



**Universidad**  
Zaragoza

## Trabajo Fin de Grado

# DESARROLLO DE UN SISTEMA EFICIENTE DE MANTENIMIENTO DE VEHÍCULOS, ESTACIONES DE TRANSMISIONES Y GRUPOS ELECTRÓGENOS EN UNA UNIDAD LITORAL

MIGUEL PINTO PÉREZ

Director académico: Dr. D. Antonio Otal Germán

Director militar: Tte D. Rubén Quesada Arenas

Centro Universitario de la Defensa-Academia General Militar

2022





## AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer a todo el personal del BCG de la Brigada “Canarias” XVI, en particular a la Compañía de Transmisiones por su acogida a lo largo de las prácticas externas. He podido aprender mucho en este periodo gracias a todo el personal de la Compañía. Destacar el agradecimiento a mi Director Militar el Teniente de Transmisiones D. Rubén Quesada Arenas y al Sargento del Cuerpo de Especialistas D. Ousama Bouzide Mohamed por su gran dedicación y enseñanza que me han brindado durante las prácticas.

Agradecer también la labor de mi Director Académico, el Dr. D. Antonio Otaol Germán que, aparte de haber sido mi profesor en la asignatura de Matemáticas III, me ha aconsejado constantemente y ha prestado toda su dedicación para perfeccionar este trabajo al máximo.

Agradecer enormemente a toda mi familia por el apoyo, cariño y amor que me han dado durante todos estos años; a mis padres, mi hermano y mis abuelas que han estado ahí siempre desde el principio de todo. A mis amigos y sobre todo a mi pareja por estar siempre y en todo lugar apoyándome, en los buenos y en los malos momentos de toda esta carrera.

Y por último quería dedicar este trabajo, como símbolo de culminación de todos estos años de formación y esfuerzo, a mis dos abuelos que, aunque ya no pueden estar aquí conmigo, siempre los tendré en mi corazón.

Gracias a todos.





## RESUMEN

Este trabajo tiene como finalidad desarrollar una serie de mejoras al mantenimiento de los vehículos, estaciones de transmisiones y grupos basándose en las carencias y fallos detectados por la Compañía de Transmisiones de la Brigada “Canarias” XVI. La orientación de este trabajo va dirigida a los daños ocasionados por la corrosión.

Para desarrollar el estudio, se ha llevado a cabo inicialmente un análisis de los problemas detectados por las unidades en los equipos de transmisiones, a través de entrevistas a grupos de expertos

Posteriormente, se han estudiado las posibles soluciones a cada uno de los fallos y mejoras a través de entrevistas con expertos, tanto del Arma de Transmisiones como del Cuerpo de Especialistas

En tercer lugar, se ha desarrollado un análisis de dichas mejoras, a través de estudios de tipo coste-beneficio y AMFE con la finalidad de seleccionar la más óptima.

Por último, se han detallado unas conclusiones y futuras líneas de trabajo sobre el mantenimiento, así como un apartado dedicado a las referencias bibliográficas consultadas para la realización de este trabajo.

## PALABRAS CLAVE

Grupo electrógeno, mantenimiento, corrosión, oxidación.



## **ABSTRACT**

The purpose of this work is to develop a series of improvements to the maintenance of vehicles, transmission stations and electric generator based on the shortcomings and failures detected by the Transmission Company of the XVI "Canarias" Brigade. The orientation of this work is directed to the damage caused by corrosion.

To develop the study, an analysis was initially carried out of the problems detected by the units in the transmission equipment, through interviews with groups of experts.

Subsequently, the possible solutions to each of the failures and improvements to through interviews with experts, both from the Transmission Arm and the Specialist Corps.

Thirdly, an analysis of said improvements has been developed, through cost-benefit and AMFE studies in order to select the most optimal.

Finally, some conclusions and future lines of work on maintenance have been detailed, as well as a section dedicated to the bibliographical references consulted to carry out this work.

## **KEYWORDS**

Electric generator, maintenance, corrosion, oxidation.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS .....</b>	<b>I</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>III</b>
<b>PALABRAS CLAVE.....</b>	<b>III</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>IV</b>
<b>KEYWORDS.....</b>	<b>IV</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS.....</b>	<b>X</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 ANTECEDENTES.....	1
1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	1
1.3 OBJETIVOS, ALCANCE Y METODOLOGÍA .....	1
1.4 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA .....	2
<b>2 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4</b>
2.1 MANTENIMIENTO.....	4
2.2 EL FENÓMENO DE LA CORROSIÓN .....	5
2.2.1 CORROSIÓN ATMOSFÉRICA .....	5
2.2.2 CORROSIÓN GALVÁNICA.....	6
2.2.3 CELDAS DE COMPOSICIÓN .....	7
2.2.4 CORROSIÓN POR TENSIÓN DINÁMICA.....	7
2.3 VEHÍCULOS, ESTACIONES DE TRANSMISIONES Y GRUPOS ELECTRÓGENOS EN LA CIATRANS 16.....	8
2.3.1 VEHÍCULO URO VAMTAC .....	8



2.3.2	VEHÍCULO SANTANA ANÍBAL .....	9
2.3.3	ESTACIÓN SATÉLITE ATQH .....	10
2.3.4	ESTACIÓN MERCURIO .....	10
2.3.5	ESTACIÓN SORIA .....	11
2.3.6	ESTACIÓN RED BÁSICA DE ÁREA (RBA) .....	11
2.3.7	GRUPO ELECTRÓGENO DE 3 KVAS .....	12
2.3.8	GRUPO ELECTRÓGENO DE 12 KVAS .....	12
<b>3</b>	<b>ESTUDIO DE FALLOS Y PROBLEMAS .....</b>	<b>13</b>
3.1	FALLOS EN LOS COMPONENTES INTERNOS .....	13
3.2	FALLOS EN LOS COMPONENTES EXTERNOS .....	14
3.3	ANÁLISIS AMFE DE LOS FALLOS PRESENTES .....	16
<b>4</b>	<b>ANÁLISIS DE MEJORAS .....</b>	<b>17</b>
4.1	MEJORAS EN LOS COMPONENTES INTERNOS .....	17
4.1.1	SOLUCIONES APLICADAS A LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN .....	17
4.1.2	SOLUCIONES APLICADAS A ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS .....	17
4.2	MEJORAS EN LOS COMPONENTES EXTERNOS .....	18
4.2.1	SOLUCIONES APLICADAS SOBRE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO .....	18
4.2.2	SOLUCIONES APLICADAS SOBRE EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO .....	20
4.3	ANÁLISIS AMFE DE LAS MEJORAS Y COSTE DE LAS SOLUCIONES .....	23
4.4	APLICACIÓN DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS AL MANTENIMIENTO EN UNA ORGANIZACIÓN .....	24
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS .....</b>	<b>26</b>
<b>6</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>27</b>
	<b>ANEXO A: DIAGRAMA DE GANTT .....</b>	<b>28</b>
	<b>ANEXO B: ENTREVISTAS .....</b>	<b>31</b>



<b><i>ANEXO C: ANÁLISIS AMFE FALLOS Y MEJORAS .....</i></b>	<b><i>33</i></b>
<b><i>ANEXO D: ANÁLISIS DETALLADO DE COSTES .....</i></b>	<b><i>34</i></b>
<b><i>ANEXO E: ORGÁNICA DE LA CIATRANS 16 Y LA PLANA.....</i></b>	<b><i>35</i></b>



## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ejemplo de corrosión atmosférica. Fuente: issuu.com .....	6
Figura 2. Potencial eléctrico de algunos metales. Fuente: blogsaverros.juntadeandalucia.es .....	6
Figura 3. Ejemplo de corrosión galvánica. Fuente: patologíasconstruccion.es .....	7
Figura 4. Vehículo URO VAMTAC. Fuente: defensa.com .....	9
Figura 5. Vehículo SANTANA Aníbal. Fuente: Wikipedia.org .....	9
Figura 6. Estación ATQH sobre VAMTAC. Fuente: elconfidencialdigital.com .....	10
Figura 7. Estación Mercurio sobre VAMTAC. Fuente: zaguan.unizar.es .....	10
Figura 8. Estación Soria sobre VAMTAC. Fuente: infodefensa.com .....	11
Figura 9. Estación RBA sobre VAMTAC. Fuente: ejercito.defensa.gob.es .....	11
Figura 10. Grupo electrógeno 3kVAs (elaboración propia) .....	12
Figura 11. Grupo electrógeno 12 kVAs (elaboración propia) .....	12
Figura 12. Vista desde el cárter de un motor sin cambio de aceite. Fuente: actualidadmotor.com .....	13
Figura 13. A la izquierda un circuito quemado; a la derecha un ICP quemado. Fuente: es.123rf.com .....	14
Figura 14. Vista frontal VAMTAC con marcas de oxidación (elaboración propia) .....	14
Figura 15. Vista lateral VAMTAC con marcas de oxidación (elaboración propia) .....	15
Figura 16. Vista lateral de un VAMTAC y grupo electrógeno con marcas de oxidación (elaboración propia) .....	15
Figura 17. Diseño hangar con estructura metálica (elaboración propia) .....	19
Figura 18. Estructura tejido transpirable e impermeable. Fuente: Wikipedia.org .....	20
Figura 19. Diagrama de Gantt vista 1 (elaboración propia) .....	29
Figura 20. Diagrama de Gantt vista 2 (elaboración propia) .....	30
Figura 21. Orgánica de la CIATRANS 16 (elaboración propia) .....	35
Figura 22. Orgánica de la Sección de Plana (elaboración propia) .....	35



## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1. Leyenda con colores sobre el NPR .....</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 2. Análisis AMFE de fallos (fase inicial).....</b>	<b>16</b>
<b>Tabla 3. Análisis AMFE de mejoras (fase final) .....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla 4. Resumen costes.....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla 5. Coste software GMAO de diversas empresas .....</b>	<b>25</b>
<b>Tabla 6. Análisis AMFE completo .....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla 7. Coste de hangar .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 8. Coste de lona.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 9. Coste lavado de vehículo .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 10. Coste de fibra de carbono.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 11. Coste de acero inoxidable .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 12. Coste de acero galvanizado.....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 13. Coste de pintura anticorrosiva .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 14. Coste de grasa de cobre .....</b>	<b>34</b>



## ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

**AMFE** → Análisis Modal de Fallos y Efectos

**ATQH** → At the Quick Halt

**BRICAN** → Brigada “Canarias” XVI

**CIATRANS 16** → Compañía de Transmisiones de la Brigada “Canarias” XVI

**CV** → Caballos de Vapor

**ET** → Ejército de Tierra

**GMAO** → Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador

**HF** → High Frequency

**ICP** → Interruptor de Control de Potencia

**NPR** → Número de Prioridad del Riesgo

**OTAN** → Organización del Tratado Atlántico Norte

**PCBON** → Puesto de Mando de Batallón

**RBA** → Red Básica de Área

**SCPC** → Single Chanell per Carrier

**SOTM** → Satellite on the Move

**UHF** → Ultra High Frequency

**VA** → Voltamperio

**VAMTAC** → Vehículo de Alta Movilidad Táctico

**VHF** → Very High Frequency



# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 ANTECEDENTES

El Arma de Transmisiones se caracteriza por el uso de un gran número de equipos de telecomunicaciones, dispositivos, materiales y vehículos. El buen uso de los mismos es una clave importante para alargar su vida útil. Pero lo más importante es el correcto mantenimiento de todos ellos. Sin un correcto mantenimiento, apenas se podrá hacer uso de ellos durante un corto periodo. El mantenimiento es una de las piezas cruciales para el cumplimiento de la misión dentro del Ejército. Dentro de las unidades militares, los encargados del mantenimiento son los escalones de mantenimiento. Se dividen en cuatro escalones en función de la profundidad y complejidad de la operación (en orden creciente desde el primero hasta el cuarto).

Para poner en contexto geográfico este trabajo, es preciso recalcar que el título fue requerido por la Compañía de Transmisiones de la Brigada “Canarias” XVI. La BRICAN es una Brigada de Infantería Ligera situada en el archipiélago de las Islas Canarias. Su situación geográfica especial, le puede ofrecer un despliegue muy provechoso. Pero, por el contrario, debido a su situación litoral, acarrea una amenaza severa en sus equipos. El problema nombrado es la corrosión y éste será tratado en el Capítulo 2. Además, en el Capítulo 2 se tratarán también los equipos que sufren dicho problema.

La Compañía de Transmisiones de la Brigada “Canarias” XVI está encuadrada dentro del Batallón de Cuartel General de la Brigada y está compuesta de cinco secciones. En el Anexo E se adjunta la orgánica de la CIATRANS 16, con sus respectivas secciones. Dentro de la CIATRANS 16, la sección encargada de la labor de mantenimiento es la sección de plana. En el Anexo E se adjunta la orgánica de dicha sección, con sus respectivos pelotones.

## 1.2 ÁMBITO DE APLICACIÓN

El problema tratado en el presente estudio es de aplicación principalmente a toda la Brigada “Canarias” XVI, incluyendo todas sus unidades de todas las especialidades fundamentales. Esto se debe a su enfoque en las unidades litorales. No obstante, se puede aplicar para cualquier unidad peninsular, puesto que los equipos son los mismos o similares en todas las brigadas del Ejército de Tierra. Dentro de las unidades con localización en la Península Ibérica, se dirige en especial a las que se encuentren en zonas costeras, zonas de elevada humedad y en zonas de alta salinidad y calor.

Gracias al carácter general del presente trabajo, su uso también puede servir de gran utilidad en el ámbito civil, para empresas o entidades que posean equipos y maquinaria similar a la tratada en el trabajo.

## 1.3 OBJETIVOS, ALCANCE Y METODOLOGÍA

El objetivo principal de este trabajo es hacer un análisis de las causas por las que se produce una alta corrosión en los equipos de Transmisiones de la Brigada “Canarias” XVI así como proponer una gama de posibles mejoras para el mantenimiento de equipos de Transmisiones, en especial en una unidad litoral. Esto conlleva ciertos cuidados y tratamientos distintos a los de una unidad común.



Dentro del objetivo principal, se puede dividir en objetivos específicos:

- Valorar y analizar las causas por las cuales los equipos entran en estado de inoperatividad debido a la corrosión.
- Realizar un estudio sobre las soluciones a aplicar sobre el problema existente, incluyendo los cambios y propuestas en el proceso de fabricación y el mantenimiento a aplicar en los distintos equipos.
- Comparar las distintas soluciones posibles y estudiar cuál es la más óptima, utilizando herramientas de calidad estudiadas en cursos anteriores.

Para llevar a cabo el presente estudio se han utilizado diversos recursos. Además de la revisión bibliográfica de documentos, manuales y publicaciones, se ha consultado con dos grupos de expertos en los equipos que han asesorado en la elaboración del trabajo:

- **Grupo de Expertos 1 (GE1):** Formado por oficiales, suboficiales y personal de tropa del Arma de Transmisiones que poseen amplios conocimientos del Arma de Transmisiones, de los equipos y sus capacidades, y conocen de primera mano, como usuarios, sus principales deficiencias.
- **Grupo de Expertos 2 (GE2):** Formado por suboficiales y personal de tropa del cuerpo de especialistas en las ramas de electrónica, telecomunicaciones y automoción. Este personal es altamente cualificado y con una alta experiencia como técnicos.

De este modo, la metodología empleada en cada parte del estudio se adecúa al contenido de las mismas:

- **Estudio de fallos y carencias:** Esta primera parte de la metodología corresponde al primero de los objetivos principales. En este punto se ha realizado una entrevista con los Grupos de Expertos, los cuales han jugado un papel crucial en la detección de las principales deficiencias y amenazas de los equipos. En adición a lo anterior, se ha realizado un análisis modal de fallos y efectos (AMFE) para detectar la gravedad de los distintos fallos o errores. Finalmente, se ha realizado un estudio mediante la observación de los equipos para detectar las principales deficiencias.
- **Estudio de posibles mejoras:** Por otro lado, este segundo estudio resolverá el segundo de los objetivos principales. Se ha realizado otra entrevista a ambos Grupos de Expertos para hallar diversas soluciones a los problemas detectados anteriormente. Además, se realizó un análisis AMFE con las mejoras ya aplicadas para observar cómo se ha reducido la gravedad de los fallos y un análisis de costes con la finalidad de determinar cuál es la mejora más óptima para cada escenario.

## 1.4 ESTRUCTURA DE LA MEMORIA

La memoria de este trabajo se estructura en cinco secciones:

La primera, una introducción en la que se han presentado los antecedentes, el ámbito de aplicación, los objetivos, el alcance, la metodología empleada y finalmente la estructura de la memoria.

En la segunda sección se detallan los antecedentes y el marco teórico, realizando una serie de definiciones del mantenimiento, de la corrosión y, presentando los sujetos a los cuales se les aplica el problema tratado en el presente trabajo.



En la tercera sección se realiza un estudio de los fallos, carencias y aspectos a mejorar en el ámbito de los equipos. Para su correcta comprensión, este estudio se apoya en un análisis modal de fallos (AMFE) en el cual se observa la gravedad y prioridad de cada anomalía.

Seguidamente se analizan las diferentes opciones para solventar cada una de las deficiencias, comparándolas a través de análisis de coste y completando el análisis AMFE de la sección anterior una vez se han aplicado las medidas pertinentes. Además, se incluye como mejora, la aplicación de las nuevas tecnologías en forma de software para la gestión del mantenimiento.

Finalmente, se presentan las conclusiones finales de este trabajo, incluyendo las posibles líneas futuras del mantenimiento en El Ejército.



## 2 ANTECEDENTES Y MARCO TEÓRICO

Este capítulo tiene la finalidad de poner en contexto el desarrollo del trabajo. Se presentan una serie de definiciones necesarias para entender el cuerpo.

En primer lugar, se define el concepto de mantenimiento y sus distintos tipos. En segunda instancia se introduce el problema principal en el que se centra el trabajo, es decir, la corrosión y su clasificación. Y, por último, se explican los distintos equipos que se utilizan en la CIATRANS 16, sujetos que padecen actualmente el problema tratado.

### 2.1 MANTENIMIENTO

La conservación de los equipos de producción es una apuesta clave para la operatividad del Ejército, así como para la calidad del mismo. Es un reto industrial que implica la revisión de las estructuras inmóviles actuales y la promoción de métodos adaptados a la nueva naturaleza de los materiales. Ahora bien, el mantenimiento como definición de su función es:

“Conjunto de actividades destinadas a mantener o a restablecer un bien a un estado o a unas condiciones dadas de seguridad en el funcionamiento, para cumplir con una función requerida” (Boucly, 1998).

Estas actividades suponen una combinación de prácticas técnicas, administrativas y de gestión. El mantenimiento no sólo permite la preservación de un estado definido previamente (en buenas condiciones) sino que también permite la reconstitución y la mejora de uno (Boucly, 1998).

La función relativa al mantenimiento constituye una necesidad, y se revela como indispensable para asegurar la disponibilidad de los equipos, al tiempo que reviste una gran importancia para la seguridad de personas y equipos. Dentro del mantenimiento global, podemos dividirlo en tres tipos de mantenimiento: Mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo, cuyas características se describen brevemente a continuación (Sexto, 2017):

**Mantenimiento predictivo:** Es una técnica que utiliza herramientas y técnicas de análisis de datos para detectar anomalías en el funcionamiento y posibles defectos en los equipos y procesos, de modo que puedan solucionarse antes de que sobrevenga el fallo (Boucly, 1998). A diferencia de los demás tipos de mantenimiento, éste exige que el fallo incipiente genere señales o síntomas de su existencia.

**Mantenimiento preventivo:** Se define el mantenimiento preventivo como aquel que tiene por objeto reducir la probabilidad de fallos o de deterioro de un bien o de un servicio prestado, de forma que las medidas para evitarlo se produzcan previas a la aparición del fallo (Boucly, 1998). Del mismo modo que el mantenimiento predictivo, es de aplicación antes de la aparición del fallo. Sin embargo, se diferencia con el primero en la incertidumbre sobre la aparición del fallo, es decir, en el mantenimiento predictivo se sabe exactamente el momento de la aparición del fallo. Pero en el mantenimiento preventivo se desconoce ese instante.

**Mantenimiento correctivo:** Este último tipo de mantenimiento comprende el conjunto de actividades realizadas tras el fallo de un bien o el deterioro de su función, para permitirle cumplir con una función requerida, al menos, de manera provisional (Boucly, 1998). Concretamente, el mantenimiento correctivo comprende la localización de los fallos y su diagnóstico, la reparación de los mismos y el control del buen funcionamiento.



## 2.2 EL FENÓMENO DE LA CORROSIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, la corrosión es el principal problema tratado en el presente trabajo y el cual se va a presentar en este apartado.

La corrosión se puede definir como el desgaste o la alteración de un metal o aleación, ya sea por ataque químico directo o por reacción electroquímica.

Es un fenómeno electroquímico causado por el flujo masivo de electrones entre dos materiales de carácter metálico. El flujo de electrones se determina cuando existe una diferencia de potencial entre un punto y otro. En la transfusión de electrones, el material que cede electrones se denomina ánodo mientras que el material que recibe los electrones se denomina cátodo. El resultado final es el ánodo oxidado y el cátodo reducido.



La fórmula indicada en la parte superior es la reacción más común de oxidación del hierro. En este caso es el Óxido Ferrítico (valencia III).

Existen diferentes tipos de corrosión: Atmosférica, galvánica, celdas de composición y corrosión por tensión dinámica, los cuáles pueden darse por sí solos o combinados (Vázquez Pérez, 2014). Seguidamente se tratarán de mayor a menor incidencia dentro de la BRICAN.

### 2.2.1 CORROSIÓN ATMOSFÉRICA

Este es el tipo de corrosión que principalmente ocurre en los vehículos, estaciones de transmisiones y grupos electrógenos de la Brigada "Canarias" XVI.

La corrosión atmosférica es la que produce mayor cantidad de daños y en mayor proporción. Se refiere al efecto de los agentes corrosivos presentes en la atmósfera, tales como: el oxígeno, el dióxido de carbono, el vapor de agua y compuestos de azufre y cloro (Vázquez Pérez, 2014).

La gravedad de este tipo de corrosión está directamente relacionada con la cantidad de vapor de agua, compuestos de azufre y cloro presentes en el aire.

Debido a la cercanía de esta unidad al Océano Atlántico, aparte de sufrir este tipo de corrosión, se le añade la presencia de una elevada humedad proveniente del mar. Esta humedad va acompañada de cloruro de sodio (sal común), la cual al poseer una abundante cantidad de iones cloruro (Cl<sup>-</sup>), aumenta exponencialmente la corrosión atmosférica. Este fenómeno desemboca en una mayor aceleración de la corrosión y gravedad de la misma.

La corrosión atmosférica no es constante e igual en todas sus fases. Al principio tiene una fase de aceleración brusca en la cual se produce el mayor daño. Pero al final de la corrosión, la propia película que ha generado el óxido, hace de barrera de protección contra la corrosión.



Figura 1. Ejemplo de corrosión atmosférica. Fuente: issuu.com

Como se puede apreciar en la Figura 1, la barandilla está afectada severamente por la corrosión atmosférica, produciendo un deterioro excesivo en el metal. Se puede observar además que ha sido pintada al menos dos veces (azul y amarillo) y que, aunque haya sido pintada, si la oxidación se queda debajo de la capa de pintura, seguirá deteriorando el material. Solamente es efectivo el uso de pinturas cuando la parte que queda cubierta está totalmente libre de óxido.

## 2.2.2 CORROSIÓN GALVÁNICA

Este segundo tipo de corrosión es también frecuente, pero en menor medida que el anterior.

La corrosión galvánica es un tipo de corrosión que aparece cuando en presencia de un electrolito, en dos elementos metálicos que están unidos entre sí con continuidad eléctrica, los electrones fluirán desde el más cargado negativamente (ánodo) al más cargado positivamente (cátodo)” (Vázquez Pérez, 2014). De este modo, cuando dos o más diferentes tipos de metal entran en contacto en presencia de un electrolito, se forma una celda galvánica ya que estos metales cuentan con diferentes potenciales de reducción. Cabe destacar que cuanto mayor diferencia de potencial exista entre ánodo y cátodo, mayor será la corrosión.

Serie Galvánica		
Metal	Símbolo	Potencial.
Platino	Pt	+0,30
Oro	Au	+0,22
Cromo	Cr	+0,20
Acero inox	(18-8)	+0,10
Mercurio.	Hg.	0,00
Plata	Ag.	-0,05
Cobre	Cu.	-0,18
Hidrógeno	H.	-0,25
Níquel	Ni	-0,27
Estaño	Sn	-0,44
Plomo	Pb.	-0,47
Cromo	Cr (Activo)	-0,60
Hierro	Fe.	-0,65
Aleación	Al-Cu.	-0,65
Aluminio	Al.	-0,74
Cadmio	Cd.	-0,78
Aleación	Al.Mg	-0,79
Zinc	Zn.	-1,06
Magnesio	Mg.	-1,63

Figura 2. Potencial eléctrico de algunos metales. Fuente: blogsaverroes.juntadeandalucia.es



En la Figura 2 se puede observar los distintos potenciales que tienen los metales más comunes. De esta forma, la corrosión que habría entre el Platino (Pt) y el Magnesio (Mg) sería mucho mayor que entre el Estaño (Sn) y el Plomo (Pb). La corrosión por par galvánico es el segundo tipo de corrosión más frecuente en los equipos de la Brigada "Canarias" XVI. Se produce con mayor frecuencia cuando se acoplan dos piezas mediante un tornillo. Esa es la zona que sufre de par galvánico.

En la Figura 3 se aprecia un ejemplo de corrosión galvánica en el caso de un tornillo acoplado a una placa metálica, en contacto con una tuerca de cabeza hexagonal.



Figura 3. Ejemplo de corrosión galvánica. Fuente: [patologíasconstruccion.es](http://patologíasconstruccion.es)

Cabe destacar que el proceso de corrosión galvánica, a diferencia de la atmosférica, no cesa hasta que el metal de menor potencial se ha consumido por completo (del mismo modo que una pila).

### 2.2.3 CELDAS DE COMPOSICIÓN

También se llama ataque de depósito o corrosión en grietas. Se produce en pequeñas cavidades formadas por el contacto entre una pieza de metal igual o diferente a la primera, o un elemento no metálico.

"Se refiere a la tendencia de la corrosión a acumularse más rápidamente en las grietas y hendiduras de una construcción o un vehículo o juntas estructurales. Es el deterioro de partes de una superficie metálica a diferentes velocidades, debido a que las partes de la superficie entran en contacto con diferentes concentraciones del mismo electrolito" (Vázquez Pérez, 2014).

### 2.2.4 CORROSIÓN POR TENSIÓN DINÁMICA

La corrosión por tensión dinámica también se conoce como celdas de esfuerzo, excepto que las tensiones son cíclicas. La carga y descarga repetida generalmente causa una aceleración en el proceso de la corrosión.



Las tensiones pueden ser el resultado de las cargas de agrietamiento debidas a la concentración de tensiones, o pueden estar provocadas por el tipo de tensiones residuales o de montaje desde la fabricación. Las tensiones residuales se pueden reducir mediante templado (Vázquez Pérez, 2014).

Este último tipo de corrosión es el menos frecuente, pero no por ello menos importante.

## **2.3 VEHÍCULOS, ESTACIONES DE TRANSMISIONES Y GRUPOS ELECTRÓGENOS EN LA CIATRANS 16**

El Ejército de Tierra cuenta con una gran cantidad de vehículos, estaciones de transmisiones y grupos electrógenos. Para este trabajo se analizarán los más frecuentes en la Brigada “Canarias” XVI, en concreto en la CIATRANS 16. La información proporcionada en este apartado ha sido obtenida de diversas entrevistas con los Grupos de Expertos, además de ser conocimientos de uso general entre el personal militar.

### **2.3.1 VEHÍCULO URO VAMTAC**

El URO VAMTAC (Vehículo de Alta Movilidad Táctica) es un vehículo todoterreno de tracción a las cuatro ruedas destinado principalmente al ámbito militar y fabricado por la empresa española UROVESA en Santiago de Compostela. Basándose en el concepto del HUMVEE estadounidense, aunque con tecnología más evolucionada al estar desarrollado quince años después de este, actualmente es uno de los vehículos en dotación de las Fuerzas Armadas Españolas.

Los primeros URO VAMTAC estaban propulsados por un bloque turbodiésel de 165 CV y pesaban sólo 900 kg. Actualmente los URO VAMTAC están dotados de un bloque diésel de 3,2 litros y seis cilindros en línea capaz de desarrollar 188 CV y 410 Nm de par que, opcionalmente, pueden ampliarse hasta los 218 y los 500, respectivamente. Para gestionar el esfuerzo de su motor emplean una caja automática de cinco relaciones que transmite su giro a los dos ejes del vehículo, con un diferencial bloqueable. Las versiones más sencillas tienen un peso de 3.000 kg, aunque las variantes más preparadas pueden llegar a los 6.500 kg con una capacidad de arrastre de otros 3.500. En ciclo mixto consume 17 litros de carburante cada 100 kilómetros con una autonomía de más de 600 km gracias a su depósito de combustible con capacidad para 110 litros.

El URO VAMTAC tiene capacidad para 4 tripulantes más uno en la parte superior. Se le puede acoplar una ametralladora en la parte superior del vehículo, controlada por el tripulante superior.

En el ámbito de las transmisiones, este vehículo es utilizado para las estaciones Soria-SOTM (Satellite On The Move), Mercurio, ATQH (At The Quick Halt), PCBON y las estaciones de RBA. Además de instalar estaciones de transmisiones sobre este vehículo, también puede ser usado para el transporte de material y personal.



Figura 4. Vehículo URO VAMTAC. Fuente: [defensa.com](http://defensa.com)

En la Figura 4 se muestra un vehículo URO VAMTAC del arma de Infantería, equipado en la parte superior con armamento del tipo lanzagranadas de 40mm.

### 2.3.2 VEHÍCULO SANTANA ANÍBAL

El Santana Aníbal, es un vehículo todoterreno fabricado en Linares, entre 2003 y 2011, y que actualmente sigue estando en dotación en el Ejército español. Está movido por un motor Iveco de 2,8 litros con inyección directa por raíl común que produce 125 CV y cuenta con suspensión de ballestas. El consumo de combustible de este vehículo oscila alrededor de los 12 litros a los 100 km. Su uso principal en todo el Ejército es el transporte de personal y material de pequeño y medio tamaño.



Figura 5. Vehículo SANTANA Aníbal. Fuente: [Wikipedia.org](http://Wikipedia.org)

En la Figura 5 se muestra un vehículo Santana Aníbal con el techo metálico, en dotación en todas las unidades del Ejército de Tierra.



### 2.3.3 ESTACIÓN SATÉLITE ATQH

Se trata de un vehículo tipo URO VAMTAC de Transmisiones sobre el cual va montado un terminal satélite de altas prestaciones. Poseen la tecnología IP en su totalidad. El terminal satélite posee hasta 3 portadoras de 2Mbps cada una, si bien está dotado de licencias de alta velocidad (hasta 10 Mbps por modem SCPC). Los últimos modelos de esta estación tienen la capacidad de transmisión dual en las bandas X y Ka de forma simultánea.



*Figura 6. Estación ATQH sobre VAMTAC. Fuente: elconfidencialdigital.com*

En la Figura 6 se muestra la estación ATQH en la posición de despliegue completo, pudiendo dar servicio a un Puesto de Mando en unas maniobras.

### 2.3.4 ESTACIÓN MERCURIO

Es una estación de transmisiones en movimiento con capacidad de Radio en las bandas HF, VHF. Posee una del tipo HF (Harris 5800) y dos del tipo VHF (PR4G V3). La estación Mercurio, es el vehículo por excelencia de la sección de Red Radio de Combate, con la principal característica de la movilidad que nos ofrece este vehículo.



*Figura 7. Estación Mercurio sobre VAMTAC. Fuente: zaguan.unizar.es*

En la Figura 7 se muestra la estación Mercurio con todas sus antenas desplegadas, de modo que puede dar servicio en una posible maniobra.



### 2.3.5 ESTACIÓN SORIA

También llamado SOTM (Satellite On The Move), es un terminal de comunicaciones en movimiento. Posee la tecnología IP al completo además de un satélite con portadora de 512 Kbps y capacidad de radio en las bandas UHF (Spearnet y AN/PRC-117), VHF (dos PR4G V3) y HF (Harris 5800). Esta estación de transmisiones puede estar montada sobre URO VAMTAC, BMR, RG-31, entre otros. En la Brigada “Canarias” XVI, la estación Soria está montada sobre un URO VAMTAC.



Figura 8. Estación Soria sobre VAMTAC. Fuente: infodefensa.com

En la Figura 8 se puede observar la estación Soria, muy similar a la estación Mercurio. A diferencia de la estación Mercurio, se puede observar que posee mayor número de antenas, en concordancia a los servicios que puede ofrecer.

### 2.3.6 ESTACIÓN RED BÁSICA DE ÁREA (RBA)

Las estaciones de RBA se basan principalmente en radioenlaces con una tecnología de modulación poco avanzada y que necesitan línea de visión directa entre estaciones, ya que trabajan en UHF. Actualmente este tipo de estaciones queda totalmente obsoleto, debido a las actuales exigencias de la tecnología presente. A pesar de esto, las unidades de Transmisiones siguen teniendo estas estaciones en sus manos, por lo que se deben tener en cuenta para realizar el mantenimiento. Existen muchos tipos de estaciones de RBA, pero todas se conforman de una base de vehículo URO VAMTAC sobre el cual se monta un contenedor o “shelter” con los equipos de la estación.



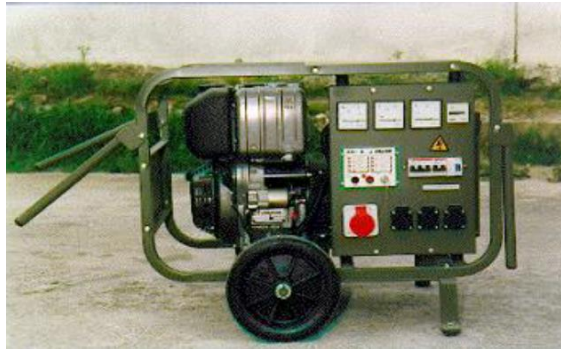
Figura 9. Estación RBA sobre VAMTAC. Fuente: ejercito.defensa.gob.es



En la Figura 9 se puede observar una de las estaciones RBA desplegada en el campo de maniobras de San Gregorio. Se aprecia que tiene acoplada la antena de radioenlace pero sin desplegar verticalmente.

### 2.3.7 GRUPO ELECTRÓGENO DE 3 KVAS

Este grupo electrógeno realiza un suministro de energía de 3 kVAs. Se sostiene mediante dos ruedas y dos patas de apoyo. Su motor diésel es de 4 tiempos refrigerado con aire. Cuenta con un depósito de 4,5 litros de combustible el cual proporciona una autonomía de 3h a ritmo constante. Tiene una cilindrada de 315 cc. La velocidad del motor es de 3000 rpm.



*Figura 10. Grupo electrógeno 3kVAs (elaboración propia)*

En la Figura 10 se puede observar la forma que tiene el Grupo Electrónico de 3kVAs. Es de un tamaño muy reducido y con dos ruedas de goma para facilitar su transporte.

### 2.3.8 GRUPO ELECTRÓGENO DE 12 KVAS

Este grupo electrógeno se encuentra situado sobre un remolque. Posee un enganche universal que le permite ser transportado por otro vehículo. Presenta un sistema de alumbrado y de posicionamiento reglamentario. Cuenta con clavijas de doce líneas (OTAN). Aporta una potencia de 12 kVAs y con un depósito de combustible de 40L que permite una autonomía de 10h.



*Figura 11. Grupo electrógeno 12 kVAs (elaboración propia)*

En la Figura 11 se muestra el Grupo Electrónico de 12kVAs. A diferencia del Grupo Electrónico anterior, éste ha de ser remolcado debido a su gran tamaño.



### 3 ESTUDIO DE FALLOS Y PROBLEMAS

Como se ha presentado previamente en la introducción, la Brigada “Canarias” XVI posee un enorme problema relacionado con el deterioro de sus equipos, concretamente en las partes metálicas y referido a la oxidación de las mismas, principalmente. Para abordar de una manera más detallada el estudio de los fallos y problemas, se ha dividido en los componentes internos y externos. Además, se ha incluido un análisis AMFE con los fallos obtenidos.

Para la obtención de la información referente a los siguientes apartados, se entrevistó a los Grupos de Expertos nombrados anteriormente. En el Anexo B se muestra la lista de preguntas realizadas previas al estudio de fallos y problemas.

#### 3.1 FALLOS EN LOS COMPONENTES INTERNOS

Para este estudio, se considera componentes internos aquellos que no son visibles a simple vista y además aquellos que requieran un cuidado especial. Estos componentes son los motores de combustión y los circuitos e instalaciones eléctricas.

Dentro de los motores de combustión, la principal fuente de fallo es el aceite o lubricante. En la Figura 12 se puede observar el resultado de un motor al cuál no se le ha cambiado el aceite:



*Figura 12. Vista desde el cárter de un motor sin cambio de aceite. Fuente: actualidadmotor.com*

Este tipo de anomalías pueden producir un desgaste brusco de los cilindros del motor ya que no obtiene la lubricación correcta.

El segundo de los fallos más frecuentes es el sobrecalentamiento del bloque motor por una ausencia de líquido refrigerante. El resultado de un sobrecalentamiento del motor es la expansión excesiva de la camisa de los cilindros del motor. La camisa es la parte del cilindro que guía al pistón a lo largo del cilindro. Si ésta se expande, no conseguirá el cierre hermético del cilindro en la fase de compresión y por lo tanto no se producirá la explosión.

Los siguientes elementos internos más importantes son los circuitos electrónicos e instalaciones eléctricas. El fallo más frecuente que ocurre es el sobrecalentamiento de los elementos como resistencias, diodos o cables. Un cálculo erróneo de la potencia total consumida y la instalación usada para este consumo, puede producir un sobrecalentamiento severo en dichos componentes y, por tanto, resultar en un elemento totalmente carbonizado.

En la Figura 13 se puede apreciar el resultado de un sobrecalentamiento de un circuito y de un interruptor de control de potencia:



Figura 13. A la izquierda un circuito quemado; a la derecha un ICP quemado. Fuente: es.123rf.com

### 3.2 FALLOS EN LOS COMPONENTES EXTERNOS

De forma análoga al apartado anterior, se considera componentes externos aquellos que están a la vista directamente desde fuera, es decir, las chapas exteriores que recubren a los equipos por fuera. Estas chapas están fabricadas por acero principalmente.

Debido a la reacción que se produce en las zonas metálicas (principalmente acero) de oxidación del hierro, algunas zonas comienzan a adoptar el tono marrón característico del óxido de hierro (III). Como se puede observar en la Figura 15, una antigua estación Mercurio montada sobre un vehículo VAMTAC que habitualmente ha estado estacionado a la intemperie, presenta multitud de zonas oxidadas. Nótese que esas zonas coinciden con rejillas, esquinas, bisagras o partes más expuestas y éstas se indican rodeadas con un círculo rojo.



Figura 14. Vista frontal VAMTAC con marcas de oxidación (elaboración propia)

La mayoría de la corrosión es del primer tipo explicado, es decir, la corrosión atmosférica. Como se ha explicado anteriormente, ésta se produce por la reacción del hierro con el oxígeno

presente en el ambiente. No obstante existen factores como la humedad con sal, característica de la zona insular, que producen una aceleración excesiva en las zonas afectadas.

El segundo tipo de corrosión más frecuente en los equipos es la corrosión galvánica, producida por el contacto de dos metales con distinto potencial, en presencia de un electrolito. Es común que ocurra este tipo de corrosión en uniones de piezas mediante tornillería, soldaduras y bisagras en las puertas. En el caso de las bisagras se añade además el último tipo de corrosión, en el cual entra como acentuador de la corrosión, la fricción que se produce entre las piezas metálicas y las arandelas de apoyo.

Como se muestra en las figuras 16 y 17, este tipo de corrosión se puede apreciar en las zonas señaladas (del mismo modo que la figura anterior, las zonas afectadas está rodeadas con un círculo rojo):



*Figura 15. Vista lateral VAMTAC con marcas de oxidación (elaboración propia)*



*Figura 16. Vista lateral de un VAMTAC y grupo electrógeno con marcas de oxidación (elaboración propia)*

Como se puede apreciar, los equipos que están estacionados a la intemperie sufren oxidación severa. A las condiciones señaladas anteriormente se le añade el deterioro de la pintura, ocasionado por la radiación ultravioleta proveniente del Sol.



Todo esto supone un enorme problema para la Brigada puesto que pone en juego la operatividad de muchos de los equipos que estacionan a la intemperie. En el próximo apartado veremos cómo podemos reducir el impacto de la corrosión en los equipos, proponiendo diversas medidas y analizando cuál de ellas es mejor y más factible aplicar.

### 3.3 ANÁLISIS AMFE DE LOS FALLOS PRESENTES

Una vez vistos los fallos en el anterior apartado, se procede a realizar un análisis modal de fallos y efectos para determinar la gravedad, la ocurrencia o frecuencia y la capacidad de detección de cada uno de ellos. Cada uno de los tres parámetros se les asignará un valor del uno (1) al diez (10). Una vez determinados los valores, se multiplican los 3 y se obtiene el número de prioridad del riesgo (NPR). Este valor indica los fallos que deben recibir mayor prioridad a la hora de resolverlos. Se ha establecido una leyenda de colores en función del NPR obtenido. En la siguiente tabla se muestra dicha leyenda:

$1 \leq \text{NPR} \leq 20$		$21 \leq \text{NPR} \leq 40$		$41 \leq \text{NPR} \leq 60$		$61 \leq \text{NPR}$	
-----------------------------	--	------------------------------	--	------------------------------	--	----------------------	--

Tabla 1. Leyenda con colores sobre el NPR

En la siguiente figura se puede observar el análisis AMFE de errores ya confeccionado una vez establecido los parámetros de importancia o gravedad, ocurrencia y capacidad de detección:

FALLO	CAUSAS	EFECTO	IMP	OCU	DET	NPR INIC
<b>COMPONENTES EXTERNOS</b>						
Oxidación partes metálicas	Estacionamiento a la intemperie	Vehículo inoperativo	9	8	1	72
Deterioro pinturas	Estacionamiento a la intemperie	Pintura deteriorada	9	6	1	54
Salitre en la chapa	No lavados	Mayor facilidad de oxidación	5	5	2	50
<b>COMPONENTES INTERNOS</b>						
Agarrotamiento o gripado del motor	No cambio de aceite	Motor parado	6	3	3	54
Sobrecalentamiento bloque motor	No cambio de líquido refrig.	Motor parado	5	3	2	30
Sobrecalentamiento circuitos	Mal cálculo potencia	Circuito quemado	7	2	3	42
Sobrecalentamiento cables	Mal cálculo potencia	Cable quemado	5	3	3	35

Tabla 2. Análisis AMFE de fallos (fase inicial)

Como se puede observar en la Tabla 2, el fallo que obtiene mayor número de prioridad del riesgo es la oxidación de las partes metálicas que, como se está tratando a lo largo del trabajo, es el principal problema que existe en el ámbito del mantenimiento de los equipos.

Por el contrario, el fallo que menor NPR obtiene es el sobrecalentamiento del bloque motor, debido a la menor importancia y ocurrencia que conlleva, además de la facilidad de detección que tiene.

En el Anexo C se muestra la tabla completa del análisis AMFE, desde la fase inicial hasta la fase final.



## 4 ANÁLISIS DE MEJORAS

Del mismo modo que en el Capítulo 3, el análisis de mejoras se realizará dividido en componentes internos y externos. Adicionalmente se realizará un análisis AMFE con las mejoras propuestas, un análisis de coste y finalmente la aplicación de las nuevas tecnologías como posible solución futura.

Para la obtención de la información referente a los siguientes apartados, se entrevistó a los Grupos de Expertos nombrados anteriormente. En el Anexo B se muestra la lista de preguntas realizadas posteriores al estudio de fallos y problemas.

### 4.1 MEJORAS EN LOS COMPONENTES INTERNOS

Aunque el principal problema de los vehículos, estaciones de transmisiones y grupos electrógenos sea la corrosión en partes exteriores, el interior de ellos también requiere un correcto y frecuente mantenimiento.

El interior de los equipos también contiene partes metálicas (principalmente de acero) y, por consiguiente, expuesto a la corrosión.

#### 4.1.1 SOLUCIONES APLICADAS A LOS MOTORES DE COMBUSTIÓN

En primer lugar, como se ha tratado anteriormente, un aceite en mal estado o insuficiente puede provocar una amplia gama de averías, así que la verificación del nivel, su sustitución en los momentos adecuados y el uso de productos de primeras marcas con la viscosidad adecuada es imprescindible.

En segundo lugar, el líquido refrigerante evita el peligroso recalentamiento del motor, que puede ser el origen de reparaciones muy costosas. En este caso, para realizar la verificación es necesario que el motor esté frío, porque si está en funcionamiento o caliente, puede ocurrir que parte del líquido refrigerante que circula por el sistema salga disparado.

En tercer lugar, la correa de distribución es una cinta de caucho que engrana con los piñones y poleas dentadas del cigüeñal, árboles de levas y demás elementos móviles del motor. Hay que comprobar si la correa presenta signos de desgaste, como grietas o rajaduras. En principio, las correas de distribución no requieren más mantenimiento que evitar derrames de aceites, combustibles o líquidos a su alrededor. Pero en los vehículos más antiguos el paso del tiempo, las variaciones de temperatura y la humedad en el largo plazo son grandes enemigos de los cauchos y plásticos con los que se fabrica este elemento.

Por último, todos los motores tienen al menos un filtro de aire para asegurarse de que no entran cuerpos extraños en el interior motor. Es importante que rutinariamente se revise la contaminación que posee y en caso de ser elevada, ser cambiado a la mayor brevedad posible.

#### 4.1.2 SOLUCIONES APLICADAS A ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS

El diagnóstico preventivo en los equipos electrónicos, puede prevenir fallos en la maquinaria. De hecho, no tomar en cuenta estas prevenciones eléctricas, pueden causar la paralización total o parcial de los equipos. Es por esto, que es imprescindible realizar un buen plan de mantenimiento eléctrico.



En esto consiste, el mantenimiento eléctrico, en prevenir a tiempo la paralización de los procesos. Verificando con anticipación el estado de las redes eléctricas y todos los elementos que conforman el sistema eléctrico.

Para hacer un plan de mantenimiento eléctrico eficiente, se debe hacer un estudio profundo en cada uno de los componentes. Principalmente, en aquellos elementos que son más vulnerables a cualquier tipo de condición o fenómeno adverso. De esta manera, se podrá precisar detalladamente las condiciones generales de las instalaciones eléctricas que conforman los equipos (Morales Santiago, 2013).

Cabe destacar, que se debe determinar la capacidad de funcionamiento que tiene cada uno de los componentes eléctricos. Luego, se deben establecer mantenimientos programados, los cuales ayuden a prevenir los futuros fallos que puedan afectar al sistema.

Se sabe, que uno de los factores fundamentales en las Transmisiones, son las instalaciones eléctricas. Estas, son las que hacen posible el funcionamiento de la mayoría de equipos. De este modo, es indispensable contar con unas instalaciones eléctricas que operen en condiciones inmejorables.

Las instalaciones y equipos eléctrico, no deben pararse bajo ninguna circunstancia, esto tiene que ser algo primordial. El tiempo de inactividad en estos, representará una vulnerabilidad y un impedimento en el cumplimiento de la misión, por lo que hay que ser muy cuidadoso.

Es preciso resaltar, el mantenimiento eléctrico en alta, media y baja tensión debe ser periódico y realizado por personal especializado dentro del escalón de mantenimiento. Dentro de las Transmisiones, todos los equipos trabajan en la horquilla de baja tensión (menor a 1000 voltios).

Entre los equipos e instalaciones que entran en esta categoría, nos podemos encontrar con los siguientes: Generadores, transformadores, líneas de transmisión, sistemas de iluminación, armarios eléctricos, cajas de conexión, sistemas de protección, motores eléctricos y circuitos electrónicos (Morales Santiago, 2013).

Para contar con un sistema eléctrico fluido y eficiente es muy importante no descuidar ninguno de los componentes anteriores. Realizar inspecciones frecuentes en cada uno de los elementos desde la generación hasta el consumo de la electricidad es fundamental. De esta manera, se podrá disminuir el riesgo de que ocurran fallos.

## **4.2 MEJORAS EN LOS COMPONENTES EXTERNOS**

Como se ha tratado en el apartado anterior, la zona más expuesta a la corrosión, es la exterior. En relación a estos componentes, las posibles mejoras se dividirán en dos grandes grupos. El primero de ellos será centrado en el mantenimiento preventivo del equipo y el segundo sobre el mantenimiento correctivo del mismo y una somera propuesta para el proceso de fabricación. El mantenimiento predictivo será abordado como solución en el apartado del uso de las tecnologías de la información y la comunicación (apartado 4.5). Cabe resaltar que las mejoras propuestas se han fundamentado en las entrevistas a los grupos de expertos.

### **4.2.1 SOLUCIONES APLICADAS SOBRE EL MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

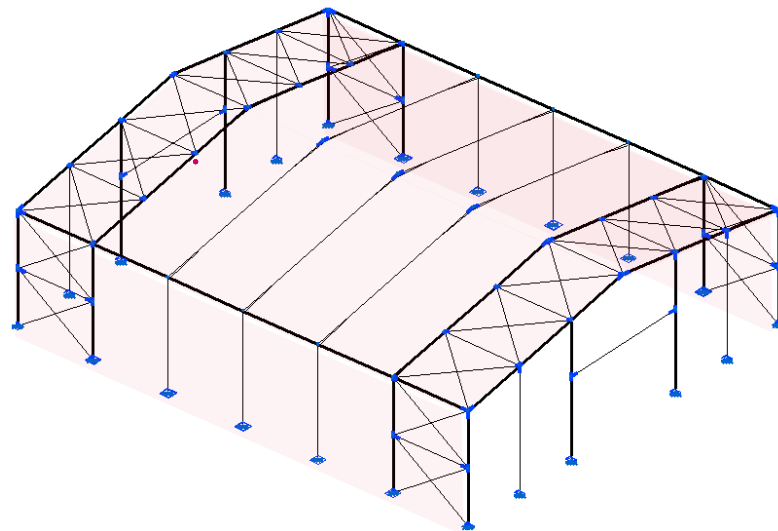
Como se ha explicado en el capítulo segundo, este tipo de mantenimiento se basa en tomar acciones previas a la aparición del fallo. Dentro de este tipo de mantenimiento, se ha propuesto la toma de tres acciones preventivas para la protección de los equipos:



**Solución 1:** La primera de ellas y más importante de todas es la construcción de naves o **hangares** para el alojamiento y aislamiento de los equipos. Aunque el término hangar se usa en el ámbito de la aeronáutica como lugar o cobertizo donde se guardan las aeronaves para protegerlas de la intemperie, también es aplicable a cualquier tipo de vehículo o equipo militar. El uso de estos cobertizos protege completamente de las condiciones exteriores mientras que el equipo no se esté usando o se encuentre parado por cualquier razón.

En el caso de las unidades litorales como la Brigada “Canarias” XVI, el uso de hangares ofrece una elevada protección contra la humedad (con y sin sal marina), calor, luz solar, lluvia y viento. En unidades peninsulares, los hangares servirían como protección ante el frío y calor extremo, nieve, lluvia, luz solar y viento.

La construcción de hangares se basa en una estructura simple tipo nave. Normalmente están fabricados por paredes y techo de chapa metálica, cubriendo una estructura metálica como la que se muestra en la siguiente figura:



*Figura 17. Diseño hangar con estructura metálica (elaboración propia)*

Como se puede observar, es una estructura simple formada por varios pilares metálicos con arriostramiento a ambos lados para obtener una mayor resistencia. El precio de construcción de un hangar está en 240€/m<sup>2</sup> con estructura metálica y 360€/m<sup>2</sup> con estructura de hormigón armado.

Además de tener protección casi al completo de la intemperie y ser un recinto cerrado, la nave se puede ventilar, bien mediante el uso de extractores en el techo o, mediante ventilación natural. Del mismo modo, se puede optar por un sistema eficiente de deshumidificación que mantenga el nivel de humedad del hangar a un nivel óptimo y constante de forma estable durante todo el año. El potencial del deshumidificador se puede regular en función del porcentaje de humedad que se desee. Para obtener la menor probabilidad de aparición de óxido, la humedad debe ser lo más baja posible (entorno a un 20%).

**Solución 2:** La segunda solución preventiva para evitar la aparición de desgaste y óxido es el uso de **lonas textiles** para cubrir los distintos equipos que se encuentren a la intemperie. De esta forma se puede proteger parcialmente los equipos frente a la luz solar y lluvia. Es necesario que este tipo de lonas estén fabricadas de materiales altamente transpirables para evitar la aparición de condensación entre la lona y la chapa del vehículo o equipo. Existen tejidos ideales para estas condiciones como el tejido *Gore-Tex*.

*Gore-Tex* es el nombre comercial con el que se conoce popularmente a un tipo de textiles especiales, ampliamente utilizados en la confección de ropa deportiva para actividades al aire libre. Su principal ventaja es el hecho de combinar una gran ligereza, una alta impermeabilidad, que protege de los efectos del agua, el viento y el frío, y una eficiente transpirabilidad que facilita la evacuación de la humedad. Estas condiciones lo convierten en un material para ser utilizado en multitud de ámbitos. En la Figura 20 se puede observar la estructura del presente tejido y de qué forma protege del exterior.

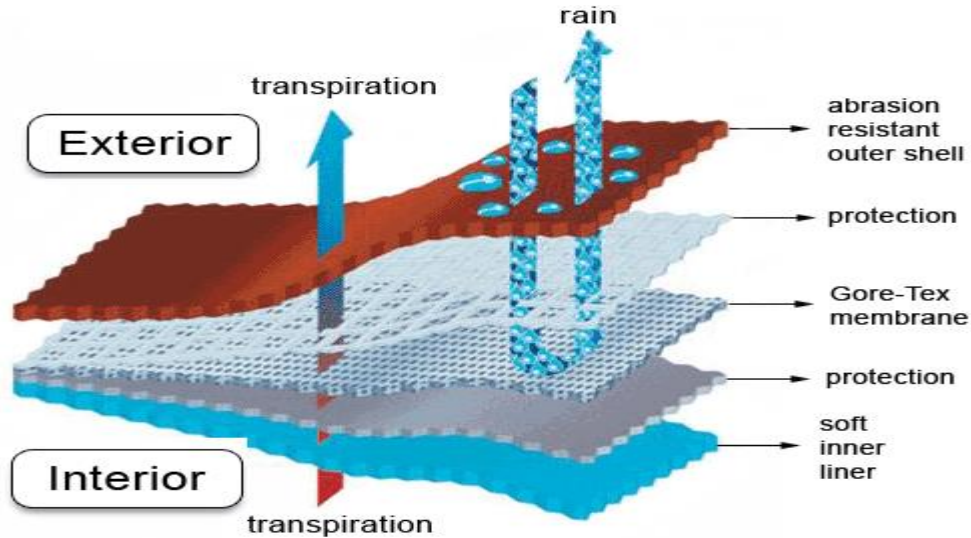


Figura 18. Estructura tejido transpirable e impermeable. Fuente: Wikipedia.org

Esta solución proporciona una protección menor que la de un hangar, pero con la ventaja del coste de las lonas. El precio de este tipo de tejidos ronda los 15€/m<sup>2</sup>.

**Solución 3:** Por último, la tercera solución será realizar un **lavado** recurrente de los vehículos al menos una vez por semana. Esta técnica ayudará a retirar la sal adherida a la chapa de los equipos y por tanto a disminuir la probabilidad de oxidación o reducir la gravedad y velocidad de oxidación en los puntos más vulnerables.

Además del lavado, se debe realizar un correcto secado de los equipos para retirar cualquier resto de agua o humedad en la chapa y además se puede aplicar una capa de cera en la misma para crear una película protectora y que proteja la chapa de la corrosión. Este último método apenas crearía gasto alguno, puesto que el precio del m<sup>3</sup> de agua se sitúa en 1,90€. Solamente se generaría un gasto notable si se requiere la instalación de un lavadero con pistolas de agua a presión. En el caso de la Brigada "Canarias" XVI, actualmente posee una estación de lavado para sus vehículos.

#### 4.2.2 SOLUCIONES APLICADAS SOBRE EL MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Como se ha comentado previamente, este tipo de mantenimiento se ejecuta una vez detectado el fallo o anomalía. Dentro de estas técnicas, podemos dividirlo en dos grupos: Reparación de piezas y sustitución de piezas.

En el primero de los dos, cabe destacar que este procedimiento ha de realizarse a la mayor brevedad posible. Es crucial para el estado del equipo recomponer y/o reconstruir la pieza deteriorada. Dentro de los desperfectos ocasionados, la forma de actuar ante una pieza afectada por el óxido es la siguiente, en función del estado de oxidación del elemento (Río O, Alonso M, Andrade C, Vega L, 2017):



- **Oxidación leve sin rugosidad ni irregularidades superficiales.** En estos casos, en que la pieza oxidada se ha llevado al escalón de mantenimiento a tiempo, basta con un lijado con grano abrasivo.

- **Oxidación más marcada sin rugosidad ni irregularidades superficiales.** Cuando la presencia de óxido es mayor, hay que emplear un disco abrasivo de púas metálicas o tridimensional colocado sobre un taladro o una cepilladora.

- **Oxidación marcada con presencia de una ligera rugosidad de la superficie.** En estos casos, hay que optar por abrasivos que tengan la capacidad de copiar la forma de la superficie, ya que así se asegura que el abrasivo se introduzca en las irregularidades formadas sobre la superficie del metal. La mejor opción en estas situaciones es utilizar un abrasivo de cerdas de acero colocado sobre un taladro o cepilladora.

- **Corrosión avanzada.** Cuando la corrosión se encuentra en un estado avanzado, es común que se haya perdido demasiado espesor de chapa. En estas situaciones, es imprescindible cepillar la superficie para eliminar cualquier resto de óxido y rellenar la falta de material con fibra de vidrio o masillas reforzadas.

- **Corrosión muy avanzada que ha provocado una falta de material.** Cuando el metal ya está muy deteriorado, la única solución es reconstruir la zona dañada tras haber eliminado la parte más deteriorada. La zona afectada se puede cortar con una amoladora o sierra y el área limítrofe se debe cepillar hasta eliminar cualquier resto de óxido. A partir de ahí, la falta de material en la carrocería del coche oxidado se repone soldando un retal de chapa por la cara interior del panel afectado o rellenando la superficie con resina acrílica y fibra de vidrio.

En el caso de que la pieza o elemento sea irrecuperable o irreparable y la única solución factible sea la reposición mediante una pieza nueva proveniente de fábrica, se puede hacer una propuesta a la fábrica de los componentes para realizar las piezas con unos materiales más resistentes a la corrosión que el acero simple, utilizado en la gran mayoría de las partes metálicas.

A continuación, se detallarán los materiales alternativos que se pueden implementar en la fabricación de los equipos, bien sea para hacer nuevos equipos o para reponer repuestos (Vergara, 2014):

#### - **Fibra de carbono**

La fibra de carbono es un material formado por pequeños filamentos o fibras de entre 50 y 100 micras de diámetro, compuesto por átomos de carbono. Estos átomos están unidos entre sí en forma de red cristalina, manteniendo una organización estable y fuerte. Esta alineación proporciona al material una alta resistencia (Vergara, 2014).

La disposición de estas fibras se realiza de tal forma que se trenzan para formar un hilo, que puede ser utilizado por sí mismo o tejido en una tela.

Dentro de todas las propiedades que posee la fibra de carbono, cabe destacar la alta resistencia, flexibilidad, bajo peso, tolerancia a altas temperaturas y baja expansión térmica. Esto hace que la fibra de carbono sea un material muy popular y recurrente en la industria aeroespacial, ingeniería civil y con grandes aplicaciones militares.

El mayor inconveniente que tiene es el precio. Una lámina de tejido de fibra de 1 metro cuadrado ronda los 30€.



Otro inconveniente de la fibra es que presenta poca resistencia frente a la compresión y además presenta mayor fragilidad que otros materiales. Cuando se comprime en exceso, las fibras se desgarran y se rompen, por lo que queda totalmente inutilizada.

**- Acero galvanizado:**

El acero galvanizado es un tipo de acero que se recubre con varias capas de zinc, por lo cual cuenta con una protección contra la oxidación a causa de las condiciones de humedad e inclemencias del clima que hacen que aparezca corrosión en el metal. Esto hace que sea un material más duradero y resistente. Este acero recubierto tiene una variedad de aplicaciones, en las que se incluye su uso en la construcción y fabricación de componentes industriales (Costa C, López F, Castelló J, 2000).

El galvanizado es un proceso que consiste en recubrir el acero y el hierro con una capa de zinc que le aporta una protección contra la corrosión atmosférica. El término de galvanizado proviene del físico y médico italiano Luigi Galvani, quien comprobó con sus trabajos que el metal se puede recubrir con otro, en la medida en que sea el metal de carga mayor el que se deposite sobre la carga menor. Este descubrimiento dio paso al proceso de galvanizado, proceso electroquímico que permite revestir el metal con otro mediante diferentes procesos.

**- Acero inoxidable:**

El acero inoxidable es una aleación de acero muy popular que es muy apreciada por su resistencia a la corrosión y se usa en una variedad de formas para fabricar gran diversidad de productos, herramientas y equipos. A nivel industrial, es muy utilizado en la fabricación de planchas y tubos (Padilla, 1999).

Existen diferentes variantes de acero inoxidable y el tipo dependerá de lo que se le haya agregado. El hecho de que se puedan formar diferentes variedades le da a esta aleación una inmensa versatilidad que explica su popularidad e idoneidad para un gran número de aplicaciones.

Los diferentes tipos de acero inoxidable se dividen en grados, y cada uno de ellos tiene propiedades distintas en cuanto a su maleabilidad, su dureza, su resistencia a la corrosión, etc. Aunque el acero inoxidable se denomine como no oxidable, en realidad sí lo es. Lo que hace que se le denomine así es que, en comparación con el acero normal, puede soportar mucho más tiempo y uso antes de mostrar signos de óxido (Padilla, 1999).

Aparte de utilizar unos materiales más resistentes a la corrosión en el proceso de fabricación, existen otros métodos aplicables en esta etapa sin necesidad de cambiar los materiales de fabricación. Estos métodos son las pinturas, grasas y lubricantes (todos ellos protectores de la oxidación y la corrosión).

**- Pintura anticorrosiva:**

La pintura anticorrosiva es una base o primera capa de imprimación de pintura que se ha de dar a una superficie, que se aplica directamente a los cuerpos de acero, y otros metales. Para ello puede usarse un proceso de inmersión o de aspersion. Ésta tiene el propósito principal de inhibir la oxidación del material, y secundariamente el de proporcionar una superficie que ofrezca las condiciones propicias para ser pintada con otros acabados y esmaltes. La pintura anticorrosiva generalmente se presenta de color rojizo, que toma su pigmentación del óxido de hierro que es empleado como componente en su elaboración (Carbonell, 2011).

Esta pintura anticorrosiva se constituye por componentes químicos básicos tales como el silicato de sodio (que inhibe la corrosión), y el EDTA (un secuestrante activo) y tiene la primordial función de proteger el metal (principalmente acero), y para ello, no sólo se adhiere a



la superficie, sino que procura reaccionar químicamente con la superficie metálica con la que toma contacto para modificarla y compenetrarse químicamente.

**- Grasas y lubricantes:**

En especial destacan las grasas de cobre. Éstas son ideales para tratar metales con el fin de protegerlos del óxido, la corrosión y el gripado, tanto térmico por la exposición prolongada a altas temperaturas, como mecánico cuando se trata de uniones roscadas fijadas con un par de apriete muy elevado.

La función principal de la grasa de cobre es actuar como lubricante para la pieza en cuestión y prevenir el agarrotamiento, fundamentalmente, en elementos roscados que soportan altas temperaturas o elevadas presiones (Terradillos J, Ciriani J, 2015).

### 4.3 ANÁLISIS AMFE DE LAS MEJORAS Y COSTE DE LAS SOLUCIONES

Como se ha explicado anteriormente, el análisis AMFE es una herramienta que nos ayuda a establecer el grado de prioridad a la hora de atender a una serie de fallos. En este caso, en el siguiente análisis AMFE se muestra una vez establecidas las posibles mejoras a cada fallo. Además, se incluye el NPR inicial del AMFE de fallos para poder comparar el obtenido ahora con el anterior.

FALLO	MEJORAS	IMP	OCU	DET	NPR FINAL	NPR INIC
<b>COMPONENTES EXTERNOS</b>						
Oxidación partes metálicas	Construcción hangar	5	2	1	10	72
Deterioro pinturas	Construcción hangar	4	3	1	12	54
Salitre en la chapa	Lavados recurrentes	5	3	2	30	50
<b>COMPONENTES INTERNOS</b>						
Agarrotamiento o gripado del motor	Cambios reglamentarios	5	2	2	20	54
Sobrecalentamiento bloque motor	Cambios reglamentarios	5	3	1	15	30
Sobrecalentamiento circuitos	Hacer cálculo previo	4	3	2	24	42
Sobrecalentamiento cables	Hacer cálculo de cableado	5	3	1	15	35

*Tabla 3. Análisis AMFE de mejoras (fase final)*

Como se puede observar en la Tabla 3, una vez aplicadas las mejoras, el fallo que menor NPR obtiene es el de oxidación de las partes metálicas. Esto se debe a que la solución propuesta de construir un hangar es tan efectiva que reduce enormemente la probabilidad de ocurrencia del fallo.

En el Anexo C se muestra la tabla completa del análisis AMFE, desde la fase inicial hasta la fase final.

Por otro lugar se encuentra el análisis de costes de las mejoras tratadas. En la siguiente tabla se muestra una versión reducida del cálculo de costes que se obtiene al aplicar cada una de las posibles soluciones:



RESUMEN COSTES	
ITEM	TOTAL (€)
HANGAR (8 vehículos)	120000
LONA (1 vehículo)	300
LAVADO (1vehículo)	5
GMAO	19200
FIBRA (1m <sup>2</sup> )	30
ACERO INOX (1m <sup>2</sup> )	5
ACERO GALV (1m <sup>2</sup> )	3
PINTURA (1 litro)	18,37
GRASAS (1 litro)	294,53

*Tabla 4. Resumen costes*

Como se muestra en la Tabla 4, la solución que mayor inversión conlleva es la construcción de un hangar de estructura metálica para ocho vehículos. A simple vista parece que se puede descartar comparado con las demás soluciones propuestas, pero no es así.

La construcción de un hangar reduciría casi a un 0% la probabilidad de aparición del principal problema, la corrosión. Teniendo en cuenta que un hangar de 500 m<sup>2</sup> puede albergar hasta ocho vehículos y que de media cada vehículo de Transmisiones cuesta unos 200.000€ debido al equipamiento que lleva consigo, se traduce en una inversión ideal y por tanto la mejor de las opciones.

Las demás opciones es preciso contemplarlas porque en caso de aparición de alguno de los problemas, nos pueden ayudar a paliarlo de forma temporal y con un coste reducido. Además de contemplarlas como soluciones temporales o alternativas, se deben aplicar de forma complementaria a la solución principal, ya que reducimos en mayor medida la probabilidad de fallo.

En el Anexo D se muestra la tabla completa del análisis de costes.

#### **4.4 APLICACIÓN DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS AL MANTENIMIENTO EN UNA ORGANIZACIÓN**

El auge y avance de las nuevas tecnologías es una realidad en el Siglo XXI. Este fenómeno se puede aprovechar igualmente para el mantenimiento de los equipos. Existen multitud de aplicaciones informáticas para la optimización y gestión del mantenimiento. Estas aplicaciones son denominadas GMAO, es decir, Gestión del Mantenimiento Asistido por Ordenador (Pons, 2008).

Tal y como su nombre indica, son un conjunto de softwares para facilitar la gestión del mantenimiento de activos de una organización, principalmente activos físicos, aunque pueden no serlo. La filosofía de estos sistemas es poner en el centro del mantenimiento los equipos, alrededor de los cuales estará vinculado todo lo que le afecta (Boucly, 1998).

Este tipo de herramientas permite al escalón de mantenimiento realizar una correcta gestión de los equipos y materiales, entre otros como tareas y actividades de mantenimiento, costes, inventario de repuestos, etc... Se puede decir que estas soluciones son las responsables de optimizar los procesos de mantenimiento de las organizaciones industriales.

En una organización como el Ejército con un elevado número de equipos es vital gestionar correctamente el programa de mantenimiento con el fin de evitar sufrir interrupciones en el cumplimiento de la misión o incluso llegar a dar por inoperativo un equipo. Un GMAO ayuda al escalón de mantenimiento a planificar la periodicidad de dichos trabajos de mantenimiento y



una vez programado, automatiza la creación de las órdenes de trabajo asociadas a estos mantenimientos.

Además, actualmente gracias al Internet of Things (internet de las cosas), es posible conectar algunos sistemas GMAO con sensores que fueran instalados dentro de los equipos. Esto permite al Ejército dar un paso más allá en la funcionalidad del mantenimiento. La integración de los datos extraídos de los equipos mediante sensores con un sistema GMAO permite realizar un mantenimiento basado en condiciones, el cual lanzará automáticamente órdenes de trabajo según el estado en el que se encuentren los equipos. Esto permite realizar un mantenimiento predictivo basado en los datos extraídos para anticiparse al fallo de los equipos.

Dentro de la gran cantidad de sensores que existen en el mercado, sería de gran utilidad la instalación de sensores de humedad, para activar o desactivar los humidificadores y los sensores de infrarrojos, para detectar las zonas con temperaturas desmesuradas y así prevenir futuros fallos (Gento Á, Redondo A, 2005).

Todo esto nos puede permitir realizar un mantenimiento predictivo de forma efectiva, estableciendo y grabando en la base de datos del GMAO cuándo aparecerán dichos fallos y realizar las órdenes de prevención de dichos fallos. Esto podría marcar realmente la diferencia en la reducción de costes en el mantenimiento puesto que actualmente, con la ausencia de software GMAO, el mantenimiento predictivo es inviable. Actualmente el único mantenimiento que se puede realizar es el preventivo, sin saber cuándo realmente va a ocurrir el fallo, por lo que se generan unos gastos mayores que los que se generarían si sabemos a ciencia cierta la ocurrencia del fallo.

Dentro del mercado de los softwares GMAO, existe una amplia variedad de empresas que ofrecen este tipo de aplicaciones.

COSTE SOFTWARE GMAO		
ÍTEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO
SW LINX SPHERE	1	19.200€/licencia
SW INFRASPEAK	1	1.575€/pc
SW ROSMIMAN	1	18.950€/licencia
SW EMAINT CMMS	1	19.300€/licencia
SW QPLANT	1	2.175€/pc
SW MATRIX ENGINE GMAO	1	1.850€/pc

*Tabla 5. Coste software GMAO de diversas empresas*

En la Tabla 5 se ha recopilado la información sobre el coste de diversos softwares GMAO de diferentes empresas. Todos los softwares son muy similares en cuanto a sus capacidades y limitaciones. Solamente éstos se diferencian en la interfaz y el modo de uso. El primero de ellos, el software *LINX SPHERE*, ofrece la licencia de GMAO completa para una empresa a un precio de 19.200 €. Es un gasto único, es decir, no tiene caducidad y sirve para una empresa entera. Esto puede ser aplicado para cada unidad del Ejército. Como se puede observar, existen otros softwares como el *INFRASPEAK*, *QPLANT* o *MATRIX ENGINE* que ofrecen el software por unidad de ordenador. Este tipo de softwares unitarios es recomendable cuando la empresa u organización es de pequeño tamaño, pero en el Ejército no ocurre dicho caso. Por tanto, es recomendable el primero mencionado o los otros dos softwares con la licencia completa.



## 5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

Como conclusión, es necesario reiterar la importancia que tiene el mantenimiento dentro del cumplimiento de la misión en el Ejército. Cumple una labor crucial para el funcionamiento y operatividad de todos los equipos presentes.

Dentro del objetivo principal de la presente memoria, se ha realizado con éxito el análisis de los fallos y carencias que presenta el mantenimiento, además del enorme problema que tienen las unidades litorales. Por ello este trabajo se ha centrado dicho problema: la corrosión.

En cuanto a los objetivos específicos cabe destacar, además, la importancia de los análisis cualitativos y cuantitativos. Se ha utilizado un análisis AMFE para la determinación de la prioridad de los fallos y posteriormente obtener unos resultados en las mejoras. Además, con el análisis de costes se ha podido escoger la opción más económica para cada fallo. En este trabajo han sido de gran utilidad para obtener unos valores con los que decidir la mejora más óptima y además saber el coste que conllevan.

Enfatizar, de igual modo, la importancia que tiene el escalón de mantenimiento dentro de una unidad, de dotarlo de los medios necesarios que permitan realizar su función correctamente y atender a las necesidades del mantenimiento de forma rápida y eficaz

Y, por último, recalcar la trascendente función de las TIC en la actualidad en las Fuerzas Armadas y, en concreto, en el ámbito del mantenimiento. Dentro de las líneas futuras en el ámbito de la Defensa, se debe incluir lo antes posible los avances tecnológicos a los sistemas de armas y, en este caso, al proceso de mantenimiento. Como se ha descrito al principio de la memoria, el mantenimiento es una de las piezas más importantes dentro del Ejército y crucial para el funcionamiento y la operatividad de cualquier unidad. La aplicación de las nuevas tecnologías en el mantenimiento de los equipos del Ejército, deberá ser uno de los principales puntos a tratar en el orden del día. Se debe evolucionar acorde a los avances tecnológicos y a las facilidades que éstos nos brindan. Como se ha visto en el presente trabajo, los softwares de GMAO pueden realizar una función muy relevante en la gestión del mantenimiento y se deben incluir a la mayor brevedad posible en el las unidades militares.



## 6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AFNOR. (1994). Norma X 60 010. *El mantenimiento*
2. Boucly, F. (1998). *Gestión del mantenimiento*. Asociación Española de Normalización y Certificación.
3. Carbonell, J. C. (2011). *Pinturas y recubrimientos.: Introducción a su tecnología*. Ediciones Díaz de Santos.
4. Costa, C. E., López, F. V., & Castelló, J. M. T. (2000). Materiales compuestos de matriz metálica. I parte. Tipos, propiedades, aplicaciones. *Revista de metalurgia*, 36(3), 179-192.
5. Gento, Á. M., & Redondo, A. (2005). FUZZYMANT: Evaluación del mantenimiento utilizando técnicas difusas. In *IX Congreso de Ingeniería de Organización* (p. 84).
6. Morales Santiago, G. (2013). *Gestión del montaje y mantenimiento de instalaciones eléctricas*. Editorial Paraninfo.
7. Padilla, E. D. (1999). Aplicaciones de los aceros inoxidables. *Revista del Instituto de investigación de la Facultad de minas, metalurgia y ciencias geográficas*, 2(3), 11-22.
8. Payá, J. C. G. (2013). *Gestión y logística del mantenimiento de vehículos*. Editorial Club Universitario.
9. Pons, F. T. (2008). Sistemas de gestión de mantenimiento GMAO.: De las expectativas a la realidad. *Mantenimiento: ingeniería industrial y de edificios*, (217), 12-16.
10. Río, O., Alonso, M. C., Andrade Perdrix, C., & Vega Catalán, L. (2000). Comportamiento de la reparación localizada de viguetas armadas afectadas por corrosión.
11. Sexto, L. F. (2017). Tipos de mantenimiento: ¿Cuántos y cuáles son? *Revista de Mantenimiento en Latinoamérica*. (9), 4, 14-17.
12. Terradillos, J., & Ciriani, J. I. (2015). Pasado, presente y futuro de la lubricación. *Lubrication Management. IK4-Tekniker*.
13. Vázquez, M. V. (2014). *La corrosión: el peor de los villanos cuando dominan los metales*. Universidad Nacional de Mar del Plata.
14. Vergara Pérez, O. E. (2014). Materiales Compuestos. *Química y Materiales*.



## **ANEXO A: DIAGRAMA DE GANTT**



Miguel Pinto Pérez

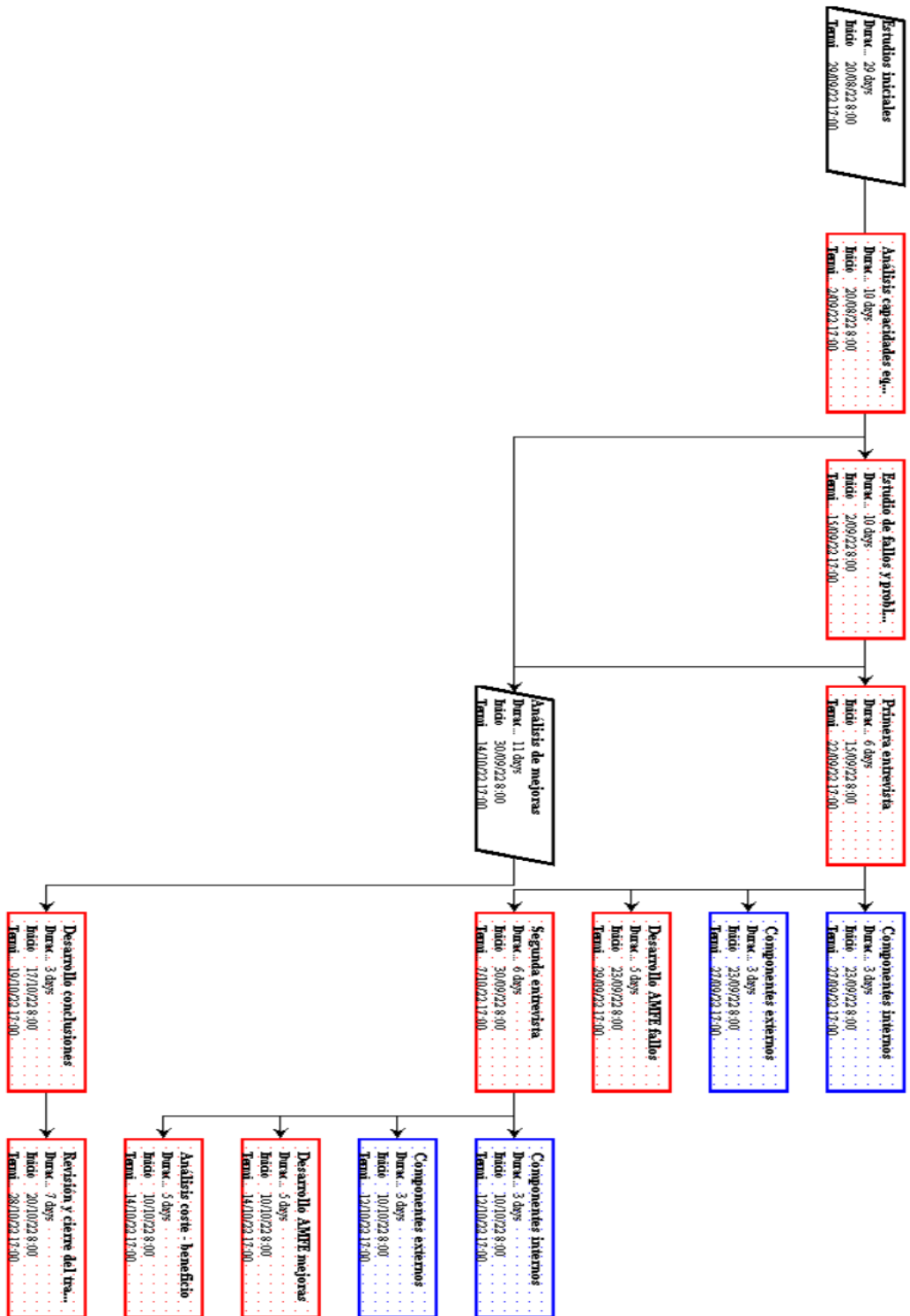


Figura 19. Diagrama de Gantt vista 1 (elaboración propia)



Miguel Pinto Pérez

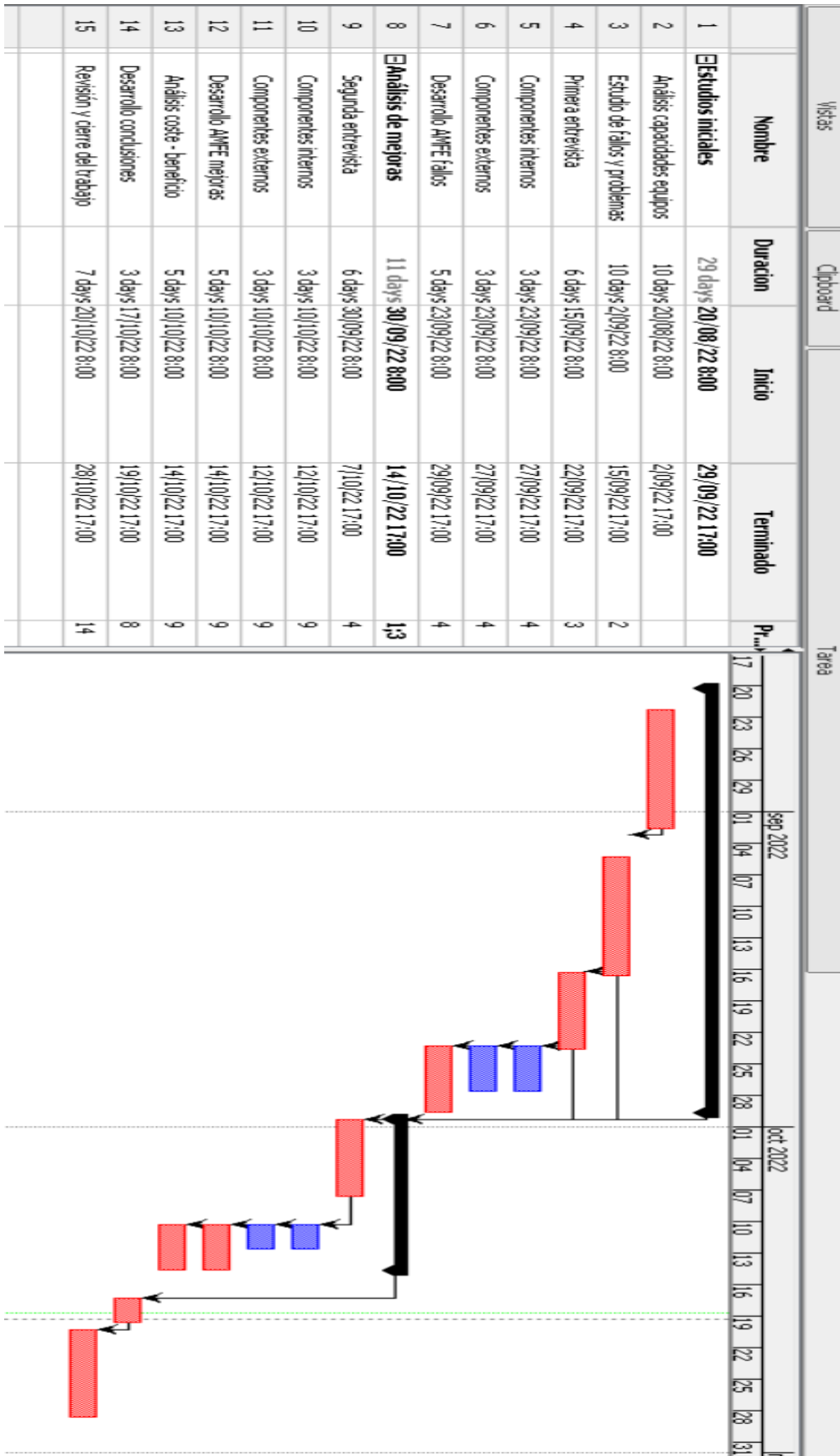


Figura 20. Diagrama de Gantt vista 2 (elaboración propia)



## ANEXO B: ENTREVISTAS

Este anexo está formado por dos entrevistas realizadas al GE1 (personal del Arma de Transmisiones) y al GE2 (personal del Cuerpo de Especialistas).

### PRIMERA ENTREVISTA

1. ¿Cuáles son los vehículos, estaciones de transmisiones y grupos electrógenos usados en la Compañía de Transmisiones de la BRICAN? ¿Cuáles son sus características y funciones?
2. ¿Cuál es la principal amenaza en las unidades litorales para los equipos, en concreto para los de Transmisiones?
3. ¿Qué equipos se ven más afectados ante este tipo de amenaza? ¿Y por qué?
4. ¿Qué carencias de fabricación tienen los materiales de los equipos para ser actualmente poco resistentes a la corrosión?
5. ¿Qué carencias existen en el mantenimiento de los equipos? ¿Y por qué?
6. ¿Qué fallos existen a nivel usuario en el mantenimiento que puede realizar cada uno?
7. ¿Cree que el EMAN posee los medios suficientes para poder desempeñar sus funciones?



## SEGUNDA ENTREVISTA

1. Una vez detallados los fallos, ¿cuáles cree que son las posibles soluciones a aplicar para solventar los fallos?
2. ¿Cuál cree que es el grado de viabilidad de esas soluciones? ¿Cree que sería posible llevarlas a cabo en la BRICAN?
3. ¿Cree que se deberían cambiar los materiales que utiliza el fabricante a unos materiales más resistentes a la corrosión?
4. ¿Qué materiales se podrían utilizar como alternativa a los ya existentes?
5. ¿Actualmente se hace uso de algún tipo de software para la gestión del mantenimiento en la BRICAN?
6. ¿Cree que instalar un software GMAO, incluyendo sensores, podría beneficiar al Ejército? ¿Y por qué?



## ANEXO C: ANÁLISIS AMFE FALLOS Y MEJORAS

FALLO	CAUSAS	EFECTO	IMP	OCU	DET	NPR INIC	MEJORAS	IMP	OCU	DET	NPR FINAL	NPR		COLOR
												1 ≤ NPR ≤ 20	21 ≤ NPR ≤ 40	
<b>COMPONENTES EXTERNOS</b>														
Oxidación partes metálicas	Estacionamiento a la intemperie	Vehículo inoperativo	9	8	1	72	Construcción hangar	5	2	1	10			
Deterioro pinturas	Estacionamiento a la intemperie	Finestra deteriorada	9	6	1	54	Construcción hangar	4	3	1	12			
Salitre en la chapa	No lavados	Mayor facilidad de oxidación	5	5	2	50	Lavados recurrentes	5	3	2	30			
<b>COMPONENTES INTERNOS</b>														
Agarrotamiento o gripado del motor	No cambio de aceite	Motor parado	6	3	3	54	Cambios reglamentarios	5	2	2	20			
Sobrecalentamiento bloque motor	No cambio de líquido refrigerante	Motor parado	5	3	2	30	Cambios reglamentarios	5	3	1	15			
Sobrecalentamiento circuitos	Mal cálculo potencia	Circuito quemado	7	2	3	42	Hacer cálculo previo	4	3	2	24			
Sobrecalentamiento cables	Mal cálculo potencia	Cable quemado	5	3	3	35	Hacer cálculo de cableado	5	3	1	15			

Tabla 6. Análisis AMFE completo



## ANEXO D: ANÁLISIS DETALLADO DE COSTES

COSTE HANGAR METÁLICO (PARA 8 VEHÍCULOS)			
ÍTEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (€)
HANGAR	500 m <sup>2</sup>	240€/m <sup>2</sup>	120.000
<b>TOTAL</b>			

Tabla 7. Coste de hangar

COSTE LONA (POR VEHÍCULO)			
ÍTEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (€)
LONA	1	300 €	300
<b>TOTAL</b>			

Tabla 8. Coste de lona

COSTE LAVADO (POR VEHÍCULO POR SEMANA)			
ÍTEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (€)
LAVADO Y SECADO	1	5 €	5
<b>TOTAL</b>			

Tabla 9. Coste lavado de vehículo

COSTE FIBRA CARBONO			
ÍTEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (€)
PLANCHA FIBRA	1	30€/m <sup>2</sup>	30
<b>TOTAL</b>			

Tabla 10. Coste de fibra de carbono

COSTE ACERO INOXIDABLE			
ÍTEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (€)
PLANCHA ACERO INOX	1	5€/m <sup>2</sup>	5
<b>TOTAL</b>			

Tabla 11. Coste de acero inoxidable

COSTE ACERO GALVANIZADO			
ÍTEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (€)
PLANCHA ACERO GAL.	1	3€/m <sup>2</sup>	3
<b>TOTAL</b>			

Tabla 12. Coste de acero galvanizado

COSTE PINTURA ANTICORROSIVA			
ÍTEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (€)
BOTE PINTURA TITAN	5	18,37€/litro	91,85
<b>TOTAL</b>			

Tabla 13. Coste de pintura anticorrosiva

COSTE GRASAS Y LUBRICANTES DE COBRE			
ÍTEM	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	TOTAL (€)
MG CHEMICALS	0,454	294,53€/litro	133,72
<b>TOTAL</b>			

Tabla 14. Coste de grasa de cobre



## ANEXO E: ORGÁNICA DE LA CIATRANS 16 Y LA PLANA

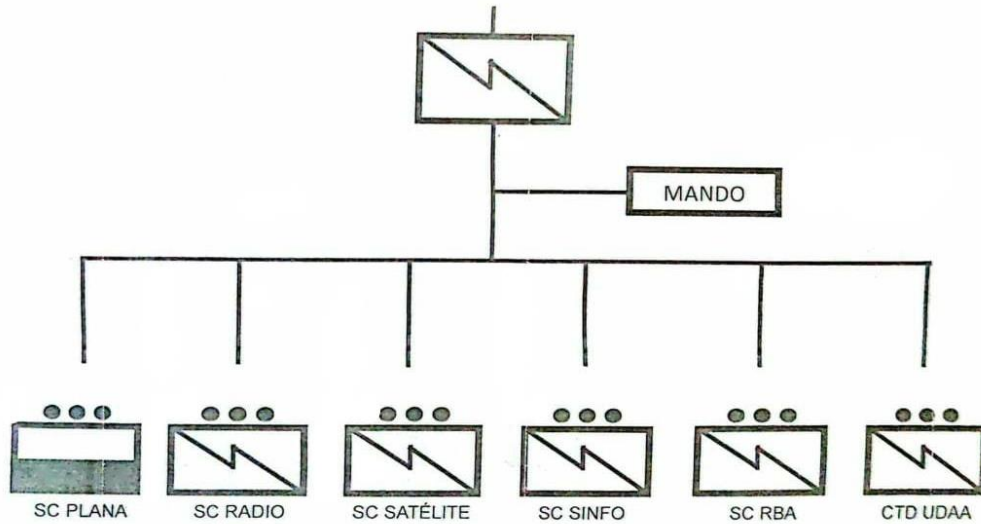


Figura 21. Orgánica de la CIATRANS 16 (elaboración propia)

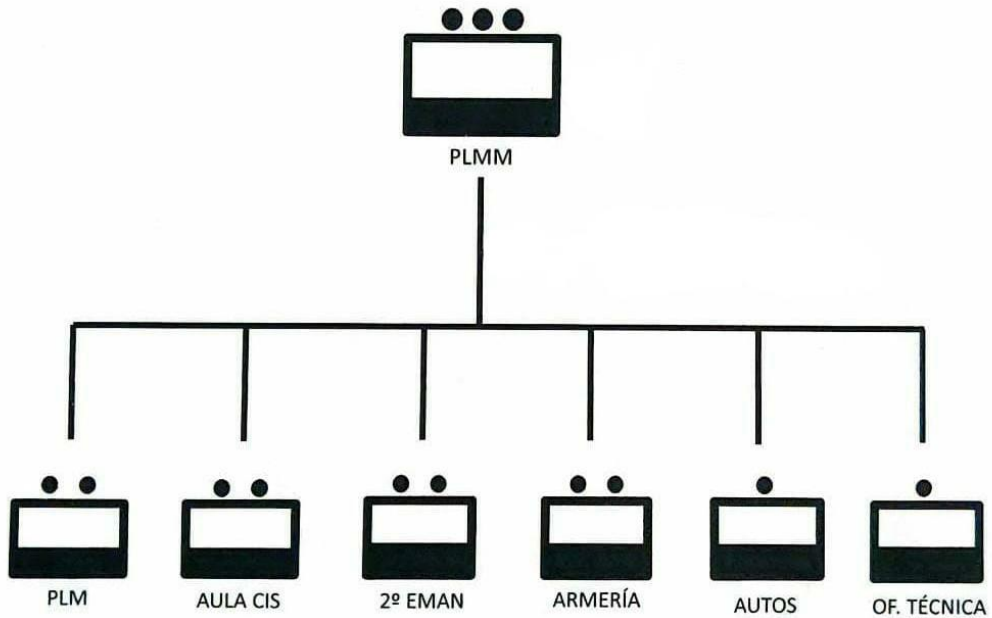


Figura 22. Orgánica de la Sección de Plana (elaboración propia)

