



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



FACULTAT DE BELLES
ARTS DE SANT CARLES

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Facultad de Bellas Artes

Estudio histórico-técnico, estado de conservación y
propuesta de intervención de los restos arqueológicos de
una bayoneta perteneciente a un fusil Mauser

Trabajo Fin de Grado

Grado en Conservación y Restauración de Bienes Culturales

AUTOR/A: Ganim Martínez, Olga

Tutor/a: Lastras Pérez, Montserrat

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022

RESUMEN

El presente trabajo final de grado se centra en el estudio histórico-técnico, así como en el estado de conservación y propuesta de intervención de una bayoneta de hierro perteneciente a un fusil Mauser modelo 1916, conocido como el Mauser Español debido a su extendido uso durante la guerra civil española.

Fue hallada en un yacimiento desconocido pues fue donada por un particular al museo militar de Valencia, donde permanece expuesta en la sala de la guerra civil. La pieza presenta un alto grado de degradación, debido a las condiciones de enterramiento y al material compositivo de la misma. Tras un primer examen organoléptico se observa una gran corrosión extendida por toda la pieza, observándose un grave ataque por picadura, presentando laminación del hierro y lagunas.

Con la realización de este trabajo se indaga en la historia de esta bayoneta y del fusil al que perteneció, con el fin de conocer su contexto y su importancia histórica y simbólica; se estudia su estado de conservación, realizando un minucioso estudio organoléptico, con el objetivo de identificar las diferentes patologías que presenta la pieza, siendo estas plasmadas en mapas de daños. Por último, con la información recopilada se realizará una propuesta de intervención para frenar los procesos de deterioro que la afectan actualmente, todo ello seguido de un plan de conservación preventiva para mantener su perdurabilidad en el tiempo.

PALABRAS CLAVE: metal arqueológico, armas Guerra Civil, fusil Mauser Español, bayoneta, patrimonio militar, corrosión hierro

ABSTRACT

This final degree project focuses on the historical-technical study, as well as on the state of conservation and intervention proposal of an iron bayonet belonging to a Mauser Model 1916 rifle, known as the Spanish Mauser due to its widespread use during the Spanish Civil War.

It was found in an unknown site as it was donated by an individual to the Military Museum of Valencia, where it remains on display in the Civil War room.

The piece presents a high degree of degradation, due to the burial conditions and its compositional material. After a first organoleptic exam, it is determined that there is a great corrosion spread throughout the piece, observing a serious attack by pitting, presenting lamination of the iron and losses.

In this paper, the history of this bayonet and the rifle to which it belonged is inquired, in order to know its context and its historical and symbolic importance; its state of conservation is studied, carrying out a meticulous organoleptic study, with the aim of identifying the different pathologies that the piece present, being these reflected in the damage map. Finally, with the compiled information, an intervention proposal will be drawn up to stop the deterioration processes that currently affect it, all followed by a preventive conservation plan to maintain its durability over time.

KEY WORDS: archaeological metal, Spanish Civil War weapons, Spanish Mauser rifle, bayonet, military heritage, iron corrosion

AGRADECIMIENTOS

Gracias a toda la gente que ha estado conmigo cuando se me ha complicado la cosa, en especial a mi madre por ser siempre la primera en contestar y apoyarme y guiarme en todas mis decisiones, y también a mi padre porque juntos han procurado desde siempre que yo tuviera esta oportunidad.

A mi hermano por hacerme reír siempre que lo he necesitado y por mantenerme los pies en la tierra.

A Vicent por soportar mis lloros y compartir los mejores momentos, y siempre creer en mí.

A mis compañeras de piso por convertirse en mis hermanas y a mis amigas de la carrera por quejarnos tanto y acabar siempre riéndonos de todo.

A todas las profesoras que hemos tenido durante estos años que han tenido la paciencia necesaria y nos han enseñado tanto.

Al equipo de Menorca y en general a toda la gente que se ha cruzado conmigo y me han tratado de la mejor manera posible, me han hecho feliz en esos momentos y no lo olvidaré, os quiero.

1. Introducción	5
2. Objetivos	7
3. Metodología	8
4. Aproximación histórica	9
4.1. Procedencia	9
4.2. La Fábrica Nacional de Toledo	11
4.3. El machete-bayoneta M1913	14
5. Estudio técnico	17
5.1. Ficha técnica.	17
5.2. Materiales compositivos	17
5.2.1. Hoja de acero de alto carbono	18
5.2.2. Empuñadura de madera	19
5.2.3. Tornillos de hierro	19
6. Estado de conservación	20
6.1. Causas de alteración	21
6.2. Productos de corrosión	22
6.3. Otras patologías	23
7. Propuesta de intervención	25
7.1. Estudios previos	25
7.2. Preconsolidación	27
7.3. Limpieza físico química y mecánica	27
7.4. Inhibición	29
7.5. Protección final	29
8. Plan de conservación preventiva	30
9. Conclusiones	31
10. Bibliografía	33
11. Índice de imágenes	36

1. INTRODUCCIÓN

El patrimonio armamentístico forma parte de aquellas cosas que no se pueden olvidar, aunque es común que se haga, a pesar de su importancia como representación de un momento clave de la historia reciente de nuestro país, pues es fácil que ahora, desde una situación de democracia y seguridad, nos parezca tan lejano e inverosímil, que lo acabemos olvidando y no aprendamos de estos errores, dando pie a que se repita esta historia. Pero hay un grupo de gente, que están íntimamente relacionados con toda la temática bélica, tales como coleccionistas, aficionados a la historia, e incluso ex militares, a veces agrupados en colectivos y asociaciones (figura 1), que son quienes han movido la bibliografía, documentación y recopilación de objetos, papeles y lugares que a menudo han quedado abandonados por parte de las entidades administrativas del estado. Pero estas personas, no sólo militares sino también civiles que estuvieron presentes y los descendientes de estos, tienen una conexión sentimental con todo el patrimonio bélico, pues no se trata sólo de un cuchillo, o una fortaleza, sino que son objetos y lugares con trauma, que han servido en la guerra, que han pertenecido a alguien que probablemente ya no está con nosotros y que luchó por sus ideales.

FIGURA 1. Centro de interpretación de la línea XYZ, Almenara



Es por ello que, especialmente en este tipo de piezas, es importante mantener la premisa de respeto por la pieza, sin tratar de ocultar sus defectos fruto de la historia del objeto, pues esta es la historia de todos, y debe quedar patente, incluso tras la intervención, que no buscará renovar el objeto sino conservarlo con el objetivo de asegurar su preservación en el tiempo.

La pieza objeto de estudio (figura 2), en concreto, es un machete-bayoneta Mauser Modelo 1913, diseñada para los fusiles Mauser Españoles y producida por la Fábrica de Armas de Toledo, presuntamente abandonada en la línea defensiva llamada Línea XYZ que defendió la zona de Valencia del ataque del ejército franquista durante la última etapa de la Guerra Civil Española.

A pesar de que no es de gran antigüedad, pues tiene menos de 100 años, las condiciones de abandono han hecho mella en los materiales, degradándolos hasta un estado muy grave, por lo que la intervención propuesta en este TFG se centra en la estabilización y frenado de los procesos de deterioro iniciados que llevan tantos años dañando la bayoneta.



FIGURA 2. Fotografía general de la pieza

Para el planteamiento de esta intervención se tienen en cuenta los principios de la restauración actuales, basados en el respeto hacia el objeto y su historia y la conservación, y se sigue la metodología recomendada para la intervención de materiales metálicos, comenzando por el estudio tanto histórico como técnico de la pieza, para conocer su contexto, sus materiales y su estado de conservación. En base a esto, se propone una intervención adecuada a las necesidades específicas de la pieza, utilizando los materiales adecuados para protegerla sin intervenir en su estética o en su composición química, siendo estos reversibles, y por último, se elabora un plan de conservación preventiva en el que se establecen una serie de directrices para la correcta exposición y/o almacenamiento que no contribuyan al deterioro de la pieza, sino que ayuden a conservarla.

2. OBJETIVOS

El **principal objetivo** de este trabajo es la documentación del resto arqueológico objeto de estudio, para la elaboración de una propuesta de intervención y el establecimiento de una serie de medidas conservativas que permitan la preservación de la obra.

Para llevar a cabo este objetivo principal, el planteamiento del trabajo persigue los siguientes **objetivos específicos**:

- Describir la pieza y su contexto mediante su estudio histórico- técnico para definir su contexto
- Determinar el nivel de degradación de la pieza mediante el estudio organoléptico y fotográfico e identificar los productos de corrosión y patologías con el fin de evaluar su estado de conservación y causas de su deterioro
- Desarrollar una estrategia de intervención y conservación preventiva con la información adquirida en los estudios anteriores con el objetivo de estabilizar y conservar la pieza para su transmisión hacia el futuro.
- Exponer al público esta pieza y su contexto como representación de una parte de la historia reciente del estado, con el objetivo de recordarla y darle importancia.

Objetivos de desarrollo sostenible:

Los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), redactados para la agenda 2030 en coordinación con las Naciones Unidas, se forma por 17 ítems, entre los que se destaca el número 11, referido a la salvaguarda del patrimonio cultural y natural con la finalidad de fortalecer la adaptación ante los desastres. Este principio es uno de los objetivos que se persigue en este trabajo: plantear estrategias de intervención y conservación con el propósito de salvaguardar el patrimonio cultural para futuras generaciones.¹

¹ UPV (2016 – 2018). *Los ODS en las universidades españolas: una propuesta de la UPV para medir su grado de cumplimiento*
http://www.upv.es/entidades/CCD/infoweb/ccd/info/informe_ods_upv.pdf [Consulta: 15 julio 2022]

3. METODOLOGÍA

La metodología seguida para el desarrollo del trabajo ha sido la siguiente:

- Investigación documental para establecer un contexto, consultando bibliotecas y archivos, tanto digitales como físicos.
- Estudio bibliográfico de los materiales compositivos y patologías comunes en estos materiales, mediante la consulta de catálogos y guías.
- Búsqueda de estudios similares para conocer el estado de la cuestión
- Visitas al museo donde se conserva la pieza y reuniones con el departamento de conservación del Museo Histórico Militar de Valencia
- Estudio fotográfico general de la pieza y de detalle de los daños
- Descripción del estado de conservación y ejecución de un diagrama de daños utilizando el programa Adobe Illustrator ®
- Elaboración de un informe técnico descriptor de la pieza, tanto de sus características formales como de su estado de conservación
- Análisis visual y mediante lupa binocular que han permitido la identificación de los productos de corrosión y demás patologías
- Desarrollo del plan de intervención a partir de una hipótesis y consulta de bibliografía específica sobre la conservación e intervención en metales arqueológicos.
- Propuesta de plan de conservación preventiva

la ciudad fácilmente⁴. Esta batalla comenzó cuando los nacionales ocuparon Vinarós, dividiendo el territorio republicano. Pero al querer avanzar hacia el sur, se toparon con el ejército republicano, que, dirigido por Vicente Rojo y Leopoldo Menéndez, utilizaron una táctica puramente defensiva, bajo el lema “resistir es vencer”, y, a pesar de la desigualdad armamentística con la que contaban, pues el ejército de Franco contaba con apoyo de Hitler y Mussolini, lograron defender el territorio gracias a la compleja orografía y una buena organización.⁵ El resultado fue un gran costo humano y la defensa de la ciudad de Valencia, pues al final las tropas franquistas se dirigieron hacia la Batalla del Ebro iniciada por el General Vicente Rojo el 25 de Julio de 1938.⁶

Esta también se conoce como la batalla olvidada, pues a pesar de que fue decisiva para la conclusión de la guerra, fue silenciada por el bando franquista por suponer una derrota para ellos y olvidada por el republicano pues el otro bando se encargó de atribuir todos los daños y gran cantidad de bajas a los rojos.⁷ En conclusión, se ha olvidado por mucho tiempo esta batalla por parte de ambos bandos, resultando en un vacío historiográfico y en el abandono del lugar hasta que, poco a poco se ha podido ir abriendo la herida gracias a arqueólogos, historiadores, ayuntamientos y asociaciones, como la asociación de la línea Matallana y el centro de interpretación, que han querido recuperar la historia del lugar realizando estudios, excavaciones y actuaciones de revalorización.⁸



FIGURA 4. Búnker de Almenara

⁴ BEEVOR, A. (2015) *La Guerra Civil Española*. Barcelona: Barcelona Crítica pp. 516 – 523

⁵ LÍNIA XYZ. *Origen de la Línea XYZ - La batalla de Llevant*, <https://liniaxyz.com/lalinia-xyz/>. [Consulta: 15 mayo 2022]

⁶ *Íbid.*

⁷ BEEVOR, A. (2015) *La Guerra Civil Española*. Barcelona: Barcelona Crítica pp. 516 – 523

⁸ BONO, F. (2012) “El fuego acarició la inexpugnable Línea XYZ” en *El País.com*. https://elpais.com/ccaa/2012/07/07/valencia/1341689618_435978.html. [Consulta: 16 mayo 2022]

4.2. LA FÁBRICA NACIONAL DE TOLEDO

No se conoce cuándo comienza la tradición de la fabricación de armas blancas en la ciudad de Toledo; hay quien afirma que se remonta hasta tiempos celtíberos, también se especula que comenzó en tiempos del emperador Augusto, o durante la época gótica. También hay quien asegura que fueron los califas Abderrahmán II y Alhaken II quienes fomentaron esta industria en la ciudad hasta perfeccionar la técnica, pero lo cierto es que ninguna de estas afirmaciones se puede comprobar por falta de documentación o falta de veracidad de la que hay.⁹

Lo cierto es que existe gran tradición de talleres dedicados a la fabricación de espadas, cuchillos, dagas y demás armas de filo en la ciudad de Toledo desde hace siglos, centralizados en la llamada calle de armas y organizados en un gremio, que llegó a tener tanta importancia comercial y social que adquirieron ciertos privilegios y exenciones por parte de la monarquía, tales como la liberación de pago de tasas por la venta de armas y la prioridad en la entrada de materias primas¹⁰. Todas las armas fabricadas por este gremio eran firmadas con el nombre de la ciudad y un sello identificativo del taller o artesano que la había forjado. Posteriormente, la fábrica continúa con esta tradición marcando con un sello todas sus armas (figura 5)

Gracias al desarrollo de las armas de fuego y su cada vez mayor presencia en conflictos armados, la industria espadera fue decayendo hasta llegar a su punto más flaco a principios del siglo XVII.¹¹ A mitad del siglo XVIII ya habían desaparecido la mayoría de talleres, con la consecuente decadencia de la economía en la zona.

Eso fue hasta que en el año 1758 subió al trono español el Rey Carlos III, que en 1761 quiso conservar esta industria nacional e inauguró la que sería la nueva Fábrica de Armas de la ciudad en la antigua Casa de Moneda. Tras unos años de funcionamiento, viendo el éxito que tenía la fábrica, se mandó en 1777 construir un nuevo edificio para expandir la zona de trabajo (figura 6). La fábrica comenzó a aprovecharse de la energía hidráulica que producían las presas cercanas del río Tajo llamadas “presa del ángel” y “salto de Solanilla”.

En 1784, al abandonar el puesto el director de la fábrica Antonio Gilmón, la administración de esta pasó a ser de hacienda pública, y luego al cuerpo de Artillería del Estado.

Durante la Primera Guerra Carlista (2 de octubre de 1833), se abandonó la producción armera y se estableció en el edificio el taller de dorado, grabado y



FIGURA 5. Marca de la fábrica de Toledo.



FIGURA 6. Fotografía original del edificio principal de la fábrica

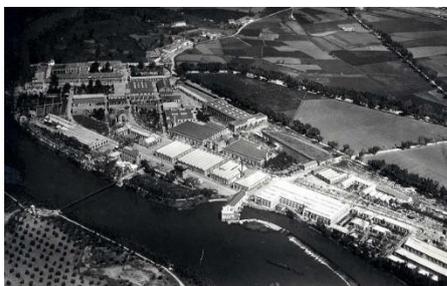
⁹ SÁNCHEZ MERINO, J.(1919) *La Fábrica Nacional de Toledo*. Biblioteca Nacional de Defensa. p1

¹⁰ *Íbid.* Pág. 2

¹¹ *Íbid.*

esmaltado, pero al terminar la guerra en 1840, volvió la fabricación de armas y se expandió la fábrica con un nuevo edificio y nuevas máquinas para el perfeccionamiento de las técnicas, adaptándose a las novedades de la época. Las abundantes guerras, conflictos y expediciones en las que estaba implicado el estado español y Europa en general durante el siglo XIX mantuvieron activa y necesaria la producción de la fábrica, pero en cuanto estas acabaron, volvió a caer en el olvido debido a la cada vez menor necesidad de armas blancas, en favor de las armas de fuego. Es por ello que, en 1870, el Ministerio de Guerra instala las máquinas, talleres y herramientas necesarias para la fabricación de cartuchos metálicos¹², volviendo a poner en relevancia a la fábrica e introduciéndose poco a poco en la fabricación de armas de fuego, debido a la creciente demanda y uso de este tipo de armas. De este modo se aprovechaba el potencial de la fábrica a la vez que España iba consiguiendo algo de independencia en cuanto a armamento. A principios de 1874 se vuelve a invertir en la fábrica, aumentando su capacidad de trabajo hasta llegar a la fabricación de 80.000 cartuchos metálicos diarios y 35.000 armas blancas anuales.¹³

FIGURA 7. vista aérea de la fábrica desde el sur. Imagen cedida por el archivo Municipal de Toledo. 1929..



El Real Decreto del 7 de diciembre de 1893 declara el *Fusil Mauser modelo 1893* como reglamentaria para el ejército, por lo que se comenzó a fabricar los cartuchos metálicos para esta arma en un nuevo edificio de la fábrica de Toledo, evitando así comprarlos a Alemania.

Así, en 1918 concluye la construcción de la fábrica con un total de 4 edificios (figura 7) que ocupan 232.261 metros cuadrados, con 3 grupos de talleres (de armas blancas, de cartuchería y de motores y almacenes), e incluyendo oficinas, salas de pruebas, campo de tiro y laboratorio químico.¹⁴

A principios del siglo XX, alertados por lo que sucedía en Europa, los militares españoles comenzaron a preocuparse por la cada vez más urgente transformación de la industria necesaria para estar preparados en caso de conflicto, pero el Ministerio de Guerra destinaba la mayor parte de sus fondos a la guerra de Marruecos y el resto se iba en pagas, lo cual causó una deficiencia de presupuesto que se tradujo en un enorme atraso en armamento en relación a los demás países europeos. En 1941, Juan Antonio Suanzes, ministro de Industria y Comercio crea el Instituto Nacional de Industria (INI), para gestionar y fomentar la industria en un intento de alcanzar el nivel de otros países y respaldar al ejército militar. La idea de Suanzes era crear una entidad estatal de fábricas de armamento, dirigida por el INI, esta idea se manifestó unos años

¹² PERIS SÁNCHEZ, D. et al. (2003) *Dos siglos en construcción: de fábrica de armas a Campus Universitario*. Grupo San José. p. 87

¹³ SÁNCHEZ MERINO, J.(1919) *La Fábrica Nacional de Toledo*. Biblioteca Nacional de Defensa p. 6

¹⁴ *Íbid.* pp. 1 – 10

después, en 1959, con la creación de la Empresa Nacional Santa Bárbara de Industrias Militares.¹⁵

Desde los años 30, la fábrica tiene una vida intensa, por la política industrial franquista que, según Nadal: “por exigencias de orden militar, dando prioridad a la guerra y orientándose a sustituir la importación de aquellos productos juzgados como imprescindibles para librar con éxito un conflicto armado”¹⁶ destina gran porcentaje del presupuesto estatal al ministerio de Defensa.

Entre los años 60 y 80, la fábrica sufre grandes cambios, al igual que la sociedad, se sigue tratando de potenciar la industria en el país, pero los cambios tan rápidos ponen en riesgo la continuidad de la fábrica, poniendo a prueba su capacidad de adaptación. Finalmente, cuando en los años 80 se replantea la situación militar en España, se establece una reestructuración de los ejércitos y modernización de equipamientos y material bélico, por lo que la Empresa Santa Bárbara decide que la Fábrica Nacional de Toledo ha quedado obsoleta y concluye en su cierre el año 1996.¹⁷

Tras el cierre de la fábrica, los terrenos y edificios quedaron en manos del Ayuntamiento de la ciudad hasta que este los cedió a la Universidad de Castilla la Mancha, para ubicar allí el campus tecnológico en 1998. Para ello, se realizó una adaptación del edificio que conserva partes fundamentales para nunca olvidar la historia de este importante edificio (figura 8).¹⁸



FIGURA 8. Interior del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Industrial.

¹⁵ PERIS SÁNCHEZ, D. et al. (2003) *Dos siglos en construcción: de fábrica de armas a Campus Universitario*. Grupo San José. p. 196

¹⁶ NADAL, J. (1994) *La cara oculta de la industrialización española: la modernización de los sectores no líderes, siglos XIX y XX*. Alianza Editorial.

¹⁷ PERIS SÁNCHEZ, D. et al. (2003) *Dos siglos en construcción: de fábrica de armas a Campus Universitario*. Grupo San José. p. 204

¹⁸ *Íbid.* p. 211

4.3. EL MACHETE-BAYONETA M1913

A finales del siglo XIX, las Fuerzas Armadas Españolas buscan un nuevo armamento que sustituyera al ya obsoleto sistema Remington de un solo tiro el cual era reglamentario desde 1871. Es entonces cuando se comienzan a interesar por los nuevos sistemas ideados por los hermanos Mauser.

Estos hermanos, hijos de un obrero de la fábrica de armas de Wurtemberg, en Alemania, tenían el objetivo de crear un arma de repetición sencilla y segura; el año 1871 inventaron el sistema de cerrojo y consiguieron la aprobación del uso de su fusil modelo 1871-84 para armar al ejército alemán¹⁹. Sus nuevos sistemas resultaron muy exitosos y fueron utilizados por ejércitos de todo el mundo.

Con este objetivo, se comenzó a experimentar con el fusil Mauser Modelo Turco de 1890, el cual modificaron hasta desarrollar el que sería el nuevo modelo Español 1892, pero no se llegaron a fabricar demasiadas unidades de este modelo, pues en seguida fue mejorado, dando lugar a un nuevo modelo, el Mauser Español M1893.



FIGURA 9. Emblema del Ejército de Tierra con fusil M1893 con su bayoneta armada

Este modelo se declaró reglamentario en el Real Decreto del 7 de diciembre de 1893 (figura 9), siendo utilizado desde entonces hasta los años 40 por las Fuerzas Armadas, cuando fue reemplazado por el Mosquetón M1943, estando presente en importantes momentos de la historia militar del país, como la Guerra de Cuba (1895 - 98), la Guerra Hispanonorteamericana de 1898, las campañas del Riff y Marruecos, y la Guerra Civil (1936 – 39)²⁰.

El armamento militar reglamentario es aquel que es producido por la propia nación mediante sus fábricas, ajustándose a un mismo modelo aprobado por el organismo director correspondiente, con destino a determinados cuerpos del ejército²¹. El proceso de aprobación de un nuevo armamento reglamentario comenzaba con la propuesta al organismo director, normalmente por parte de las propias fábricas, de un nuevo modelo y sus mejoras, de los cuales se fabricaban o adquirían cierto número de unidades que se ponían a prueba, siendo estas denominadas “modelos experimentales”. En caso de que las pruebas resultaran satisfactorias y fueran aprobadas por el organismo director, el nuevo modelo se decretaría como reglamentario y sería producido en serie para los cuerpos del ejército.²²

Hasta el siglo XIX, el armamento portátil destinado al ejército se fabricaba en las Fábricas Reales (primero en Vizcaya, luego en Cataluña, Oviedo, Madrid y

¹⁹ Cartelería del Museo Histórico Militar de Valencia

²⁰ MERUELO, H. J. *Los fusiles Mauser modelo español*. En Stock Armas <https://www.stockarmas.com/los-fusiles-mauser-modelo-espanol/>. [Consulta: 9 julio 2022]

²¹ CALVÓ, J. (1975) *Armamento reglamentario y auxiliar del ejército español*. Libro Nº1. Gráficas J. Canut

²² *Íbid.*

Toledo, en esta última se producían principalmente armas blancas). El armamento reglamentario se caracteriza por tener una variedad de marcas²³ que indican el origen y destino de las armas, fecha de fabricación, etc., y también tienen las marcas reales, que indican que son propiedad de la monarquía, al haber sido fabricadas en las fábricas reales.

Las bayonetas fueron inventadas a mitad del siglo XVII, en la ciudad francesa de Bayonne, de manera accidental. Se cuenta que los soldados de una guerra rural se quedaron sin pólvora, por lo que ataron sus cuchillos a los inservibles mosquetes, creando unas lanzas improvisadas²⁴. Con esto, nace este tipo de arma que combina el fuego con la lucha cuerpo a cuerpo, que fueron entonces adoptadas por la mayoría de ejércitos europeos.

Así, se define bayoneta como un cuchillo grande que se acopla al cañón de un arma de fuego para utilizarla en combate cuerpo a cuerpo²⁵; siendo considerada al principio como un complemento del fusil, y posteriormente, como un arma independiente. Este sistema sería muy utilizado durante la Primera Guerra Mundial, aunque algunas fuentes proponen que su función es más bien psicológica²⁶, pues realmente no es demasiado efectiva en una batalla cuerpo a cuerpo, y en esta época las armas de fuego ya estaban muy generalizadas.

En 1895 comienza la fabricación del fusil Mauser M1893 en Oviedo, y de sus bayonetas en Toledo (figura 10), siendo anteriormente fabricadas por la firma Ludwig Loewe & Cía. de Berlín y Simson & Cie. en Suhl²⁷, con algunas pequeñas diferencias entre las fábricas alemanas y los modelos españoles. Este modelo también se fabricaría en la Fabrique Nationale Belga y por la empresa DWM. La bayoneta M1893 está basada en la alemana M1987/84, fabricada por Simson & Cie., siendo prácticamente iguales, aunque las alemanas no encajan bien en los fusiles españoles, y viceversa.

²³ CALVÓ, J. (1976) *Armamento reglamentario y auxiliar del ejército español*. Libro N°2. Gráficas J. Canut

²⁴ DESENFUNDA.COM *La bayoneta, un invento totalmente casual*.

<https://www.desenfunda.com/blog/la-bayoneta-un-invento-totalmentecasual/>. [Consulta: 7 julio 2022]

²⁵ *íbid.*

²⁶ SEGURA GARCÍA, G. (2021) "La bayoneta, una invención mortífera" en *historia.nationalgeographic.com.es*

https://historia.nationalgeographic.com.es/edicionimpresa/articulos/bayoneta-invencion-mortifera_16168. [consulta: 10 Julio 2022]

²⁷ CALVÓ, J. (1977) *Armamento reglamentario y auxiliar del ejército español*. Libro N°3. Gráficas J. Canut

FIGURA 10. Fusil M1893 fabricado en Oviedo junto a su bayoneta fabricada en Toledo.



En la Ordenanza Real del 11 de marzo de 1913²⁸, se declara reglamentaria el nuevo machete-bayoneta M1913, un nuevo modelo muy similar a la bayoneta anterior pero con una hoja más larga, de 400 mm. Con esta nueva bayoneta se pretende sustituir a la anterior (figura 11), de 250 mm, en los fusiles españoles M1893, luego se declaró reglamentario para el mosquetón M1916, e incluso se llegó a utilizar en el M1943. Además de la longitud, este modelo se diferencia del anterior por el dibujo cuadrillado de las cachas.



FIGURA 11. De arriba a abajo:
Bayoneta M1893 fabricada en Toledo,
Bayoneta M1893 fabricada en Suhl,
Machete-bayoneta M1913 fabricado en Toledo.

²⁸ FERMOSOSFIERROS.ES *Bayoneta Mauser 1913*.

<https://www.fermososfierros.es/modelos05/0302014.htm> [Consulta: 18 junio 2022]

5. ESTUDIO TÉCNICO

5.1. FICHA TÉCNICA

Objeto	Bayoneta
Dimensiones máximas	52 x 7 x 3 cm
Materiales compositivos	Acero de alto carbono, madera de nogal, hierro
Cronología	Siglo XX
Procedencia	Trincheras línea XYZ
Propietario	Museo Histórico Militar de Valencia
Estado de conservación	Muy malo
Peso	Peso original 500 g
Técnica	Fabricación en serie, acero laminado

5.2. MATERIALES COMPOSITIVOS

Gracias al documento de la propia fábrica redactado por Don Merino Sánchez, en el cual se describe al detalle el proceso de fabricación de la bayoneta, desde el forjado de la hoja de acero de alto carbono laminada y los tratamientos que se le aplican, hasta las cachas de madera de nogal que se fijan con dos tornillos de hierro²⁹, podemos conocer los materiales y procesos exactos que se utilizaban para ello. Todo esto queda representado de manera visual en el croquis de materiales que se observa abajo (figura 12).

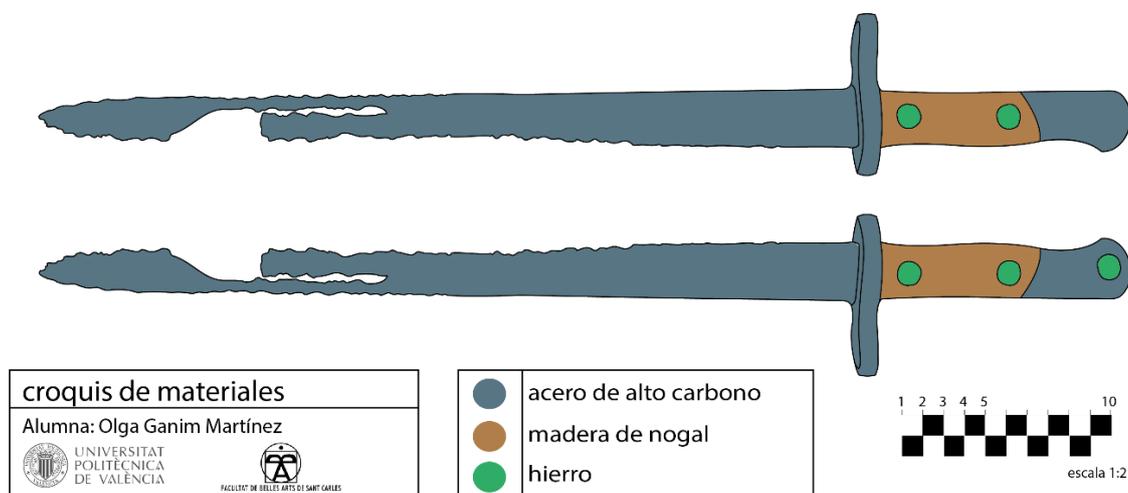


FIGURA 12. Croquis de materiales

²⁹ MERINO SÁNCHEZ, J. (1919) *La Fábrica Nacional de Toledo*. Biblioteca Nacional de Defensa. pp 75 – 77

En cuanto a la morfología de la pieza, esta se describe como un machete-bayoneta con hoja de 400 mm, de hoja recta con bigotera, filo corrido al exterior y sangradera (figura 13) en casi todo el filo. Las cachas son de madera de nogal cuadrillada sujeta con dos tornillos y, lógicamente, también presenta los elementos necesarios para anclar el cuchillo al fusil (ranura, pestillo, botón y muelle). Se presentaría con su propia vaina, realizada en cuero negro con brocal.

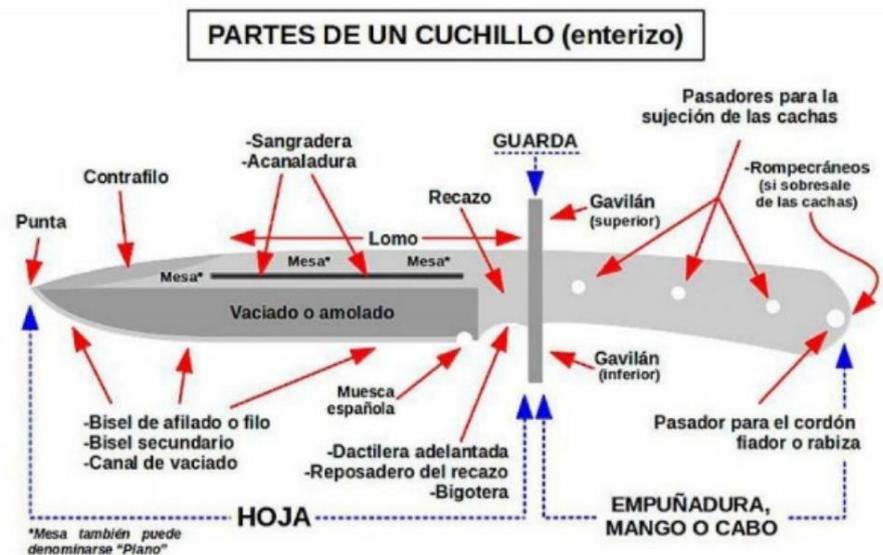


FIGURA 13. Partes de un cuchillo

5.2.1. hoja de acero de alto carbono

Aunque no se sabe la procedencia del acero utilizado, pues, según Peris Sánchez, el laminado procede del extranjero,³⁰ conocemos su composición pues se cita que el acero es de alto carbono; el acero de alto carbono es una aleación de hierro y carbono en la que este segundo material tiene presencia mayoritaria en la composición³¹, aunque también puede contener otros metales como manganeso, níquel o cromo. Esta aleación entre un metal y un no metal orgánico forma un compuesto intersticial, formando una red cristalina no homogénea más resistente que la del hierro³². Las propiedades del acero de alto carbono son menor maleabilidad y ductilidad en relación al hierro pero mejora la dureza y resistencia.

³⁰ PERIS SÁNCHEZ, D. et al. (2003) *Dos siglos en construcción: de fábrica de armas a Campus Universitario*. Grupo San José. pp. 87

³¹ ACEROPEDIA. Acero de alto carbono <http://aceropedia.com/tipos-de-acero/acero-de-alto-carbono/>. [Consulta: 17 junio 2022]

³² SELWYN, L. (2004) *Metals and Corrosion: A Handbook for the Conservation Professional*. Ottawa: Canadian Conservation Institute. pp 75 – 77

El acero utilizado para la fabricación de la hoja de la bayoneta no tiene núcleo, y se fabrica por laminado, un proceso consistente en fundir los lingotes de acero hasta un punto en el que se puede estirar y desbastar hasta conseguir el grosor deseado. La hoja sufre varios tratamientos tanto en frío (cortafrío para rebabas) como en caliente (forjado y estampado), hasta conseguir la forma deseada, y finalmente, se aplican dos tratamientos: el templado, consistente en calentar el metal hasta el rojo cereza y después sumergir verticalmente en un baño de aceite que está colocado dentro de un recipiente con agua corriente hasta que se enfíe; y el revenido, en el que se calienta el metal hasta que alcance un tono amarillo oscuro para ponerla completamente recta, luego se introduce en un tanque de agua fría corriente³³. Estos tratamientos térmicos mejoran a resistencia y dureza en superficie.

FIGURA 14. Fotografía de la empuñadura de una bayoneta M1913 en buen estado de conservación, se aprecia el cuadrillado de la madera y el sello de la fábrica.



5.2.2. empuñadura de madera

La madera utilizada en la empuñadura es de nogal español (figura 14), proveída a la fábrica de Toledo por la Fábrica de armas de La Vega (Oviedo)³⁴, desde donde exportaban los recortes utilizados para la fabricación de fusiles.

La madera de nogal es considerada una de las mejores maderas, de dureza media (3,8 en el test de Monnin), medianamente resistente a la putrefacción y muy estable dimensionalmente, lo cual la hace menos higroscópica que otras maderas. Tiene fibras rectas y compactas por lo que es muy resistente, a su vez es muy fácil de trabajar y abundante en territorio español³⁵, seguramente estas serían las cualidades por las que se eligió para la fabricación de las cachas de la bayoneta.

5.2.3. tornillos de hierro

No se sabe la procedencia de los tornillos utilizados para fijar las cachas de madera al cuerpo principal del cuchillo, pues estos son comerciales y podrían proceder de cualquier sitio, no viene indicado en el manual. Sólo se sabe que son de hierro.

³³ MERINO SÁNCHEZ, J. (1919) *La Fábrica Nacional de Toledo*. Biblioteca Nacional de Defensa. p. 6

³⁴ *íbid.*

³⁵ MADERAME *Madera de Nogal: Tipos, Características y Usos* <https://maderame.com/enciclopedia-madera/nogal/>. [Consulta: 7 junio 2022]

6. ESTADO DE CONSERVACIÓN



FIGURA 15. Fotografía de detalle del mango

El estado de conservación es muy malo, la pieza se encuentra completamente cubierta por corrosión en toda la zona metálica, tanto en el acero como en los tornillos de hierro, y la madera del mango también se encuentra muy degradada. La estructura es muy frágil por el avanzado estado de mineralización y se observan desprendimientos bajo la pieza en la vitrina de exposición a simple vista, al manipularla se desprenden más pequeños fragmentos metálicos que provienen principalmente de la zona del mango. Tiene un gran faltante en la punta de la hoja siguiendo la línea de la bigotera, donde el metal es más delgado y la corrosión ha llegado al núcleo, y también hay algún pequeño faltante en zonas más centrales. En cuanto al mango, se ha perdido gran parte de la madera, conservándose principalmente en las zonas cercanas a los tornillos, habiéndose perdido casi por completo en la zona central (figura 15). Estos daños afectan a la pieza en todo su perímetro, siendo prácticamente iguales por anverso y reverso; aun así, se mantiene la lectura del objeto. Aunque ha sufrido una limpieza superficial en el momento del hallazgo, aún se encuentran restos del enterramiento, como materia orgánica y tierra.

En cuanto a los productos de corrosión, toda la superficie está cubierta por diferentes productos de óxidos de hierro (magnetita) y productos de su hidratación, los oxihidróxidos de hierro limonita, goethita, y cloruros de hierro; todos estos minerales son productos de una corrosión que mediante picaduras ha atacado el metal llegando a cubrir toda la superficie y atravesar el metal en algunas zonas. Todo esto nos indica que la pieza ha sufrido corrosión por enterramiento en subsuelo, donde ha estado expuesta a mucha humedad y diferentes grados de acidificación y productos que han favorecido la corrosión, acelerando estos procesos hasta llevar a la bayoneta a un estado de degradación muy avanzado (figura 16), a pesar de que tiene menos de 100 años.



FIGURA 16. Fotografía de detalle del perfil del mango, en el que se aprecia el deterioro de la madera y las deposiciones de disgregación en la vitrina.



FIGURA 17. Mineral de hierro utilizado para la fabricación de metal

FIGURA 18. Degradación de la madera por la interacción con la corrosión del metal



6.1. CAUSAS DE ALTERACIÓN

Debido a que la mayoría de metales han sido creados a partir de un mineral (figura 17) gracias a un aporte de energía, normalmente en forma de calor, son inherentemente inestables y es la búsqueda de estabilidad mediante la mineralización lo que es la corrosión. Por tanto, la corrosión de un metal comienza en el momento mismo en el que sale de la forja, a excepción de los metales puros como el oro o el platino, que pueden ser encontrados de manera nativa en su forma metálica. En este proceso el metal pierde iones y suele ser de naturaleza electroquímica, dándose reacciones de tipo oxidación-redox que ocurren mediante un electrolito (normalmente agua) y gracias a una corriente eléctrica; el resultado es un cambio de materia metálica a mineral.³⁶

Pero hay algunos factores del entorno que pueden favorecer y acelerar la corrosión del metal, especialmente si el objeto ha sido abandonado a la intemperie, como es el caso. Como no se conocen las condiciones exactas del enterramiento, es difícil conocer todos los factores que han intervenido en el proceso de corrosión, pero con seguridad se puede decir que los principales son el oxígeno y la humedad. Otros factores que dependen del enterramiento son el espesor del terreno, su estructura y cualidades físicas (porosidad, tamaño de los granos, retención de humedad, etc.), la presencia de bacterias anaeróbicas, las sales presentes en el terreno, y por supuesto el tiempo de exposición a este entorno.³⁷

Un 65% de HR suele ser suficiente para iniciar un proceso de corrosión, pero la presencia de contaminantes en superficie como polvo y demás partículas pueden acumular la humedad y acidificar la superficie. Las sales y polución presentes en el medio son un factor determinante pues estas alteran la conductividad del agua, facilitando el intercambio de iones y acidez. Por eso, en zonas industriales y cercanas al mar, la corrosión es más fructífera que en zonas rurales.

La corrosión del hierro puede acelerar la degradación de polímeros orgánicos como la celulosa y algunas proteínas, acortando las cadenas poliméricas haciendo que el material orgánico, en este caso la madera de las cachas, quede frágil y quebradiza. Esto es porque en presencia de humedad y acidez, los metales de transición se disuelven como iones, que luego participan en reacciones con oxígeno y moléculas orgánicas que producen radicales y peróxido de hidrógeno, los cuales reaccionan con los polímeros orgánicos acelerando su degradación (figura 18).³⁸

³⁶ SELWYN, L. (2004) *Metals and Corrosion: A Handbook for the Conservation Professional*. Ottawa: Canadian Conservation Institute. Pp. 20 -21

³⁷ LASTRAS PÉREZ, M. (2018) *Teoría de la asignatura Taller II*

³⁸ SELWYN, L. (2004) *Metals and Corrosion: A Handbook for the Conservation*

6.2. PRODUCTOS DE CORROSIÓN

Los productos de corrosión del hierro son complejos pues forman pátinas muy inestables³⁹ y, en este caso, el nivel de mineralización es muy avanzado, por lo que ha afectado al estado estructural del metal, causando disgregación, pues el material ha perdido su cualidad cristalina de metal. Esta disgregación, observable en los restos presentes en la vitrina de exposición son un signo de corrosión activa, por lo que es de vital importancia actuar para frenar o mitigar la degradación.

En la hoja de la bayoneta encontramos dos tipos de corrosión: corrosión uniforme que ha cubierto toda la superficie con magnetita y corrosión por picadura. La magnetita es un óxido de hierro de color negro brillante que forma una pátina estable, es el primer producto que se forma al exponer el hierro a agentes corrosivos, y la hidratación de estos productos de corrosión dan lugar a oxihidróxidos de hierro como la goethita, limonita o akagaenita, también observados en distintos puntos (figuras- 19 y 20).

La corrosión por picadura o por *pitting* es más destructiva porque avanza hacia el núcleo del metal de manera localizada, pudiendo llegar a resultar en pérdidas. Este tipo de corrosión es usualmente iniciada por iones de cloruros y tiene aceleración exponencial pues en el hueco que crea se acumula humedad y oxígeno.

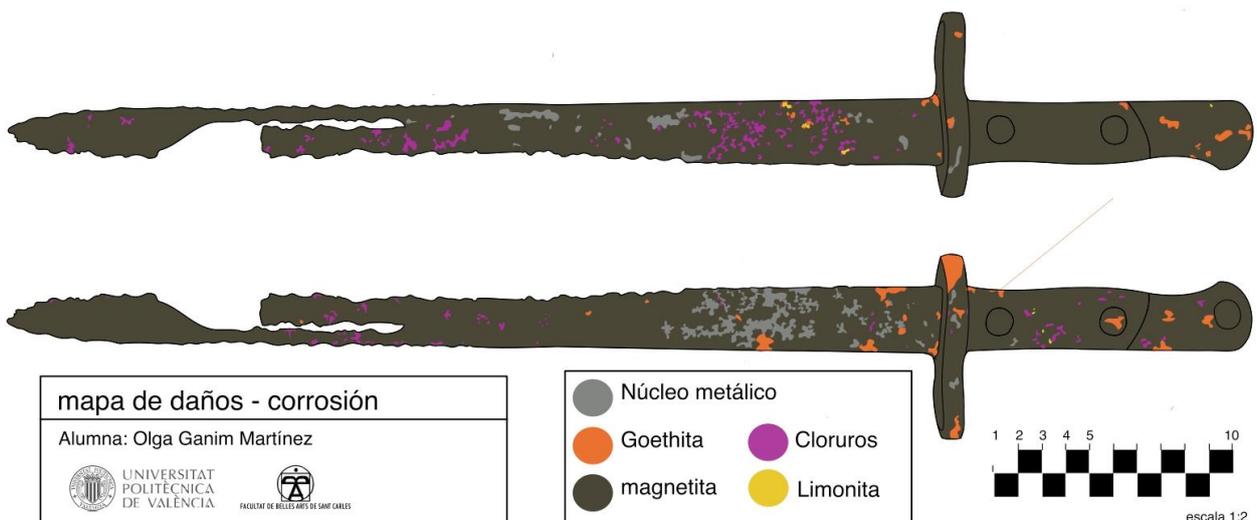
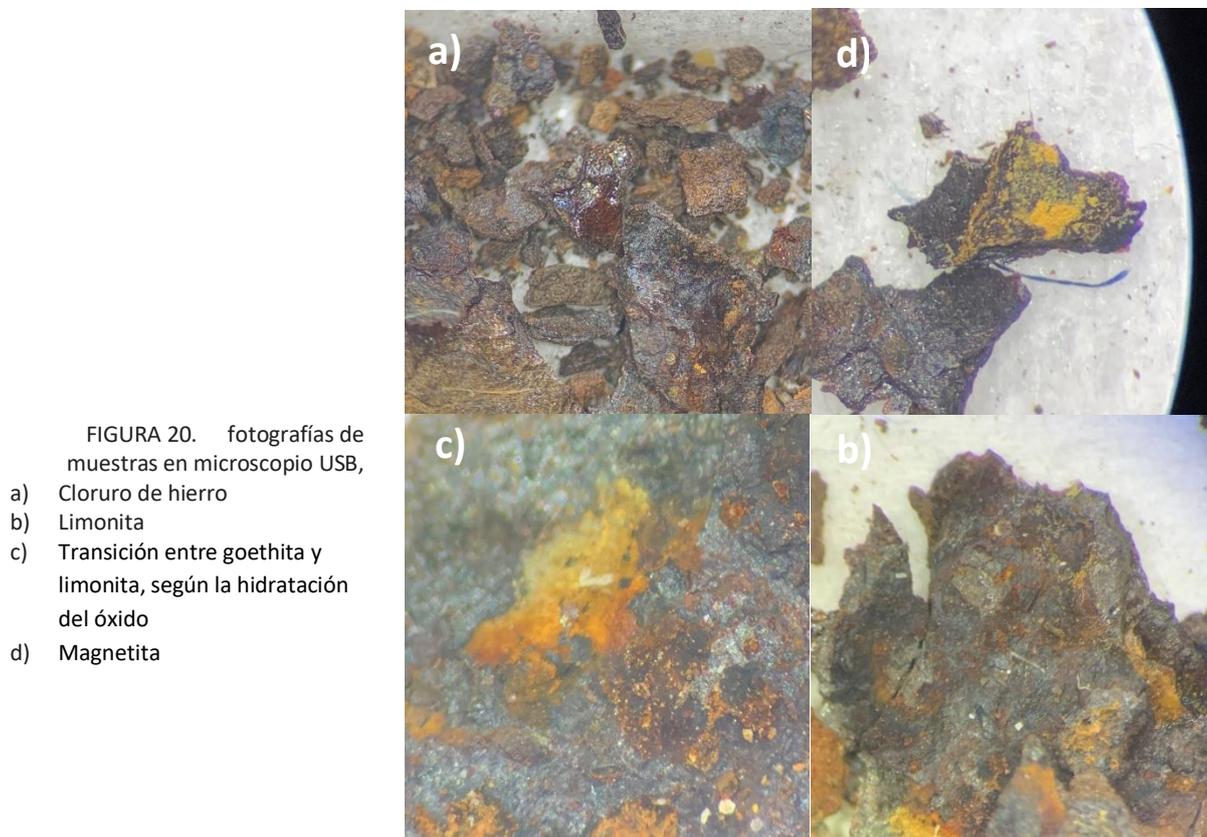


FIGURA 19. mapa de daños en el que se marca la distribución de los productos de corrosión

Professional. Ottawa: Canadian Conservation Institute. p. 38

³⁹ LASTRAS PÉREZ, M. (2018) *Teoría de la asignatura Taller II*



6.3. OTRAS PATOLOGÍAS

Como ya se ha comentado anteriormente, el avanzado estado de corrosión ha llegado al núcleo metálico, creando lagunas y pérdidas del metal por la mineralización completa de este. También se observa laminación en la superficie.

Las pérdidas en el metal se concentran en la punta, siguiendo la línea de la bigotera, en donde la densidad del metal era menor, y también se produce una pequeña laguna un poco más hacia el centro de la hoja, por la misma causa. Se hipotetiza que el faltante de mayor tamaño fuera a causa de una rotura del metal, debido a que tiene una forma muy geométrica, y esta rotura favorecería la intrusión de la corrosión hacia el interior del metal (figura 21), y, por tanto, el agrandamiento de la laguna.



FIGURA 21. Fotografía de detalle del faltante de la hoja



La madera del mango también se encuentra en un pésimo estado de conservación (figura 22), habiendo perdido más de la mitad del volumen de la madera y quedando las fibras expuestas. La degradación ha sido desde los lados hasta en centro, conservándose mejor en las zonas cercanas a los tornillos pues estos harían algo de resistencia mecánica, dejando el centro más sensible. Por el otro lado se ha perdido por completo la zona central de la madera y sólo se conserva algo cerca de los tornillos. La madera parece estar en estado de pudrición debido a la exposición a humedad. A continuación se incluye un diagrama (figura 23) en el que quedan representados los restos del enterramiento y faltantes matéricos.

FIGURA 22. Fotografía de detalle del estado de la madera del mango



FIGURA 23. Croquis de faltantes y restos

7. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN

La propuesta de intervención sigue las directrices básicas de la restauración actual, basadas en aquellas citadas por Brandi en su libro *“teoría de la restauración”*. Estas son: respeto por el objeto, tratando de conservar la mayor parte de él posible sin intervenir en su aspecto actual, reversibilidad de los materiales y técnicas utilizadas y discernibilidad en el caso de agregar materias nuevas. También se sigue el principio de mínima intervención, siempre con el objetivo de conservar la pieza y frenar los procesos de degradación, buscando estabilizar la pieza sin la intención de devolver el aspecto original, tal y como dice Brandi:

*“la restauración debe dirigirse al restablecimiento de la unidad potencial de la obra de arte, siempre que esto sea posible sin cometer una falsificación artística o histórica, y sin borrar huella alguna del transcurso de la obra de arte a través del tiempo.”*⁴⁰

7.1. ESTUDIOS PREVIOS

Se deben realizar ciertos estudios no invasivos sobre la pieza para adecuar el tratamiento según las necesidades de esta, pues estos análisis nos ayudarán a profundizar en el estado de conservación, la degradación de los materiales y el avance de las patologías observadas. Para ello, se propone realizar los siguientes ensayos, además del estudio básico organoléptico y fotográfico ya realizado:

- **Rayos x**

Es una técnica analítica no destructiva que consiste en exponer el objeto de estudio a un rayo de radiación ionizante⁴¹, lo cual produce imágenes que quedan plasmadas en planchas radiográficas en las que se aprecian las densidades del objeto (figura 24). Con estos datos se obtiene información sobre la composición y densidad de los sustratos, técnicas grietas y fisuras⁴² que pueden resultar invisibles a simple vista.

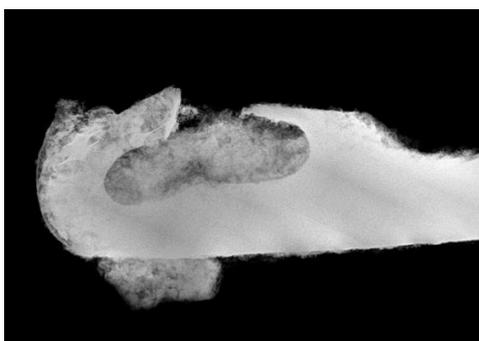


FIGURA 24. Ejemplo de análisis mediante rayos X de la empuñadora de una falcata.

⁴⁰ BRANDI, C. (1977) *Teoría de la restauración*. Alianza Forma. p. 17

⁴¹ RADIOLOGYINFO.ORG *Rayos X Óseo (Radiografía)*
<https://www.radiologyinfo.org/es/info/bonerad>. [Consulta: 6 julio 2022]

⁴² DÍAZ MARTÍNEZ, S. y GARCÍA ALONSO, E. (2011) *Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico*. Ministerio de Cultura y Deporte.
https://www.libreria.culturaydeporte.gob.es/libro/tecnicasmetodologicas-aplicadas-a-la-conservacion-restauracion-del-patrimoniometalico_2814/. [Consulta: 7 julio 2022]. p. 40

- **Test de carbonatos**

Esta prueba sirve para identificar la presencia de carbonatos; aplicando una pequeña cantidad de ácido clorhídrico en las zonas en las que se estima puede haber presencia de concreciones calcáreas, pues estos elementos cálcicos reaccionan con el ácido con efervescencia, que se puede observar con una lupa.

- **Análisis con SEM/EDX**

El microscopio electrónico de barrido (SEM) es una de las técnicas más útiles para la caracterización y diagnóstico en intervenciones en conservación y restauración, pues nos proporciona información sobre la morfología y la composición química de los materiales, esto es especialmente útil para caracterizar los productos de corrosión y el nivel de mineralización de la pieza. Tiene muchas ventajas frente a la microscopía óptica, siendo la primera de ellas la cantidad de aumentos a los que se puede llegar, al igual que la mayor resolución y profundidad de campo⁴³.

Su funcionamiento es similar a un microscopio óptico, pero en lugar de luz visible, utiliza un haz de electrones, cuya interacción con el material produce tres tipos de señales:

- **Electrones retrodispersados:** son los electrones que rebotan al impactar con los átomos del material; estos son recibidos por los sensores y se crea una imagen en la que no sólo vemos la morfología de la superficie sino que también proporciona información sobre la composición, pues se diferencian los materiales según la densidad de átomos que tienen.
- **Electrones secundarios:** se obtiene una imagen de la topografía del material, lo cual nos da información sobre la textura y podemos observar algunas patologías microscópicas como microfisuras o corrosión intersticial.
- **Rayos X:** al interaccionar el haz de electrones con el material se emite una señal de rayos X cuya longitud de onda es característica de cada elemento, por lo que se puede hacer un análisis puntual o de área para conocer la composición elemental.

⁴³ OSETE, Laura. (2019) *Microscopía electrónica de barrido (SEM/EDX)*. UPV media. <https://media.upv.es/#/portal/video/5f68d120-fa60-11e9-bb59-ad0abfc4c68a>. [Consulta: 9 julio 2022]



FIGURA 25. Paraloid® B-44 en formato granulado

7.2. PRECONSOLIDACIÓN

Esta primera fase de la intervención se realiza para asegurar la integridad de la pieza antes de proceder a la limpieza, donde esta se va a manipular y puede que en este proceso se agraven ciertas patologías que causen pérdida de resistencia como las laminaciones, pudiendo incluso producirse nuevos desprendimientos o roturas.

Para ello, la preconsolidación consistirá en la aplicación de un adhesivo o resina acrílica reversible soluble en disolventes orgánicos, como Paraloid® B-72 y Paraloid® B-44 (figura 25)⁴⁴, siendo esta última resina acrílica la más indicada para su aplicación en metales por su flexibilidad y dureza⁴⁵. Estas resinas se aplicarán mediante impregnación a pincel, aplicando una capa suficiente en las zonas más conflictivas, es decir, donde se aprecian descamaciones y disgregación. Se debe evitar utilizar aquellos adhesivos de base acuosa que pueden aportar humedad favoreciendo la proliferación de la corrosión.

Estos adhesivos mantendrán consolidados los fragmentos del estrato más externo en riesgo de disgregación, facilitando la manipulación del objeto.

7.3. LIMPIEZA FÍSICO-QUÍMICA Y MECÁNICA

La limpieza se centrará en la eliminación de materias no deseadas que interrumpen la lectura del objeto y pueden producir o continuar alteraciones físico-químicas⁴⁶, tales como los restos orgánicos de enterramiento y acumulaciones de productos de corrosión, buscando recuperar la superficie original pero respetando la pátina natural. Hay que tener en cuenta que es un proceso irreversible muy delicado en el que hay que actuar con extrema prudencia y respeto, eliminando únicamente las materias que distorsionen la imagen o degraden el cuchillo, sin erosionar los restos que forman parte de la historia de la pieza.

Debido al frágil estado de la pieza, se deben utilizar métodos poco agresivos con la superficie, seleccionando con cuidado las herramientas y productos que se utilizan, realizando catas de limpieza en zonas poco visibles para comprobar que estos sean adecuados.

La limpieza mecánica en seco tiene como ventaja el control sobre las materias que se eliminan, y cuáles no, mediante el control de la presión, herramientas, ángulo de incidencia, etc., y que no interfiere con la composición química de los

⁴⁴ LASTRAS PÉREZ, M. (2018) *Teoría de la asignatura Taller II*.

⁴⁵ KREMER. *Paraloid™ B 44 Medios, Aglutinantes & Colas* <https://www.kremer-pigmente.com/es/shop/medios-aglutinantescolas/67460-paraloid-b-44.html> [Consulta: 6 julio 2022]

⁴⁶ ZALBIDEA MUÑOZ, M. A., REGIDOR ROS, J. L., PÉREZ MARTÍN, E. *La limpieza en obras de arte. Conceptos básicos*. Universitat Politècnica de València .

objetos, pero, por contrapartida, en ocasiones puede resultar dañina si se pierde el control en metales con poca adherencia entre estratos⁴⁷. En todo caso, se podría realizar una abrasión con cepillo suave para eliminar los restos menos adheridos a la superficie.

La limpieza físico química, por otra parte, se basa en el uso de disolventes para reblandecer las materias a eliminar, con la desventaja de que es mucho más difícil de controlar y hay que tener en cuenta los parámetros de los diferentes disolventes, como la tensión superficial, viscosidad, penetración, polaridad, etc. por lo que es necesario realizar varias catas de limpieza para comprobar la disolución de las materias que se quieren eliminar. Aunque sí se puede aplicar en zonas seleccionadas mediante impregnación, no se recomienda utilizar el método de inmersión pues la pieza cuenta con un material orgánico muy poroso y muy degradado que se dañaría irreversiblemente si se aplicara un disolvente.

Por último, el método más recomendado para este tipo de limpieza es el uso de láser infrarrojo para la eliminación puntual de productos de corrosión. Este sistema funciona enviando pulsos muy cortos de luz infrarroja altamente energética que, al incidir en la superficie, produce un microscópico estallido llamado proceso de ablación⁴⁸ que elimina las películas de corrosión y vaporiza compuestos orgánicos. Este tratamiento es completamente superficial y poco invasivo, ya que no hay contacto físico no hay riesgo de daño mecánico ni de residuos químicos; permite trabajar en zonas determinadas con alta precisión y de manera progresiva⁴⁹ y selectiva, y además no afecta de ningún modo a la estructura del metal, aunque puede provocar cambios de color en las zonas colindantes a donde incide el rayo. El mayor inconveniente que se puede presentar durante el uso de láser para la limpieza es el sobrecalentamiento del material, recordando que se trata de un rayo de radiación lumínica de alta carga energética que, especialmente en metal arqueológico, el cual es un material conductor, puede causar movimientos en el metal que empeoren ciertos deterioros. Para evitar esto, se puede humedecer la superficie regularmente con agua para disipar el calor⁵⁰.

⁴⁷ DÍAZ MARTÍNEZ, S. y GARCÍA ALONSO, E. (2011) *Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico*. Ministerio de Cultura y Deporte. https://www.libreria.culturaydeporte.gob.es/libro/tecnicasm Metodologicas-aplicadas-a-la-conservacion-restauracion-del-patrimoniometalico_2814/. [Consulta: 7 julio 2022]. p.49

⁴⁸ *Íbid.* p. 55

⁴⁹ BARRIO MARTÍN, J. et al. (2013) “Últimas aportaciones de los láseres para la restauración de metales arqueológicos” en *La ciencia y el Arte IV*, Ministerio de educación, cultura y deporte, pp. 114-35.

⁵⁰ CHAMÓN FERNÁNDEZ, J., BARRIO MARTÍN, J., CRIADO PORTAL, A.J. (2008) “El láser de ablación como herramienta de limpieza en el Patrimonio Arqueológico” en *Anales de Química de la RSEQ*, vol. 4, pp. 265-69, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2994822> [Consulta: 09 julio 2022]

7.4. INHIBICIÓN

La inhibición es la aplicación de una sustancia química en la superficie del metal que ayuda a mantener la estabilidad, ralentizando la velocidad de corrosión al reducir el flujo de electrones y transformar la superficie volviéndola hidrófoba⁵¹. Esto es una reacción controlada protectora de la superficie metálica, aunque no protege ante agentes ambientales, como sería una HR alta, pues no crea una capa filmógena, por ello, es importante mantener el control medioambiental en el entorno en el que se va a conservar la pieza.

Existen dos inhibidores que son los más utilizados: el ácido tánico, y el benzotriazol (BTA), siendo este último más indicado para objetos de bronce y hierro en mal estado por ser menos agresivo, aunque, según algunas investigaciones, lo que mejor funciona es una mezcla en solución hidroalcohólica en proporción 1:1 de BTA al 2-3% y AMT al 1%, pues este inhibidor a base de sulfuro sirve también como declorurador⁵². Esta mezcla tiene la ventaja sobre el ácido tánico, no sólo de ser más suave con el metal, sino que también es más estable, pues el ácido tánico puede reaccionar con la humedad creando un pasmado que bloquea el brillo metálico, afectando gravemente al aspecto del objeto.

7.5. PROTECCIÓN FINAL

La protección final consistirá de dos capas filmógenas que protegerán la pieza de agentes medioambientales y de contaminación por contacto al aislar el metal. Para esta primera protección se utilizará la resina acrílica Paraloid B-72 diluida en acetona al 5%⁵³; esta es una resina completamente transparente y reversible en acetona por lo que es indicada para una protección al no interferir en la estética de la pieza. La aplicación será mediante impregnación con brocha, asegurándose de cubrir toda la superficie para cerrar la barrera filmógena, pues si queda algún hueco sin proteger se pueden iniciar de nuevo los procesos corrosivos.

Por último, se aplicará una segunda protección de cera microcristalina diluida en White Spirit aplicada mediante impregnación con muñequilla y pulida con la misma técnica. Esto aporta no sólo una doble protección sino que también elimina el brillo excesivo de la resina acrílica aplicada anteriormente y da un aspecto más natural a la superficie.

⁵¹ DÍAZ MARTÍNEZ, S. y GARCÍA ALONSO, E. (2011) *Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico*. Ministerio de Cultura y Deporte. https://www.libreria.culturaydeporte.gob.es/libro/tecnicasmetodologicas-aplicadas-a-la-conservacion-restauracion-del-patrimoniometalico_2814/. [Consulta: 7 julio 2022] p. 56

⁵² *Íbid.* p. 57

⁵³ LASTRAS PÉREZ, M. (2018) *Teoría de la asignatura Taller II*.

8. PLAN DE CONSERVACIÓN PREVENTIVA

El método de exposición con el que cuenta la pieza actualmente, es una vitrina no hermética de vidrio en la que se conservan varios objetos de metal arqueológico (figura 26), los cuales no están aislados de ninguna manera. Aunque la sala cuenta con aire acondicionado con medidor de HR y temperatura, no se observa ningún aparato medidor dentro de la vitrina, ni elementos de control de humedad, la cual es muy importante mantener sobre el 40% HR⁵⁴ para evitar la corrosión, pues el agua, o la humedad concentrada, suele ser el electrolito mediante el que se producen los procesos de oxidación en la superficie⁵⁵. Por ello, se propone instalar un termohigrómetro con avisador dentro de la vitrina y realizar un seguimiento de las fluctuaciones que puedan ocurrir, con el objetivo de determinar si esta es correcta o hay que poner alguna medida para controlarla, como sería utilizar una vitrina hermética y gel de sílice o sales de hierro.



FIGURA 26. Vitrina de exposición donde se encuentra la pieza junto a otras de origen arqueológico

Pero la humedad necesaria para que se produzca la corrosión también depende de otros factores como el pH, y sobretodo, la conductividad. Estos parámetros son alterados por los gases atmosféricos, deposiciones, sales, etc. Se deben hacer seguimientos del pH tras la limpieza y asegurarse de que este se mantiene por encima de 7,5⁵⁶; realizar limpiezas de la vitrina y objetos regularmente por personal cualificado, pues las acumulaciones de polvo, sales y cualquier partícula pueden retener la humedad en la superficie, haciendo que esta se concentre en un punto y facilitando la corrosión por picadura, y evitar el electrolito mediante el control de la humedad.

Por otra parte, existe un riesgo bastante alto de contaminación cruzada al almacenar objetos de diferentes metales en una misma vitrina, los productos de corrosión de unos pueden afectar a los otros o producirse una corrosión galvánica⁵⁷, perjudicando al metal más menos activo. Es importante conocer los materiales que se exponen y estudiar este riesgo de contaminación cruzada, pero de igual manera, es recomendable utilizar algún sistema de exposición en el que los objetos queden aislados entre sí, utilizando materiales inertes que no interaccionen con los objetos.

⁵⁴ DÍAZ MARTÍNEZ, S. y GARCÍA ALONSO, E. (2011) *Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico*. Ministerio de Cultura y Deporte. https://www.libreria.culturaydeporte.gob.es/libro/tecnicasmetodologicas-aplicadas-a-la-conservacion-restauracion-del-patrimoniometalico_2814/. [Consulta: 7 julio 2022]. p. 61

⁵⁵ SELWYN, L. (2004) *Metals and Corrosion: A Handbook for the Conservation Professional*. Ottawa: Canadian Conservation Institute. p. 104

⁵⁶ *Íbid.*

⁵⁷ *Íbid.* p. 28

Por último, debido al frágil estado de la pieza, la manipulación debería de ser lo más limitada posible, siempre utilizando guantes y realizando traslados cortos y hacia entornos controlados en caso de que sea posible. En otro caso, se diseñará un embalaje de transporte a medida de la pieza, que la proteja tanto de daños físicos como de los agentes ambientales externos.

Fundamentalmente, lo más importante tras aplicar todas estas medidas conservativas, sería el mantenimiento y revisiones periódicas del avance de los deterioros de la pieza, de la intervención, y de las medidas conservativas citadas en este apartado.

9. CONCLUSIONES

Debido al grave estado de conservación actual de la pieza, gracias a la exposición durante el tiempo a diversos agentes ambientales que han acelerado su degradación, es imperante la realización de una intervención conservativa que frene estos procesos de deterioro iniciados, que de otra manera acabarán por destruir por completo la pieza.

Por ello, se ha propuesto este modelo de intervención basado en el respeto a la pieza y con el objetivo principal de asegurar su preservación en el tiempo, debido a su importancia al formar parte directa de la historia bélica de España, y resultar, por ello, tan importante para mucha gente, tal y como se ha comprobado gracias al estudio histórico-técnico, que nos ha permitido conocer el contexto y procedencia del objeto.

El estudio de las patologías presentes y los materiales, mediante el uso de bibliografía específica, análisis organolépticos y fotográficos y consulta de estudios científico-técnicos, ha permitido establecer una relación entre ellos para evaluar el estado de conservación y determinar las causas de alteración, permitiéndonos conocer los procesos que han ido ocurriendo en la pieza para llegar al estado de conservación actual. Esta información es vital para el desarrollo de la estrategia de intervención, pues se deben tener en cuenta los puntos débiles de la pieza para seleccionar los materiales y técnicas más adecuados según el caso, evitando así perjudicar el objeto durante la intervención al utilizar técnicas demasiado agresivas o productos incompatibles.

Pero no sólo es importante la intervención en sí, sino que también es primordial el seguimiento de la pieza durante el tiempo próximo y el cumplimiento de las medidas preventivas de almacenaje y exposición, para evitar el inicio de nuevos procesos corrosivos u otro tipo de deterioro o, en todo caso, ser capaces de

identificarlo y actuar a tiempo, no sólo en la pieza a tratar, sino en todas las que se encuentran en la vitrina junto a ella.

Con esto no sólo se consigue conservar la bayoneta, sino que también se conserva una parte de la historia de nuestro país que, aunque no es agradable, no debe ser olvidada, pues supuso un gran sacrificio y fue un punto clave para moldear el país que tenemos hoy en día.

Por último, se ha llevado a cabo la relación entre los objetivos de la intervención propuesta con el propósito del objetivo 11 para la agenda 2030 de la ONU, centrado en la salvaguarda y concienciación del patrimonio cultural y natural, fortaleciendo también la adaptación ante los desastres. En el presente trabajo se promueve la conservación del patrimonio relacionado con la memoria histórica, planteando una propuesta de intervención y conservación sostenible para la obra y medio ambiente asegurando su preservación para las futuras generaciones.

10. BIBLIOGRAFÍA

- ACEROPEDIA. *Acero de alto carbono* <http://aceropedia.com/tipos-de-acero/acero-de-alto-carbono/>. [Consulta: 17 junio 2022]
- BARRIO MARTÍN, J. et al. (2013) “Últimas aportaciones de los láseres para la restauración de metales arqueológicos” en *La ciencia y el Arte IV*, Ministerio de educación, cultura y deporte, pp. 114-35.
- BEEVOR, A. (2015) *La Guerra Civil Española*. Barcelona: Barcelona Crítica
- BONO, F. (2012) “El fuego acarició la inexpugnable Línea XYZ” en *El País.com*. https://elpais.com/ccaa/2012/07/07/valencia/1341689618_435978.html. [Consulta: 16 mayo 2022]
- BRANDI, C. (1977) *Teoría de la restauración*. Alianza Forma
- CALVÓ, J. (1975) *Armamento reglamentario y auxiliar del ejército español*. Libro Nº1. Gráficas J. Canut
- CALVÓ, J. (1976) *Armamento reglamentario y auxiliar del ejército español*. Libro Nº2. Gráficas J. Canut
- CALVÓ, J. (1977) *Armamento reglamentario y auxiliar del ejército español*. Libro Nº3. Gráficas J. Canut
- CHAMÓN FERNÁNDEZ, J., BARRIO MARTÍN, J., CRIADO PORTAL, A.J. (2008) “El láser de ablación como herramienta de limpieza en el Patrimonio Arqueológico” en *Anales de Química de la RSEQ*, vol. 4, pp. 265-69, <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2994822> [Consulta: 09 julio 2022]
- CORZO, E. (2019) “La línea XYZ o línea Matallana. La mayor línea de defensa republicana” en *El Estado.Net*. <https://elestado.net/2019/07/01/la-linea-xyz-o-linea-matallana-la-mayor-linea-de-defensa-republicana/>. [Consulta: 16 mayo 2022]
- DESENFUNDA.COM *La bayoneta, un invento totalmente casual*. <https://www.desenfunda.com/blog/la-bayoneta-un-invento-totalmente-casual/>. [Consulta: 7 julio 2022]

- DÍAZ MARTÍNEZ, S. y GARCÍA ALONSO, E. (2011) *Técnicas metodológicas aplicadas a la conservación-restauración del patrimonio metálico*. Ministerio de Cultura y Deporte.
https://www.libreria.culturaydeporte.gob.es/libro/tecnicas-metodologicas-aplicadas-a-la-conservacion-restauracion-del-patrimonio-metalico_2814/. [Consulta: 7 julio 2022]
- FERMOSOSFIERROS.ES *Bayoneta Mauser 1913*.
<https://www.fermososfierros.es/modelos05/0302014.htm>. [Consulta: 18 junio 2022]
- KREMER. *Paraloid™ B 44 Medios, Aglutinantes & Colas*
<https://www.kremer-pigmente.com/es/shop/medios-aglutinantes-colas/67460-paraloid-b-44.html> . [Consulta: 6 julio 2022]
- LASTRAS PÉREZ , M. (2018) *Teoría de la asignatura Taller II*.
- LÍNIA XYZ. *Origen de la Línia XYZ - La batalla de Llevant*,
<https://liniaxyz.com/la-linia-xyz/>. [Consulta: 15 mayo 2022]
- MADERAME *Madera de Nogal: Tipos, Características y Usos*
<https://maderame.com/enciclopedia-madera/nogal/>. [Consulta: 7 junio 2022]
- SÁNCHEZ MERINO, J. (1919) *La Fábrica Nacional de Toledo*. Biblioteca Nacional de Defensa.
- MERUELO, H. J. *Los fusiles Mauser modelo español*. En Stock Armas
<https://www.stockarmas.com/los-fusiles-mauser-modelo-espanol/>. [Consulta: 9 julio 2022]
- NADAL, J. (1994) *La cara oculta de la industrialización española: la modernización de los sectores no líderes, siglos XIX y XX*. Alianza Editorial.
- OSETE, Laura. (2019) *Microscopía electrónica de barrido (SEM/EDX)*. UPV media. <https://media.upv.es/#/portal/video/5f68d120-fa60-11e9-bb59-ad0abfc4c68a>. [Consulta: 9 julio 2022]

PERIS SÁNCHEZ , D. et al. (2003) *Dos siglos en construcción: de fábrica de armas a Campus Universitario*. Grupo San José.

RADIOLOGYINFO.ORG *Rayos X Óseo (Radiografía)*
<https://www.radiologyinfo.org/es/info/bonerad>. [Consulta: 6 julio 2022]

SEGURA GARCÍA, G. (2021) “La bayoneta, una invención mortífera” en *historia.nationalgeographic.com.es*
[https://historia.nationalgeographic.com.es/edicion-impres/articulos/bayoneta-invencion-mortifera_16168](https://historia.nationalgeographic.com.es/edicion-impres/ articulos/bayoneta-invencion-mortifera_16168). [consulta: 10 Julio 2022]

SELWYN, L. (2004) *Metals and Corrosion: A Handbook for the Conservation Professional*. Ottawa: Canadian Conservation Institute.

ZALBIDEA MUÑOZ, M. A., REGIDOR ROS, J. L., PÉREZ MARTÍN, E. *La limpieza en obras de arte. Conceptos básicos*. Universitat Politècnica de València .

11. ÍNDICE DE IMÁGENES

- Figura 1. Centro de interpretación de la línea XYZ, Almenara. Extraído de <https://www.comunitatvalenciana.com/es/castellon-castellon/almenara/museos/centro-de-interpretacion-de-la-linia-xyz>
- Figura 2. Fotografía general de la pieza. Propiedad del autor.
- Figura 3. Mapa en el que se marca la extensión de la línea XYZ en el territorio. Extraído de <https://deautor.hispanianostra.org/un-paseo-por-las-trincheras-de-la-linea-xyz/>
- Figura 4. Búnker de Almenara. Extraído de <https://liniaxyz.com/rutes-de-memoria/ruta-almenara-i-la-llosa/>
- Figura 5. Marca de la fábrica de Toledo. Extraído de <https://www.eltallerdelotradicional.top/cuchillo-bayoneta-armamento-mauser-espanol-modelo-1893/>
- Figura 6. Fotografía original del edificio principal de la fábrica. Extraído de Merino Sánchez, J. (1909). *La Fábrica Nacional de Toledo*. Biblioteca Nacional de Defensa.
- Figura 7. vista aérea de la fábrica desde el sur. Imagen cedida por el archivo Municipal de Toledo. 1929. <https://cultura.castillalamancha.es/sites/default/files/2021-06/Vista-a%C3%A9rea-de-la-F%C3%A1brica-de-Armas-y-San-Pedro-el-Verde-1.jpg>
- Figura 8. Interior del edificio de laboratorios de la facultad de Ingeniería Industrial. Extraído de PERIS SÁNCHEZ, Diego, et al. Dos siglos en construcción: de fábrica de armas a Campus Universitario. Grupo San José, 2003.
- Figura 9. Emblema del Ejército de Tierra con fusil M1893 con su bayoneta armada. Extraído de https://es.wikipedia.org/wiki/Mauser_Modelo_1893
- Figura 10. Fusil M1893 fabricado en Oviedo junto a su bayoneta fabricada en Toledo. Extraído de <https://www.stockarmas.com/los-fusiles-mauser-modelo-espanol/>
- Figura 11. Bayoneta M1893 fabricada en Toledo, Bayoneta M1893 fabricada en Suhl, Machete-bayoneta M1913 fabricado en Toledo. Extraído de Meruelo, H. J. (2013a). *La bayoneta española "e Filipinas"... y su fusil*.
- Figura 12. Croquis de materiales. Propiedad del autor.
- Figura 13. Partes de un cuchillo. Extraído de <https://vidamontaraz.com/partes-de-un-cuchillo/>

- Figura 14. Fotografía de la empuñadura de una bayoneta M1913 en buen estado de conservación, se aprecia el cuadrillado de la madera y el sello de la fábrica. Extraído de <https://www.fermososfierros.es/modelos05/0302014.htm#:~:text=Bayoneta%20Mauser%201913&text=Es%20la%20bayoneta%20reglamentaria%20para,en%20la%20guerra%20civil%20espa%C3%B1ola>.
- Figura 15. Fotografía de detalle del mango. Propiedad del autor.
- Figura 16. Fotografía de detalle del perfil del mango, en el que se aprecia el deterioro de la madera y las deposiciones de disgregación en la vitrina. Propiedad del autor.
- Figura 17. Mineral de hierro utilizado para la fabricación de metal. Extraído de <https://es.dreamstime.com/mineral-de-hierro-utilizado-en-la-industria-metal%C3%B3rgica-y-concepto-construcci%C3%B3n-civil-extracci%C3%B3n-minerales-image223286904>
- Figura 18. Degradación de la madera por la interacción con la corrosión del metal. Propiedad del autor.
- Figura 19. Mapa de daños en el que se marca la distribución de los productos de corrosión. Propiedad del autor.
- Figura 20. fotografías de muestras en microscopio USB, Propiedad del autor.
- Figura 21. Fotografía de detalle del faltante de la hoja. Propiedad del autor.
- Figura 22. (izquierda) Fotografía de detalle del estado de la madera del mango. Propiedad del autor.
- Figura 23. (inferior) Croquis de faltantes y restos . Propiedad del autor.
- Figura 24. Ejemplo de análisis mediante rayos X de la empuñadora de una falcata. Extraído de Madrid, J. (2015, January). *Catálogo radiográfico del servicio de Rayos X del laboratorio de documentación y registro*. Arché.
- Figura 25. Paraloid B-44 en formato granulado. Extraído de <https://www.mon-droguiste.com/paraloid-b44.html>
- Figura 26. Vitrina de exposición donde se encuentra la pieza junto a otras de origen arqueológico. Propiedad del autor.