimas de grado. El principal problema es su alto precio, pero al ser heredadas de los AMX-30E, el gasto fue mínimo. (Entrevista a D. Ignacio Ruiz Fernández & Indra Sistemas S.A., 2020)

## 2 Desarrollo

### 2.1 Objetivo del proyecto

Como bien dice el título de este proyecto, se busca el “empleo de una pantalla auxiliar que evite el empleo constante de los oculares de la óptica del vehículo VEC para situaciones de vigilancia en estático o movimiento”. Para llevar a cabo este proyecto, además de una pantalla se necesitará una cámara para que realice la labor de observación del “ojo” del tirador.

Con este proyecto se busca principalmente reducir la fatiga del tirador en sus labores de observación al no estar mirando de forma permanente a través de la óptica del periscopio. Como bien se ha mencionado previamente, el tirador dispone de tres tipos de óptica, pero el empleo de una de sus ópticas, la de “visión directa” es muy poco práctica ya que simplemente cumple la actividad de una ventana y además la posición del tirador dentro del vehículo hace que sea muy incómodo observar a través de este periscopio. El objetivo de la cámara se basa en pasar a una pantalla lo que el tirador vería a través de la óptica del periscopio P204.

Por otro lado, aunque no se vaya a desarrollar en este proyecto porque no es el objetivo principal de este trabajo de fin de grado, se considera interesante mencionar que además de reducir la fatiga generada por observar constantemente por la óptica, también se le puede dar un empleo didáctico al uso de la cámara y la pantalla. Ya que una de las prestaciones que te ofrece una cámara es la de grabar vídeos y realizar capturas de imagen, características muy interesantes a tener en cuenta a la hora de realizar correcciones o evaluaciones de ejercicios en actividades de instrucción y adiestramiento, lo que permitiría elevar el nivel de aprendizaje durante los ejercicios.

Asimismo, también se podría compartir en tiempo real imágenes con las pantallas de los otros vehículos de la unidad, aunque esto sería muy limitado por dos principales motivos: el alcance del *bluetooth* o *wifi*, o cualquier otra modalidad de conexión que permitiera conectar la pantalla con la de los otros vehículos y, sobre todo, solo se podría compartir imágenes en actividades de instrucción por temas de seguridad ya que, en ambientes de combate real, los medios de guerra electrónica enemigos pueden interceptar dichas conexiones.

## 2.2 Material necesario para la consecución del proyecto

Este proyecto necesitará de una cámara, una pantalla o *tablet*, cableado de conexión entre ambos dispositivos, cableado que permita conectar dichos dispositivos con la fuente de alimentación eléctrica del vehículo para su carga, diseño de unos soportes tanto para la pantalla o tablet como para la cámara y, por último, tornillos o tuercas para fijar los soportes a la estructura del vehículo.

Para llevar a cabo la elección de este material habrá que tener en cuenta distintos aspectos como las dimensiones, costes, o prestaciones operativas. Para ello se realizará una encuesta a los distintos expertos militares del “Regimiento España nº11” para deducir que criterios consideran más importantes a la hora de escoger una cámara ya que se considera que es el elemento más importante para el cumplimiento de los objetivos del proyecto. Asimismo, se deduce que la cámara es el elemento del proyecto que más problemas puede dar a la hora de escoger ya que este estará limitado por las dimensiones del vehículo, el acople, la instalación o el coste entre otros. Por tanto, en el siguiente apartado se deducirá que criterios son más importantes a tener en cuenta para la elección de una cámara y a partir de dicha evaluación de criterios se adecuará un estudio de mercado con las diferentes soluciones en cuanto a cámaras que nos ofrezca el mercado.

## 3 Análisis multicriterio basado en el método AHP

En los años 60, el profesor iraquí con nacionalidad británica Thomas L. Saaty (1926-2017) creó el método AHP (“*Analytic Hierarchy Process*” o Proceso de Análisis Jerárquico). Es un método de decisión multicriterio que nos ayuda a seleccionar entre distintas alternativas en función de una serie de criterios o variables de selección, normalmente jerarquizadas, y que suelen entrar en conflicto entre sí. (Vargas & Assad, 2017)

Hoy en día, se dispone de una multitud de métodos para valorar atributos de forma cualitativa. Sin embargo, en este proyecto se ha valorado el empleo de un método de análisis multicriterio, el método AHP. Este método ofrece un análisis de distintos criterios a evaluar, así como sus subcriterios y las posibles alternativas a elegir que mejor cumplan estos criterios.

Algunos autores como Hurtado (2005) en su tesis afirman que este método sirve para resolver problemas de criterios múltiples. El proceso requiere que quien toma las decisiones proporcione evaluaciones subjetivas respecto a la importancia relativa de cada uno de los criterios y que, después, especifique su preferencia con respecto a cada una de las alternativas de decisión y para cada criterio. El resultado del AHP es una jerarquización con prioridades que muestran la preferencia global para cada una de las alternativas de decisión.

Para el desarrollo del método, se han marcado una serie de etapas o hitos a seguir:

- 1) Preselección de criterios y subcriterios a partir de las opiniones aportadas de los expertos militares de la unidad (Jefes de Vehículo, Tiradores y miembros del escalón de mantenimiento)
- 2) Estudio de mercado para la búsqueda de cámaras que se ajusten a los criterios y subcriterios marcados por los expertos. Esta búsqueda se ha realizado a partir de establecer contactos con empresas expertas en el ámbito de Defensa y en la fabricación de cámaras.
- 3) Representación visual del problema y explicación de su desarrollo
- 4) Realización de la encuesta, herramienta AHP y resultados
- 5) Análisis del resultado final.

### 3.1 Elección de criterios y subcriterios

Para el cumplimiento del proyecto se necesita tener en cuenta varios requisitos en cuanto al material a emplear. Esta serie de criterios pueden estar divididos en varios subcriterios.

Se considera que el elemento del proyecto el cual se debe de realizar un estudio más exhaustivo sobre su elección en el mercado es la cámara, ya que será el elemento que nos ofrezca las prestaciones necesarias para alcanzar el propósito final del proyecto.

En primer lugar, es importante remarcar que los criterios reflejan los parámetros, directrices y puntos de referencia que van a permitir evaluar las opciones o alternativas que se presentan en el proceso de decisión. (Hurtado, 2005)

A medida que se ha ido avanzando en la investigación del proyecto se han ido estableciendo una serie de criterios y subcriterios que condicionarán la elección de la cámara final. A partir de estos criterios se escogerá la mejor de las soluciones o cámaras que nos ofrezca el mercado.

La selección de estos criterios se ha ido estableciendo a partir de los puntos de vista ofrecidos por el Director Militar, del resto de militares miembros del ELAC 2 del Grupo de Caballería “Lanceros de Borbón” y los militares del cuerpo de especialistas destinados en el escalón de mantenimiento.

Una vez expuestos los criterios al Director Militar se llegó a la conclusión de que los criterios más relevantes son los siguientes:

- 1) **Prestaciones:** en este apartado se establecerán que características de una cámara son las más interesantes a tener en cuenta para alcanzar un rendimiento eficaz durante su empleo.

- a) **Resolución:** La resolución de una cámara indica la cantidad de detalles que se puede observar en una imagen al ser captada por dicha cámara. Por tanto, cuanto mayor sea la resolución, por norma general, más nítida será la imagen que obtengamos. Para comprobar la nitidez de una imagen, se debe de realizar “zoom” y comprobar si se observa el pixel o no a medida que se aumenta el zoom. Para saber cuál es la resolución de una cámara digital se debe conocer los píxeles de ancho (H) x alto (V). La resolución se mide en megapíxeles.
  - b) **“Dynamic Range”:** El Dynamic Range o Rango dinámico es la cantidad de tonos o niveles de luminosidad que tiene el sensor de una cámara para captar detalles en una fotografía. Por tanto, cuanto mayor sea el rango dinámico, mayor cantidad de tonos será capaz de captar el sensor de la cámara.
  - c) **“Frame Rate”:** o Tasa de Fotogramas es la velocidad a la que una cámara es capaz de captar una imagen para crear un vídeo. Su unidad de medida son FPS (Fotogramas por segundo), cuanto mayor sea la tasa de fotogramas, mayor calidad de vídeo tendrá.
- 2) **Instalación:** en este apartado se evaluará los subcriterios más importantes a tener en cuenta a la hora de instalar una cámara en el ya reducido espacio de la torre.
- d) **Peso y dimensiones:** Este apartado es muy importante ya que una cámara demasiado grande puede entorpecer el movimiento natural del tirador dentro de la torre del VEC. Asimismo, un peso más ligero permite un mejor acople al soporte y una mayor rapidez para quitar y poner la cámara en la óptica.
  - e) **Consumo:** Un mayor consumo provocará una menor autonomía de la propia cámara y de la *tablet* o pantalla a la que estará conectada. Además, los rangos de voltaje, amperaje y potencia deben de ser compatibles a la fuente de alimentación eléctrica de la torre.
  - f) **Interfaz:** la interfaz son los tipos de cable que tendrá la cámara para conectarla a otros dispositivos, en este caso la pantalla o *tablet*. Por tanto, este apartado es importante ya que, al ser cámaras con características muy específicas, los cables de salida de vídeo, audio o carga suelen ser extraños, y por tanto eso condicionará nuestra búsqueda de pantallas compatibles. Además, si los cables no son compatibles, se tendría que encargar fabricar unos que si lo fueran, es decir, se realizaría un “empalme” de cables de conexión que no existiría en el mercado actual, lo que subiría un poco el presupuesto.
- 3) **Costes:** por último, este apartado es muy importante ya que el presupuesto de un producto casi siempre es el gran inconveniente para llevar a cabo la viabilidad de un proyecto. Por tanto, a veces se prefiere escoger una cámara con las mínimas prestaciones necesarias, pero más barata en detrimento de lo mejor que haya en el mercado.
- a) **Precio Unitario:** se establecerá el coste de la cámara.
  - b) **Flujo de suministros:** se establecerá el tiempo que tarda en llegarnos el producto. En ocasiones, ante la necesidad inminente de un material, el tiempo que nos tarde en

llegar desde que lo solicitamos puede ser vital para el desarrollo de las actividades de una unidad.

## 3.2 Resultados de cámaras obtenidas en el estudio de mercado.

En este apartado y tras una exhaustiva búsqueda se han escogido tres posibles soluciones que cumplen con los requisitos mínimos imprescindibles de tamaño y salida de cable para conectar a una pantalla y sobre todo el espectro sensible en el que trabaja la cámara debe de ser compatible con el del ojo humano. Se llama espectro sensible a la región del espectro electromagnético que el ojo humano es capaz de percibir. El ojo humano por norma general es capaz de captar longitudes de onda entre 400nm y 700nm, aunque dependiendo de la persona pueden llegar a alcanzar un rango de entre 350 nm y 1050 nm. Estas tres cámaras trabajan en longitudes de onda entre 350 nm y 1050 nm, por tanto, cumple con este requisito fundamental.

Estas cámaras pertenecen a los sectores de defensa, seguridad y vigilancia, y han sido aconsejadas por Indra Sistemas S.A. Todas ellas consisten en microcámaras compactas y conectables a pantallas con una resolución de vídeo de 1080p, lo que supone una buena calidad para observar el exterior a través de la cámara. Dos cámaras pertenecen a la empresa alemana *Kappa optronics GmbH* cuyo contacto en España es la empresa Europavia S.A. y la otra es *Kurokesu* de Lituania. Se ha contactado con las tres empresas para solicitar la información más importante para escoger la mejor alternativa.

En el anexo B junto al cuestionario, se muestra de forma detallada las características principales de las tres cámaras a comparar, en la cual, se muestra una breve explicación de cada característica que los expertos han considerado importante evaluar.

## 3.3 Representación visual del problema y explicación de su desarrollo

### 3.3.1 Árbol de Jerarquías

En primer lugar, una vez habiendo establecido los criterios y subcriterios a comparar y la obtención de las cámaras fruto del estudio de mercado, se realiza una representación del caso que se está estudiando a través de un árbol de jerarquías. Este árbol se estructura en varios niveles o pisos donde desde arriba a abajo se establecen: el objetivo del análisis, los criterios seleccionados, los subcriterios y por último las alternativas ofrecidas por el estudio de mercado. Asimismo, cada elemento del árbol debe de estar relacionado por un elemento del nivel superior y otro del inferior. (Yepes Piqueras & Universitat Politècnica de València, 2018)

Por tanto, es este caso de estudio el árbol de jerarquías que quedaría sería así:

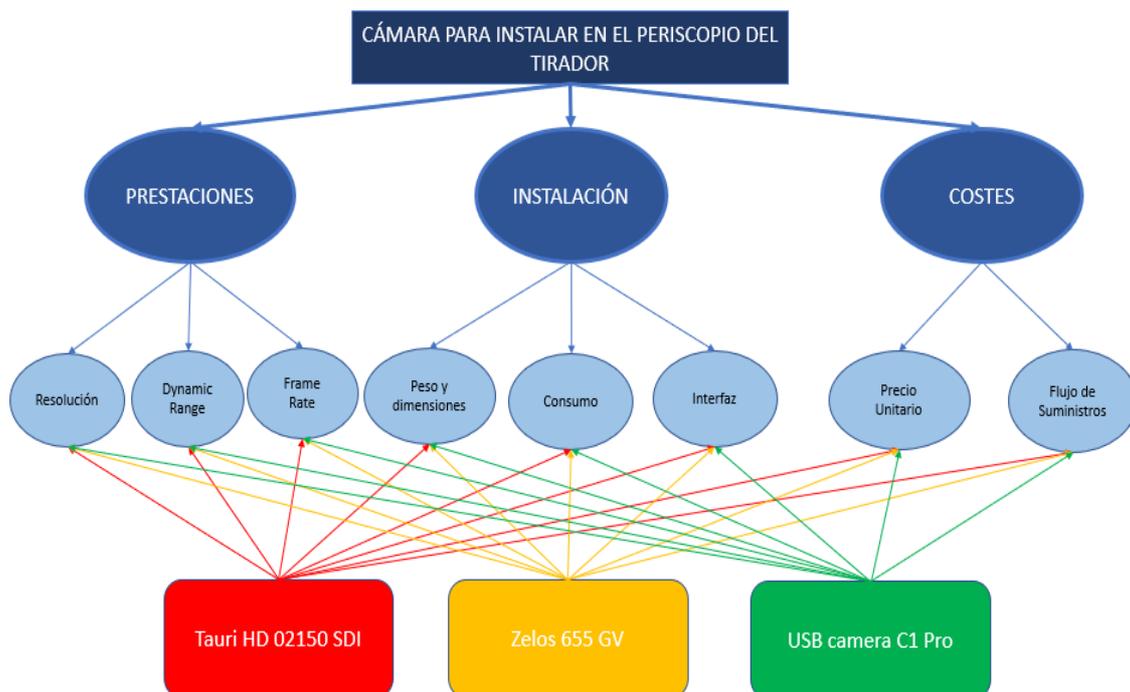


Figura 2. Árbol de jerarquías. Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2 Explicación del método a desarrollar y valoración final de los criterios y subcriterios escogidos

Durante el empleo del método AHP, es de vital importancia entender que para decidir qué criterio es más importante, se deben de comparar entre ellos, es decir, se debe de realizar una valoración por pares para todos los criterios y subcriterios propuestos. Esta comparación ofrecerá un “peso o ponderación” que servirá para determinar qué criterio debe ser el que más se tenga que tener en cuenta a la hora de escoger la alternativa final. Asimismo, el peso relativo se emplea a su vez para la obtención del peso final de las alternativas. La alternativa que mayor peso final obtenga, será la solución a nuestro método. (Saaty & McGraw-Hill, 1980)

Por lo tanto, para la comparación entre criterios, subcriterios y alternativas por pares, el método de Thomas L. Saaty ofrece una tabla de valores o también llamada “Escala de preferencias” que permite valorar con una escala del 1-9 como valoramos de más un criterio respecto al otro. Por lo tanto, explicado de otra forma, si nos dan a elegir entre dos criterios, se elegiría el que consideramos más importante y además se le asignaría un número de la *Tabla 1* indicando cuanto nos parece más importante respecto al otro.

ESCALA DE PREFERENCIAS		
Valor numérico	Definición	Explicación
1	Igual importancia de los dos elementos	Dos actividades contribuyen igualmente al objetivo
3	Ligera importancia de un elemento frente al otro	La experiencia y el juicio favorezca ligeramente una actividad encima de otra
5	Notable importancia de un elemento frente al otro	La experiencia y juicio favorezca fuertemente una actividad encima de otra.
7	Demostrada importancia de un elemento frente al otro	Una actividad es fuertemente favorecida y su dominación demostrada en la práctica
9	Absoluta importancia de un elemento frente al otro	La evidencia que una actividad favorece a la otra es del más alto orden de afirmación posible.
2,4,6,8	Valores intermedios entre los dos anteriores	Cuando el compromiso se necesita.

Tabla 1. Escala numérica propuesta por Saaty para efectuar comparaciones. Fuente: (Saaty & McGraw-Hill, 1980)

Para calcular el peso correspondiente a cada una de las variables, se describirá el procedimiento a seguir a partir de los resultados obtenidos del cuestionario realizado a veinticinco expertos de la unidad (véase *Anexo B*). Sin embargo, antes de empezar con el desarrollo del método, es importante indicar que a pesar de todos los cálculos que se van a describir a continuación, se ha empleado una herramienta del método AHP la cual realiza todos los cálculos necesarios. Esta herramienta ha sido facilitada por el profesor de logística del CUD, el Teniente Coronel de Caballería D. Carlos Ruiz López.

En primer lugar, tras la realización de la encuesta, se procederá a través de un archivo Excel a un recuento de los resultados, registrando cuantos números de votos ha recibido cada opción en cada comparación y cuál ha sido la suma de los puntos totales recibidos por los votantes de cada opción. En segundo lugar, se obtendrán las medias por cada comparación de las dos opciones propuestas. Una vez obtenidas las medias, se debe dividir por cada comparación la opción con mayor media entre la opción con menor media. Más adelante se mostrará un ejemplo. A partir de esta operación, obtendremos un valor que lo relacionaremos a través de una tabla que a continuación se mostrará:

Resultado de A / B	Valor de Saaty
[1 - 1,1)	1
[1,1 - 1,5)	3
[1,5 - 3)	5
[3 - 4)	7
[4 - ∞)	9

Tabla 2. Intervalos de valoración de acuerdo con los resultados obtenidos. Fuente: (Saaty et al., 1991)

Los valores de Saaty obtenidos en el archivo Excel (véase *Anexo C*) serán los valores que se pondrán en la herramienta del método AHP que posteriormente explicaremos.

Para explicar el procedimiento a emplear se procederá a explicar el siguiente ejemplo:

En la primera comparación del cuestionario, *Prestaciones (A) vs Instalación (B)*, las medias de A y B son respectivamente 7,85 y 2,5 (Esto quiere decir que entre todos los que han escogido que el criterio prestaciones es mejor, la media de la puntuación de cuanto es mejor respecto a instalación es 7,85; y los que han escogido la opción instalación han considerado que es mejor que prestaciones con una puntuación media de 2,5). Como la media de las prestaciones (A) es mayor que la de instalación (B), se dividirá A/B cuyo resultado es 3,14, y si se observan los intervalos ofrecidos por la *Tabla 2*, donde 3,14 se sitúa en el intervalo [3-4) y, por tanto, de esa comparación se obtendrá el valor 7, que será el número que se introducirá en la matriz de comparación durante el empleo de la herramienta AHP.

### 3.3.2.1 Cálculo de los pesos de los criterios

Con los resultados obtenidos en la encuesta y su posterior comparación con el valor de Saaty, se obtiene la *matriz de comparación A* consiguiendo así los valores de los criterios. La matriz que se obtiene se estructura de esta forma:

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix} \text{ donde } a_{ij} = \frac{1}{a_{ji}} \text{ y } a_{ii} = 1. \quad (1)$$

El resultado de los criterios y su consiguiente extrapolación al valor de *Saaty*, se obtiene la matriz de comparación de los criterios:

CRITERIOS	Prestaciones	Instalación	Costes
Prestaciones	1	7	1/3
Instalación	1/7	1	1/9
Costes	3	9	1

Tabla 3. Aplicación de la matriz de comparación de criterios a este estudio en concreto. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la *Tabla 3*, la fila de prestaciones con la columna de instalación, se compara el criterio prestaciones con el de instalación. Los expertos encuestados han decidido que el criterio prestaciones es más importante que instalación, y además le han atribuido un valor aproximado de 7, que si lo observamos en la *Tabla 1*, quiere decir que 7 es igual a “Una actividad es fuertemente favorecida y su dominación demostrada en la práctica”. Por tanto, cuando la fila sea instalación y la columna sea prestaciones, se le pondrá el valor inverso al tratado anteriormente, en este caso es 1/7.

Por otro lado, es importante destacar que el valor de la diagonal principal es uno porque se está comparando un criterio consigo mismo.

Después de obtener la matriz A, se debe normalizar los valores obtenidos. Por tanto, se divide cada valor de las celdas por el sumatorio de los valores de la columna. Tras estas operaciones, se obtendrá la *matriz normalizada A'* y su estructura será así:

$A' = \begin{pmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{i1}} & \dots & \frac{a_{1m}}{\sum a_{im}} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{i1}} & \dots & \frac{a_{nm}}{\sum a_{im}} \end{pmatrix}$	(2)
---	-----

Posteriormente, se procederá a calcular los *pesos relativos (Wi)* de los criterios. Para ello se calculará la media aritmética de cada fila de la matriz normalizada A' y su estructura será así:

$W \rightarrow \begin{pmatrix} \frac{a'_{11}}{m} + \dots + \frac{a'_{1m}}{m} \\ \vdots \\ \frac{a'_{n1}}{m} + \dots + \frac{a'_{nm}}{m} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 \\ \vdots \\ X_n \end{pmatrix}$	(3)
---	-----

$W = \begin{pmatrix} \frac{X_1}{m} \\ \vdots \\ \frac{X_n}{m} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} W_1 \\ \vdots \\ W_n \end{pmatrix}$	(4)
---	-----

Tras estos pasos se obtendrá el *vector de prioridades W* de la ecuación (4). Esta matriz ofrece el peso de cada uno de los criterios comparados. Es importante destacar que la suma de los valores de este vector siempre será uno. El peso obtenido tras la encuesta para los criterios marcados son los que se reflejan a continuación:

CRITERIOS	PESOS (W)
Prestaciones	0.29
Instalación	0.06
Costes	0.65

Tabla 4. Resultado del vector de prioridades de los criterios seleccionados en este estudio. Fuente: Elaboración propia

Por tanto, la *Tabla 4* lo que nos dice es que el factor más importante según los expertos es el de “Costes” con un valor de 0,65 seguido de “Prestaciones” con un valor de 0,29 y, por último, los expertos han determinado que el criterio de “Instalación” apenas es importante con un valor de 0,06. Todas las ecuaciones mostradas anteriormente reflejan el método de forma teórica, ya que, a nivel práctico, en el programa AHP se introducirán los valores de la *Tabla 3* y calculará de forma automática los valores del Vector de prioridades reflejado en la *Tabla 4*.

### 3.3.2.2 Cálculo de la consistencia de los pesos obtenidos de los criterios

Una vez calculado el peso atribuido a cada uno de los criterios, habrá que hallar la consistencia de los resultados.

Este proceso tiene un indicador que informa sobre el grado de consistencia de las puntuaciones que hacemos en cada etapa del proceso al establecer la importancia relativa entre los elementos de cada nivel.

Al ser un proceso donde se evalúan las opiniones de los encuestados, es prácticamente imposible que el grado de inconsistencia sea cero. Sin embargo, para que el resultado sea coherente, es de vital importancia que la encuesta se realice a los expertos en la materia que tendrán más o menos los mismos criterios a la hora de valorar los diferentes criterios.

Por tanto, aunque sea muy difícil que el grado de inconsistencia sea cero, tampoco podrá superar el valor de 0,1 ya que, si en la matriz obtenida el grado de inconsistencia es superior, los resultados serían incoherentes.

A la hora de comprobar el grado de inconsistencia de las matrices, se empleará una fórmula cuyo indicador recibe el nombre de Razón de Inconsistencia (RI):

$RI = \frac{IC}{CA}$	<b>(5)</b>
----------------------	------------

Para calcular el RI se necesitará hallar dos valores más, el Índice de Consistencia (IC) y el de la Consistencia Aleatoria (CA).

La fórmula que nos ofrecerá el valor de IC es:

$IC = \frac{\lambda_{max} - N}{N - 1}$	(6)
--	-----

Asimismo, el valor de  $\lambda_{max}$  se consigue a partir de la multiplicación de las matrices  $A \cdot W$  (7) y después se divide cada celda de las matrices resultantes por su peso  $W_i$  (8)

$\begin{pmatrix} a_{11} & \dots & a_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & a_{nm} \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} W_1 \\ \vdots \\ W_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} a_{11} * W_1 + \dots + a_{1m} * W_n \\ \vdots \\ a_{n1} * W_1 + \dots + a_{nm} * W_n \end{pmatrix}$	(7)
$\begin{pmatrix} \frac{a_{11} * W_1 + \dots + a_{1m} * W_n}{W_1} \\ \vdots \\ \frac{a_{n1} * W_1 + \dots + a_{nm} * W_n}{W_n} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \lambda_{max_1} \\ \vdots \\ \lambda_{max_n} \end{pmatrix}$	(8)

Una vez que sean realizado todos los cálculos anteriormente citados, se hallará un único valor de  $\lambda_{max}$  aplicando la siguiente fórmula:

$\lambda_{max} = \frac{\lambda_{max_1} + \dots + \lambda_{max_n}}{n}$	(9)
---	-----

Por el otro lado, una vez obtenido el valor de  $\lambda_{max}$ , se deberá buscar el valor de N a emplear en la ecuación (6). Este valor muestra el número de filas de la matriz de la cual se pretende hallar el RI.

Después de hallar el IC a partir de todas las fórmulas previamente explicadas, se procederá a calcular el valor de CA. Los valores de CA se obtendrán a partir del valor de N, es decir, del número de filas de la matriz normalizada reflejada en la *Tabla 5*.

Valores de la CA según el tamaño de la matriz normalizada (N)															
N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
CA	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	1,48	1,56	1,57	1,59

Tabla 5. Valores de la Consistencia Aleatoria según el tamaño de la matriz normalizada (N). Fuente: Elaboración propia a partir de (Saaty & McGraw-Hill, 1980)

Finalmente, una vez hallados los valores de IC y CA, ya se puede calcular el valor de RI (ecuación 5) de cada una de las matrices obtenidas.

En el caso de la matriz de criterios, el valor obtenido de la Razón de Inconsistencia es de **0,0701** lo que significa que el resultado es coherente al tener un valor inferior al 0,1 propuesto por Saaty, por tanto, el resultado es aceptable. Indicar, que esto se obtiene de forma automática con el programa AHP.

### 3.3.2.3 Cálculo de los pesos de los subcriterios

Al igual que en el subapartado anterior del cálculo de los criterios, habría que aplicar el mismo procedimiento. Obviamente, este desarrollo se lleva a cabo a través de la herramienta AHP que agiliza considerablemente el proceso y los valores de Saaty a poner serían los obtenidos en la encuesta y reflejados en el Anexo C.

Por tanto, se obtendrían las matrices de comparación, el vector de prioridades (W), y la RI de cada subcriterio. Con la ayuda de la herramienta se ofrecerá a continuación los resultados obtenidos de las encuestas:

PRESTACIONES	Resolución	Dynamic Range	Frame Rate	PESOS (W)
Resolución	1	5	1	0,48
Dynamic Range	1/5	1	1/3	0,11
Frame Rate	1	3	1	0,41
R.I: 0,0251				

Tabla 6. Matriz de comparación del subcriterio de Prestaciones. Fuente: Elaboración propia

INSTALACIÓN	Peso y dimensiones	Consumo	Interfaz	PESOS (W)
Peso y dimensiones	1	1/5	1/7	0,07
Consumo	5	1	1/3	0,28
Interfaz	7	3	1	0,64
R.I: 0,0565				

Tabla 7. Matriz de comparación del subcriterio de Instalación. Fuente: Elaboración propia

COSTES	Precio Unitario	Flujo de suministros	PESOS (W)
Precio Unitario	1	1/5	0,17
Flujo de suministros	5	1	0,83
R.I: 0,0000			

Tabla 8. Matriz de comparación del subcriterio Costes. Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la valoración de los tres criterios, se cumple que la R.I. menor que 0,1; por tanto, esto significa que los resultados cumplen cierto grado de coherencia. Asimismo, aunque las operaciones se realicen a través de la herramienta de AHP, se puede observar como la suma de los valores del vector de prioridades (W) es uno.

Como último análisis de los resultados, se puede afirmar que los subcriterios con un mayor peso son el de la resolución con un valor de 0,48 (Tabla 6), para el criterio de prestaciones, interfaz con un valor de 0,64 (Tabla 7) para el criterio de instalación y, por último, el de flujo de suministros con un valor de 0,83 (Tabla 8) para el criterio de costes.

### 3.3.2.4 Comparación entre alternativas por cada subcriterio a valorar

En este subapartado se mostrarán los resultados de comparar cada alternativa dos a dos por cada subcriterio elegido por los expertos para la encuesta para saber que alternativa tiene más peso por cada subcriterio analizado. Es importante indicar, que los resultados se consiguen a través del método explicado al comienzo de este apartado. Sin embargo, estas comparaciones también se han realizado a través de la herramienta y para confirmar que los resultados son coherentes, habrá que observar que la R.I. es menor que 0,1.

A su vez, en este subapartado tenemos dos tipos de comparaciones, la de subcriterios cualitativos y la de subcriterios cuantitativos. La de subcriterios cualitativos se preguntará en la encuesta a los expertos, ya que esto no es medible de ninguna forma. En esta encuesta, el único subcriterio que se ha considerado de carácter cualitativo ha sido el de “interfaz” cuyo resultado es este:

INTERFAZ	Tauri HD 02150 SDI	Zelos 655 GV	USB camera C1 Pro	PESOS (W)
Tauri HD 02150 SDI	1	3	1/7	0,15
Zelos 655 GV	1/3	1	1/9	0,07
USB camera C1 Pro	7	9	1	0,78
R.I: 0,0708				

Tabla 9. Matriz de comparación de las alternativas respecto al subcriterio de Interfaz. Fuente: Elaboración propia

En el resto de subcriterios que existen se ha empleado un método de ponderación que, aunque no sea exacto al cien por cien, nos indica un valor de Saaty aproximado. Para explicar este método usaremos el subcriterio del “precio unitario”.

Tauri HD 02150 SDI	1200 €
Zelos 655 GV	700 €
USB camera C1 Pro	139 €

Tabla 10. Precios unitarios de las tres alternativas a comparar. Fuente: Elaboración propia.

En primer lugar, dividiremos el precio de la cámara (*Tabla 10*) con más valor entre la de menos valor como en el ejemplo:

Precio Unitario Tauri HD 02150 SDI / Precio Unitario Zelos 655 GV

$$\rightarrow 1200 \text{ €} / 700\text{€} = \mathbf{1,71}$$

Precio Unitario Tauri HD 02150 SDI / Precio Unitario USB camera C1 Pro

$$\rightarrow 1200\text{€} / 139\text{€} = \mathbf{8,63}$$

Precio Unitario Zelos 655 GV / Precio Unitario USB camera C1 Pro

$$\rightarrow 700\text{€} / 139\text{€} = \mathbf{5,04}$$

Una vez realizada la ponderación, se redondea el valor de la división al valor de Saaty aproximado (ver *Tabla 2*). Indicar que, por el orden de la comparación, el valor de Saaty esta invertido. Por lo tanto, las comparaciones de alternativas arrojan un valor tal que así:

Precio Unitario Tauri HD 02150 SDI VS Precio Unitario Zelos 655 GV

$$\rightarrow 1,71 \rightarrow \mathbf{\text{valor de Saaty} = 1/3}$$

Precio Unitario Tauri HD 02150 SDI VS Precio Unitario USB camera C1 Pro

$$\rightarrow 8,63 \rightarrow \mathbf{\text{valor de Saaty} = 1/9}$$

Precio Unitario Zelos 655 GV VS Precio Unitario USB camera C1 Pro

$$\rightarrow 5,04 \rightarrow \mathbf{\text{valor de Saaty} = 1/5}$$

El resultado de la tabla final obtenida tras emplear el desarrollo previamente escrito es este:

PRECIO UNITARIO	Tauri HD 02150 SDI	Zelos 655 GV	USB camera C1 Pro	PESOS (W)
Tauri HD 02150 SDI	1	1/3	1/9	0,07
Zelos 655 GV	3	1	1/5	0,18
USB camera C1 Pro	9	5	1	0,75
R.I: 0,0252				

Tabla 11. Matriz de comparación de las alternativas respecto al subcriterio de Precio unitario. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se mostrarán los resultados de las siguientes comparaciones por cada subcriterio comparado.

RESOLUCIÓN	Tauri HD 02150 SDI	Zelos 655 GV	USB camera C1 Pro	PESOS (W)
Tauri HD 02150 SDI	1	1/9	1/5	0,06
Zelos 655 GV	9	1	3	0,67
USB camera C1 Pro	5	1/3	1	0,27
R.I: 0,0252				

Tabla 12. Matriz de comparación de las alternativas respecto al subcriterio de Resolución. Fuente: Elaboración propia.

DYNAMIC RANGE	Tauri HD 02150 SDI	Zelos 655 GV	USB camera C1 Pro	PESOS (W)
Tauri HD 02150 SDI	1	3	1/5	0,18
Zelos 655 GV	1/3	1	1/9	0,07
USB camera C1 Pro	5	9	1	0,75
R.I: 0,0252				

Tabla 13. Matriz de comparación de las alternativas respecto al subcriterio de "Dynamic Range". Fuente: Elaboración propia.

FRAME RATE	Tauri HD 02150 SDI	Zelos 655 GV	USB camera C1 Pro	PESOS (W)
Tauri HD 02150 SDI	1	1	7	0,47
Zelos 655 GV	1	1	7	0,47
USB camera C1 Pro	1/7	1/7	1	0,07
R.I: 0,000				

Tabla 14. Matriz de comparación de las alternativas respecto al subcriterio de "Frame Rate". Fuente: Elaboración propia.

PESO Y DIMENSIONES	Tauri HD 02150 SDI	Zelos 655 GV	USB camera C1 Pro	PESOS (W)
Tauri HD 02150 SDI	1	3	1/7	0,15
Zelos 655 GV	1/3	1	1/9	0,07
USB camera C1 Pro	7	9	1	0,78
R.I: 0,0708				

Tabla 15. Matriz de comparación de las alternativas respecto al subcriterio de Peso y dimensiones. Fuente: Elaboración propia.

CONSUMO	Tauri HD 02150 SDI	Zelos 655 GV	USB camera C1 Pro	PESOS (W)
Tauri HD 02150 SDI	1	1	1/9	0,09
Zelos 655 GV	1	1	1/9	0,09
USB camera C1 Pro	9	9	1	0,82
R.I: 0,0000				

Tabla 16. Matriz de comparación de las alternativas respecto al subcriterio de Consumo. Fuente: Elaboración propia.

FLUJO DE SUMINISTROS	Tauri HD 02150 SDI	Zelos 655 GV	USB camera C1 Pro	PESOS (W)
Tauri HD 02150 SDI	1	1	1/3	0,20
Zelos 655 GV	1	1	1/3	0,20
USB camera C1 Pro	3	3	1	0,60
R.I: 0,0252				

Tabla 17. Matriz de comparación de las alternativas respecto al subcriterio de Flujo de suministros. Fuente: Elaboración propia.

Después de analizar todos los resultados de las tablas se puede observar como todas ellas cumplen con un cierto grado de coherencia al dar todas ellas una R.I. menor de 0,1. Asimismo, las tablas muestran unos resultados fiables al dar una suma total de uno en el vector de prioridades (W) y además como se explicó anteriormente, las diagonales principales dan uno.

Finalmente, se puede ver como la cámara con mejores valoraciones es la cámara USB camera C1 Pro de la empresa Kurokesu de Lituania ya que de los ocho subcriterios que se analizan, obtiene el mayor peso en seis de ellos. Estos son: *Dynamic Range* (0,75), Peso y dimensiones (0,78), Consumo (0,82), Interfaz (0,78), Precio Unitario (0,75) y Flujo de Suministros (0,60). Por el otro lado, la cámara Zelos 655 GV es la que tiene mejor resolución (0,67) y ambas cámaras de Kappa tienen un frame rate muy superior (0,47) que la empresa de Kurokesu.

### 3.3.2.5 Resultado final de la encuesta, alternativa final a escoger y conclusiones

Finalmente, tras la realización de la encuesta y el desarrollo de los resultados a través del procedimiento, la herramienta del AHP muestra una tabla también llamada matriz de decisión donde muestra de forma conjunta todos los pesos atribuidos a cada criterio, subcriterio y alternativa. En la última fila se puede observar que la alternativa final a escoger para el proyecto es la que más peso tiene.

La matriz final obtenida a través de la herramienta se muestra a continuación:

MATRIZ DE DECISIÓN				
CRITERIOS / SUBCRITERIOS	PESOS	Tauri HD 02150 SDI	Zelos 655 GV	USB camera C1 Pro
<b>Prestaciones</b>	<b>0,29</b>	<b>0,24</b>	<b>0,52</b>	<b>0,24</b>
+ Resolución	0,48	0,06	0,67	0,27
+ Dynamic Range	0,11	0,18	0,07	0,75
+ Frame Rate	0,41	0,47	0,47	0,07
<b>Instalación</b>	<b>0,06</b>	<b>0,14</b>	<b>0,07</b>	<b>0,79</b>
+ Peso y dimensiones	0,07	0,15	0,07	0,78
+ Consumo	0,28	0,09	0,09	0,82
+ Interfaz	0,64	0,15	0,07	0,78
<b>Costes</b>	<b>0,65</b>	<b>0,18</b>	<b>0,20</b>	<b>0,62</b>
+ Precio Unitario	0,17	0,07	0,18	0,75
+ Flujo de suministros	0,83	0,20	0,20	0,60
		<b>0,19</b>	<b>0,28</b>	<b>0,52</b>

Figura 3. Matriz de decisión final. Fuente: Elaboración propia a partir de la herramienta de AHP.

Como se puede observar en la *figura 3*, la cámara final a escoger es la que obtiene un mayor valor, en este caso la USB camera C1 Pro de Kurokesu (0,52) por delante de la Zelos 655 GV (0,28) y la Tauri HD 02150 SDI (0,19).

Observando más detenidamente la matriz de decisión (*figura 3*) y el resultado global de la encuesta, se pueden extraer varias conclusiones.

La primera de ellas es el presupuesto. Al fin y al cabo, aunque las cámaras de la empresa alemana Kappa sean considerablemente mejores en cuanto a prestaciones, los expertos han preferido otorgar una mayor importancia al criterio de costes. Esto se puede justificar por varios motivos. El principal de ellos es que no existe una mentalidad de invertir mucho dinero para modernizar un vehículo como el VEC ya que en un futuro próximo a priori serán sustituidos por los vehículos de combate sobre ruedas VCR 8x8 Dragón. Al fin y al cabo, estamos hablando de una cámara que cuesta aproximadamente diez veces menos que las otras dos alternativas

Por otro lado, en cuanto a las prestaciones, una de las ventajas de incorporar la cámara en la óptica del P204 es que se aprovecha de ventajas como el zoom de la óptica o que el factor de la amplitud visual no es un factor relevante. Lo que se busca principalmente es una cámara que sustituya al ojo humano, no que tenga muchas prestaciones que aumenten considerablemente el coste final del proyecto.

Además, en cuanto a la instalación, la USB camera C1 Pro es muchísimo mejor que las otras dos por varias razones. Es una cámara que ocupa menos, pesa muy poco, consume considerablemente menos que las demás y además tiene una conexión o interfaz mucho más sencilla ya que el cable que emplea es más común en el mercado y facilita la búsqueda de pantallas o *tablet* compatibles con la cámara. Además, las empresas de Kappa emplean dos cables, lo que genera una mayor molestia en la torre al haber más cables. Respecto al peso y dimensiones, como se explicará posteriormente en el apartado 4 de propuesta de instalación. Una cámara ligera y pequeña causa menos molestias al tirador dentro de la torre y además el diseño del soporte será más sencillo ya que el imán que se incorporará será más eficiente.

Como conclusión final, es importante decir que las cámaras de Kappa son mucho mejores (la cámara Tauri HD 02150 SDI es la que se está incorporando en el VCR 8x8 Dragón) en cuanto a prestaciones, pero dadas las limitaciones de espacio, consumo y sobre todo el presupuesto, hace que los expertos encuestados se inclinen a la cámara más sencilla que también cumple con los requisitos mínimos para cumplir con el alcance del proyecto.

## 4 Propuesta de Instalación

En este apartado, se va a redactar donde se instalará la cámara, el monitor escogido, el diseño de los soportes, la conexión entre la cámara y el monitor, y por último la conexión a la fuente de alimentación.

En primer lugar, se mostrará el material a emplear con las características necesarias para la consecución del proyecto. Posteriormente, se explicará la ubicación de

los dispositivos y del cableado. Por último, se establecerá una tabla para presupuestar el coste de la instalación con todos los elementos necesarios previamente mencionados en el apartado 4.1.

## 4.1 Material a emplear

En este proyecto se va a emplear principalmente dos dispositivos electrónicos (pantalla y cámara), dos soportes diseñados (véase Anexo F), el cable que conecta la pantalla y el monitor, el cable de alimentación del monitor que se enchufará a las baterías y una pequeña instalación eléctrica para enchufar el monitor a las baterías. (Véase el Anexo D donde se mostrará la lista de elementos a emplear)

### 4.1.1 Pantalla

Para la pantalla, se ha escogido un monitor de la marca Beetronics de 7 pulgadas (4:3). Existen dos principales motivos para escoger una pantalla en vez de una *tablet*. La principal es que tiene una resolución notablemente mejor de la que te ofrece una *tablet*, ya que el monitor escogido llega a ofrecer una resolución de 1080p, calidad suficiente para mirar a través del monitor. Por otro lado, la cámara escogida se puede considerar la opción más económica, pero si en un futuro se considerase implementar una cámara de mejores prestaciones, el monitor ofrece multitud de tipos de interfaz diferentes para conectar diversos cables, lo que facilitaría un mayor abanico de posibilidades a la hora de buscar cámaras en el mercado. Además, la pantalla ofrece una estructura metálica resistente y de fácil acople a diversos soportes. Asimismo, también ofrece un mando de control remoto y se puede ajustar el brillo, factor importante según la luz del día para no cansar la vista y para reducir la iluminación en el interior del vehículo. No obstante, es importante tener en cuenta que no está “rugerizada”<sup>2</sup>, por lo que es un factor importante a la hora de ubicar su instalación, ya que las dimensiones de la pantalla aumentarán levemente cuando se “rugerice”.

Sin embargo, el principal inconveniente para su funcionamiento es que necesita de una conexión permanente a las baterías del vehículo, pero como se explicará a posteriori, la propuesta de instalación permite su uso sin la necesidad de tener el motor encendido ni la torre del vehículo, al estar conectadas directamente a las baterías.

En el Anexo E se mostrará las características generales que ofrece el monitor escogido.

---

<sup>2</sup> El verbo rugerizar es un anglicismo tomado del verbo “rugerize” que se aplica en este contexto cuando se diseña una funda o protector resistente para cubrir un elemento, en este caso la cámara y pantalla, de agentes externos como agua, polvo o humedad. Este verbo de momento no lo recoge la RAE, pero es una palabra muy empleada en el argot de las FAS españolas.

### 4.1.2 Cámara

Como se ha explicado en el apartado anterior (subapartado 3.3.2.5), la cámara escogida por los expertos ha sido la USB camera C1 Pro. De esta cámara lo más importante a destacar es su pequeño tamaño, su ligero peso y su conexión por cable simple además de ser una cámara muy económica. (Para volver a ver las características, ver en el Anexo B la tabla de las características de la solución C).

### 4.1.3 Soporte pantalla

El soporte de la pantalla será de carácter fijo que se instalará justo delante del cajón de extracción de vainas de la ametralladora (ver *figura 12* y *13*). El soporte estará fijado al lateral de la estructura y será de un material de acero inoxidable.

Como se puede observar en las *figuras 4* y *5*, el soporte está formado por dos piezas, el brazo fijo de anclaje al chasis [3] y la pletina de fijación al monitor [2] que uniría el monitor y el brazo fijo de anclaje a través de cuatro tornillos [4] y dos tuercas [5].

En el Anexo H se muestra con un mayor detalle el soporte de la pantalla donde las medidas han sido ajustadas al espacio real disponible en alojamiento destinado para su instalación en el interior del VEC.

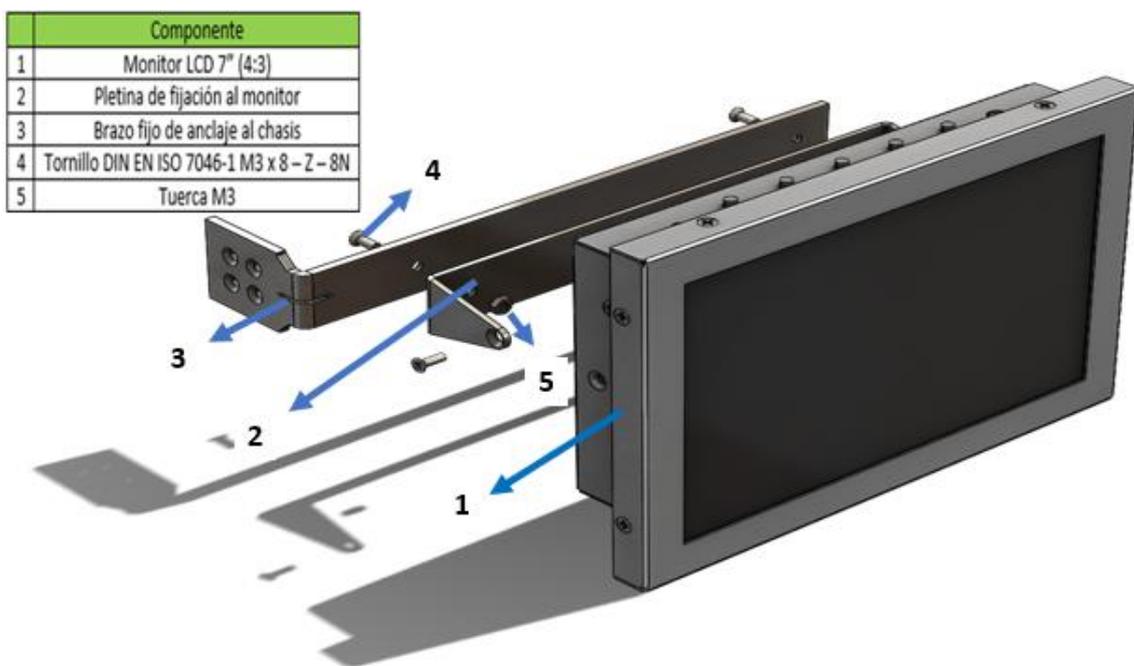


Figura 4. Representación delantera del diseño de SolidWorks del soporte de la pantalla.

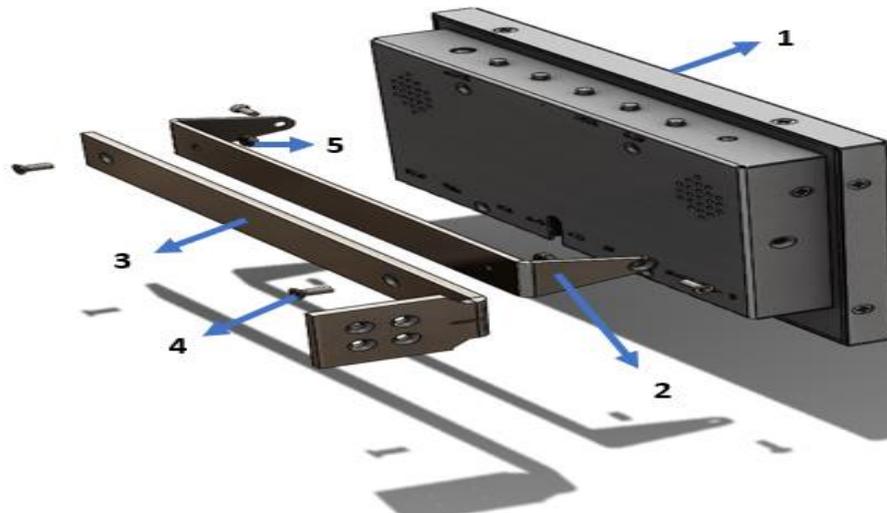


Figura 5. Representación trasera del diseño de SolidWorks del soporte de la pantalla.

#### 4.1.4 Soporte cámara

Se ha diseñado un soporte [2] (ver *figura 6 y 7*) cuyo material será de PVC que cubrirá al completo la cámara [1] a excepción de la ranura de entrada del cable de conexión [5]. Cabe destacar que el soporte dispondrá de un anillo metálico [3] en su parte delantera que estará imantado para acoplar la cámara a la lente del periscopio. El material del anillo será un imán de neodimio. Se ha escogido esta opción de acople para que la cámara se pueda quitar y poner de forma rápida del periscopio para así permitir al tirador apuntar con su propio ojo. Además, el soporte de la cámara dispondrá de una tapa trasera [4] que se podrá quitar y poner lateralmente para sacar y meter la cámara del soporte.

El único gran inconveniente es que el acople del soporte de la cámara a la óptica provoca la sustitución de la goma del ocular.

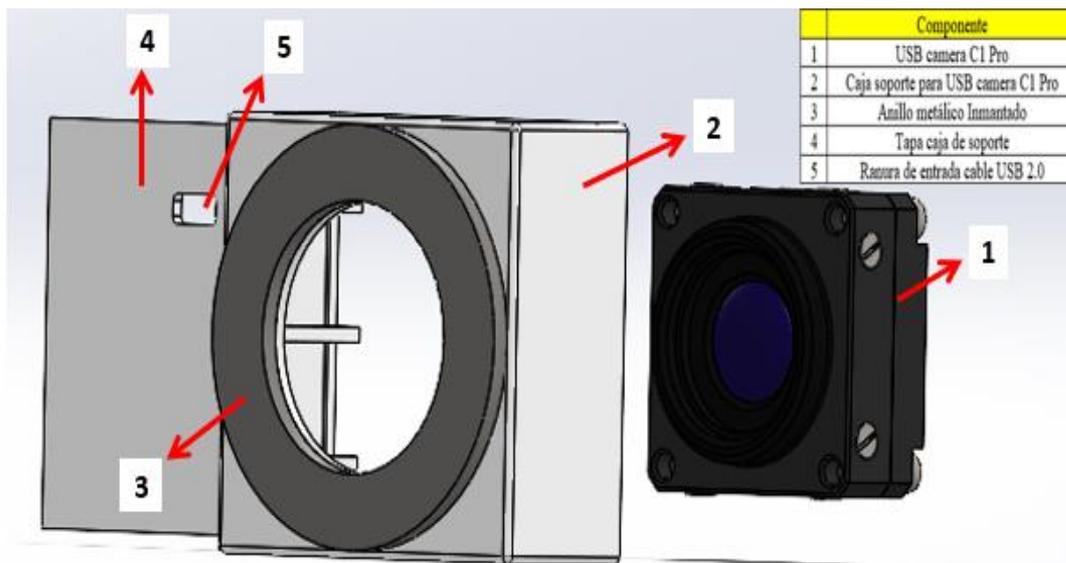


Figura 6. Representación delantera del diseño de SolidWorks de la cámara y su soporte.

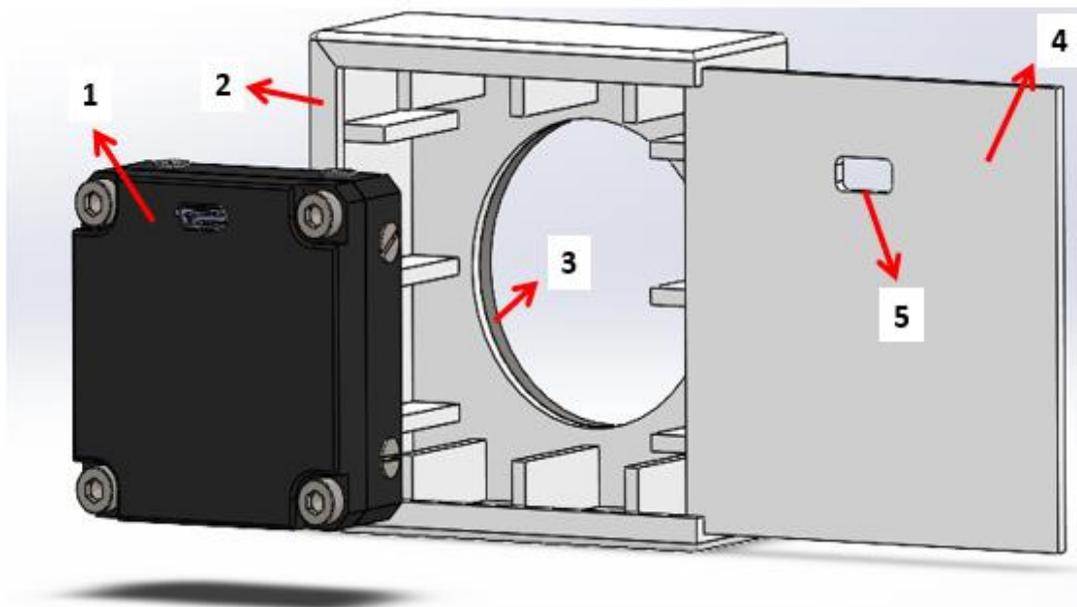


Figura 7. Representación trasera del diseño de SolidWorks de la cámara y su soporte.

Por último, mencionar que en el Anexo G se muestra la plantilla de SolidWorks del soporte de la cámara cuyas dimensiones están perfectamente estudiadas para que el anillo metálico [3] se acople bien al ocular del P204 y para que la cámara este bien fijada y evitar así vibraciones dentro del soporte que estropeen la imagen grabada.

#### 4.1.5 Cable de conexión entre la cámara y la pantalla

El cable de conexión de la cámara será de tipo USB 2.0 y permitirá cargar la cámara al estar conectada al monitor.

#### 4.1.6 Cable de conexión entre la pantalla y la fuente eléctrica

Al adquirir el monitor, el cable de carga del monitor vendrá incluido en la compra del producto. Sin embargo, este tendrá un adaptador de alimentación para enchufar a la pared, por lo que obligaría a sustituir ese adaptador por una toma de mechero. Esta manipulación del cable original se puede realizar en la propia sección de electrónica del escalón de mantenimiento de la unidad.

## 4.2 Localización de la instalación

### 4.2.1 Conexión del monitor a la fuente de alimentación del VEC

En este apartado se explicará la conexión del cable de alimentación del monitor a la fuente de alimentación del vehículo.

En primer lugar, se ha optado por conectar el cable de alimentación del monitor a las baterías directamente, esto permitirá emplear la pantalla y la cámara sin la necesidad de tener el motor encendido ni la electricidad de la torre, lo que nos permitirá observar la pantalla con el vehículo completamente apagado.

Por tanto, es de vital importancia indicar que solo hay tres tipos de cables conectados directamente a las baterías: el cable que da electricidad a la torre, el cable que da electricidad a las radios y, por último, el cable “auxiliar” destinado a periféricos como el plafón, que es un aparato que hace de mini lámpara dentro del vehículo.

A continuación, se presenta un par de fotos de un plafón con sus dos modos de empleo, la luz normal (*figura 8*) y la luz de emergencia (*figura 9*) que es seleccionable a través de un selector. En la torre del VEC existen dos plafones, uno en el puesto del jefe de vehículo y otro en el del tirador.



Figura 8. Plafón con luz normal. Fuente: Elaboración propia.



Figura 9. Plafón con la luz de emergencia. Fuente: Elaboración propia.

Una vez realizado este pequeño análisis, se establecerá una lista del material necesario (ver Anexo I) para conectar el monitor a las baterías. Esto se llevará a cabo a partir de realizar un “puente” en el cable positivo que llega al plafón usando una ficha.

El cable positivo que salga de ese puente se reconducirá a una caja estanca de electrónica exterior que se instalará anclada en la torre del VEC encima del plafón del tirador. A la hora de escoger las dimensiones, se ha tenido en cuenta que la instalación de la cámara no impida el empleo de la palanca giratoria que se utiliza para quitar y poner la plancha exterior de la óptica del tirador.

A continuación, se explicará su ubicación a través de la *figura 10*:

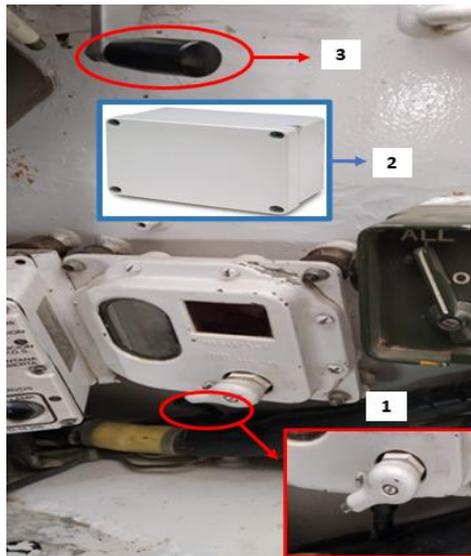


Figura 10. Descripción del lugar donde se quiere instalar la caja estanca de electrónica. Fuente: Elaboración propia.

Observando el plafón, se puede ver debajo del selector que hay un cable pequeño [1] que se encuentra desconectado y es el que da electricidad al plafón.

Por tanto, el puente se haría en ese cable y se pasaría por detrás del plafón para conectarlo en la caja de electrónica [2] que se instalará arriba del plafón.

Por último, indicar que la palanca [3] de arriba es la que sube y baja la plancha que cubre la óptica en el exterior y que sin levantarla, no se vería nada. Es como si a una cámara no se le quitase la tapa del ocular.

A continuación, se mostrará el dibujo de la idea principal de la instalación (*figura 11*). Indicar primero que se ha estudiado la viabilidad de las medidas, es decir, las dimensiones de la caja estanca de electrónica para que quepa encima del plafón y en su interior puede albergar el fusible, porta fusible y la toma de mechero. Asimismo, para anclarlo a la pared de la torre del VEC, se han escogido cuatro tornillos de cabeza hexagonal del catálogo del Ejército de Tierra.

Es de vital importancia indicar que ante la necesidad de taladrar en la torre del VEC y al significar esto una manipulación de la estructura original del vehículo, el encargado de la S4 del regimiento tendría que redactar una petición al PCMASA nº1 en Madrid para realizar los agujeros pertinentes. Además, como se reflejará en el siguiente dibujo, habrá que realizar agujeros para las entradas y salidas de cable, además de recubrir con goma los cables para darles una mayor resistencia. Todas estas tareas se realizarían en el segundo escalón de mantenimiento de la unidad.

Antes de mostrar el esquema de instalación, es importante explicar la secuencia de instalación. A partir del corte o puente en el cable auxiliar, se sacará un cable en positivo de corriente continua que se introducirá en el interior de la caja estanca de electrónica exterior haciendo una pequeña perforación para posteriormente conectarlo al fusible. El principal motivo de emplear un fusible es para evitar que un pico de tensión afecte al monitor. El monitor puede aguantar hasta 2A, pero el vehículo VEC puede llegar a alcanzar en un caso muy extremo de hasta 150A por cada batería y dispone de dos baterías, por tanto, serán 300A. La ventaja de disponer de un fusible es que si surge un pico de tensión algo que es muy poco probable, el fusible se rompa, pero sirva de “escudo protector” al monitor. Otro aspecto a considerar sería la de tomar precauciones y desconectar la pantalla cada vez que se encienda y se apague el motor y la torre.

Una vez que se pasa el cable por el fusible, este se conectará a la toma de mechero que estará empotrada en la caja electrónica. En la base de la toma de mechero se conectará el cable positivo que sale del fusible y otro cable que será el negativo que se fijará a masa atándolo a uno de los tornillos de cabeza hexagonal de la caja. Finalmente, el cable de alimentación de la pantalla tendrá que acoplarse a un conector compatible a la toma de

mechero. A todo esto, indicar que por motivos de seguridad y garantizar un correcto y eficaz funcionamiento, el grosor del cable durante toda la instalación debe de ser del mismo grosor. Además, se reforzarán los cables con goma para protegerlos del agua y otros agentes externos.

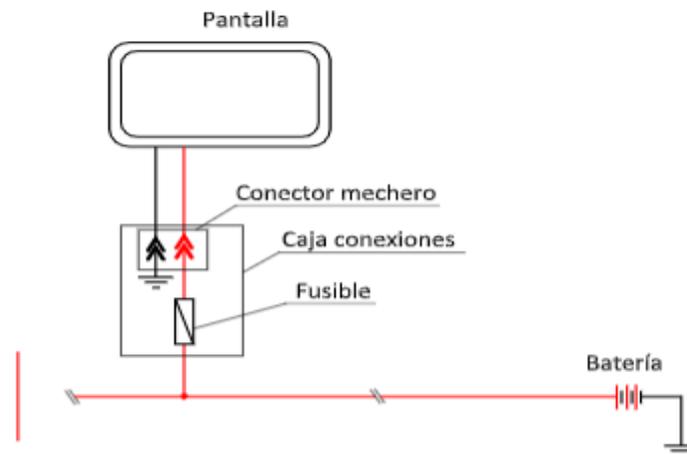


Figura 11. Representación a mano alzada de la instalación eléctrica. Fuente: Elaboración propia.

Una vez que se tiene toda la instalación de la caja estanca de electrónica con todos sus elementos en su interior, y su conexión al cable auxiliar de las baterías, se procederá a realizar un “empalme” de cables del conector de alimentación del monitor con la toma de un cargador de tipo mechero. La longitud del cable tendría que ser de unos 50 cm y se pasará por detrás del mando que mueve la torre de forma manual en “orientación” para engancharla con bridas al resto de cables ya existentes y así poder causar la menor molestia en la posición del tirador.

Se ha establecido que el cable pueda soportar un amperaje de 4A por lo que la sección del cable será de  $2,5 \text{ mm}^2$ . El fusible tendrá la capacidad de aguantar hasta 15 amperios.

#### 4.2.2. Instalación de la pantalla

A la hora de ubicar la instalación de la pantalla, se ha establecido tres criterios muy importantes a tener en cuenta.

En primer lugar, la ubicación. El interior del VEC está lleno de distintos elementos con sus funciones específicas como las radios, la cámara térmica o la pantalla del BMS<sup>3</sup>. Para escoger la ubicación del monitor se ha tenido en cuenta el vehículo más restrictivo en cuanto a espacio, ya que hay algunos VEC sin cámaras térmicas ni BMS (la versión M1 del VEC). Por tanto, la localización del monitor se ha pensado para el VEC de un jefe de escuadrón o sección que es el que más modernizado está (la versión M2) y por tanto más limitado en cuanto a espacio en su interior.

<sup>3</sup> El BMS (Battlefield Management System) es un sistema de mando y control táctico diseñado por Thales e Indra que se encuentra implementado en algunos vehículos y carros de combate del ET, y que sirve para que los mandos de las unidades puedan observar en todo momento a través de una pantalla instalada en el interior del vehículo la ubicación y movimiento en tiempo real de los medios de su unidad en el campo batalla.

El segundo criterio a tener en cuenta es su tamaño, ya que un monitor grande complica su instalación, aumenta el coste y limita su ubicación dentro de la torre.

El tercer y último criterio es que la salida del cable para conectarlo a la cámara sea lo más corto posible y que moleste lo menos posible. Además, cabe recordar que la opción del cable es totalmente imprescindible debido a que las conexiones por medios inalámbricos son sensibles a los medios de guerra electrónica enemiga.

Una vez analizado los tres criterios, se ha tomado la decisión de colocarlos en el soporte blanco [1] que se encuentra justo delante de los mandos eléctricos de la torre [2] en el puesto de tirador (ver *figura 12*). Este espacio ofrece una estructura fija donde poder anclar el soporte en un lateral y la pantalla ocupará el hueco existente que hay entre dicho soporte y el cajón [3] donde se alojan las vainas de la ametralladora (ver *figura 13*). Es de vital importancia, que la pantalla se instale de una manera que sobresalga hacia el tirador ya que el cajón de extracción de las vainas de la ametralladora es oscilante con el cañón y, por tanto, al mover el cañón en elevación y depresión, este cajón se mueve hacia delante y hacia detrás pudiendo golpear a la pantalla. Indicar, que el momento en el que el cajón se situaría más cerca del soporte de la pantalla es cuando el cañón se sitúa en la posición de 10° en depresión cuyo espacio al soporte es de cuatro centímetros. Finalmente, también se ha tenido en cuenta que la pantalla no estorbe a la palanca con un pomo negro [4] que sirve para abrir la ventana de expulsión de vainas de la munición de 25 mm.

A continuación, se mostrará en la *figura 12* y *13* la ubicación de la pantalla

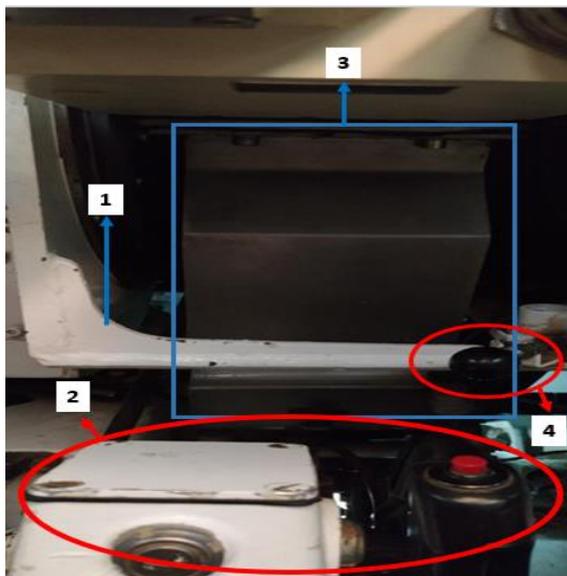


Figura 12. Representación del alojamiento de la pantalla. Fuente: Elaboración propia.



Figura 13. Representación de la ubicación de la pantalla y su soporte en el hueco entre el soporte fijo y el cajón de extracción de vainas de la ametralladora. Fuente: Elaboración propia

Por último, indicar que la salida de los cables de conexión del monitor con la toma de mechero y con la cámara se situarán debajo de la pantalla y encima estarán los botones para encender y apagar la pantalla, ajustar el brillo y demás.

### 4.2.3. Instalación de la cámara

Para finalizar este apartado, faltaría por ubicar la cámara en el VEC. Buscar la ubicación correcta para la cámara ha representado una de las mayores complicaciones de este proyecto. Al igual que en la pantalla, se han tenido en cuenta varios factores como las dimensiones, el tipo de soporte a emplear, el tramo de conexión por cable al monitor y, sobre todo, que fuera oscilante al cañón y la torre.

Finalmente se ha decidido acoplarlo al periscopio P204 del tirador. Esto ofrece varias ventajas que han resultado determinantes para escoger esta opción. La primera de ellas es que al estar acoplado al P204, hace que la cámara sea oscilante con el cañón, es decir, que la cámara apunta donde apunta el cañón. Además, la otra gran ventaja de ubicarlo en el periscopio del tirador es que se aprovecha del juego de lentes de la óptica del P204, es decir, tanto la amplitud visual como los aumentos serán ofrecidos por el periscopio, por tanto, esto permite comprar una cámara más sencilla y por tanto más barata. Como se ha comentado al principio del trabajo, el objetivo principal es sustituir al ojo humano. Por último, la decisión de instalar la cámara en el interior de la torre ofrece dos grandes ventajas: permite un aumento de la esperanza de vida, ya que, aunque el soporte la proteja, una cámara durará considerablemente más dentro que fuera del vehículo que sufrirá las condiciones adversas del clima. La otra gran ventaja es la de no necesitar taladrar en el blindaje de la torre para pasar el cable de conexión a la pantalla.

Respecto al soporte (ver Anexo G), indicar que se ha diseñado un soporte que cubre toda la cámara exceptuando un agujero adaptado para el cable de conexión. Además, dispondrá en la parte trasera de una tapa deslizante para introducir y sacar la cámara. Respecto al acople del soporte de la cámara en el periscopio, se ha optado por retirar la goma del ocular e imantar la arandela y la parte delantera del soporte. Este acople de imanes permitirá un uso flexible del P204, ya que la cámara podrá estar acoplada para las labores de vigilancia y observación en estático y movimiento, y se podrá quitar el soporte de manera sencilla y rápida cuando el tirador quiera apuntar a través de él. Además, la cámara escogida para el proyecto es muy ligera, de 53 gramos exactamente, por lo que tampoco se necesitará un imán extremadamente potente y por tanto más caro. El principal inconveniente es la sustitución de la goma. Por último, indicar que, a la hora de diseñar el soporte, se ha tenido en cuenta el concepto conocido como “emergencia pupilar” que es la distancia que separa la última lente del periscopio con la pupila del ojo del tirador, que es entre 8 y 10 mm.

A continuación, en las *figuras 14 y 15* se ofrece una sencilla e improvisada representación de una cámara de la marca “Go Pro” en el P204 y su conexión a una *tablet*.



Figura 14. Representación de una "Go Pro" empotrada en el periscopio P204 del VEC.  
Fuente: Elaboración propia.



Figura 15. Representación de una tablet de 7" en la supuesta ubicación del monitor. Fuente: elaboración propia.

### 4.3 Coste de la instalación

En este apartado simplemente se ofrecerá una tabla con el coste de cada elemento necesario para llevar a cabo este proyecto. Mencionar, que existe un amplio mercado respecto a los elementos electrónicos pero la diferencia de precio es pequeña y aproximada.

Monitor de 7 pulgadas Beetrionics	249 €
USB camera C1 Pro de Kurokesu	139€
Cable USB 2.0	9,50€
Caja estanca de electrónica exterior	15€
Fusible y porta fusible	1,5€
Ficha	0,30€
Cable positivo y negativo	0,20€
Toma y adaptador de mechero	10€
Tornillos cabeza hexagonal M4x20-8.8 (4 Uds.)	1,20€
Soporte cámara <sup>4</sup>	30€
Soporte pantalla	40€
<b>COSTE TOTAL</b>	<b>495,70€</b>

Tabla 18. Presupuesto total del proyecto

Por último, destacar que, al tratarse de una instalación sencilla, los militares del cuerpo de especialistas destinados en las secciones de electrónica y chapado en el segundo escalón de mantenimiento del Regimiento disponen de los conocimientos y habilidades mínimos requeridos para la instalación del proyecto en el interior del VEC, por lo que el coste de mano de obra de contratar a una empresa externa sería cero.

<sup>4</sup> Para calcular el coste de los dos soportes, se habló con la empresa ANEUR S.L. para realizar una presupuestación aproximada.

# 5 Conclusiones

## 5.1 Conclusiones

En este apartado se realizará un pequeño análisis del proyecto del que se extraerán varias conclusiones.

En primer lugar, hablar sobre la cámara escogida. Al fin y al cabo, el objetivo de la cámara es sustituir al ojo humano, por lo que no se busca una cámara muy potente con muchos aumentos o gran amplitud visual ya que, al instalarlo en el periscopio del tirador, el juego de lentes te ofrece estas prestaciones. Además, como se ha podido observar durante la aplicación del método de análisis multicriterio AHP, los expertos han decidido que el factor más importante a tener en cuenta es el coste de la cámara con un peso de 0,65. Esto está principalmente motivado por la futura renovación de los vehículos del ET, en la que los VEC serán sustituidos por los VCR 8x8 Dragón y, por tanto, le quita sentido el invertir en una cámara muy cara. Como dato a comentar, la tercera versión de la cámara Tauri HD 02150 SDI es la que se emplea en la parte delantera de los coches de Fórmula 1 cuyo precio es de 6.500 € aproximadamente.

Respecto a la pantalla, se ha optado por una de siete pulgadas que es lo más pequeño que se puede encontrar en el mercado. El principal motivo es el tamaño, pero al instalar la cámara delante de los mandos del tirador, la distancia entre la pantalla y el tirador es muy pequeña, lo que hace que un tamaño mayor sea innecesario. Por otro lado, la decisión de instalar una toma de mechero conectada directamente a las baterías para cargar el monitor hace que se pueda usar la pantalla constantemente y el consumo que esto supone es mínimo.

Para concluir con este apartado se va a hablar de los soportes. El de la pantalla es un soporte fijo, que está instalado de tal forma que no afecte al movimiento natural del cajón de extracción de vainas de la ametralladora ni a la palanca de apertura de la ventana de expulsión de vainas de la munición de 25 mm. En cuanto al soporte de la cámara, la ventaja de acoplarlo con un imán es que el tirador puede retirarlo y ponerlo en la óptica de manera sencilla y rápida. Además, la extracción de la cámara del soporte es muy sencilla y dispone de una apertura con salida de cable. Sin embargo, los imanes se desmagnetizan cada cierto tiempo provocado principalmente por el calor y las posibles caídas y ralladuras, pero incorporando un material muy altamente magnético puede permitir la duración de muchísimos años.

Finalmente, concluir que el coste total del proyecto es de prácticamente 500€ por vehículo. Sin embargo, si se decidiese la posibilidad de implementarlo en todos los VEC del ET, se podría ahorrar bastante más dinero en los pedidos masivos de monitores, cámaras y soportes.

## 5.2 Líneas futuras

Respecto a futuras mejoras del proyecto se necesitaría una tecnología que, aunque todavía no existe, se está investigando y desarrollando. Este apartado se enfocará en cuatro vías diferentes a desarrollar.

La primera sería la conectividad, es decir, sustituir los cables de conexión entre la cámara y la pantalla, por una conexión inalámbrica cuya señal no pudiera ser interceptada por los medios de guerra electrónica enemigo.

La segunda sería la de incorporar directamente un sensor en el juego de lentes y poder digitalizar la imagen y pasarla a una pantalla.

En tercer lugar, el proyecto se planteó con la idea de emplear la cámara para labores de observación y vigilancia, pero este proyecto se podría implementar para la labor del tiro, es decir, el poder disparar mirando a través de la pantalla. Por ejemplo, el ejército israelí está implementando el manejo de tanques incluido el tiro con mandos de videojuegos de la consola Xbox. Esto es porque los altos oficiales israelíes han observado como las nuevas generaciones de jóvenes se crían rodeados de videojuegos y por tanto el empleo de mandos de videojuegos aumentaría considerablemente el manejo y adaptación de los jóvenes soldados que se alisten. (Villagrasa & Alfabetá, 2020)

Por último, la cuarta vía a desarrollar sería con un punto de vista extremadamente futurista que sería la de incorporar un sistema de identificación de objetivos. Esto se haría a través de motores biométricos que sean capaces de reconocer si el objetivo fijado es un elemento amigo o enemigo. Para ello se necesitaría una conexión a una base de datos biométrica de todos los elementos amigos y para ello también se necesitaría conexión a internet o a una base de datos local en la propia pantalla o *tablet*. Con esta base de datos se podrían obtener las características principales de un elemento enemigo como blindaje, armamento o munición a emplear contra él. También sería interesante que la cámara tuviera alguna característica parecida a un telémetro láser para obtener la distancia a la que se encuentra el objetivo y las coordenadas de su posición. Aunque como se ha mencionado previamente, esta última posible vía de desarrollo se desconoce si hay algún país investigando en ello. (Entrevista a D. Ignacio Ruiz Fernández & Indra Sistemas S.A., 2020)

## BIBLIOGRAFÍA

- Departamento de Instrucción y adiestramiento Específico Caballería. (n.d.). *Organización de la Caballería*.
- Departamento de Técnica Militar. (n.d.). *Sistemas de Armas de Caballería I*.
- Hurtado, G. B. T. (2005). *El proceso de análisis jerárquico (AHP) como herramienta para la toma de decisiones en la selección de proveedores* [Universidad Mayor Nacional de San Marcos]. [https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano\\_hg/toskano\\_hg.pdf](https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/Tesis/Basic/toskano_hg/toskano_hg.pdf)
- Ruiz Fernández, I., & Indra Sistemas S.A. (2020). *Tipos de cámaras térmicas y Implementación de la cámara térmica del AMX-30 al VEC*.
- Saaty, T. L., & McGraw-Hill. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation (Decision Making Series)*.
- Vargas, L. G., & Assad, A. (2017). In Memoriam - Thomas L. Saaty (1926-2017). *INFORMS*, 44(5). <https://www.informs.org/ORMS-Today/Public-Articles/October-Volume-44-Number-5/INFORMS-News-In-Memoriam-Thomas-L.-Saaty-1926-2017>
- Villagrasa, D., & Alfabetajuega. (2020). *El ejército de Israel utiliza mandos de Xbox en sus tanques*. <https://www.alfabetajuega.com/noticia/el-ejercito-de-israel-utiliza-mandos-de-xbox-en-sus-tanques>
- Yepes Piqueras, V., & Universitat Politècnica de València. (2018). *Proceso Analítico Jerárquico (Analytic Hierarchy Process, AHP)*. <https://victoryepes.blogs.upv.es/2018/11/27/proceso-analitico-jerarquico-ahp/>

## ANEXO A: LISTA DE VEHÍCULOS<sup>5</sup>

<h3>AML 60</h3>	
<h3>AML 90</h3>	
<h3>AMX 30 E</h3>	
<h3>BMR 600</h3>	

<sup>5</sup> En este anexo, las celdas de color rojo representan los vehículos que ya no están de servicio en el ET y los verdes son los vehículos que se emplean actualmente en las distintas unidades de caballería e infantería mecanizada y acorazada. La celda en naranja representa una futura incorporación.

**CC Leopard 2A4**



**CC Leopard 2E**



**LR-109**



**VBR 8x8 Dragón**



**VCI Pizarro**



**VEC**



**VRCC Centauro**



## **ANEXO B. CUESTIONARIO REALIZADO POR LOS DISTINTOS INTEGRANTES DEL GRUPO DE CABALLERÍA LIGERO ACORAZADO “LANCEROS DE BORBÓN”.**

**Cuestionario sobre la elección de una cámara para la consecución del proyecto. Fuente: Elaboración propia.**

**Título del Proyecto:** Empleo de una pantalla auxiliar que evite el uso de los oculares de la óptica del vehículo VEC para situaciones de vigilancia o movimiento.

### **Resumen del proyecto**

El objetivo principal del proyecto consiste en implementar una cámara en la óptica del periscopio P204 del tirador del vehículo VEC y conectarla a una pantalla auxiliar para que el tirador pueda realizar labores de vigilancia en estático o con el vehículo en marcha sin la necesidad de observar por la óptica del periscopio. Con este proyecto se busca principalmente reducir la fatiga del tirador en sus labores de observación al no estar mirando de forma permanente a través de la óptica del periscopio

Cuestionario de evaluación de los criterios, subcriterios y soluciones para su posterior análisis a través del método AHP (Analytical Hierarchy Process)

La realización del cuestionario es totalmente voluntaria.

Si durante la realización del cuestionario le surge alguna pregunta no dude en preguntar

**EMPLEO:**

---

**NOMBRE Y APELLIDOS:**

---

## Características solución A:



SOLUCIÓN A:	TAURI HD 02150 SDI	
CARACTERÍSTICAS:	Resolución	1920 x 1080.
	Tamaño Pixel	5,5 µm x 5,5 µm
	Dynamic Range	64 dB
	Frame Rate	1224x1205/ 30 fps 612x512 / 50 fps 306 x 256 / 60 fps
	Peso	500 gr
	Dimensiones	44 x 44 x 53 mm
	Consumo	9-36 V DC /5 W/ 140-550 mA
	Coste de adquisición	1.200 €
	Tiempo de espera	10-15 días
	Interfaz	BNC (HD-SDI) HR10 (power supply)
	Temperatura de trabajo	-25 °C a + 65 °C
	Tamaño del sensor	2/3"
	Estando	SI

## Características solución B:



SOLUCIÓN B:	ZELOS 655 GV	
CARACTERÍSTICAS:	Resolución	2448 x 2050
	Tamaño Pixel	3,45 µm x 3,45 µm
	Dynamic Range	52 dB
	Frame Rate	2448 x 2050/ 9 fps 1224x1205/ 15 fps 612 x 512 / 31 fps 306 x 256/ 65 fps
	Peso	200 gr
	Dimensiones	50 x 50 x 58 mm
	Consumo	9-36 V DC /4 W/ 140-550 mA
	Coste de adquisición	700€
	Tiempo de espera	10-15 días
	Interfaz	RJ 45 (Gigabit Ethernet) Conector tipo 10 pin (power supply)
	Temperatura de trabajo	-20 °C a + 65 °C
	Tamaño del sensor	2/3"
	Estanco	SI

## Características solución C:



SOLUCIÓN C:	USB CAMERA C1 Pro	
CARACTERÍSTICAS:	Resolución	2304 x 1536.
	Tamaño Pixel	2,2 µm x 2,2 µm
	Dynamic Range	72,4 dB
	Frame Rate	1920 x 1080 / 5 fps 1280 x 720 / 10 fps 640 x 480 30 fps
	Peso	53 gr
	Dimensiones	40 x 40 x 23 mm
	Consumo	6-8 V DC /2W/ 290-350mA
	Coste de adquisición	148,5 €
	Tiempo de suministro	5-10 días
	Interfaz	USB 2.0.
	Temperatura de trabajo	-50 °C a + 85 °C
	Tamaño del sensor	1/3"
	Estanco	NO

## Evaluación de los criterios

Los criterios más importantes que se han establecido para escoger la cámara son:

1. **Prestaciones:** las cámaras deben de ofrecer unas buenas prestaciones para que el tirador pueda observar el exterior de forma nítida como si de su propio ojo se tratase. Habrá cámaras con una mejor resolución para la toma de imágenes, otras tendrán mejor calidad de vídeo y otras serán capaces de captar una mayor cantidad de tonos de luz.
2. **Instalación:** este apartado es el que aporta la viabilidad física del proyecto. Se puede tener un grandísimo presupuesto que nos permita obtener la mejor cámara, pero si la cámara no cabe o consume más energía de lo que la torre del VEC pueda proporcionar, el proyecto independientemente del presupuesto no será viable.
3. **Costes:** cuando se habla de grandes proyectos a veces el presupuesto es el mayor de los inconvenientes. Habrá cámaras mejores y más caras, pero a lo mejor cada individuo debe valorar si necesita la mejor cámara o con una más barata obtiene las prestaciones básicas que necesita. Asimismo, habrá que evaluar el tiempo de espera para recibir nuevas cámaras, ya que un gran retraso en la entrega de un producto que se necesita de forma urgente resta operatividad a la unidad.

A continuación, usted deberá marcar con una X aquel criterio **que considere más importante a tener en cuenta**, además deberá puntuar el criterio seleccionado entre 1 y 9 según la siguiente escala:

ESCALA DE PREFERENCIAS:	
Significado de la valoración:	Valoración:
Extremadamente preferible.	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible.	8
Muy fuertemente preferible.	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible.	6
Fuertemente preferible.	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible.	4
Moderadamente preferible.	3
Entre igualmente y moderadamente preferible.	2
Igualmente, preferible.	1

En caso de que los considere igual de importantes, marque cualquiera de los criterios y valórelo con un 1.

	PRESTACIONES	INSTALACIÓN	VALORACIÓN
1).			
	PRESTACIONES	COSTES	VALORACIÓN
2).			
	INSTALACIÓN	COSTES	VALORACIÓN
3).			

## Evaluación de los subcriterios

### PRESTACIONES:

1. **Resolución:** una cámara con una mayor resolución nos permitirá obtener una mejor calidad de foto. Este aspecto puede ser interesante a la hora de realizar capturas de imagen para posteriormente analizarlas. Una buena resolución nos podría permitir identificar detalles pequeños como el tipo de armamento del enemigo.
2. **Dynamic Range:** este parámetro refleja la cantidad de tonos o niveles de luminosidad que puede captar el sensor de una cámara. Con esta característica podremos captar una mayor tonalidad de los colores y se podrá captar de mejor forma las sombras. Esta característica es interesante para situaciones de observación durante los amaneceres y atardeceres que es cuando la cantidad de luz varía rápidamente. Cuanto mayor sea el Dynamic Range, más tonos captará el sensor.
3. **Frame Rates:** Este aspecto refleja la velocidad a la que una cámara es capaz de capturar una imagen para crear un vídeo. En primer lugar, es importante explicar que los vídeos están formados por muchas imágenes seguidas. Un vídeo de normal tiene 25 fps (fotogramas por segundo), por tanto, cuanto mayor sea el Frame Rate mejor calidad tendrá el vídeo (pero esto no siempre se traduce en una mejor resolución). Este parámetro es muy importante para grabar a tiempo real, sobre todo cuando el tirador observa cuando el vehículo se encuentra en movimiento.

A continuación, deberá marcar con una X aquel criterio **que considere más importante a tener en cuenta**, además deberá puntuar el criterio seleccionado entre 1 y 9 según la siguiente escala:

ESCALA DE PREFERENCIAS:	
Significado de la valoración:	Valoración:
Extremadamente preferible.	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible.	8
Muy fuertemente preferible.	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible.	6
Fuertemente preferible.	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible.	4
Moderadamente preferible.	3
Entre igualmente y moderadamente preferible.	2
Igualmente, preferible.	1

En caso de que los considere igual de importantes, marque cualquiera de los criterios y valórela con un 1.

	RESOLUCIÓN	DYNAMIC RANGE	VALORACIÓN
4).			

5).	RESOLUCIÓN	FRAME RATE	VALORACIÓN
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
6).	DYNAMIC RANGE	FRAME RATE	VALORACIÓN
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

**INSTALACIÓN:**

- Peso y dimensiones:** aunque se ha estudiado la viabilidad de la instalación de las distintas soluciones propuestas en la óptica del P204, una cámara demasiado grande puede estorbar los movimientos que realiza el tirador dentro de la torre además de necesitar un soporte más grande. En cuanto al peso, también puede incomodar a la hora de quitar y poner la cámara en el P204 para cuando se quiera prescindir de la cámara y apuntar por la óptica.
- Consumo:** un alto consumo puede suponer una limitación que afecta a la movilidad y autonomía del VEC, por lo que es interesante buscar una cámara que consuma lo menos posible.
- Interfaz:** el tipo de interfaz muestra los tipos de cables que se pueden conectar a la cámara. Este aspecto es importante tenerlo en cuenta ya que una interfaz compleja puede limitar nuestra búsqueda en el mercado de una pantalla compatible. Asimismo, en el caso de no existir, habría que encargar la fabricación de un cable compatible, provocando esto un pequeño aumento del presupuesto.

A continuación, deberá marcar con una X aquel criterio **que usted considere de mayor relevancia**, además deberá puntuar el criterio seleccionado entre 1 y 9 según la siguiente escala:

ESCALA DE PREFERENCIAS:	
Significado de la valoración:	Valoración:
Extremadamente preferible.	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible.	8
Muy fuertemente preferible.	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible.	6
Fuertemente preferible.	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible.	4
Moderadamente preferible.	3
Entre igualmente y moderadamente preferible.	2
Igualmente, preferible.	1

En caso de que los considere igual de importantes, marque cualquiera de los criterios y valórelo con un 1.

7).	PESO Y DIMENSIONES	CONSUMO	VALORACIÓN
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

8).	PESO Y DIMENSIONES	INTERFAZ	VALORACIÓN
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
9).	CONSUMO	INTERFAZ	VALORACIÓN
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Los subcriterios elegidos para la evaluación de las alternativas son los siguientes:

**COSTE:**

- 1. Precio unitario:** en el ejército, una de las mayores limitaciones por no decir la mayor de ellas es el presupuesto de los proyectos, por tanto, habrá que evaluar si para cubrir nuestras necesidades sirve con comprar una cámara que no sea la mejor y por tanto la más barata.
- 2. Flujo de suministros:** en ocasiones, cuando la situación táctica es urgente y no disponemos del material necesario, es preciso hacerse con él de la forma más rápida posible. Lo mismo pasa con la cámara, a lo mejor nos interesa comprar una cámara más cara sabiendo que la recibiremos inminentemente, que una más barata que nos pueda tardar el doble en llegar.

A continuación, deberá marcar con una X aquel criterio **que usted considere de mayor relevancia**, además deberá puntuar el criterio seleccionado entre 1 y 9 según la siguiente escala:

ESCALA DE PREFERENCIAS:	
Significado de la valoración:	Valoración:
Extremadamente preferible.	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible.	8
Muy fuertemente preferible.	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible.	6
Fuertemente preferible.	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible.	4
Moderadamente preferible.	3
Entre igualmente y moderadamente preferible.	2
Igualmente, preferible.	1

En caso de que los considere igual de importantes, marque cualquiera de los criterios y valórelo con un 1.

10).	PRECIO UNITARIO	FLUJO DE SUMINISTROS	VALORACIÓN
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

## EVALUACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS

Con la información que posee de las diferentes alternativas, los criterios y subcriterios, deberá marcar con una X aquella alternativa **que usted considere de mayor relevancia**, además deberá puntuar la alternativa seleccionado entre 1 y 9 según la siguiente escala:

<b>ESCALA DE PREFERENCIAS:</b>	
<b>Significado de la valoración:</b>	<b>Valoración:</b>
Extremadamente preferible.	9
Entre muy fuertemente y extremadamente preferible.	8
Muy fuertemente preferible.	7
Entre fuertemente y muy fuertemente preferible.	6
Fuertemente preferible.	5
Entre moderadamente y fuertemente preferible.	4
Moderadamente preferible.	3
Entre igualmente y moderadamente preferible.	2
Igualmente, preferible.	1

En caso de que los considere igual de importantes, marque cualquiera de los criterios y valórelo con un 1.

Este apartado tiene como objetivo la valoración **INTERFAZ**

	TAURI HD 02150	ZELOS 655 GV (B)	VALORACIÓN
	SDI (A)		
11).			

	TAURI HD 02150	USB CAMERA C1	VALORACIÓN
	SDI (A)	(C)	
12).			

	ZELOS 655 GV (B)	USB CAMERA C1	VALORACIÓN
		(C)	
13).			

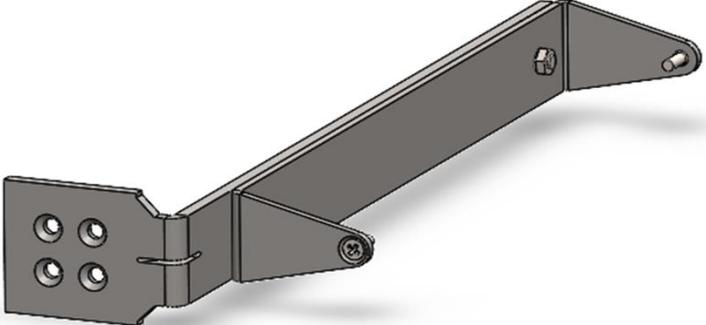
**FIN DEL CUESTIONARIO**

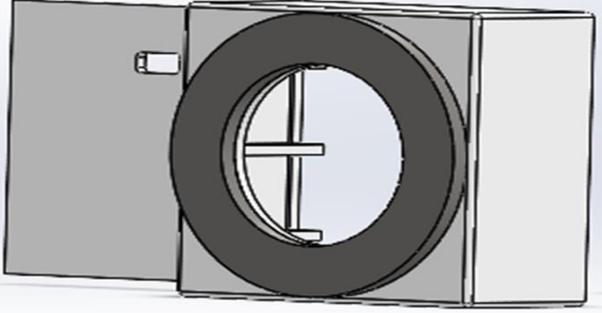
**MUCHAS GRACIAS POR SU TIEMPO**

## ANEXO C: RESULTADOS DE LA ENCUESTA

	Nº de comparación	Comparación	Opción A		Opción B		Media A	Media B	Media mayor/media menor	Valor de Saaty
			Suma de puntuación	Nº de votos	Suma de puntuación	Nº de Votos				
Preguntas Criterios	1	Prestaciones VS Instalación	165	21	10	4	7,857142857	2,5	3,142857143	7
	2	Prestaciones VS Costes	57	11	95	14	5,181818182	6,785714286	1,309523809	1/3
	3	Instalación VS Costes	4	2	188	23	2	8,173913043	4,086956522	1/9
Preguntas Prestaciones	4	Resolución VS Dynamic Range	145	19	21	6	7,631578947	3,5	2,180451128	5
	5	Resolución VS Frame Rate	49	14	36	11	3,5	3,272727273	1,069444444	1
	6	Dynamic Range VS Frame Rate	31	8	82	17	3,875	4,823529412	1,244781784	1/3
Preguntas Instalación	7	Peso y dimensiones VS	27	7	131	18	3,857142857	7,277777778	1,886831276	1/5
	8	Peso y dimensiones VS	11	5	155	20	2,2	7,75	3,522727273	1/7
	9	Consumo VS Interfaz	53	10	93	15	5,3	6,2	1,169811321	1/3
Preguntas Costes	10	Precio Unitario VS Flujo de Suministros	45	11	98	14	4,090909091	7	1,711111111	1/5
Preguntas Interfaz	26	Tauri HD 02150 SDI VS Zelos 655 GV	44	13	29	12	3,384615385	2,416666667	1,400530504	3
	27	Tauri HD 02150 SDI VS USB camera C1	17	7	142	18	2,428571429	7,888888889	3,248366012	1/7
	28	Zelos 655 GV VS USB camera C1Pro	5	3	166	22	1,666666667	7,545454545	4,527272726	1/9

## ANEXO D: LISTA DEL MATERIAL A EMPLEAR PARA LLEVAR A CABO EL PROYECTO

<p>Monitor metálico 7" (4:3) Empresa Beetronics</p>	
<p>USB camera C1 Pro Empresa Kurokesu</p>	
<p>Soporte Pantalla</p>	

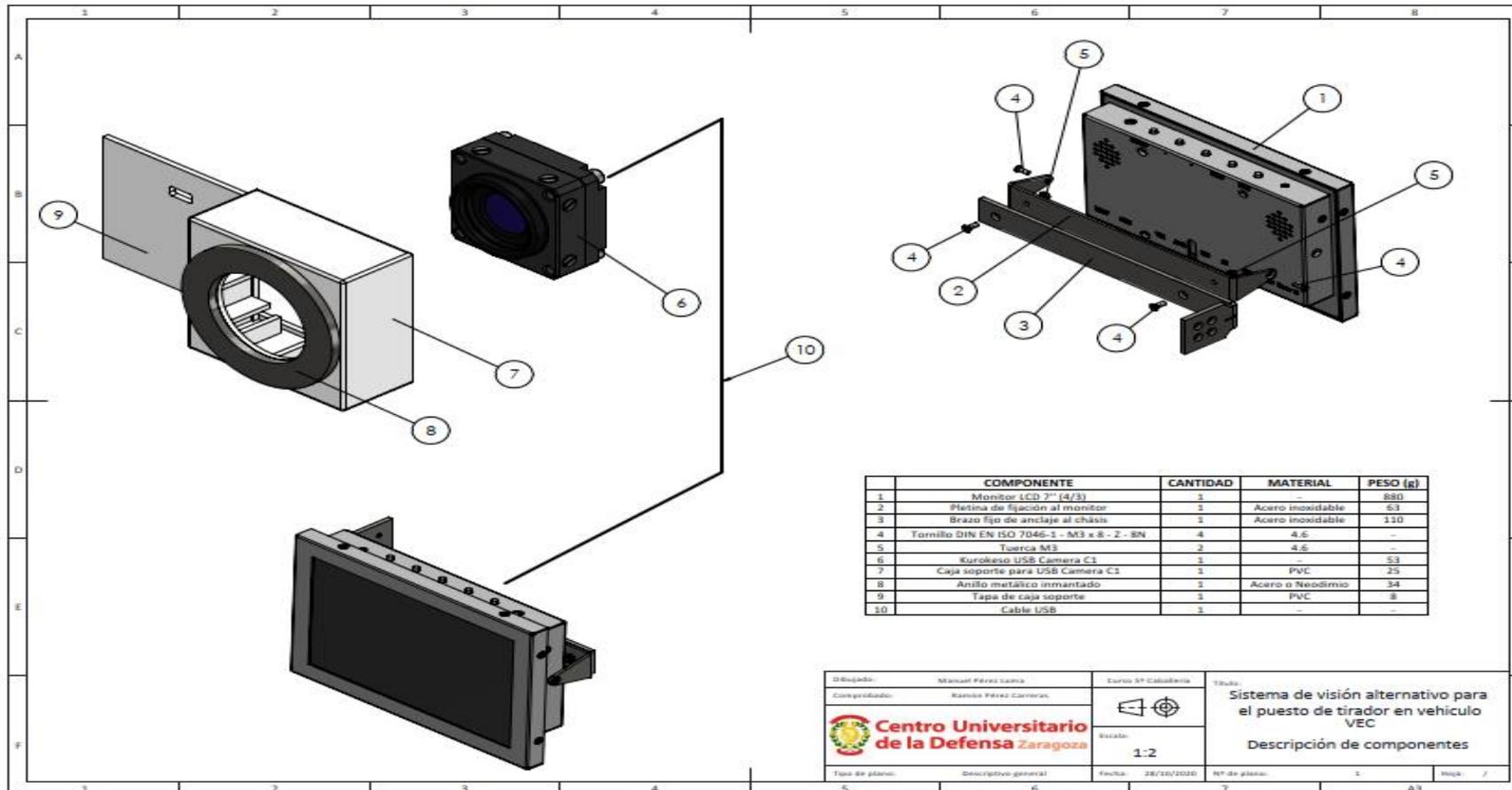
<p>Soporte Cámara</p>	
<p>Cable de conexión entre la cámara y la pantalla USB 2.0</p>	
<p>Cable de conexión entre la pantalla y la fuente de alimentación (50 cm)</p>	
<p>Material complementario para la instalación eléctrica</p>	<p><b>Ver Anexo I</b></p>

## ANEXO E: CARACTERÍSTICAS MONITOR BEETRONICS DE 7 PULGADAS (4:3)

Beetronics Monitor metálico de 7 pulgadas (4:3)	
Resolución	1080p
Precio	249 €
Conexiones	HDMI, VGA, BNC, RCA, USB y Jack 3,5 mm (Entrada y Salida)
Dimensiones Totales	168 x 139 x 36 mm
Dimensiones Pantalla	143 x 107 mm
Tamaño Diagonal	7 pulgadas (178 mm)
Tipo de Panel	LED
Voltaje de entrada	9-33 voltios
Contraste	800:1
Temperatura Operativa	-20 °C a + 60 °C
Humedad de funcionamiento	20% - 90 % sin condensación (rugerizado soportará más)
Control Remoto	SI
Ajuste de Brillo	SI
Rugerizado	NO

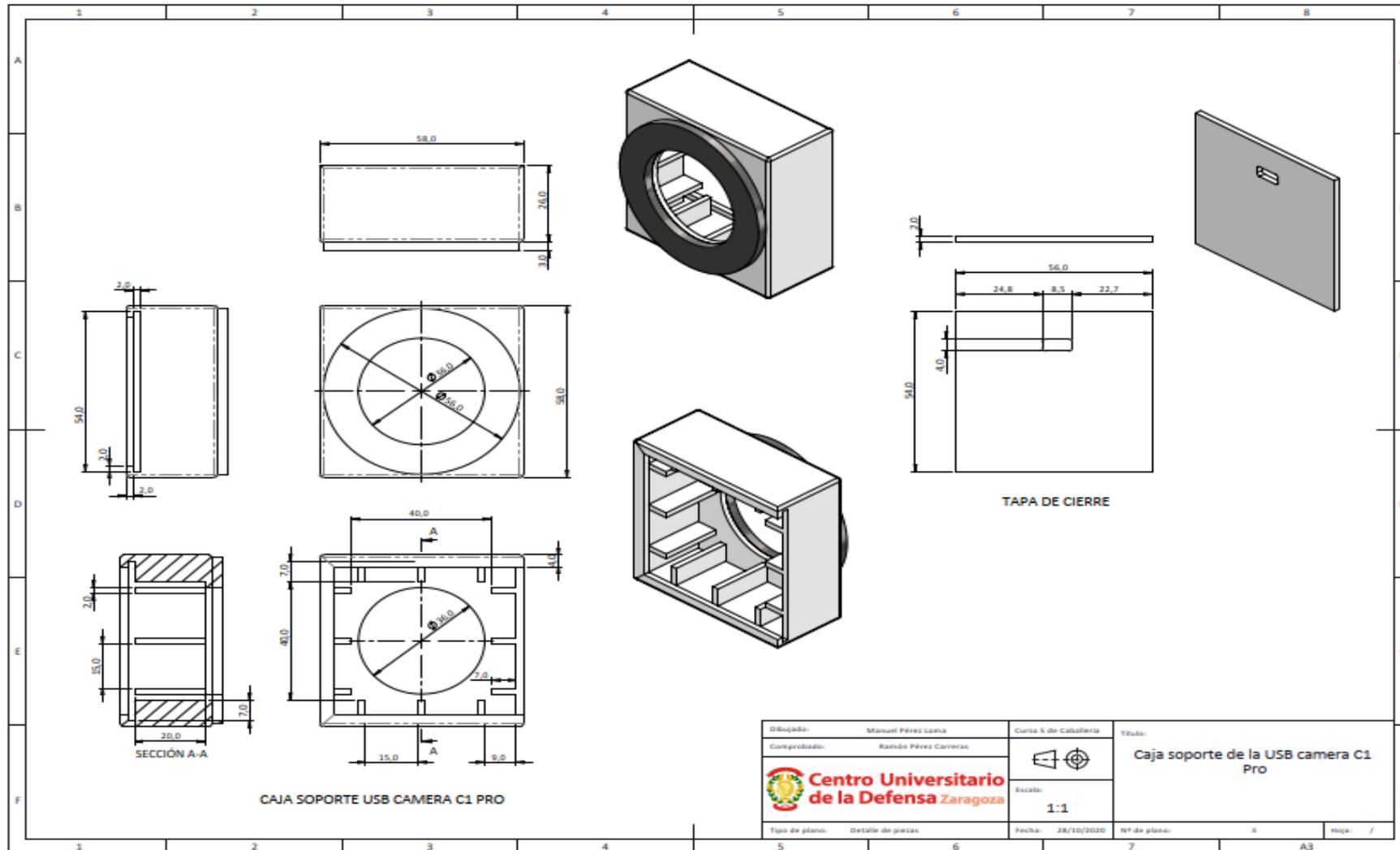


## ANEXO F: DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS SOPORTES<sup>6</sup>

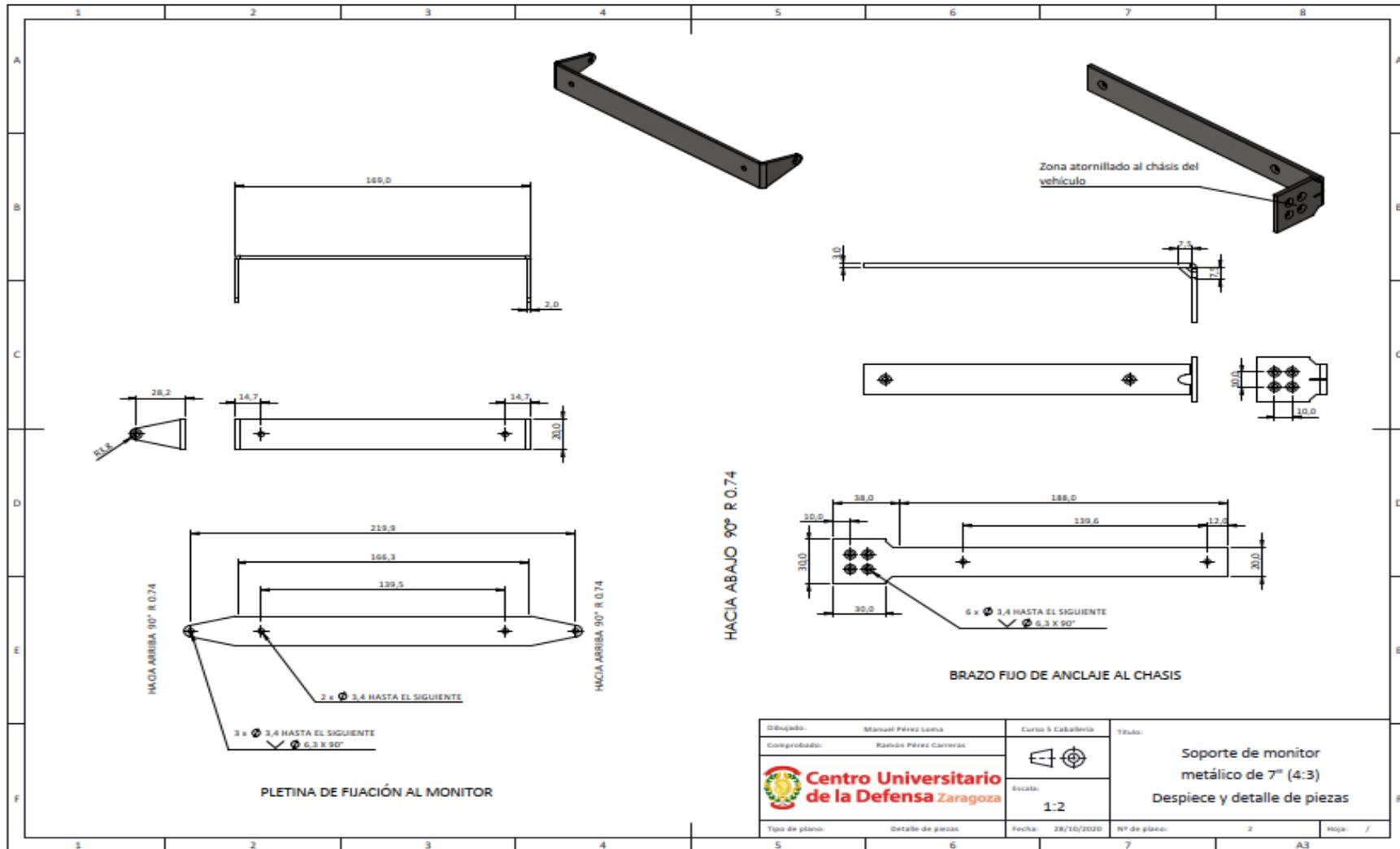


<sup>6</sup> En este diseño lo único que no es de elaboración propia es la pantalla de 7" cuyo modelo en 3D es ofrecido por la página web de Beetronics en este enlace en el apartado de descargas: <https://www.beetronics.es/monitor-7-pulgadas-4-3>

## ANEXO G: SOPORTE DE LA CÁMARA



## ANEXO H: SOPORTE DE LA PANTALLA



## ANEXO I: LISTA DEL MATERIAL ELÉCTRICO PARA LA INSTALACIÓN

<p>Caja estanca de electrónica exterior (4 tornillos incluidos) Dimensiones 99x99x55 mm Peso 100 g Material Plástico</p>	
<p>Un cable con conexión de macho y hembra De 2,5 mm<sup>2</sup> recubierto de goma. (Existe una tabla con los estándares del grosor de cable en relación con el amperaje que puede soportar un cable)<sup>7</sup></p>	
<p>Una ficha que soporte 15 A</p>	
<p>Un fusible y porta fusible de 15A</p>	
<p>Una toma y adaptador de tipo mechero</p>	

<sup>7</sup> Tabla con estándares del grosor de cables en función del amperaje. Ver en: <https://postventa.webcindario.com/seccioncable.pdf> p.6.

<p>Cable positivo y negativo de 2,5 <math>mm^2</math> de sección.</p>	
<p>Tornillo Cabeza Hexagonal DIN 931 M4x20-8.8 (4 unidades) NOC: 5305-33-0035254</p>	

