



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Estudio de requerimientos y diseño preliminar de un adiestrador de
Seguridad Interior en la Escuela Naval Militar*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Pedro Donato Díez Álvarez

DIRECTORES: Roberto Bellas Rivera

Arturo González Gil

CURSO ACADÉMICO: 2016-2017

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Estudio de requerimientos y diseño preliminar de un adiestrador de
Seguridad Interior en la Escuela Naval Militar*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

Universida_{de}Vigo

RESUMEN

En las últimas décadas, la Armada Española se ha encontrado con nuevas funciones y desafíos. Para dar respuesta a éstas, deberá ser capaz de conservar en todo momento la eficacia militar y marinera de sus buques al máximo nivel. Un alto grado de preparación se consigue mediante la instrucción y adiestramiento de las dotaciones en el campo de la Seguridad Interior. Con este fin, la Escuela Naval Militar cuenta un Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior cuyas instalaciones y equipos se encuentran anticuados y en estado de deterioro.

Es objeto del presente Trabajo de Fin de Grado el estudio de la necesidad de su modernización y el diseño preliminar de una propuesta para conseguir de él un mayor rendimiento y efectividad. Para lograrlo, se realiza un análisis de las instalaciones y capacidades de los centros de Rota y Ferrol, basados en la experiencia de ambos centros y su personal. Así mismo, se estudia el estado actual de las instalaciones del CASI de Marín para comprender de una forma más profunda sus defectos y necesidades de mejora.

Como resultado del proyecto, se presenta una redistribución del área destinada al centro y la implantación de nuevas instalaciones, incluyendo nuevos simuladores de contraincendios que permiten un adiestramiento más realista y seguro, además de eliminar el impacto ambiental que supone las instalaciones actuales.

PALABRAS CLAVE

CASI, Seguridad Interior, contraincendios, control de averías, adiestramiento.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero agradecer a Roberto Bellas y Arturo González, como tutores de este proyecto, por su dedicación durante el desarrollo de este TFG. Igualmente, a las personas que me han facilitado conocer en profundidad las instalaciones de los centros de Seguridad Interior de los que dispone la Armada: del CASI de Marín al C.C. Antonio Mayo López y la dotación del centro, del CISI de Ferrol a la C.C. Mónica Rey Docal y el BG. José Luis Paz Rodríguez y del CASI de Rota al T.N. José Valentín Castro López.

Por otro lado, agradecer a mi familia, amigos y compañeros por el apoyo recibido durante el desarrollo de este proyecto y a lo largo de mi estancia en la Escuela Naval Militar. Al mismo tiempo, quiero agradecer a mi novia Paloma Gibert Guitart por haber sido un referente y haberme motivado siempre a dar lo mejor de mí.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	3
Índice de Tablas.....	5
1 Introducción y objetivos	7
1.1 Introducción	7
1.1.1 Concepto de Seguridad Interior	7
1.1.2 La Seguridad Interior en la ENM	8
1.2 Motivación del proyecto	8
1.3 Objetivos	9
1.4 Metodología y recursos empleados	9
1.4.1 Metodología general	9
1.4.2 Recursos empleados.....	10
2 Estado del arte	13
2.1 Historia de accidentes navales	13
2.1.1 Ataque a Pearl Harbour, Segunda Guerra Mundial	13
2.1.2 Ataque terrorista al USS Cole.....	14
2.2 Introducción a la Seguridad Interior	15
2.2.1 Principios fundamentales.....	15
2.2.2 Etapas de Seguridad Interior	16
2.2.3 Nuevos conceptos de Seguridad Interior	17
2.3 Teoría de la combustión	18
2.3.1 Elementos del fuego	18
2.3.2 Tipos de fuego	19
2.3.3 Productos de la combustión y sus efectos sobre la vida humana	20
2.4 Instalaciones de Seguridad Interior en la Armada	22
2.4.1 CASI de Rota.....	22
2.4.2 CISI de Ferrol	27
2.5 Impacto medioambiental.....	31
2.5.1 El inicio de los SGMA en las Fuerzas Armadas.....	32
2.6 Plan de Gestión Medioambiental en el CASI de Rota	33
3 Análisis del CASI actual de la Escuela Naval Militar.....	37
3.1.1 Generalidades	37
3.1.2 Pista de adiestramiento individual	38
3.1.3 Pista para el adiestramiento colectivo.....	41

3.1.4 Sistema de combustible gasoil	43
3.1.5 Edificios	43
3.1.6 Organización y plantilla.....	44
3.1.7 Otros aspectos sobre el estado de conservación de las instalaciones	44
3.1.8 Medio ambiente	46
3.1.9 Conclusiones sobre el estado actual del CASI de Marín	46
4 Estudio y propuesta de modernización.....	49
4.1 Generalidades de la propuesta.....	49
4.2 Factores a tener en cuenta	50
4.2.1 Seguridad	50
4.2.2 Medioambiente	51
4.2.3 Disminución de costes de mantenimiento	51
4.3 Descripción y justificación de la propuesta	51
4.3.1 Adiestrador de fuegos interiores	51
4.3.2 Adiestrador de fuegos exteriores de derrame de combustible	54
4.3.3 Adiestrador de control de averías	55
4.3.4 Sistema de combustible de gas propano	56
4.3.5 Piscina.....	56
4.3.6 Circuito de contraincendios	56
4.3.7 Edificios.....	57
4.3.8 Material de Seguridad Interior.....	57
4.3.9 Organización y personal	57
4.3.10 Aparcamiento.....	57
5 Conclusiones y líneas futuras	59
5.1 Conclusiones	59
5.2 Líneas futuras	60
6 Bibliografía.....	61
Anexo I: Disposición del adiestrador F-1000.....	65
Anexo II: Plataforma de fuego del adiestrador F-1000	67
Anexo III: Esquema distribución estructura Contraincendios del CASI de Marín	69
Anexo IV: Certificación ISO 140001:2004 de la ENM	71
Anexo V: Planos preliminares.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Tutor y autor durante un ejercicio de contraincendios en el CASI de Marín	10
Figura 1-2 Captura de pantalla durante el uso de AutoCAD	11
Figura 1-3 Captura de pantalla durante el webinar "Escenas y animación en SketchUp PRO"	12
Figura 2-1 USS Arizona tras el ataque de Pearl Harbor [7]	14
Figura 2-2 USS Cole tras recibir el ataque terrorista en el año 2000 [8]	15
Figura 2-3 Tetraedro del fuego [1]	19
Figura 2-4 Centro de Adiestramiento Seguridad Interior de Rota [13]	23
Figura 2-5 Maqueta de buque "Reino de Hades" [13]	24
Figura 2-6 Maqueta de aeronave "Ave Fénix" [13]	25
Figura 2-7 Maqueta helicóptero [13]	25
Figura 2-8 Tanques de combustible propano del CISI de Ferrol	27
Figura 2-9 División administrativa del CISI de Ferrol	28
Figura 2-10 Capacidades de las instalaciones del CISI de Ferrol	28
Figura 2-11 Adiestrador contraincendios F-1000 [18]	29
Figura 2-12 Fuego simulado en Compartimento N°1 del F-2000 [18]	30
Figura 2-13 Estructura para adiestramiento de control de averías	31
Figura 2-14 Proceso de gestión de residuos del CASI de Rota [16]	36
Figura 3-1 Organización de las instalaciones del CASI de Marín	38
Figura 3-2 Distribución actual de las instalaciones del CASI de Marín en AutoCAD	38
Figura 3-3 Instalaciones del CASI de Marín [23]	39
Figura 3-4 Tanque redondo para fuegos exteriores en el CASI de Marín	39
Figura 3-5 Estructura de cocina del CASI de Marín	40
Figura 3-6 Planchas portátiles para el uso de extintores portátiles en el CASI de Marín	40
Figura 3-7 Pozos destinados al adiestramiento con material contra incendios	41
Figura 3-8 Plataforma de fuego en adiestrador grupal de contraincendios	41
Figura 3-9 Maqueta contraincendios del CASI de Marín	42
Figura 3-10 Maqueta de control de averías del CASI de Marín	43
Figura 3-11 Caseta de bombas y conductos de contraincendios	43
Figura 3-12 Edificios destinados a almacenamiento del material del centro	44
Figura 3-13 Organización platilla CASI de Marín	44
Figura 3-14 Estado del pavimento del CASI de Marín	45
Figura 3-15 Estado de las extracciones de humo del adiestrador contraincendios	45
Figura 3-16 Humareda originada durante un ejercicio en el tanque redondo del CASI de Marín	47
Figura 3-17 Mejoras a implantar en el CASI de Marín	48

Figura 4-1 Disposición de la propuesta del CASI de Marín en AutoCAD	50
Figura 4-2 Propuesta de modernización del CASI de la ENM modelado en SketchUp	50
Figura 4-3 Adiestrador de fuegos interiores modelado en SketchUp	52
Figura 4-4 Planta baja del adiestrador de fuegos interiores modelada en SketchUp	52
Figura 4-5 Planta primera de adiestrador de fuegos interiores modelada en SketchUp.....	53
Figura 4-6 Escenario de cocina de fuegos interiores modelado en SketchUp	53
Figura 4-7 Escenario de sollado de fuegos interiores modelado en SketchUp	54
Figura 4-8 Planta segunda del adiestrador de fuegos interiores modelada en SketchUp.....	54
Figura 4-9 Adiestrador de derrame de combustible modelado en SketchUp.....	55
Figura 4-10 Planta baja del adiestrador de control de averías modelado en SketchUp	56
Figura 4-11 Adiestrador de control de averías modelado en SketchUp.....	56
Figura 4-12 Organigrama de la propuesta de modernización del CASI de Marín.....	57
Figura 4-13 Aparcamiento de la propuesta modelado en SketchUp	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1 Estructura básica de un Trozo de Reparaciones [1].....	18
Tabla 2-2 Clases de fuego [10].....	20
Tabla 2-3 Escenarios de fuego en el adiestrador F-2000 [19].....	30
Tabla 2-4 Materiales no peligrosos [22].....	34
Tabla 2-5 Materiales peligrosos [22].....	35
Tabla 4-1 Escenarios de fuego en el adiestrador de contraincendios propuesto	51

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

1.1.1 Concepto de Seguridad Interior

Un simple impacto de un arma cualquiera es capaz de dañar un buque seriamente o reducir su capacidad de combate de manera drástica. Además de estas potenciales causas de daños, los buques pueden sufrir en cualquier momento una inundación o incendio inesperado debido al régimen de vida a bordo que reduzca la operatividad del buque o incluso la inutilice.

Así, nace el término de Seguridad Interior, un conjunto de disposiciones, técnicas y medios materiales y humanos destinados, mediante una doctrina, a prevenir, disminuir y corregir los efectos que sobre los buques y su dotación puedan derivar en accidentes, la acción del enemigo o acciones terroristas. Esta doctrina de Seguridad Interior recoge la Organización, los Procedimientos, la Instrucción y el Adiestramiento, y el Mantenimiento de equipos y sistemas que se deben en todas las unidades y centros operativos de la Armada.

El objetivo fundamental de la Seguridad Interior es conservar la eficacia militar y marinera del buque al máximo nivel que pueda alcanzarse en cada situación, manteniendo en todo momento la máxima potencia ofensiva del buque.

El haber destacado su carácter ofensivo no debe llevar al error de creer que su campo de acción es únicamente propio en tiempos de guerra. Al definirlo se hace referencia a los efectos derivados de acciones terrorista, tan probables en tiempo de guerra como tiempo de paz. Esto nos debe llevar a los miembros de la Armada a adoptar dos mentalidades diferentes de la Seguridad Interior: una para tiempo de paz y otra para tiempo de guerra.

La complejidad e importancia de lograr el objetivo de mantener continua e ininterrumpidamente la operatividad del buque hace que su logro no pueda ser confiado exclusivamente en uno o dos miembros de la dotación del buque. De manera que todo miembro de la dotación tiene un papel permanente a desempeñar en relación a la seguridad interior: debe utilizar y conservar correctamente el material confiado, obedecer y respetar las normas de seguridad vigentes, colaborar en el mantenimiento de la “disciplina de estanqueidad” y ayudar activamente al personal de Seguridad Interior en caso de emergencia o avería [1].

Por lo tanto, como es dicho y comúnmente sabido entre miembros de la Armada Española:

“LA SEGURIDAD INTERIOR ES COSA DE TODOS”

1.1.2 La Seguridad Interior en la ENM

La Escuela Naval Militar de Marín es el centro de formación de todos los oficiales de los distintos Cuerpos de la Armada Española. Continuada de la actividad desarrollada por la Real Compañía de Guardiamarinas desde el año 1717, dedica todos sus esfuerzos y medios a la formación de los jóvenes que han decidido servir a España como oficiales de la Armada.

Desde su creación, se han impartido cursos y programado actividades para los alumnos en las distintas áreas de formación: militar, marinera, científico-técnica, humanística y psicofísica. Día a día, los alumnos de la Escuela Naval adquieren los conocimientos teórico-prácticos y la adaptación al medio naval necesarios para el desempeño futuro de sus funciones a bordo de buques y unidades de la Armada.

Los diferentes planes de estudios impartidos en la Escuela Naval Militar, recogen un gran número de horas teóricas y prácticas en materias de Seguridad Interior que servirán para dotar al alumno de las capacidades y conocimiento para desempeñar de manera exitosa su primer empleo como oficial a bordo de las unidades. Con este fin, la ENM cuenta con el Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior de Marín.

Desde el año 1981, las instalaciones del CASI de Marín, otorgan a los alumnos de la Escuela Naval la primera toma de contacto con el concepto de control de averías y contraincendios, que tanta importancia tiene en el entorno marineramente. La extinción de incendios, el control de una inundación y el uso de los extintores disponibles en los barcos de la Armada, son algunos de los numerosos ejercicios desempeñados en este centro de formación.

A lo largo de los años, el centro ha estado expuesto a la necesidad de cambio para alcanzar la mayor eficacia y rendimiento en sus actividades. En el año 1999, el CASI de Marín sufrió un proceso de remodelación donde se modernizaron todas las instalaciones para dar lugar a los adiestradores disponibles a día de hoy. Sin embargo, estas instalaciones quedaron rápidamente anticuadas frente a la elevada tecnología de otros centros de Seguridad Interior, como el Centro de Instrucción de Seguridad Interior de Ferrol, que, aparte de unos simuladores tecnológicamente más avanzados que permiten ejercicios más realistas y seguros, utiliza el gas propano como material combustible, más ecológico que el gasoil utilizado en los simuladores del centro ubicado en Marín.

1.2 Motivación del proyecto

Las actividades realizadas en el Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior están íntimamente relacionadas con la labor a desarrollar por los alumnos una vez hayan completado sus planes de estudios y se incorporen a los barcos de la flota. Además, los ejercicios que propone un adiestrador de contraincendios y/o contra averías, presentan situaciones que, con total seguridad, se le presentarán a los futuros oficiales en un futuro cercano.

La motivación de este Trabajo de Fin de Grado nace de la necesidad de la Escuela Naval Militar de unas instalaciones de calidad y de acorde con la evolución de la tecnología, para que los futuros oficiales dispongan de un adiestramiento ambientado en situaciones más realistas y seguras, que al mismo tiempo ofrezca al instructor la posibilidad de imponer infinidad de ejercicios en función de los objetivos y el nivel de adiestramiento a alcanzar.

De la misma forma, es motivación de este proyecto tratar de buscar soluciones al impacto ambiental que supone la realización de las actividades que tienen lugar del centro.

Por último, mediante la realización del presente proyecto, se pretende la aplicación y ampliación de los conocimientos obtenidos a lo largo del periodo académico en el Centro Universitario de la Defensa.

1.3 Objetivos

Los principales objetivos a alcanzar en el desarrollo de este trabajo son los siguientes:

- El estudio del estado actual de conservación del Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior de la Escuela Naval Militar.
- El estudio de la actual distribución y las actividades realizadas de las instalaciones del CASI de Marín identificando las deficiencias y necesidades modernización.
- El análisis de los centros de Seguridad Interior de los que dispone la Armada Española para conocer mejor las necesidades y carencias del CASI de Marín.
- La comprensión y el estudio de la necesidad de la Armada y de la Escuela Naval Militar de un CASI moderno y acorde con las políticas medioambientales vigentes.
- Conocer las impresiones de los profesionales destinados en el CASI acerca de las necesidades que presenta el centro.
- El diseño preliminar de un nuevo centro de adiestramiento en la Escuela Naval.

1.4 Metodología y recursos empleados

1.4.1 Metodología general

Para la consecución de los objetivos previamente expuestos, el presente trabajo procederá siguiendo la metodología que se expone a continuación.

En primer lugar, en el capítulo 2, se exponen una introducción a la Seguridad Interior y una serie de acontecimientos históricos que ponen en manifiesto la importancia de una precisa preparación en el control y ataque de las emergencias que se pueden presentar a bordo de un buque. En esta misma parte del proyecto se explica la teoría de la combustión, incluyendo la clasificación de los tipos de fuego en función de la naturaleza del material combustible.

En el último punto del estado del arte, se ha presentado un análisis de los centros de Seguridad Interior ajenos a la ENM de los que dispone la Armada. Para conseguir esto, han tenido lugar contactos e intercambios de información técnica y administrativa con oficiales de los otros dos centros de Seguridad Interior de la Armada, en Ferrol y Cádiz, que han ayudado a conocer sus instalaciones y capacidades. Además, esto ha significado un foco importante de información y opiniones basada en las experiencias de la que estos dos centros pueden presumir. Cabe destacar el desplazamiento al CISI de Ferrol, que permitió una ampliación del conocimiento que se tenía hasta el momento y que permitió recoger experiencias y opiniones de instructores y usuarios del centro a cerca de las instalaciones y ejercicios.

En el capítulo 3 se realiza un análisis pormenorizado del estado actual del Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior de la ENM y de la distribución del espacio ocupado. Así mismo, se estudian los factores que afectan a la propuesta de modernización. Para ello, se han mantenido diferentes reuniones con el Capitán Corbeta Jefe del CASI que, como segundo máximo responsable del centro después del Capitán de Navío Comandante-Director, presentó la idea y los inconvenientes del centro motivando la necesidad de estudio y modernización. Por otro lado, el suboficial, cabos y marineros que forman parte de la dotación del CASI, han sido una fuente de información indispensable por su grado de implicación en las actividades desarrolladas en el centro y por su gran experiencia en el campo de la Seguridad Interior. Estas cercanas interacciones con el CASI de Marín incluyen la asistencia a un ejercicio de contraincendios realizado por personal de la BRILAT (Figura 1-1), que ayudaron a conocer más a fondo las negativas reales que afectan al desarrollo de las labores de instrucción del centro.



Figura 1-1 Tutor y autor durante un ejercicio de contraincendios en el CASI de Marín

Una vez analizados todos los factores que afectan a una posible modernización de las instalaciones del CASI de la ENM, en el capítulo 4, se presenta la propuesta elegida y que cumple las necesidades de adiestramiento a desempeñar en el centro. Esta solución de distribución y modernización se verá apoyada de planos (en el anexo) y representaciones en 3D mediante el empleo de los softwares AutoCAD y SketchUp.

Finalmente, se exponen unas conclusiones del proyecto donde se evalúa si se han alcanzado y se satisfacen los objetivos iniciales. Al mismo tiempo, se propone un apartado de líneas futuras para que se puede seguir avanzando en la mejora del CASI de la ENM.

1.4.2 Recursos empleados

Para realizar los planos y representaciones que apoyan la propuesta presentada en este trabajo se han empleado los siguientes programas informáticos:

AutoCAD

AutoCAD es un software de diseño asistido por ordenador desarrollado por Autodesk utilizado por ingenieros y técnicos, pudiendo crear diversos diseños en 2D y 3D: planos, objetos, cortes de objetos, etc.

Al igual que otros programas de diseño asistido por ordenador (CAD por sus siglas en inglés), AutoCAD gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.) que se operan a través de una pantalla gráfica. También, procesa imágenes de tipo vectorial y admite incorporar archivos de tipo fotográfico o mapas de bits, donde se dibujan figuras básicas o primitivas, como líneas, arcos o textos. Parte de este programa está orientado a la realización de planos, empleando para ello los recursos de dibujo: color, grosor de líneas y texturas tramadas, entre otros.

La versatilidad de este software lo ha convertido en un estándar general en el ámbito CAD debido a que permite dibujar de una manera rápida y sencilla. Al mismo tiempo, AutoCAD permite compartir información de una manera inmediata mediante una serie de herramientas de gestión de proyectos.

En el presente proyecto, este software ha sido de gran ayuda para el diseño de los planos preliminares de la propuesta del CASI en Marín. También se ha desarrollado mediante este programa CAD los planos de distribución en planta (Figura 1-2) y perfil del adiestrador de fuegos interiores propuesto [2].

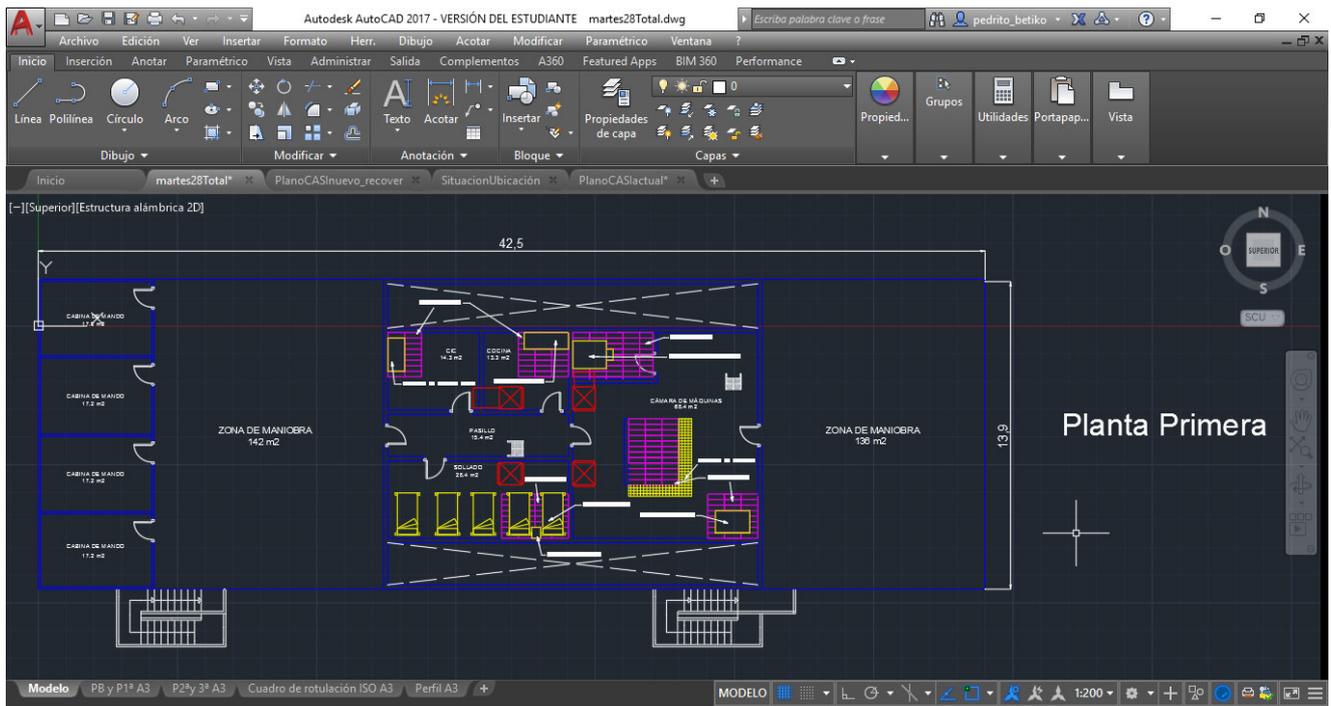


Figura 1-2 Captura de pantalla durante el uso de AutoCAD

SketchUp

SketchUp es un programa de diseño gráfico y dibujo en 3D desarrollado por Google y Last Software y utilizado en arquitectura, diseño de interiores, ingeniería mecánica y civil y diseño de videojuegos entre otros.

En el año 2012, Google vendió los derechos del software a la empresa Trimble, la cual ha ido desarrollando el programa e incluyendo mejoras.

La principal virtud de este programa es la sencillez de empleo. Con unos conocimientos iniciales básicos, que se pueden obtener mediante los videos tutoriales que la propia empresa ofrece, el usuario está listo para empezar con el diseño y modelado de diversos espacios, objetos o edificios. Además, el programa incluye una biblioteca de objetos e imágenes, 3D Warehouse, a donde el usuario puede acceder para descargar objetos e imágenes e incluirlas en su modelo 3D [3].

El SketchUp Authorized Training Center proporciona a los usuarios la posibilidad de inscribirse de forma gratuita a una serie de webinars, seminarios online, donde un profesional de la empresa proporciona una clase explicativa de 40 minutos acerca del programa [3] [4].

Durante la realización de este proyecto, se ha utilizado este programa para el diseño en 3D del Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior de Marín. Además de los videos tutoriales que ofrece Trimble, se asistió a un seminario online "Escenas y animación en SketchUp PRO" donde se pudieron obtener mayores conocimientos acerca de las funciones que ofrece este software (Figura 1-3).

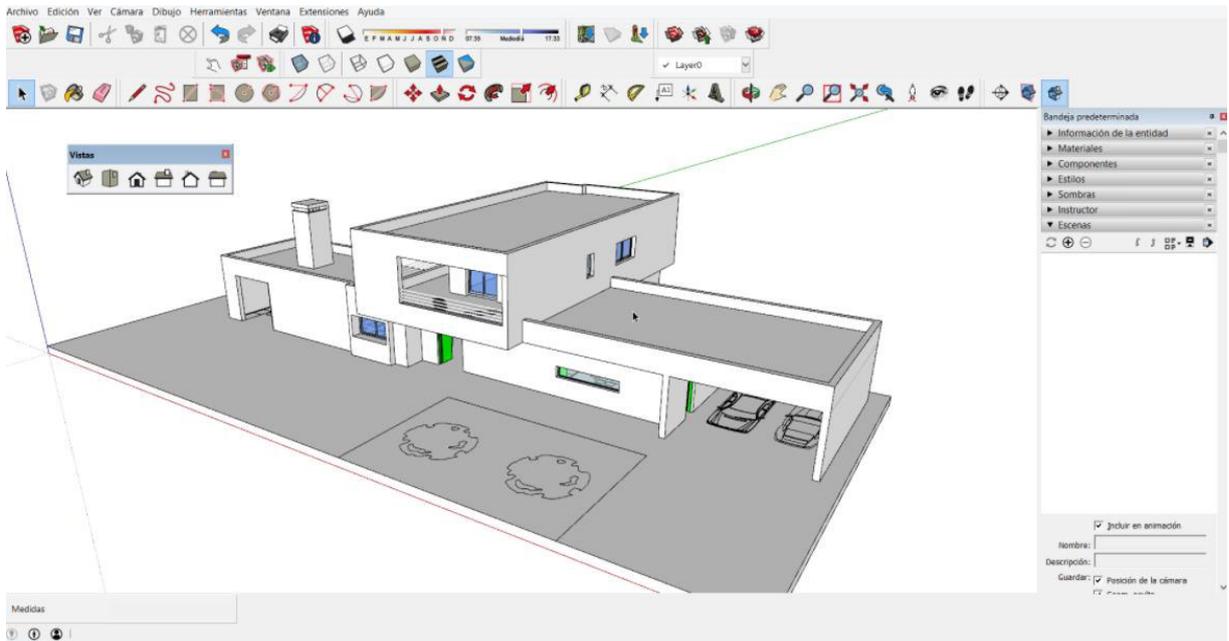


Figura 1-3 Captura de pantalla durante el webinar "Escenas y animación en SketchUp PRO"

2 ESTADO DEL ARTE

El CASI de la ENM es el primer punto de contacto de los futuros oficiales de la Armada con una materia que les acompañará el resto de sus carreras: la Seguridad Interior. Es importante comprender la importancia que tiene la instrucción y el adiestramiento en el campo de la Seguridad Interior dentro de la Armada. Para ello, se deben conocer los hechos históricos que justifican la necesidad del más alto nivel de adiestramiento. En este capítulo también se tratan otros temas de relevante importancia para el desarrollo del presente Trabajo de Fin de Grado: introducción a la Seguridad Interior, teoría de la combustión y sus efectos y análisis de los centros de instrucción y adiestramiento de Seguridad Interior en la Armada Española. Por último, se describe el Plan de Gestión Medioambiental del CASI de Rota, siendo el único centro de Seguridad Interior de la Armada Española que ha implementado un plan específico hasta la fecha.

2.1 Historia de accidentes navales

A lo largo de la historia han sucedido diferentes accidentes que muestran el gran significado e importancia de la Seguridad Interior a bordo de todo tipo de buques. Esta exposición histórica desvela por sí misma la gran importancia de la Seguridad Interior a bordo, en la que cabe destacar su fase de preparación previa a la acción y muestra como cualquier buque militar está expuesto a una amenaza desconocida y continua de la cual debe estar prevenido para actuar en cuestión de segundos.

2.1.1 Ataque a Pearl Harbour, Segunda Guerra Mundial

El 7 de diciembre de 1941, las fuerzas japonesas, con seis portaaviones y 353 aeronaves, realizaron un ataque sorpresa sobre las instalaciones e unidades de la US Navy en Pearl Harbor, Hawaii. Ese día, los más de 90 buques atracados fueron dañados mediante el uso de bombas y torpedos usados por la aviación japonesa.

El USS¹ Virginia y el USS Oklahoma fueron hundidos al poco tiempo de recibir el ataque. El USS Arizona (Figura 2-1) recibió una bomba penetrante en el casco que resultó en la explosión del pañol de munición más importante del buque. A causa de la explosión y del fuego, 1177 miembros de la dotación del USS Arizona perdieron la vida, siendo el buque con mayor número de bajas en ese ataque.

¹ USS- United States Ship por sus siglas en inglés. Prefijo utilizado para hacer referencia a los barcos de la Armada estadounidense.

Un estudio posterior por parte de la armada estadounidense acerca de la estimación de daños sufridos en el ataque de Pearl Harbour recogió un total de 2403 bajas, 1178 personas civiles y militares heridos y 21 barcos de la US Navy dañados o hundidos, 188 aviones destruidos y 159 dañados.

Las consecuencias del ataque y el número total de bajas fueron de tal magnitud debido, en parte, a que los daños iniciales causados por el bombardeo no pudieron ser manejados ni controlados [5] [6].

A raíz de este ataque, Estado Unidos entró en la Segunda Guerra Mundial.



Figura 2-1 USS Arizona tras el ataque de Pearl Harbor [7]

2.1.2 Ataque terrorista al USS Cole

El 12 de octubre del año 2000 el destructor DDG²-67 USS Cole (Figura 2-2) sufrió un ataque terrorista que marcó un antes y un después en la historia de las fuerzas navales. Significaba el nacimiento de un nuevo tipo de amenaza real, rápida e imprevisible, que despertaba la necesidad de aumentar la preparación de los buques para hacer frente a la protección de la fuerza en las entradas y salidas de puerto y del adiestramiento para una actuación rápida en el caso de sufrir daños que afecten directamente a la estructura del buque pudiendo desencadenar en su hundimiento.

El destructor americano se encontraba atracado en el puerto de Aden (Yemen) realizando una rutinaria parada para hacer combustible y víveres, cuando una embarcación de pequeñas dimensiones cargada de explosivos se acercó por el costado de babor. La embarcación colisionó intencionadamente contra el casco del buque estadounidense, desencadenando una explosión y un orificio de superficie cuadrada de 12 metros de lado (Figura 2-2).

La explosión alcanzó la cocina y el comedor donde se encontraba parte de la dotación, ocasionando la muerte de 17 marineros y otros 39 heridos. A raíz del ataque terrorista, se produjeron significantes inundaciones que no pudieron ser controladas hasta varias horas después de producirse el atentado. Sin embargo, todos los conocimientos en contraincendios y control de averías permitió a la dotación realizar las labores necesarias evitando el hundimiento del buque [6].

² DDG- prefijo utilizado por la armada estadounidense para hacer referencia a buques destructores lanzadores de misiles guiados.



Figura 2-2 USS Cole tras recibir el ataque terrorista en el año 2000 [8]

Estos son solo dos ejemplos de la gran variedad de incidentes que prueban la necesidad crítica del conocimiento y adiestramiento de los procedimientos de Seguridad Interior en la lucha contra incendios e inundaciones.

Los dos accidentes del USS Arizona y el USS Cole, con contrarios finales, muestran claramente como daños mayores pueden ser evitados cuando toda la dotación sabe cómo reaccionar ante una situación de emergencia. También, evidencia la efectividad de la mejora continua en la tecnología y evolución de los simuladores de Seguridad Interior.

Por tanto, la Seguridad Interior debe recibir una alta atención e importancia y un permanente y continuo adiestramiento de las dotaciones a bordo de buques de guerra, que permita hacer frente a cualquier tipo de accidente [6].

2.2 Introducción a la Seguridad Interior

2.2.1 Principios fundamentales

La eficacia de la Seguridad Interior está basada en cuatro principios fundamentales [1]:

- i. **Organización.** Establece los deberes y responsabilidades de todos y cada uno de los miembros de la dotación, la distribución y misiones del personal según la situación operativa del buque y los requisitos de alistamiento y capacidades de empleo del material, equipos, servicios y sistemas relacionados con la seguridad del buque.
- ii. **Instrucción.** Tiene como fin dotar, tanto individual como colectivamente, a la dotación de los conocimientos y capacidades necesarios para desempeñar, de modo seguro y efectivo, la misión asignada. Es un proceso continuo que comienza en las escuelas y centros de formación y de las que dispone la Armada y debe complementarse y perfeccionarse a bordo para así profundizar en un conocimiento exhaustivo del barco y sus particularidades.
- iii. **Adiestramiento.** Es necesario para determinar, tanto en forma como en tiempo de ejecución, la eficacia de las acciones llevadas a cabo. A parte de una adecuada organización y una mejor instrucción del personal, se requiere un alto nivel de adiestramiento tanto individual como colectivo. El adiestramiento se realiza principalmente a bordo por medio de ejercicios y periódicamente los buques podrán solicitar la colaboración de los Centros de Instrucción y Adiestramiento.

- iv. Mantenimiento.** Su objetivo es la conservación en condiciones de máxima operatividad del material, equipos, servicios y sistemas de la unidad. Para ello, se realizarán a bordo los trabajos necesarios para reparar el material dañado y evitar futuras averías.

2.2.2 Etapas de Seguridad Interior

En la consecución de los objetivos se definen tres etapas claramente diferenciadas: preparación, acción y reparaciones temporales [1].

2.2.2.1 Preparación

La etapa de preparación engloba el conjunto de acciones y medidas previas a la aparición de una incidencia. La eficacia de esta etapa es de tremenda importancia; se considera que las probabilidades de éxito ante una emergencia o avería están basadas en un 90% en la preparación, y únicamente un 10% en la etapa de acción.

A bordo de un buque de la Armada Española, el Sr. Comandante delega la responsabilidad de esta etapa en el Jefe de Servicio de Máquinas, que es auxiliado por el Oficial de Seguridad Interior. Además, cada miembro de la dotación tiene la responsabilidad individual correspondiente de tomar las acciones pertinentes acordes con la situación en la que se encuentre el buque.

Los objetivos que se establecen para los periodos de preparación son:

- Preservar sus características de integridad estanca y resistencia estructural en todo momento.
- Mantener en las mejores condiciones las características de estabilidad, flotabilidad y maniobrabilidad del buque.
- Desarrollar los Planes de Mantenimiento e Instrucción y Adiestramiento para garantizar una correcta y eficaz actuación del personal, y un adecuado nivel de alistamiento y operatividad del material.
- Poner en práctica un Plan de Prevención de Incendios desarrollado para reducir los riesgos de incendio.
- Eliminar o disminuir aquellos riesgos que pudieran derivar en un incidente nuclear, biológico, químico o radiológico (NBQR).

2.2.2.2 Acción

La etapa de acción comprende las acciones que tienen por objeto localizar y corregir las causas y efectos de una emergencia o avería que ya ha tenido lugar.

A la hora de llevarla a la práctica, se consideran dos fases. La primera, se desarrolla en los primeros momentos de la incidencia, y está orientada a evitar la extensión. Para ello se debe:

- Investigar la situación, clase y magnitud de efectos que ha originado la incidencia.
- Controlar en la medida de lo posible los incendios e inundaciones producidos.
- Mantener la condición de estabilidad y la reserva de flotabilidad en que haya quedado el barco.
- Preservar un estricto control de la contaminación derivada de un ataque o accidente NBQR, adoptándose las medidas de protección y detección pertinentes.

Tan pronto como sea posible, se pasará a la segunda fase, llevando a cabo todas las medidas y acciones posibles que contribuyan a recuperar o mantener las capacidades operativas del buque de acuerdo con las intenciones del Comandante. Esta fase incluye:

- Corregir la escora y el asiento con el objetivo de que el buque pueda recuperar su capacidad marinera y la posibilidad de utilizar las armas.
- Realizar el tendido de líneas eléctricas volantes para poder hacer uso de aquellos equipos vitales que hayan perdido su alimentación.

- Cubrir puestos de aquellos equipos, armas e instalaciones cuyo personal haya quedado fuera de combate.
- Proceder a prestar primeros auxilios y a evacuar al personal que lo requiera.

2.2.2.3 Reparaciones temporales

Consiste en la realización de las acciones necesarias para recuperar las capacidades operativas del buque, o llegado el caso mejorar las condiciones de supervivencia y seguridad, una vez que se hayan solucionado las emergencias o averías. Estas reparaciones serán de carácter temporal a fin de que el buque pueda alcanzar una base propia o puerto para efectuar las acciones permanentes necesarias.

2.2.3 Nuevos conceptos de Seguridad Interior

2.2.3.1 Central de Seguridad Interior

Se le da este nombre al compartimento desde donde se ejerce el mando del Subcontrol de Seguridad Interior, el cual debe recibir máxima protección, debe estar separado de los Trozos de Reparaciones y contará con todos los sistemas y equipos que permitan el mando y control de la actividad a llevar a cabo. Las funciones principales de la Central de Seguridad Interior son las siguientes:

- Dirección y coordinación durante la emergencia. Desde ella se establecen las líneas generales de acción para canalizar la actuación del personal involucrado ante las contingencias y efectos derivados de averías o emergencias.
- Información. Mantiene informado a toda la dotación del buque del estado y desarrollo de la emergencia y solicitará de quien lo requiera la información necesaria para garantizar la correcta subsanación de la avería o emergencia [1].

2.2.3.2 Trozo de reparaciones

Los compartimentos del buque, que por sus características y ubicación se destinan como centro de actuación a la hora de atacar una incidencia, se denomina Trozo de Reparaciones. A efectos de diseño se considera apropiado la disposición de uno de estos compartimentos en cada zona de fuego. Sin embargo, la numero de Trozos de Reparaciones de cada barco quedará fijado por su compartimentación final y misión [1] [9].

La distribución del personal de los Trozos de Reparaciones no debe considerarse rígida e inamovible, y será el Oficial de Seguridad Interior quien deberá adecuar la estructura del personal a la situación y evolución de las incidencias. La Tabla 2-1 muestra la estructura básica de un Trozo de Reparaciones a bordo de los barcos de la Armada.

Grupo	Componentes	Cantidad
Grupo de mando	Jefe de Trozo	1
	Telefonista	1
	Mensajero	1
Grupo de Escena	Jefe de Escena	1
	Electricista	1
	Controlador de equipos respiratorios	1
Grupo de Investigación	Investigador	1
	Ayudante	1
Grupo de Contraincendios / Control de averías	Jefe de Grupo	1
	Manguera primaria	1
	Manguera secundaria	1
	Aportador	1
Grupo de apoyo	Jefe de Grupo	1
	Personal del Grupo	3
Total		16

Tabla 2-1 Estructura básica de un Trozo de Reparaciones [1]

2.3 Teoría de la combustión

En este apartado se explicarán varios aspectos acerca de la teoría de la combustión, como son los elementos que la forman, los tipos de fuego, los productos de este proceso y sus efectos sobre la vida humana.

Se puede definir la combustión como una oxidación rápida con desprendimiento de luz y de calor. Es esencial conocer las condiciones que determinan si la combustión de una sustancia puede tener lugar para comprender los principios de prevención, control y extinción de incendios.

2.3.1 Elementos del fuego

El fuego, como toda reacción química, necesita de unos elementos primarios imprescindibles: combustible, comburente y calor. Estos tres elementos forman lo que se conoce como el Triángulo del Fuego, una definición gráfica que ayuda a entender el fenómeno del fuego.

Sin embargo, esta primera definición contemplaba exclusivamente la posibilidad del inicio del fuego y no su continuidad. Es por esto que posteriores investigaciones llevan a la conclusión de la existencia de un cuarto elemento denominado “reacción en cadena”, transformándose el triángulo en un cuadrado que se representa simbólicamente con un tetraedro (Figura 2-3). La supresión de uno o más componentes de este Tetraedro del Fuego imposibilitarían el desarrollo del fuego y se produciría la extinción [1].

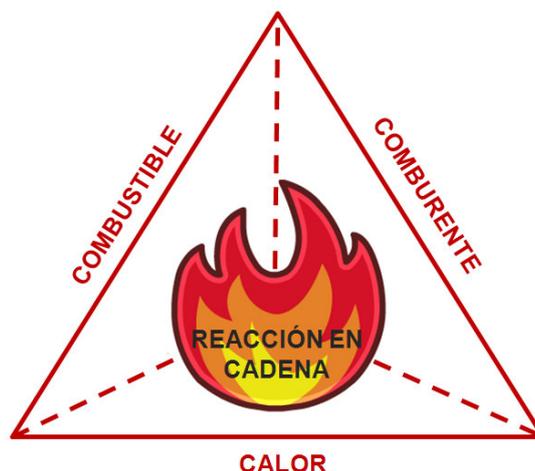


Figura 2-3 Tetraedro del fuego [1]

- i. **Combustible.** Este es cualquier sustancia en estado sólido, líquido o gaseoso que en presencia de un agente oxidante y a una determinada temperatura produce vapores capaces de arder y producir una oxidación rápida.
- ii. **Comburente.** Es una sustancia que permite la activación de la combustión cuando el combustible se encuentra a la temperatura adecuada. El comburente oxida al combustible en cuestión hasta que es reducida por completo por el último. El comburente por excelencia es el oxígeno, el cual lo podemos encontrar en el aire que respiramos en una concentración porcentual en volumen de aproximadamente el 21%. El oxígeno se caracteriza por su gran reactividad. A excepción de los gases nobles, todos los elementos son capaces de combinarse con este.
- iii. **Calor.** Es la energía necesaria para elevar la temperatura del combustible hasta el punto en el que se desprendan los vapores necesarios para que ocurra la ignición. La transmisión de calor es la responsable, en la mayoría de las ocasiones, del comienzo y extinción de los incendios. La diferencia de temperatura entre cuerpos ocasiona esta transferencia de calor; de tres formas: conducción, radiación y convección.
- iv. **Reacción en cadena.** Las moléculas iniciales de combustible se combinan, en una serie de reacciones sucesivas intermedias, con el oxígeno para llegar a los productos finales de la combustión. En cada se forman una molécula inestable y de corta vida, denominadas radicales libres, pero que son lo suficientemente larga para producir una fuerte influencia durante el cortísimo tiempo en que los gases combustibles atraviesan la zona de combustión. La formación y consumo casi simultáneo de estos radicales son imprescindibles para que se pueda dar la llama. Si alguno de estos radicales libres desaparece, se detiene la reacción y el proceso de combustión se interrumpe.

2.3.2 Tipos de fuego

Las clases de fuego establecidas por la Norma UNE-EN 2 según la naturaleza del combustible, existen hasta seis tipos diferentes, como se refleja en la Tabla 2-2.

Clase	Combustible	Ejemplos
A	Materias sólidas, excepto metales	Maderas, papel
B	Materias líquidas y sólidos que se queman en estado líquido	Gasolina, gasoil
C	Materias en estado gaseoso y a presión	Metano, propano
D	Metales ligeros combustibles	Aluminio, magnesio
E	Equipos e instalaciones eléctricas con tensión o incendios de otra clase en presencia de equipos eléctricos con tensión	Generadores, cuadros eléctricos
F	Productos de cocinar	Aceites, grasas de cocina

Tabla 2-2 Clases de fuego [10]

2.3.3 Productos de la combustión y sus efectos sobre la vida humana

2.3.3.1 Gases de la combustión

Los gases producidos en la combustión dependen principalmente de la composición química de los combustibles, la cantidad de aire disponible en el proceso de combustión y la temperatura. La mayoría de las sustancias combustibles contienen carbono que, al arder, siendo el aire abundante, forma anhídrido carbónico, o monóxido de carbono cuando el aire es escaso. También pueden formarse otros gases como: ácido sulfúrico, anhídrido sulfuroso, amoníaco, óxido nitroso, óxido nítrico o fosgeno.

La mayor parte de las muertes producidas en un incendio tienen lugar debido a la inhalación de gas y aire caliente. Por esto es que se debe tener siempre presente el elevado grado de toxicidad al que se expone una persona a la hora de atacar un incendio.

El monóxido de carbono es el gas más peligroso; pero existen otros gases que, en una determinada situación, también pueden llegar a ser perjudiciales. Los efectos tóxicos de los gases de la combustión en las personas son mayores durante un incendio debido a que el ritmo respiratorio aumenta por el esfuerzo, por el calor o por un exceso de anhídrido carbónico. En estas condiciones las concentraciones de gases, ordinariamente consideradas normales o no peligrosas, llegan a serlo. Así mismo, cuando dos o más de estos gases están presentes, la suma de sus efectos es superior al daño que supondría estar sometido a los dos efectos por separado [10].

Anhídrido carbónico

Desprendido en combustibles orgánicos cuando la combustión se produce en ambientes aireados. A pesar de ser un gas inerte, se consideró peligroso ya que:

- Desplaza al oxígeno al ser más pesado que el aire.
- Produce aumento del ritmo de respiración, y, por consiguiente, se inhalan mayor cantidad de gases tóxicos.
- Provoca jaquecas, somnolencia, confusiones, pudiendo llegar a ocasionar un coma profundo.

En atmósferas que contengan un 2% de dióxido de carbono, la velocidad y profundidad de la respiración aumenta en un 50%; y al 100% cuando la atmósfera contenga un 3% de CO₂. Al 5% la respiración resulta más difícil, mientras que en concentraciones del 10% puede llegar a ser mortal [10].

Monóxido de carbono

Este gas es peligroso desde las más bajas concentraciones. Produce asfixia al combinarse con la hemoglobina de la sangre 210 veces más rápido que el oxígeno e impide que la sangre recoja el anhídrido carbónico del organismo y lo lleve a los pulmones.

La cantidad de monóxido de carbono que el organismo puede tolerar depende del esfuerzo, el calor y el anhídrido carbónico presente entre otras variables. Es peligroso para la vida en concentraciones de 1500 ppm durante una hora o de 500 ppm durante tres horas y fatal a 4000 ppm en menos de una hora.

Es uno de los gases tóxicos más abundantes en la combustión. En condiciones normales, el carbono de los materiales orgánicos se oxidará por completo y formará dióxido de carbono si la combustión dispone de oxígeno en abundancia. Por el contrario, en un incendio la cantidad de oxígeno disponible no suele ser la ideal y no todo el carbono se oxida completamente, formándose así monóxido de carbono. En un incendio controlado y aislado la relación monóxido de carbono y dióxido de carbono es mayor que en un incendio ventilado y con llamas brillantes.

Ácido sulfhídrico

Este gas se produce por la combustión incompleta del azufre, presente en las lanas, cueros o carnes. A partir del 0,02% se pierde el sentido del olfato y en concentraciones entre el 0,04% y el 0,07% durante más de media hora produce vértigos, alteraciones intestinales y dolor en el aparato respiratorio. En concentraciones superiores al 0,07% es altamente venenoso, afectando al sistema nervioso y pudiendo llegar a producir una parálisis respiratoria.

Anhídrido sulfuroso

Se produce con la oxidación completa de las sustancias que contengan azufre. Es elevadamente irritante para los ojos y el aparato respiratorio y en concentraciones del 0,05% se considera peligroso para exposiciones de corta duración.

Amoníaco

La combustión de sustancias que contienen nitrógeno produce este gas. Es utilizado en plantas frigoríficas comerciales e industriales como refrigerante. Es considerado un peligro potencial debido a las fatales consecuencias que podría ocasionar el escape de este gas en el supuesto caso de un accidente o incendio en unas instalaciones de este tipo. Este gas es muy irritante para los ojos, nariz, garganta y pulmones. En concentraciones del 0,25% al 0,65%, respirado durante media hora, puede tener consecuencias mortales.

2.3.3.2 Llama

En la emisión de luz producida cuando se produce la combustión de un elemento inflamable en una atmósfera rica en oxígeno. Las quemaduras a raíz de un incendio pueden ser producidas por contacto directo con las llamas o por el calor radiado por ellas [10].

2.3.3.3 Calor

Puede producir desde pequeñas quemaduras hasta la muerte. La exposición continua al calor puede causar deshidratación, obstrucción de las vías respiratorias, quemaduras y aumento del ritmo cardíaco.

El personal destinado a atacar un incendio no debe acceder a ambientes que excedan los 50°C sin trajes protectores y equipo respiratorio autónomo. Ni los hombres y mujeres más experimentados serían capaces de soportar el aire saturado de humedad, aun durante breves periodos de tiempo. A 65°C, solo se soportaría los segundos necesarios para salir del compartimento incendiado. A la temperatura de 148,8°C, se llega al límite de lo que el cuerpo humano puede resistir durante pocos segundos; si el aire está húmedo se puede considerar mortal [10].

2.3.3.4 Humo

El humo es una suspensión de partículas sólidas en un gas. Este gas está constituido por aire, CO, CO₂, vapor de agua y las partículas de alquitrán y materia no quemada. La combustión incompleta, la humedad y la naturaleza del material favorecen la producción del humo.

Algunos fuegos no producen sin humo, pero en general, éste acompaña al fuego y es una evidencia clara del mismo. Las partículas en suspensión pueden dañar e irritar el tracto respiratorio al inhalarlas, producir lágrimas que dificulten la visión y tos.

El color del humo no es siempre el mismo y puede ayudar a hacerse una idea aproximada del material que se está quemando o del estado del incendio. El humo blanco se produce normalmente en incendios con alto contenido de oxígeno mientras que el humo negro es característico en fuegos que arden con falta de oxígeno [10].

2.4 Instalaciones de Seguridad Interior en la Armada

De cara al estudio de las necesidades de una remodelación de las instalaciones del CASI de la ENM, es importante analizar los centros de instrucción y adiestramiento de los que dispone actualmente la Armada: el CASI de Rota y el CISI de Ferrol.

Ambos centros están dotados de la última tecnología en el campo de Seguridad Interior y permiten a las dotaciones de los buques de la Armada y al personal que lo requiera obtener un adiestramiento realista en situaciones de emergencia, mediante sistemas y equipos que proporcionan una actividad completamente segura y controlada.

2.4.1 CASI de Rota

El Plan de Potenciación de Seguridad Interior del año 1996, establece la necesidad de la Armada de contar con un Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior en la Base Naval de Rota (Cádiz). Esta necesidad se vio incrementada a raíz de la experiencia obtenida en el campo de la Seguridad Interior desde la creación del Centro de Valoración y Apoyo a la Calificación Operativa para el Combate (CEVACO).

Este centro de adiestramiento (Figura 2-4) se desarrolló teniendo en cuenta la necesidad de adiestramiento en este campo de las dotaciones de los buques de la Flota, la del Servicio Aéreo de la Base Naval y Flotilla de Aeronaves, y la necesidad de adiestramiento básico NBQR. Además, desde el comienzo de la elaboración del proyecto, se puso especial interés en que este nuevo adiestrador fuera altamente seguro y respetuoso con el medio ambiente [11].

A día de hoy, el CASI ha quedado integrado en la CEVACO como organismo dependiente dentro del Centro de Instrucción y Adiestramiento de la Flota.

La plantilla del centro está formada por 1 Capitán de Corbeta Jefe del CASI, 3 Oficiales, 9 Suboficiales y 14 Cabos 1º y Marineros. A estas 27 personas hay que añadirle un Oficial Enfermero del Cuerpo Militar de Sanidad, responsable del área de sanidad.

Desde el punto de vista funcional, el personal queda dividido en dos grandes áreas: la de contraincendios y NBQR. El área de contraincendios está dividido, a su vez, en el área de buque y el de aeronaves. Cada uno de los tres oficiales es responsable de una de estas áreas de adiestramiento.

La disponibilidad del Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior de Rota permite efectuar diferentes tipos de instrucción y adiestramiento cuya duración y contenido queda definido permanentemente en función del buque en cuestión. Un adiestramiento definido es el conjunto de enseñanzas teóricas y prácticas impartidas que de forma estable y permanente configuran el adiestramiento que se imparte a una determinada unidad o buque en función del objetivo de adiestramiento que se desee alcanzar [12]. Estos adiestramientos configurados son:

- Adiestramiento individual de contraincendios
- Adiestramiento de mando y control de contraincendios
- Adiestramiento específico de contraincendios de aeronaves
- Adiestramiento general NBQR

- Adiestramiento de mando y control en defensa NBQR

Las instalaciones de este centro están divididas en dos zonas claramente diferenciadas:

- Pista de adiestramiento y sus infraestructuras.
- Edificio de dirección, aulas, talleres y almacenes.



Figura 2-4 Centro de Adiestramiento Seguridad Interior de Rota [13]

2.4.1.1 Pista de adiestramiento

Esta pista de adiestramiento cuenta con tres sistemas para la realización de un amplio número de ejercicios: Adiestrador de Buque, adiestrador de Aeronave y Adiestrador de Derrames.

Estos tres adiestradores utilizan en común las instalaciones de gas propano, suministro de agua, drenajes y desagües para reciclar el agua, sistema de depuración de aguas y otros residuos, como espumas y polvo seco de extintores. Estas instalaciones de uso compartido disponen también de un generador de emergencia en casa de fallo de suministro eléctrico.

Existe una sala de control para monitorizar cada adiestrador y sus escenarios desde unos ordenadores y pantallas táctiles destinadas a tal efecto. Esta sala está situada en la cubierta superior del Adiestrador de Buque y permite, mediante un sistema de control, la interrupción de la actividad en los escenarios de fuego y la actuación de paradas de emergencia de los adiestradores, tanto manualmente como por alta concentración de gas o temperatura.

Cada uno de los tres adiestradores cuenta con un programa informático propio para el mando y control de los ejercicios. Los programas permiten llevar un mantenimiento de primer nivel y controlar una serie de parámetros de configuración de los fuegos según el nivel de dificultad que se desea en cada momento. Los fuegos del Adiestrador de Buque y del Adiestrador de Aeronave reaccionan antes a agentes extintores reales.

Adiestrador de Buque “Reino de Hades”

Este adiestrador (Figura 2-5) está formado principalmente por una estructura de buque con tres cubiertas, construida modularmente con contenedores de acero. Está dividido internamente en compartimentos de apariencia estanca, entre los que se incluyen tres Trozos de Reparaciones. Esta estructura cuenta con una maqueta de helicóptero SH-60B en su cubierta y una estación de descontaminación NBQR de cuatro etapas para el adiestramiento de las dotaciones en las tareas de detección, protección y descontaminación en caso de un ataque o accidente NBQR.

El adiestrador cuenta con diverso material contraincendios distribuido a lo largo del buque en los compartimentos destinados para ello. La maqueta incluye también una estación fija de espuma, un

sistema de comunicaciones y un circuito eléctrico simulado que permite al personal adiestrarse en un escenario aún más realista [14].



Figura 2-5 Maqueta de buque “Reino de Hades” [13]

Los diferentes compartimentos y partes de la maqueta dan lugar a diferentes escenarios de adiestramiento:

- Sollado con literas
- Lavandería con secadora
- Cocina con freidora y campana extractora
- Centro de Información para el Combate
- Turbina de gas en cámara de máquinas
- Generador en cámara de máquinas
- Derrame en sentina de cámara de máquina
- Bandeja de cables en cámara de máquinas
- Pañol de maniobra
- Accidente en cubierta de vuelo

Cada uno de los escenarios consiste en un fuego activo con una configuración propia. Existe la posibilidad de utilizar un escenario a mayores sin fuego, pero con humo, para la realización de ejercicios de abandono y rescate.

Cada fuego se puede accionar desde la consola de control o desde mandos remotos situados en la entrada a cada compartimento. La posibilidad de configurar una gran variedad de parámetros del fuego da lugar a diferentes niveles y a la existencia de ejercicios predefinidos para los diferentes tipos de adiestramiento.

Los fuegos son creados mediante propano en fase gas y el humo tiene lugar gracias a un sistema independiente alimentado por aceite y nitrógeno que permite crear atmósferas inocuas, pero de baja visibilidad.

Adiestrador de Aeronave “Ave Fénix”

Está constituido de una maqueta del avión de combate Harrier AV-8 Plus de la Novena Escuadrilla de Aeronaves (Figura 2-6). Dispone de cuatro fuegos activos dando a lugar a escenarios diferentes e independientes:

- Tren de aterrizaje
- Armas
- Turbina
- Tanque de combustible en el ala del avión

Al igual que en el adiestrador de buque, los fuegos son creados mediante propano en fase gas y el humo por un sistema independiente.



Figura 2-6 Maqueta de aeronave "Ave Fénix" [13]

El programa de mando y control tiene la misma dinámica que en el buque permitiendo configurar un gran número de ejercicios de adiestramiento [15].

Adiestrador de Derrames

Está formado por dos fuegos independientes de derrame de combustible con unas dimensiones de 6x6 metros (Figura 2-7). El primero está situado detrás de la cola de la maqueta del Harrier AV-8 Plus, a la distancia suficiente como para permitir el empleo de forma independiente o conjunta con el Adiestrador de Avión. El otro, está asociado a una maqueta pasiva de un helicóptero Sikorsky SH-3D accidentado, que dispone de un sistema de railes para desplazarlo sobre el derrame o fuera de él.



Figura 2-7 Maqueta helicóptero [13]

Para los ejercicios se generan fuegos de propano en estado líquido capaces de proporcionar llamas de hasta seis metros de altura.

El objetivo de este sistema es permitir el adiestramiento del personal de los Trozos de Vuelo de las dotaciones de todo tipo de buques y de los servicios contraincendios de la Base Naval de Rota.

2.4.1.2 Edificio de dirección, aulas, talleres y almacenes

Este edificio de dos plantas otorga al CASI de Rota los medios la capacidad de operar independiente del resto de instalaciones de la Base Naval de Rota para lograr su objetivo, que no es otro sino el adiestramiento en el campo de la Seguridad.

En la primera planta se encuentran los despachos de jefes, oficinas, salas de juntas, aseos y vestíbulos. Además, cuenta con dos aulas que pueden alojar entre 25 y 60 personas para las clases teóricas previos a la fase práctica que tiene lugar en la pista de adiestramiento.

La segunda planta comprende también un gran número de locales: pañol de vestuario y material, taller de reparaciones, taller de carga de equipos respiratorios y extintores y una enfermería para primeros auxilios.

2.4.1.3 Otras instalaciones

Instalación de propano

Consta de dos depósitos de 32,000 litros de almacenamiento cada uno. Cada depósito dispone de un sistema de duchas de agua para su enfriamiento en caso necesario.

Dos tipos de tuberías, rojo para propano líquido y amarillo para propano en estado gaseoso, salen de cada depósito para su distribución a cada adiestrador en función de sus necesidades. Además, existe una salida de gas propano para la caldera de agua situada en la planta baja del edificio del centro.

Instalación de agua contraincendios

Los tres adiestradores disponen de un colector contraincendios con el mismo diseño que el de un buque de guerra. Este colector utilizada agua a presión como agente extintor.

El suministro es proporcionado por un grupo de cinco bombas que descargan con un caudal nominal de 2000 litros/minuto a una presión de 10 kg/cm².

Todas las estaciones de contraincendios pueden regular la presión según la demanda mediante dos calderines de compensación y un variador eléctrico que regula el sistema desde un cuadro situado bajo tierra en la sala de bombas.

El colector principal está dispuesto bajo tierra hasta su entrada en la maqueta del adiestrador Reino de Hades y alimenta a los otros dos adiestradores mediante cuatro hidrantes, dos cercanos a cada uno de los derrames.

Instalación de aguas residuales

La descarga de aguas residuales se realiza por gravedad hacia un pozo, ubicado en las proximidades de la carretera más cercana al centro, donde se encuentran dos electrobombas que aspiran para descargar al colector de la Base Naval de Rota. Dichas bombas disponen de un cuadro de control y de un repetidor de alarma para detectar un posible fallo de funcionamiento.

Instalación de alumbrado exterior

La pista de adiestramiento cuenta con un circuito de alumbrado que permite la realización de ejercicios en periodos nocturnos.

Además, existen dos circuitos que alimentan las farolas del aparcamiento y exteriores del edificio que se controlan desde un cuadro de distribución mediante dos programadores de 24 horas.

Instalación contraincendios por espuma

A parte de los equipos portátiles disponibles para la generación de espuma, el Adiestrador de Buque dispone de cuatro estaciones fijas de espuma. Se utiliza como espumógeno un agente líquido biodegradable [16].

Pañol de materiales peligrosos

En este pañol se almacenan materiales peligrosos derivados de las actividades del centro como gasolina, gasoil o grasas. Está formado por dos contenedores que disponen de un sistema contraincendios fijo que se activa automáticamente al detectar una llama o alta temperatura.

2.4.2 CISI de Ferrol

El Centro de Instrucción de Seguridad Interior está integrado en la Escuela de Especialidades Antonio Escaño de Ferrol. Es, junto al CASI de Rota, uno de los centros más modernos en su especialidad, teniendo la capacidad de acoger una media de 2,500 alumnos al año.

El fin principal del centro es la instrucción y adiestramiento de las dotaciones de los buques de la Armada en los diferentes campos de la Seguridad Interior: contraincendios, control de averías y guerra NBQR. El centro también funciona como centro de referencia en materia de Seguridad Interior, siendo el responsable de toda la doctrina existente en la Armada y de su continua actualización.

Debido a su proximidad a la ciudad de A Coruña, el CISI de Ferrol presta sus servicios a la Unidad de Bomberos de A Coruña para la realización de ejercicios contraincendios, los cuales se pueden adaptar a sus necesidades de adiestramiento mediante la configuración de ejercicios específicos.

Otra función del CISI de Ferrol es la de adiestrar al personal de los buques acerca del tratamiento y control de los residuos generados a bordo para la lucha contra la contaminación del entorno marino. Este centro goza de unas instalaciones referentes en el marco europeo: fue el primer centro de adiestramiento de contraincendios de Europa en obtener la Certificación ISO 14001, en el año 2000. Este logro llegó al poco tiempo de la modernización de las instalaciones del centro que comenzaron en el año 1999 y en la que el principal objetivo trataba de eliminar el combustible muy contaminante que se utilizaba por la época para provocar los fuegos simulados. En su lugar, se incorporó el propano como combustible, dispuesto en dos tanques (Figura 2-8), uno en estado líquido y otro en estado gaseoso, de 70,000 litros cada uno.



Figura 2-8 Tanques de combustible propano del CISI de Ferrol

La plantilla del Centro de Instrucción de Seguridad Interior está formada por un total de 30 personas, de las cuales:

- 1 Capitán de Fragata Jefe del CISI
- 4 Oficiales
- 15 Suboficiales
- 10 Cabos 1º y marineros

Esta amplia dotación, está dividida en cuatro áreas, como se aprecia en la Figura 2-9, con un oficial al mando de cada una de estas. Esta división, permite la correcta consecución de los numerosos objetivos y misiones que se tiene este centro.

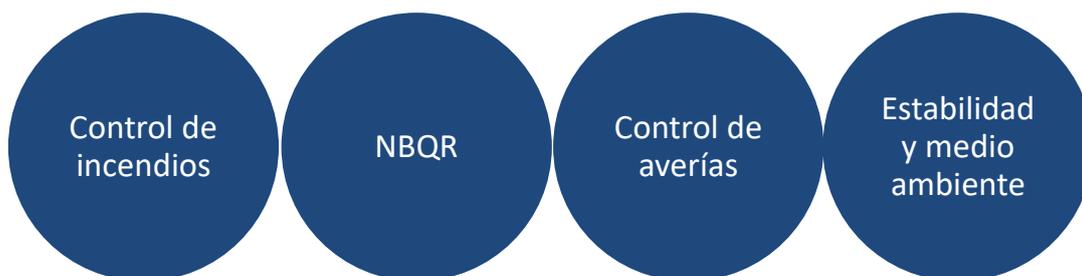


Figura 2-9 División administrativa del CISI de Ferrol

El CISI está equipado con simuladores de contraincendios y control de averías que se organizan según su fin sea de adiestramiento individual o colectivo, como se muestra en la Figura 2-10.

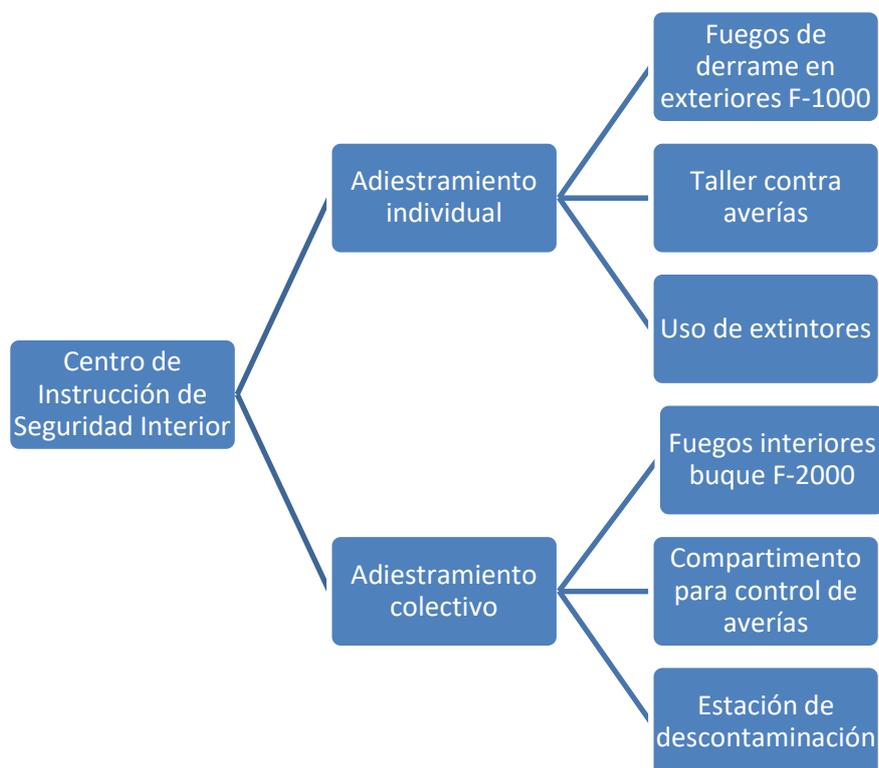


Figura 2-10 Capacidades de las instalaciones del CISI de Ferrol

2.4.2.1 Pista de adiestramiento individual

Adiestrador contraincendios de derrame en exteriores F-1000

El Firetrainer F-1000 (Figura 2-11) proporciona un entrenamiento realista de extinción de una forma ordenada, adecuada y efectiva de fuegos exteriores de la clase B y permite el adiestramiento con fuegos reales en ambientes simulados, donde la altura e intensidad del fuego pueden ser ajustadas.

Se utilizan tuberías subterráneas para alojar el cableado y el propano líquido. La distribución e ignición del propano líquido en la plataforma de fuego es controlada por un operador situado en la parte superior del adiestrador F-2000, desde donde tiene una vista privilegiada para asegurar el correcto desarrollo del ejercicio.

Como se aprecia en la disposición del adiestrador en el Anexo I, este centro dispone de dos plataformas de fuego formadas por una cavidad de 20x20 pies que está dividida a su vez en cuatro zonas de fuego separadas (Anexo II) formadas por un elemento de distribución de propano líquido en forma de serpentin. En el centro de estas cuatro zonas se localiza un equipo piloto para el encendido del propano

líquido. La plataforma de fuego está cubierta en su totalidad por una capa de piedra para proporcionar una superficie natural y real al fuego de derrame de combustible y a los esfuerzos de extinción [17].



Figura 2-11 Adiestrador contraincendios F-1000 [18]

Taller de material contra averías

Existe un edificio destinado únicamente para material de control de averías. Este taller cuenta con un alto número de herramientas y accesorios donde los alumnos pueden aprender diferentes procedimientos, como la preparación completa de un apuntalamiento en un compartimento inundado.

Adiestrador con extintores

Para el adiestramiento del personal en el uso de extintores, se dispone de una parrilla portátil a la cual se le proporciona propano en estado líquido mediante una manguera dispensadora del mismo, situada en las proximidades del adiestrador F-1000 y cuyo combustible proviene de los tanques mediante tubería subterránea.

2.4.2.2 Pista de adiestramiento colectivo

Adiestrador contraincendios de fuegos interiores F-2000

Este adiestrador es un sistema de entrenamiento que permite el adiestramiento de bomberos y personal de rescate y emergencia en situaciones de fuego real a bordo de barcos. El F-2000 es un sistema controlado por ordenador y manejado por un instructor/operador que genera fuegos alimentados por gas propano

Los diferentes compartimentos del adiestrador dan lugar a fuegos de Clase A, Clase B y Clase C a bordo de barcos. Todos los fuegos simulados se generan en estructuras llamadas escenarios de fuego, donde cada uno de estos contiene una maqueta que simula un componente asociado a un buque de guerra. En función de la programación y configuración que escoja el instructor, los fuegos pueden ser programados para que se propaguen y abarquen la zona completa del escenario de fuego.

Los fuegos producidos en este adiestrador, alimentados con gas propano, no producen humo, por lo tanto, existe también la posibilidad de generar humo artificial no tóxico y extenderlo por el escenario de fuego creando una situación aún más real a la vez que seguro.

La extinción de fuegos se lleva a cabo aplicando la cantidad y el tipo de agente extintor apropiado. El adiestrador dispone de colectores y detectores que recogen y comprueban la aplicación de agentes extintores y mandan una señal al ordenador de control, que controlará la cantidad de gas suministrada al escenario de fuego. En función del escenario, se pueden detectar varios tipos de agentes extintores, incluyendo agua, espuma, polvo y dióxido de carbono.

El edificio del adiestrador F-200 es una estructura de tres plantas. La primera planta contiene la principal zona de adiestramiento con los escenarios de fuego (Figura 2-12). Debajo de esta, la planta baja, contiene la mayoría del equipo generador de fuego. La sala de control se encuentra en la segunda planta.

Los escenarios de fuego que alberga este adiestrador de fuegos interiores son diez (Tabla 2-3).

Escenario	Tipo de incendio	Compartimento
Taquilla	Clase A	Nº 1
Litera	Clase A	Nº 1
Cocina	Clase B y C	Nº 2
Consola de Radar	Clase C	Nº 3
Panel eléctrico	Clase C	Nº 3
Bandeja de cables	Clase C	Nº 3
Motor generador	Clase C	Nº 4
Turbina de gas	Clase C	Nº 4
Sentina/derrame	Clase B	Nº 4
Zona de almacén	Clase A y B	Nº 4

Tabla 2-3 Escenarios de fuego en el adiestrador F-2000 [19]

La planta baja consiste en una sala bajo los escenarios de fuego y dos salas de equipos adyacentes. Las últimas contienen varios equipos de control de quemadores de gas que alojan los componentes necesarios para regular y distribuir el gas que se utiliza en cada escenario de fuego para generar la llama piloto y los fuegos en sí, así como el humo. Cada sala de equipos tiene también un equipo de detección de gas combustible que aspira muestras de aire a través de los filtros de entrada en varias localizaciones estratégicas en la zona bajo los escenarios de fuego y analizan estas muestras para comprobar el contenido de gas combustible no quemado, de modo que cualquier acumulación de gas es detectada antes de que se alcancen niveles peligrosos. También, existe un sensor de gas estático en cada una de las salas de equipos, que monitorizan el aire en su interior y detecta cualquier fuga en los componentes de distribución y control de gas o en las conducciones en la sala. En la pared exterior de la planta baja se encuentra la estación de control y regulación de gas. Esta regula y controla el flujo de gas desde los tanques al equipo de control de quemador [19] [20].



Figura 2-12 Fuego simulado en Compartimento Nº1 del F-2000 [18]

Adiestrador de control de averías

Para el adiestramiento en control de averías existe una estructura (Figura 2-13) donde se simula la entrada de agua en un compartimento derivado de una apertura en un mamparo o tubería. El instructor controla mecánicamente el ejercicio desde fuera del adiestrador mediante unas válvulas con las que se puede regular la cantidad de agua. El nivel de dificultad de los ejercicios varía en función del número de aperturas y del caudal que determina el instructor, pudiendo llegar a quedar completamente inundado el compartimento, requiriendo en algunos casos el uso de motobombas para el desalojo del agua.



Figura 2-13 Estructura para adiestramiento de control de averías

Estación de descontaminación NBQR

El CISI de Ferrol cuenta con una representación de una estación de descontaminación de un buque de guerra en caso de un ataque NBQR. Esta estación se encuentra en la primera planta del mismo edificio que el adiestrador F-2000.

Además, como centro de referencia en homologación, normalización y catalogación del material de Seguridad Interior para la Armada, el CISI es el único que contiene todos los materiales y accesorios en uso en las unidades operativas. Por lo tanto, es el sitio idóneo para que las dotaciones adquieran los conocimientos y manejo de los equipos que se utilizarían en un supuesto accidente o ataque de este tipo.

2.4.2.3 Otras instalaciones

A parte de las pistas de adiestramiento individual y colectivo, el centro dispone de edificaciones destinadas a despachos, vestuarios y aulas que le permiten ejercer sus funciones de enseñanza de una forma autónoma, sin depender de la disponibilidad de la Escuela de Especialidades donde se ubica. Cabe destacar un aula multimedia, con 24 ordenadores, donde se realiza la parte teórica necesaria en los periodos de instrucción.

Por último, existe una estación de contraincendios, compuesta por una edificación y una piscina. En el edificio se almacena el material de instrucción para realizar el achique de agua: motobombas y mangueras principalmente. Desde este edificio también se realiza el llenado y vaciado de la piscina y el bombeo del agua de contraincendios a todo el centro de instrucción. A parte de las funciones de contraincendios, la piscina se utiliza para dar a los alumnos la posibilidad de realizar reparaciones estando bajo el agua.

2.5 Impacto medioambiental

El informe *Limits to the Growth*, publicado en el año 1972 por el Club de Roma, señalaba que los recursos mundiales no podían soportar la forma de vida de la mayor parte de los países desarrollados. En los siguientes años, diferentes grupos de presión medioambiental y partidos políticos lograron

introducir temas relacionados con el medioambiente en las agendas políticas de muchos gobiernos y organismos internacionales. A partir de entonces, se puede considerar en tres fases la evolución de las políticas para la consideración a gran escala de los problemas medioambientales [21].

La primera fase comienza con la necesidad de la industria de responder ante la presión medioambiental de la sociedad. Inicialmente, la industria consideró exclusivamente soluciones individuales al final de la cadena, como, por ejemplo, instalando filtros en las chimeneas para limitar la contaminación. No obstante, ha quedado comprobado con el paso del tiempo que estas soluciones son insuficientes y que simplemente trasladan el problema de un recurso natural a otro (suelo, agua o atmósfera). Han sido los estudios de estado de medioambiente realizados por diversos países los que hicieron a los gobiernos darse cuenta de la gravedad de la situación: el medioambiente ya se encuentra contaminado. Esto presenta varios problemas, posiblemente a gran escala, como son la eliminación de los contaminantes del suelo y del agua. Esto condujo a los gobiernos a promulgar legislaciones que llevaron a la segunda fase de la política medioambiental: la limpieza del suelo y de las aguas. Esta limpieza es una parte importante de los temas de gestión, pero no representa un enfoque integrado de la propia gestión. Es por esto que se deben remplazar estos métodos unidireccionales por uno más sistemático y que cubra todo el ciclo de vida de las operaciones, dando lugar a la tercera fase.

En la década de los 80, tanto los gobiernos como la industria comenzaron a emplear los sistemas de gestión medioambiental como una forma sistemática de abordar los problemas medioambientales. Los análisis efectuados por la industria demostraron que los problemas medioambientales eran, en una mayoría de los casos, consecuencia de fallos que no eran técnicos, de la falta de organización y de procesos adecuados, incluyendo la falta de comunicación y conocimientos y de los errores humanos de procesos no sometidos a comprobación. En consecuencia, los gobiernos y la industria comenzaron a buscar soluciones que se extendieran a lo largo del ciclo de vida, que consideren la repercusión medioambiental en cada proceso industrial. Al adoptar los principios de gestión de calidad, se dio paso a un enfoque sistemático del problema. El pilar de este enfoque es el Sistema de Gestión Medioambiental, o SGMA, que incorpora cuatro procesos: planificación, implantación, comprobación y revisión. De este modo, un SGMA permite a las organizaciones dirigir sus propias actividades de tal forma que impidan la contaminación y minimicen otros impactos sobre el entorno, sin que esto produzca dificultades operativas o financieras innecesarias para la organización.

Con el paso del tiempo las organizaciones iban desarrollando e implantando sistemas de gestión ambiental más detallados, buscando una mayor claridad, para conseguir metodologías normalizadas. En el año 1992, el British Standards Institute creó una norma de gestión medioambiental, BS7750, que fue seguida por el Eco-Management and Audit Scheme (EMAS) creado por la Unión Europea y poco después por la International Standardisation Organisation (ISO). Esta última se considera esencial si se pretende la aplicación de un SGMA que cree un terreno de juego neutral en el comercio internacional, para cumplir con los requerimientos de los países, tanto de la UE como del resto del mundo, en sus acuerdos comerciales internacionales. Países como Francia, Irlanda, Canadá, España y Sudáfrica han establecido también normas nacionales.

La ISO ha desarrollado, desde 1991, normas sobre aspectos ambientales mediante diversos grupos de trabajo seguidos por subcomisiones de la comisión técnica oficial (TC207). En el año 1995, apareció un proyecto de Standard for Environmental Systems, ISO 14001, que terminó en 1996.

2.5.1 El inicio de los SGMA en las Fuerzas Armadas

La empresa KPMG desarrolló, en 1996, un estudio, Canadian, Environmental Risk Management Practice, en el que se examinaba la implantación de un SGMA en más de 400 compañías. Este estudio determinó que en el 64% de las empresas que disponían de un sistema de gestión medioambiental, únicamente el 15% de estas disponía de todos los elementos necesarios en un SGMA, suponiendo esto una gran mejora frente al pequeño porcentaje (2,5%) que disponían en un SGMA en el año 1994. Sin embargo, este estudio determinó que el método más popular para abordar los temas medioambientales seguía siendo la gestión de crisis. Desde el año 1996, el número de empresas y organizaciones que han

decidido implantar un sistema de gestión o adaptarse a un SGMA tipo ISO, ha crecido de manera espectacular [21].

La empresa KPMG concluyó las prácticas de la gestión de riesgo medioambiental en Canadá dando una serie de razones para implantar un SGMA, debido a que un sistema de gestión medioambiental:

- Desde un punto de vista empresarial es un aspecto estratégico crítico
- Es un proceso central extensible a toda la empresa
- En una cadena de operación, afecta a todos y cada uno de sus puntos
- Afecta al riesgo empresarial
- Influye en el nivel de satisfacción del cliente y del empresario
- Influye en la calidad final del producto y del proceso
- Afecta al balance final

Las Fuerzas Armadas producen un impacto ambiental a menudo superior al de la mayoría de los otros departamentos ministeriales. Teniendo en cuenta el elevado número de armas, vehículos a motor, aeronaves buques y recursos naturales bajo la administración de los ministerios de defensa, se deduce la necesidad de los ejércitos de disponer de un sistema SGMA. Estableciendo un sistema de gestión operativo se logra proteger el medioambiente y, a su vez, mantener por completo la operatividad.

La mayoría de las Fuerzas Armadas del mundo tienen que cumplir misiones muy similares y disponen de equipos muy parecidos, por lo tanto, es probable que los problemas de aspectos medioambientales que se les presenten sean prácticamente los mismos. A fin de compartir el conocimiento y las experiencias derivadas de la implantación de un SGMA, se inició en 1996 un estudio piloto en el marco del Comité de Desafíos de la Sociedad Moderna de la OTAN (CCMS/OTAN). [21]

Este estudio determinó la importancia y la necesidad de la implantación de un sistema de gestión medioambiental. El grupo del estudio fue el encargado de la redacción de un documento que sirviera como directriz para ayudar a las unidades de las Fuerzas Armadas en la planificación e implantación de un SGMA: *Los Sistemas de Gestión Medioambiental en las Fuerzas Armadas*. A su vez, el estudio piloto recomendó la adopción de la normativa internacional de la serie ISO 14000 como normas y directrices que podrían ser utilizadas en toda la OTAN.

2.6 Plan de Gestión Medioambiental en el CASI de Rota

Como consecuencia de la necesidad, en el contexto europeo, de avanzar hacia una estrategia para la prevención y reciclado de residuos, se promulga, el 19 de noviembre de 2008, la Directiva 2008/98/CE del Parlamento y del Consejo.

Esta nueva Directiva establece un nuevo marco jurídico para la gestión de residuos y determina dos principios fundamentales en los que debe centrarse esta gestión:

- Prevención, entendida como el conjunto de medidas adoptadas antes de que un producto o servicio se convierta en residuo para reducir la cantidad y contenido en sustancias peligrosas y los impactos negativos de los residuos generados sobre la salud humana y el medio ambiente.
- Valorización, siendo este el aprovechamiento parcial o total de los residuos, mediante reutilización, reciclaje o valorización energética.

El marco de residuos en el ordenamiento jurídico español es llevado a cabo por medio de la Ley 22/2011 de residuos y suelos contaminados, a fecha 28 de julio de 2011. Esta Ley orienta la política de residuos de acuerdo al principio de jerarquía de su producción y gestión, consiguiendo un mayor aprovechamiento y un menor impacto de la producción y gestión de residuos sobre el ser humano y el medio ambiente.

El Ministerio de Defensa mantiene una política medioambiental, compatible con la principal misión de las Fuerzas Armadas, basada en el concepto de desarrollo sostenible. Para el desarrollo de esta política, se elaboró en el año 2003 el primer Plan General de Medioambiente, que recogía una serie de objetivos, así como los medios y herramientas necesarios para alcanzar con éxito el continuo crecimiento de las responsabilidades ambientales.

Con la finalidad de asegurar el desarrollo de este plan, se estableció la necesidad de implementar una serie de Sistemas de Gestión Medioambiental, basados en los principios de la Norma ISO 14001, a todos los niveles del Ministerio de Defensa. Estos sistemas aseguran de una forma clara, simple y efectiva la revisión continua y el control de los efectos que pudieran tener sobre el medio ambiente las actividades desarrolladas por las Fuerzas Armadas.

El mantenimiento en infraestructuras, como el Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior de Rota, es una de las actividades cuyos efectos sobre el medio ambiente son controlados por la Armada Española y el Ministerio de Defensa.

El tratamiento y gestión de los residuos originados como causa de las operaciones de mantenimiento en este centro de adiestramiento queda recogido en el *Plan de Actuación Medioambiental del Centro de Seguridad Interior del CASI de la Base Naval de Rota*.

El objetivo de este plan medioambiental es poner a disposición del personal del centro de adiestramiento, las herramientas que permitan el adecuado tratamiento y gestión de residuos producidos en sus numerosos periodos de adiestramiento. También, establece los criterios y responsabilidades de cada individuo en cuando al almacenamiento interno y gestión de residuos hasta que estos son cedidos a un gestor autorizado.

2.6.1.1 Clasificación de residuos

Los residuos que serán derivados de actividades de mantenimiento del CASI y que serán gestionados, según su naturaleza, se clasifican en dos grupos, peligrosos y no peligrosos:

Código LER ³	Descripción del residuo
150101	Envases de papel y cartón
150102	Envases de plástico
150103	Envases de madera
150104	Envases metálicos
150105	Envases compuestos
150106	Envases mixtos
150107	Envases de vidrio
150109	Envases textiles
170401	Cobre, bronce y latón
170405	Hierro y acero
200101	Papel y cartón
200108	Residuos biodegradables

Tabla 2-4 Materiales no peligrosos [22]

³ Código LER: código de 6 dígitos utilizado para identificar un residuo según la Orden MAM/304/2002

Código LER	Descripción del residuo
080111	Residuos de pintura y barniz
080409	Residuos de adhesivos y sellantes
130206	Aceites sintéticos de motor, de transmisión mecánica y lubricantes
140602	Disolventes halogenados
140602	Otros disolventes y mezclas de disolventes halogenados
140603	Disolventes no halogenados
150110	Envases vacíos contaminados
150202	Trapos, papeles, etc., impregnados
160601	Baterías de plomo acidas agotadas
160607	Filtros de aceite
200121	Tubos fluorescentes y otros residuos que contengan mercurio
200135	Equipos eléctricos y electrónicos desechados

Tabla 2-5 Materiales peligrosos [22]

Para que la implantación de un plan de gestión medioambiental sea exitosa, debe existir una buena planificación previa. El proceso de gestión de residuos es un proceso largo y que abarca diferentes fases, que van desde que un material entra en el centro de adiestramiento hasta que es entregado a un gestor de residuos especializado.

El CASI de Rota define hasta siete fases en su Plan de Gestión Medioambiental, como se muestra en la Figura 2-14 y detalla con claridad qué medidas y cómo se deben tomar en cada una de estas etapas.

En la fase de almacenamiento temporal se recogen las zonas que serán destinadas para albergar los residuos peligrosos, que quedarán convenientemente señalizados y para cada fracción se dispondrá un cartel indicando el tipo de residuo que se recoge. Esta zona estará claramente diferenciada de las zonas dedicadas a almacenamiento temporal de residuos no peligrosos, así como de material de mantenimiento y limpieza de las instalaciones.

La responsabilidad del personal del centro sobre los residuos no peligrosos concluye cuando estos son entregados a una empresa o entidad de tratamiento autorizada.

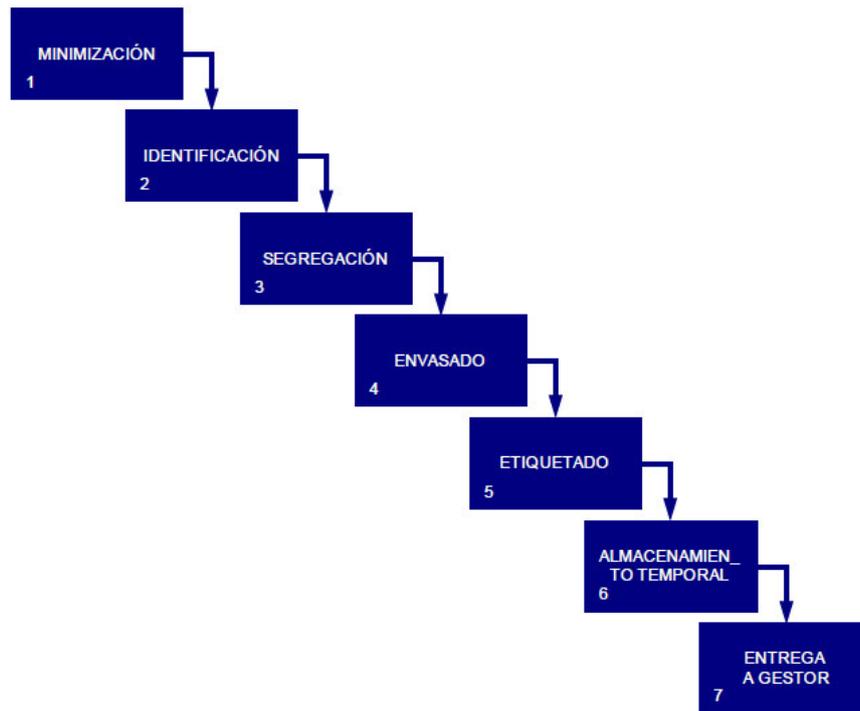


Figura 2-14 Proceso de gestión de residuos del CASI de Rota [16]

Para asegurar el cumplimiento de los requisitos establecidos será necesario proporcionar a todo el personal disponga de los conocimientos y formación adecuados. Para ello, cada miembro del centro deberá conocer el contenido del Plan de Actuación Medioambiental y se fomentará la participación activa del personal en la resolución de problemas concernientes a la generación de residuos.

Por último, se realizará un control de las actividades recogidas en este plan. De esta forma, el centro será capaz de comparar los resultados reales con los objetivos y las metas planificadas. De esta forma se podrán adoptar las medidas necesarias para asegurar que se evoluciona hacia una mejora continua.

3 ANÁLISIS DEL CASI ACTUAL DE LA ESCUELA NAVAL MILITAR

En este apartado se va a realizar un análisis del estado actual de conversación y funcionalidad de las instalaciones del CASI de la ENM para poder llegar a comprender las necesidades de modernización del centro hacia unas instalaciones con equipos más modernos que permitan un adiestramiento a la altura de los centros más desarrollados en este campo.

3.1.1 Generalidades

El Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior de Marín, situado en la Escuela Naval Militar de Marín, tiene como principal objetivo la formación de los futuros oficiales de la Armada Española que cursan en Marín diferentes planes de estudios en función de su cuerpo y escala.

Por otra parte, en este centro se realizan numerosas colaboraciones y periodos de adiestramiento con la dotación del Patrullero Tabarca y con personal de la Brigada de Infantería Ligera Aerotransportable 'Galicia' VII de Figueirido.

Otra función de este centro es el adiestramiento de la propia dotación de la ENM realizándose un ejercicio diario para el personal de guardia.

Por último, durante los meses de mayo y septiembre, tienen lugar los períodos de iniciación al vuelo de los alumnos del segundo y cuarto curso, donde la dotación del CASI auxilia a la Sexta Escuadrilla de Aeronaves para permitir las medidas de seguridad necesarias a los helicópteros.

Este centro divide sus instalaciones y medios en función del fin de los ensayos realizados en cada uno de ellos, como se muestra en la Figura 3-1.



Figura 3-1 Organización de las instalaciones del CASI de Marín

En la Figura 3-2, se muestra la distribución actual de las instalaciones del CASI de Marín. En ella se puede apreciar la localización de cada uno de los adiestradores, los pozos para el entrenamiento de averías, la estación de combustible, los paños de material y los edificios de aulas y despachos.

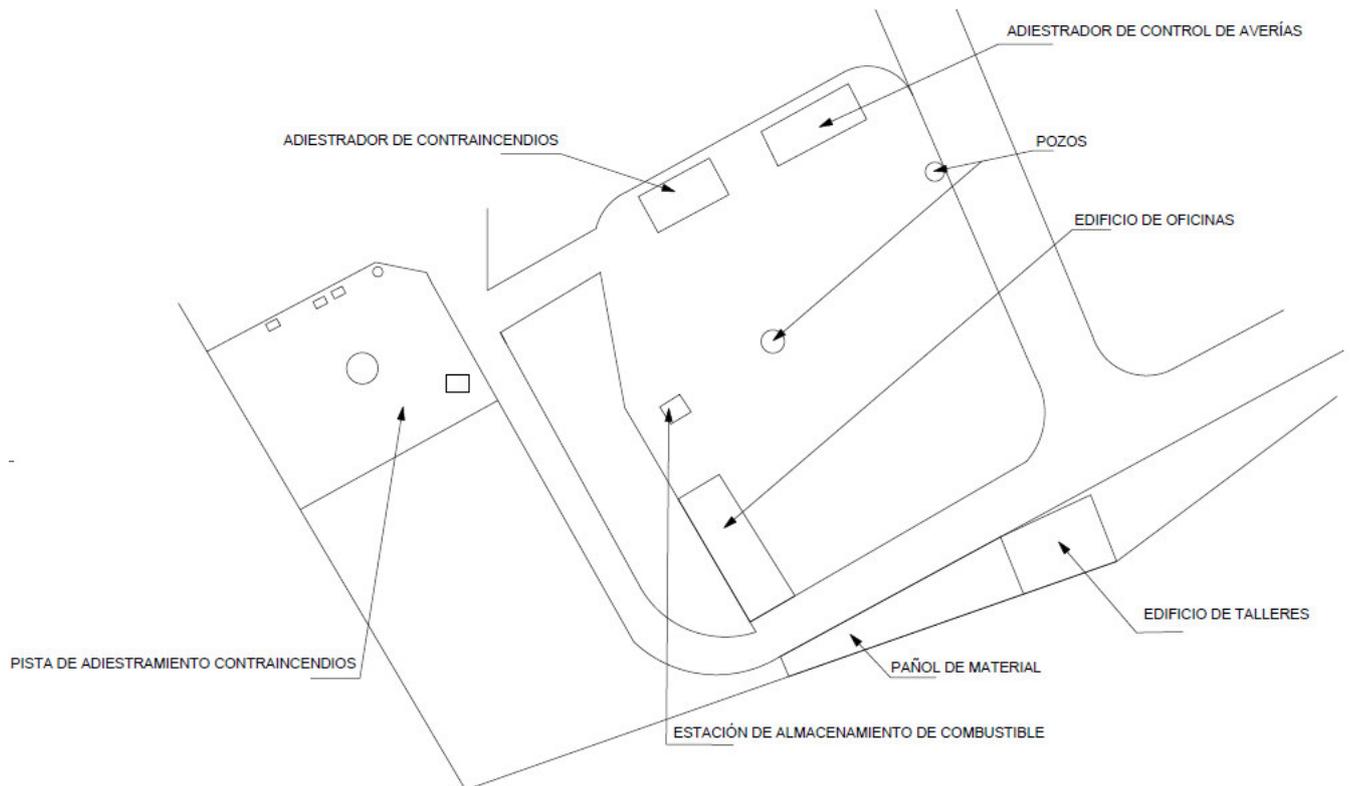


Figura 3-2 Distribución actual de las instalaciones del CASI de Marín en AutoCAD

3.1.2 Pista de adiestramiento individual

En estas instalaciones (en verde en la Figura 3-3) tienen lugar los ejercicios individuales básicos en manejo del material de Seguridad Interior para la extinción de incendios y control de averías.



Figura 3-3 Instalaciones del CASI de Marín [23]

3.1.2.1 Tanque redondo para fuegos exteriores

Este tanque fijo de 450 cm de diámetro (Figura 3-4) es alimentado de gasóleo por medio de un sistema de tuberías subterráneas. El instructor necesita de un encendedor para producir la ignición que genere la llama para el ejercicio. Este adiestrador simula un incendio de la clase B de grandes dimensiones que deberá ser apagado por los alumnos mediante el uso de mangueras contraincendios, pudiendo usarse sistemas portátiles generadores de espuma.

Como se ha descrito, el sistema de funcionamiento de este simulador no dispone de un sistema de control que garantice la seguridad de la actividad mediante la regulación del fuego o la extinción automática en caso de que el instructor lo estime oportuno.



Figura 3-4 Tanque redondo para fuegos exteriores en el CASI de Marín

3.1.2.2 Plancha con mamparo vertical

Existe también una estructura de menores dimensiones que la anterior, que simula un incendio de clase B para extinción mediante el uso de espuma (Figura 3-5). En este ensayo, el instructor debe verter manualmente sobre la estructura el combustible líquido necesario almacenado en un bidón portátil, lo que expone a éste a un peligro que podría ser evitado mediante la implantación de un sistema de distribución de combustible centralizado y que pueda ser operado desde un control remoto.



Figura 3-5 Estructura de cocina del CASI de Marín

3.1.2.3 Ensayos para la extinción mediante extintores portátiles

Para el adiestramiento en extintores portátiles se utilizan dos tipos de plataformas de fuego (Figura 3-6) a diferentes alturas. En estos ensayos se pueden utilizar, según determine el instructor, los dos tipos de extintores portátiles de los que dispone la Armada: de polvo y de dióxido de carbono. Al igual que en el adiestrador de la Figura 3-5, el instructor debe depositar manualmente la cantidad de combustible necesaria para cada fuego que se vaya a realiza-



Figura 3-6 Planchas portátiles para el uso de extintores portátiles en el CASI de Marín

3.1.2.4 Pozos para ensayos de material de control de averías

El centro dispone de dos pozos de agua dulce de dos metros de diámetro (Figura 3-7) con el fin de poder realizar ejercicios que den a los alumnos un adiestramiento en el manejo de las motobombas de las que dispone la Armada en sus unidades para funciones de achique de compartimentos o alimentar mangueras para atacar un incendio. El llenado de estos pozos se realiza mediante el uso de mangueras de contraincendios y motobombas para su vaciado.

Las reducidas dimensiones de estos pozos, unidas al mal estado del agua ocasionado por el deterioro del sistema que lo alimenta, hacen que no puedan ser utilizadas para inmersiones de personal con el fin de adiestrarse en actividades de control de averías en condiciones de inundación total.



Figura 3-7 Pozos destinados al adiestramiento con material contra incendios

3.1.3 Pista para el adiestramiento colectivo

Todo el adiestramiento colectivo se basa en dos estructuras que simulan un compartimento (en rojo en la Figura 3-3) de un buque de guerra, mediante el cual se pueden realizar ejercicios que requieren un alto número de personas ejerciendo los diferentes puestos que requiere una unidad de contraincendios (un Trozo de Reparaciones en un buque de la Armada). Estos ejercicios son dirigidos por los designados como máximos responsables, que ejercen el puesto de Oficial de Seguridad Interior y de Jefe de Trozo. Cuando se trata de los alumnos, estos puestos son ocupados por los más antiguos. Para el desempeño de sus funciones de mando y control existen tres compartimentos adyacentes a la estructura-compartimento para ejercicios de control de averías, simulando cada uno un Trozo de Reparaciones de un barco.

3.1.3.1 Compartimento para contraincendios

Esta estructura (Figura 3-9) tiene como objeto la instrucción en un escenario que representa cuatro compartimentos de un barco (Anexo III). Cada compartimento simula un incendio de bajas proporciones que debe ser apagado por el alumno mediante el uso de agua de manguera. El combustible líquido utilizado para la simulación proviene del tanque de gasoil mediante tuberías subterráneas y se distribuye a cada compartimento mediante un juego de válvulas. El encendido debe ser provocado manualmente por el instructor mediante unos orificios situados en la parte exterior que comunican con las plataformas de fuego, como se aprecia en la Figura 3-8.



Figura 3-8 Plataforma de fuego en adiestrador grupal de contraincendios

Este adiestrador dispone de un sistema de válvulas de activación exterior en el circuito de agua salada de la superestructura que activan un grupo de rociadores en cada compartimento. Todo este circuito se encuentra en un estado avanzado de desgaste, ocasionado por el agua salada que circula por ella y a las altas temperaturas a las que son expuestas.

También, existe un juego de válvulas de distribución del combustible a las plataformas de fuego que permiten cortar el suministro en caso de una incidencia real. Sin embargo, el adiestrador carece de un sistema de mando y control que permita al instructor mantener una situación totalmente segura, y al mismo tiempo, que permita variar el grado de dificultad del ensayo en función de los alumnos en cuestión.



Figura 3-9 Maqueta contraincendios del CASI de Marín

3.1.3.2 Compartimento para control de averías

Esta estructura (Figura 3-10) está compuesta por cuatro compartimentos. Tres de ellos se utilizan como Trozo de Reparación donde los alumnos al cargo del ejercicio organizan y mandan a lo largo de toda la incidencia y disponen de un conjunto de planos que representan las cubiertas de una fragata tipo F-100 para darle una mayor credibilidad y realismo al ejercicio.

El otro compartimento simula una avería proveniente de diferentes puntos: apertura en una compuerta y varias vías de escape en tuberías altas que cruzan la plataforma. El instructor puede, desde unas válvulas de apertura manual, controlar el caudal de agua para darle una menor o mayor dificultad al ejercicio.

Un pasillo de 75 cm de ancho cruza la estructura para permitir el seguimiento activo del ejercicio por parte del instructor o evaluador.

A pesar de ser antiguo y encontrarse en estado deterioro a raíz de corrosión que provoca el agua salada, este adiestrador cumple los objetivos y funciones de un adiestrador de este tipo.



Figura 3-10 Maqueta de control de averias del CASI de Marín

3.1.4 Sistema de combustible gasoil

Un tanque de 5,000 litros de combustible es utilizado para realizar los fuegos, tanto en el tanque redondo como en la estructura contraincendios. Un sistema de tuberías distribuye el gasoil gracias a una bomba situada en la caseta (Figura 3-11) destinada para tal efecto.

Este tipo de combustible supone un problema, principalmente, para el personal de la Escuela Naval Militar destinado a la gestión de los temas medioambientales y supone uno de los defectos a corregir y una de las necesidades de modernización más urgentes.



Figura 3-11 Caseta de bombas y conductos de contraincendios

3.1.5 Edificios

El CASI de Marín, además de las instalaciones de las dos pistas de adiestramiento, cuenta con dos edificios (Figura 3-12), estando destinado uno para el almacenamiento de todo el material de Seguridad Interior y otro a despachos y aseos del personal del centro.

Las dimensiones de los edificios y su estado de conservación provocan al CASI y a su personal depender de la ENM, la cual debe proporcionar aulas y despachos para llevar a cabo sus actividades.



Figura 3-12 Edificios destinados a almacenamiento del material del centro

3.1.6 Organización y plantilla

La plantilla del centro es altamente reducida, como se muestra en la Figura 3-13. Un total de cinco personas, que además de las labores de mantenimiento del centro, tienen responsabilidades fuera de este, como el mantenimiento de los sistemas de seguridad interior de todos los edificios e instalaciones de la Escuela Naval Militar. Como se ha analizado en el capítulo 2, los centros de Ferrol y Rota cuentan con un número de personas por encima de 25 (seis veces más que en el CASI de la ENM)

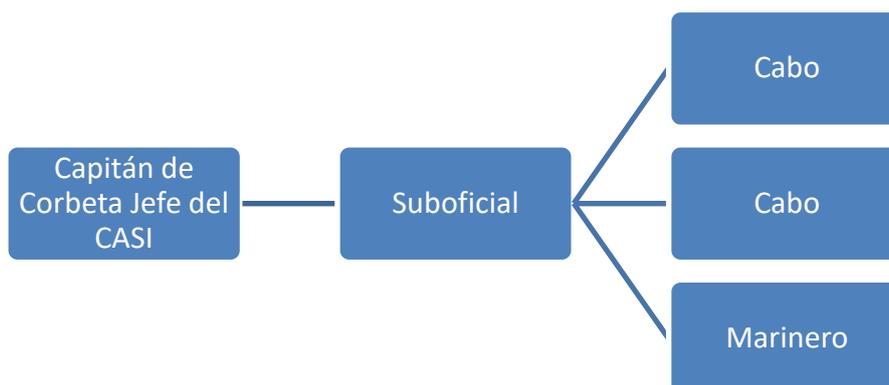


Figura 3-13 Organización plantilla CASI de Marín

3.1.7 Otros aspectos sobre el estado de conservación de las instalaciones

El pavimento de cemento del CASI se encuentra, en general, en muy mal estado. En particular existe una zona, como en el área destinado a la pista de adiestramiento individual, donde se ha realizado una reforma del sistema contraincendios debido a una fuga interna. Finalizada la reforma, no se recubrió el espacio abierto con cemento para igualarlo con el pavimento de las proximidades, como se aprecia en la Figura 3-14.

Esto genera una fuente de peligros que deben ser tenidos en cuenta durante las actividades para evitar daños humanos.



Figura 3-14 Estado del pavimento del CASI de Marín

Por otro lado, las altas temperaturas a la que se somete el adiestrador contraincendios de fuegos interiores ha generado un gran desgaste de la estructura debido a la corrosión. Como se puede apreciar en la Figura 3-15, las canastas extractoras de humo situadas en la parte superior de la estructura se encuentran en un alto estado de deterioro.



Figura 3-15 Estado de las extracciones de humo del adiestrador contraincendios

3.1.8 Medio ambiente

El aspecto medioambiental del CASI de Marín fue en su día problemático, debido a la carencia de un control de emisiones de sus componentes que generaba dudas acerca de su legalidad. Los auditores externos concluyeron que no se podía considerar al simulador de gasoil como un foco fijo de emisiones, como puede ser una fábrica, y que, por tanto, no se le aplicaba la normativa vigente y otorgaba a la ENM la certificación ISO 14001 (Anexo IV).

El Sistema de Gestión Medioambiental de la Escuela Naval Militar cuenta con un procedimiento general de emisiones para el CASI y un procedimiento específico en el que se establecen una serie de procedimientos a seguir por todo el personal del centro. Estos procedimientos específicos son:

1. El Responsable del CASI entregará a la Oficina de Medio Ambiente la planificación de los ejercicios de adiestramiento previstos para el año. Si existe alguna modificación de la misma se comunicarán los cambios a la Oficina de Medio Ambiente.
2. Antes de iniciar un ejercicio se comprobarán las condiciones meteorológicas. No se iniciará ningún ejercicio los días de viento, y en caso de surgir durante la misma, se procederá al apagado del fuego.
3. El día del ejercicio, se avisará a los equipos de bomberos y se dispondrá del material contra incendios necesario, que estará dispuesto para cualquier emergencia.
4. Se procurará encender el fuego justo en el momento de iniciar el ejercicio y se apagará en cuanto se finalice el mismo.
5. Los residuos que se generen como consecuencia de los ejercicios realizados en el CASI se gestionarán conforme a su naturaleza.

El otro aspecto medioambiental que presenta el centro de adiestramiento viene generado por los residuos que se gestionan como peligrosos siguiendo la instrucción de residuos de la Jefatura de Apoyo Logístico de la Armada, a través del Arsenal de Ferrol.

3.1.9 Conclusiones sobre el estado actual del CASI de Marín

El estado de conservación y mantenimiento de las instalaciones y equipos del CASI se puede considerar bastante deficiente, especialmente en la estructura utilizada para simulación de incendios, por la degradación que provoca el fuego y el agua salada utilizada para la extinción.

Las bombas del circuito de agua de contraincendios sirven a un circuito de tuberías subterráneas que sufre pérdidas provocando disminución de presión en los hidrantes. Su situación bajo tierra impide llevar a cabo labores de mantenimiento, siendo este circuito objeto también del proceso de modernización del CASI de Marín.

Para las prácticas de contraincendios se utiliza el gasóleo como material combustible. Aparte del impacto medioambiental que este general (Figura 3-16) este sistema anticuado no permite a los instructores del centro disponer de un medio rápido, seguro y fiable para detener el fuego si observan cualquier situación que pueda derivar en un accidente. Esta falta de control sobre el fuego es asumible en los incendios realizados en las parrillas exteriores al no producirse acumulación de gases tóxicos o inflamables, pero si lo es para ejercicios con fuegos interiores realizados en la estructura disponible para ello.



Figura 3-16 Humareda originada durante un ejercicio en el tanque redondo del CASI de Marín

A pesar del empleo el gasoil, esto no ha impedido a la ENM obtener la Certificación ISO 14001 de Sistemas de Gestión Ambiental, la realización de ejercicios desencadena en grandes columnas de humo y residuos contaminantes, molestando en ocasiones a edificaciones próximas.

Además, el empleo de gasoil para realizar los fuegos en lugar de sistemas de gas propano, como se hace en los centros de instrucción y adiestramiento de Ferrol y Cádiz, impide que se pueda realizar intercambio de información sobre la secuencia y tipo de ejercicios que realiza el personal de los buques en los otros centros mencionados.

El deficiente y anticuado estado de las instalaciones y la falta de sistemas de seguridad no permiten la ejecución de ejercicios realistas que faciliten a los alumnos adquirir las competencias fijadas en los planes de estudios y motive la capacidad de liderazgo para afrontar responsabilidades futuras.

La existencia de un adiestrador similar a los instalados en el CISI de Ferrol o el CASI de Rota permitiría mantener una estrecha relación con los centros de referencia de la Armada e impartir una formación a la vanguardia con las nuevas tendencias, procedimientos y material de Seguridad Interior. También, favorecería la presencia de diferentes buques de la Armada en la Escuela Naval Militar, que podrían compatibilizar su adiestramiento con el de los alumnos.

Por lo tanto, se puede concluir que, las necesidades de modernización (Figura 3-17) pasan por una mejora de los siguientes:

- **Sistema de combustible propano**, con el objetivo de reducir el impacto medioambiental que produce la instalación actual de gasoil.
- **Adiestrador colectivo de contraincendios**, que introduzca las altas tecnologías disponibles para el desarrollo de actividades más realistas y seguras.
- **Edificios y aulas** para acoger el aumento de las capacidades del CASI.

- **Organización de personal.** El reducido número de personal destinado en el centro debe ser incrementado para poder llevar a cabo el aumento de las capacidades que supondría su modernización.
- **Material de Seguridad Interior,** para una completa modernización del CASI, el material, del que dispone el centro (mangueras, trajes ignífugos, extintores, etc.), en general en un estado avanzado de desgaste, debe ser cambiado por las últimas versiones y modelos disponibles en las unidades de la Flota.



Figura 3-17 Mejoras a implantar en el CASI de Marín

4 ESTUDIO Y PROPUESTA DE MODERNIZACIÓN

La decisión de esta propuesta está basada en el análisis realizado en el capítulo 3 donde se muestran los defectos y las necesidades del CASI. Así mismo, el estudio de las capacidades de los centros de Ferrol y Rota y el intercambio de información con los oficiales y suboficiales allí destinados han sido la clave para definir la línea a seguir en este capítulo.

Como complemento a este capítulo, en el Anexo V, se disponen los planos elaborados durante el desarrollo de este proyecto.

4.1 Generalidades de la propuesta

Vistas las deficiencias del actual CASI de Marín y las necesidades de modernización, en este apartado se propone un proyecto para un nuevo adiestrador de Seguridad Interior basado en una redistribución del espacio disponible (Figura 4-1), dando lugar a nuevas instalaciones, adiestradores, edificios y un aparcamiento (Figura 4-2). Además, en cuanto a la organización del centro y plantilla, se produce un cambio sustancial, aumentándose el personal y generando un organigrama completamente distinto.

Las instalaciones propuestas para el adiestramiento en el ámbito del contraincendios se dividen en dos grupos: fuegos interiores y fuegos exteriores. Para el desarrollo de los primeros, se propone un edificio-adiestrador de tres plantas que dispone de varios compartimentos donde se ubican diferentes escenarios de fuego, dando al alumno una sensación de realismo y similitud si se compara con una situación de emergencia real a bordo de un barco de la Armada. En cuanto a los adiestradores de fuegos en exteriores, la propuesta presenta una plataforma de fuego cuadrada que es controlada desde un puesto de control y que permite simular fuegos de clase B de una forma segura y controlada. Se considera que, implementando estos simuladores de contraincendios, los alumnos que acudan al centro recibirán una completa formación en contraincendios. De la misma forma, se corregirá el efecto adverso que tiene el uso de gasoil como material combustible y se implementarán sistemas y sensores que garanticen unas actividades seguras y controladas.

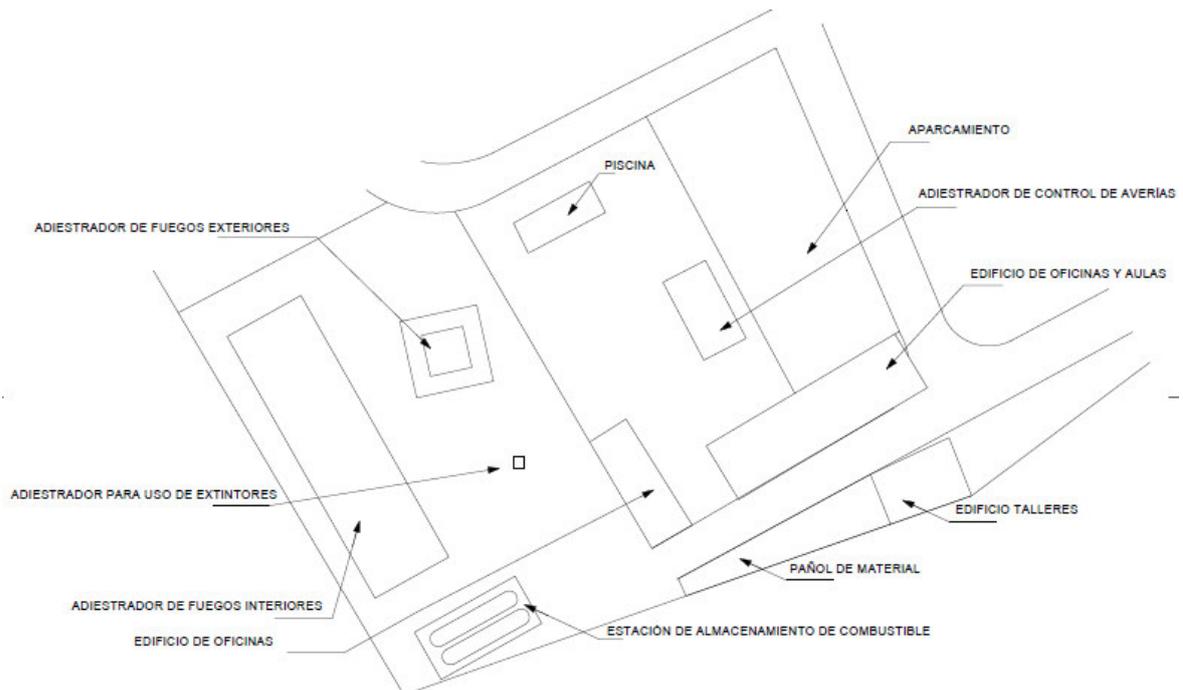


Figura 4-1 Disposición de la propuesta del CASI de Marín en AutoCAD



Figura 4-2 Propuesta de modernización del CASI de la ENM modelado en SketchUp

4.2 Factores a tener en cuenta

Desde un punto de vista técnico, se han considerado una serie de especificaciones técnicas con el objeto de una mejor funcionalidad del CASI.

4.2.1 Seguridad

- Se utilizan llamas piloto inextinguibles que permite un control absoluto del fuego del ejercicio.
- Existen sistemas de seguridad automáticos y redundante que permita el control y la paralización, en caso de emergencia, de todos los escenarios de fuego en cualquier momento.
- Existen, también, sensores de muestreo de aire para detectar posibles fugas de combustible.

- Los ejercicios desarrollados en el área de contraincendios, será controlados desde un punto de control mediante un sistema informático desarrollado específicamente para este fin.

4.2.2 Medioambiente

El CASI, para cumplir los requisitos establecidos con la Armada en el aspecto medioambiental, requiere unas instalaciones ecológicas y que cumplan la legislación ambiental vigente durante sus actividades, la cual se sustenta en el uso de gas propano como material combustible.

4.2.3 Disminución de costes de mantenimiento

Con el fin de simplificar las labores de mantenimiento y reducir los costes de utilización, se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- Diseño modular de los adiestradores que permita la fácil y económica sustitución de los componentes o equipos dañados.
- Similitud entre los equipos y modos de operación de esta propuesto y aquellos utilizados en CISI de Ferrol.
- Los materiales utilizados presentan una gran resistencia ante los agentes actuantes asegurando el buen estado de conservación durante un largo periodo de tiempo
- Facilidad para el intercambio de información relativa a la planificación de los ejercicios y ejecución de los mismos y actividades de los alumnos con los responsables del CISI.

4.3 Descripción y justificación de la propuesta

4.3.1 Adiestrador de fuegos interiores

Para conseguir un adiestrador de contraincendios que satisfaga las necesidades de innovación hacia un entrenamiento más realista y de acuerdo a las normas de contaminación medioambiental vigentes, se propone un edificio de tres plantas que contienen todas las herramientas y sistemas necesarios para el desarrollo de actividades relacionadas con la instrucción en Seguridad Interior por parte de los alumnos y personal vario y dotaciones de buques que lo soliciten.

Este adiestrador de fuegos interiores (Figura 4-3) es un sistema electromecánico controlado por ordenador por parte de un instructor, en donde se generan fuegos, de la clase A, B y C alimentados por gas. El entrenador de fuegos interiores está dotado de sensores y sistemas automáticos que permiten el encendido y apagado según se programe desde el sistema de mando y control. También dispone de alarmas y sensores de seguridad en cada escenario de fuego totalmente automáticos.

El diseño y la distribución del simulador permite recrear siete escenarios de fuego, como se muestra en la siguiente tabla:

Escenario	Tipo de incendio	Compartimento
Calderas	Clase A y C	Cámara de Máquinas
Turbina de gas	Clase A y C	Cámara de Máquinas
Pinturas	Clase A y B	Cámara de Máquinas
Consola de Radar	Clase E	CIC
Cocina	Clase B, C y F	Cocina
Taquilla	Clase A	Sollado
Cama litera	Clase A	Sollado

Tabla 4-1 Escenarios de fuego en el adiestrador de contraincendios propuesto

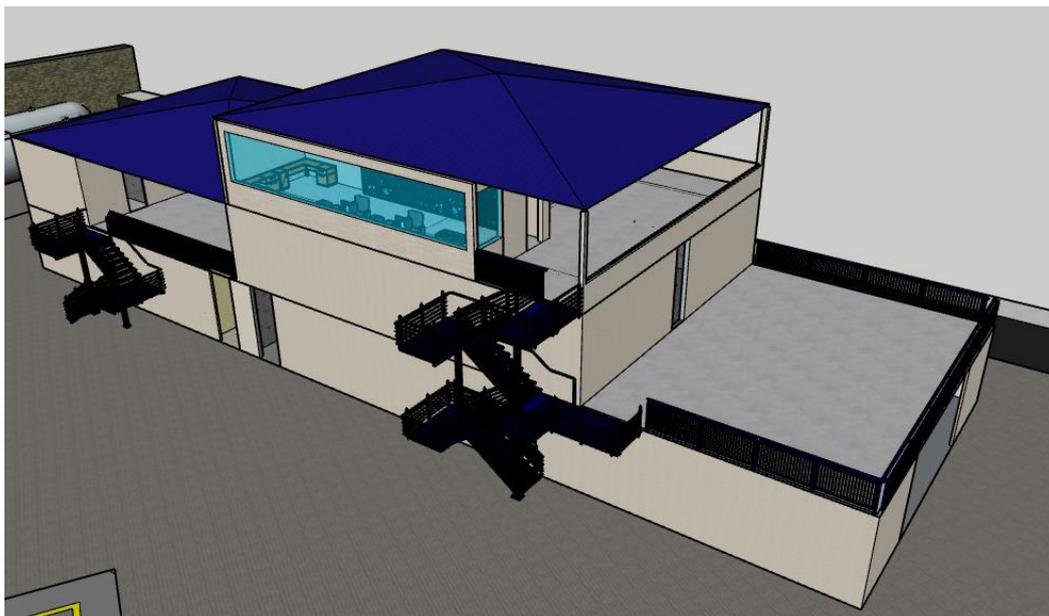


Figura 4-3 Adiestrador de fuegos interiores modelado en SketchUp

En la planta baja (Figura 4-4) se encuentra un área destinada a aseos y vestuarios divididos en cuatro zonas: vestuario masculino, femenino, de instructores y de oficiales. También contiene un pañol de material de Seguridad Interior de 137 m² de fácil acceso desde el lateral de la edificación. En esta misma planta, y en la parte central, residen todos los equipos y sistemas que operan los escenarios de fuego: colectores y detectores de agentes extintores, dos cajas de quemadores y detectores de fuga de gas.



Figura 4-4 Planta baja del adiestrador de fuegos interiores modelada en SketchUp

En la primera planta (Figura 4-5), encima del área que alberga los equipos electrónicos del adiestrador, se encuentran los siete diferentes escenarios de fuego (Tabla 4-1) separados en cuatro compartimentos estancos. En la misma planta, existen cuatro compartimentos desde los cuales los alumnos pueden desarrollar las labores de mando y control de la incidencia, ahí disponen de los planos de un buque que simulan una situación de emergencia real a bordo.

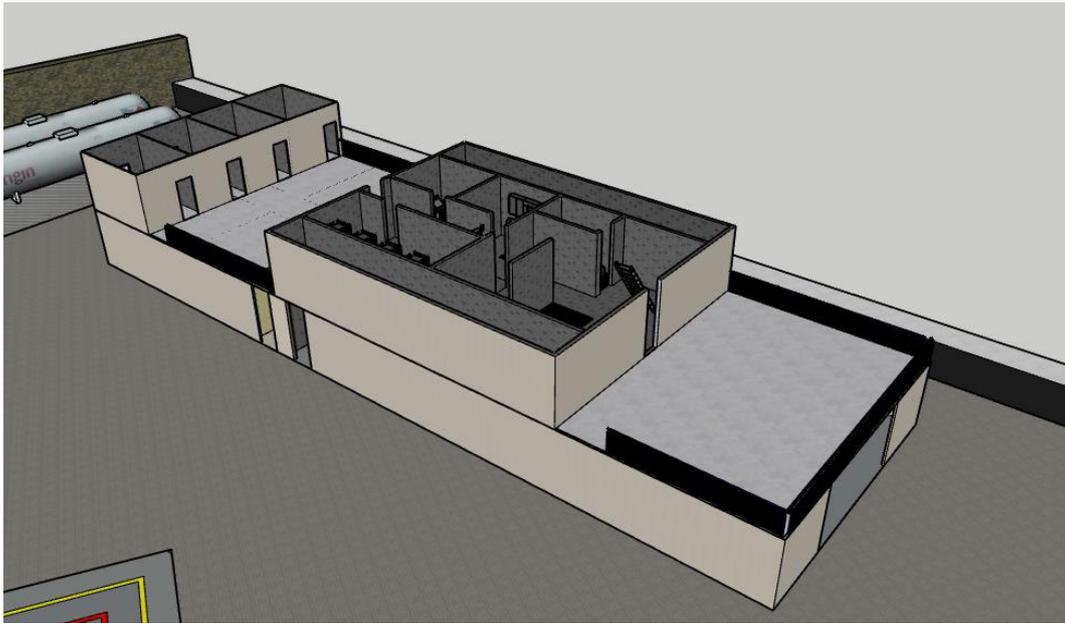


Figura 4-5 Planta primera de adiestrador de fuegos interiores modelada en SketchUp

En la Figura 4-6 y la Figura 4-7 se muestra dos de los siete escenarios de fuego que se recrean en el adiestrador contraincendios propuesto, que han sido modelados en 3D mediante el software informático descrito en el capítulo 1.

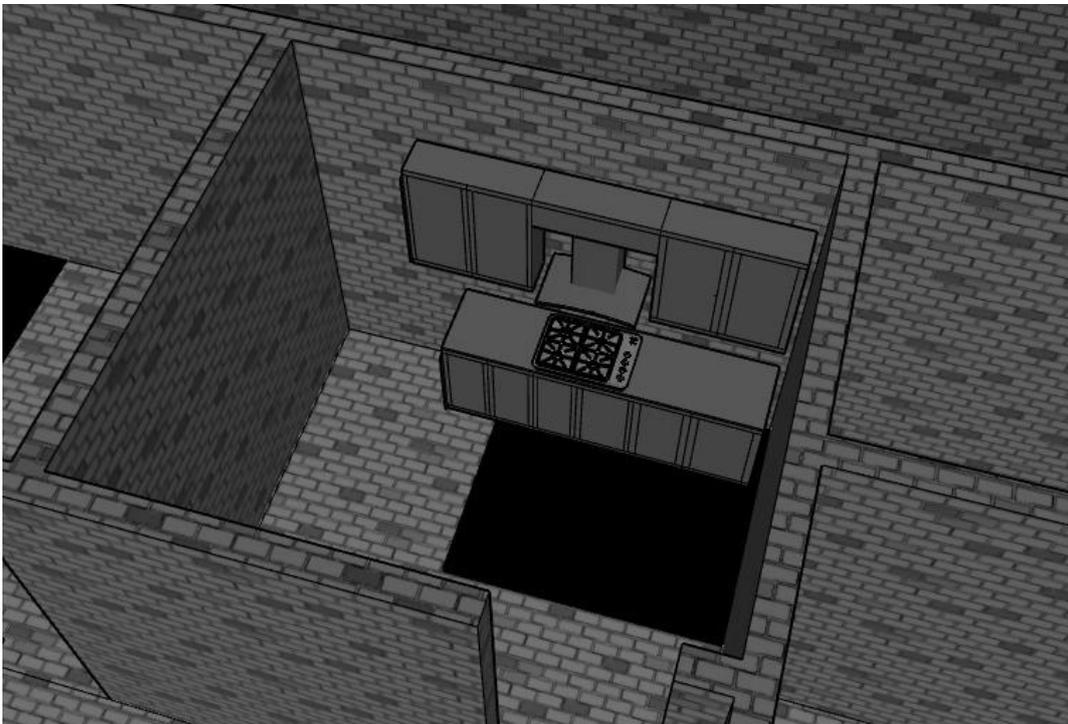


Figura 4-6 Escenario de cocina de fuegos interiores modelado en SketchUp



Figura 4-7 Escenario de sollado de fuegos interiores modelado en SketchUp

La estación de mando y control sobre el adiestrador de fuegos interiores y exteriores se encuentra en la segunda planta. La estación del operador está equipada con un ordenador desde el cual el instructor dirige la totalidad del ejercicio: inicio, fin, nivel de dificultad, sistemas de seguridad, etc. Durante los ejercicios de fuegos interiores, el instructor que se encuentra en la estación de mando control tendrá comunicación continua con un segundo instructor que debe seguir la escena de fuego desde dentro.

También en esta estación, existe un cuadro de control de la plataforma de fuego exterior. Los ejercicios serán controlados por el instructor situado en la estación de control, desde donde tendrá visión directa del ejercicio en curso a través de la cristalera.

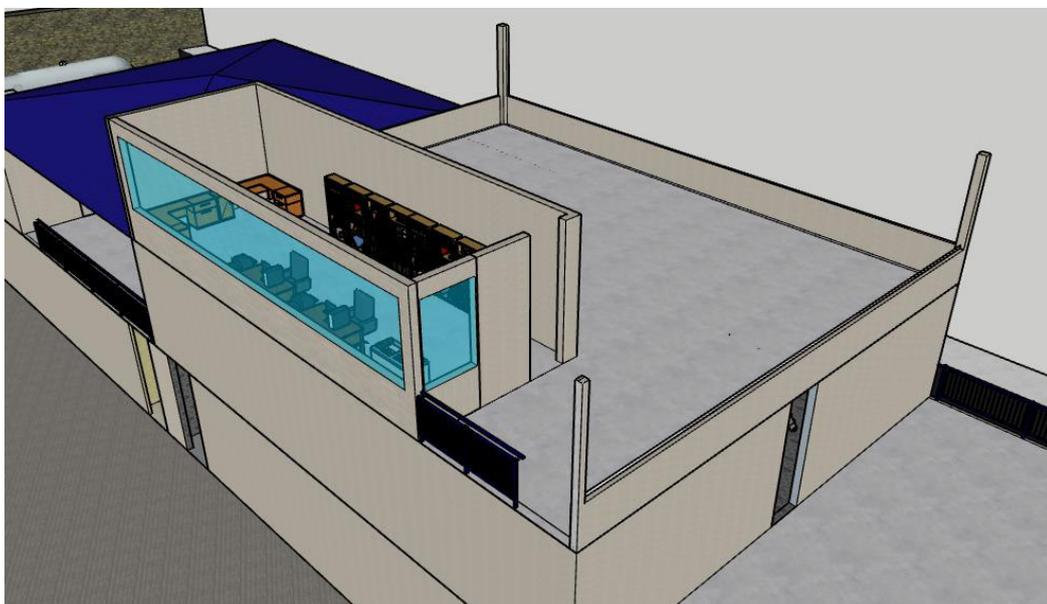


Figura 4-8 Planta segunda del adiestrador de fuegos interiores modelada en SketchUp

4.3.2 Adiestrador de fuegos exteriores de derrame de combustible

Este simulador está compuesto por una plataforma de fuego cuadrada de 50 m² que genera un incendio de clase B, de derrame de combustible (Figura 4-9). La zona de fuego está cubierta por una capa de piedras que ayudan a generar un fuego más realista.

Un sistema de tuberías subterráneas alimenta el adiestrador de gas propano líquido y vapor bajo el control directo del operador, situado en la segunda planta del adiestrador de fuegos interiores, en la estación de control.

La instalación incluye los siguientes equipos:

- **Plataforma de fuego.**
- **Cuadro de control de operador**, contiene los controles e indicadores necesarios para el funcionamiento del adiestrador.
- **Cuadro de control de quemadores**, contiene los relés de control de señal, un transformador para la ignición de piloto y un controlador de temperatura que monitoriza el termopar de comprobación de la llama piloto.
- **Cuadro de control de gas piloto**, filtra regula y controla el suministro de propano vapor, asegurando la generación de una llama piloto estable.
- **Equipo quemador piloto**, situada en el centro de la plataforma, produce la llama piloto necesaria para la ignición.
- **Equipo de control de propano líquido**, filtra, controla y regula el caudal de gas propano líquido que llega a la plataforma de fuego.

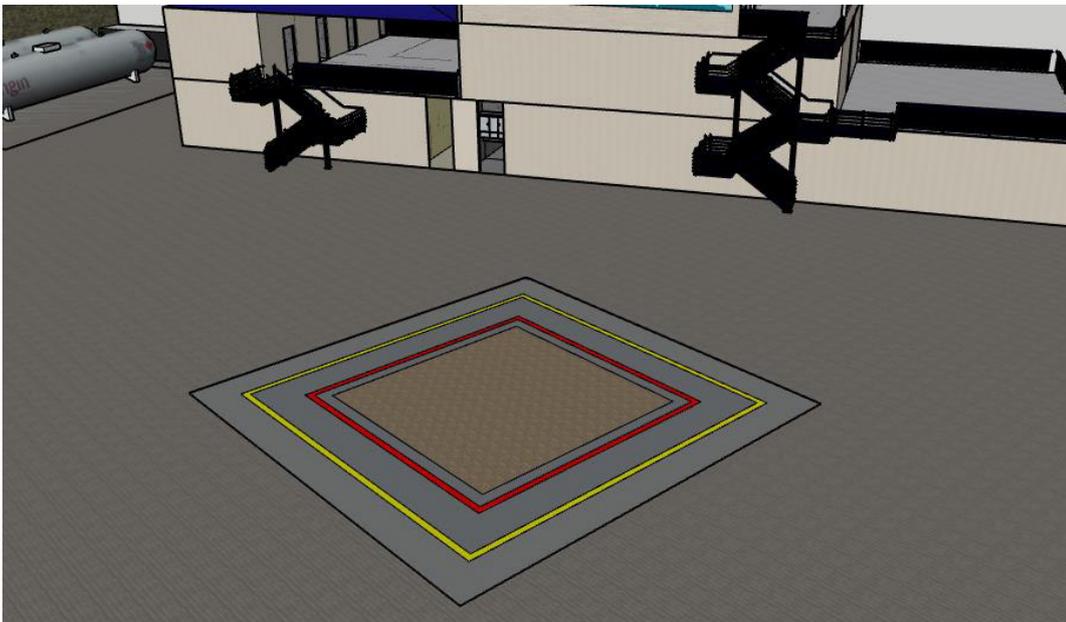


Figura 4-9 Adiestrador de derrame de combustible modelado en SketchUp

4.3.3 Adiestrador de control de averías

El actual adiestrador de control de averías del CASI de Marín, cumple con las necesidades de adiestramiento en cuanto a realismo y necesidad. Este adiestrador se muestra en la Figura 4-10 y la Figura 4-11.

Por ello, se realiza una reubicación del adiestrador de acuerdo con la nueva redistribución de las instalaciones del centro de adiestramiento. A su vez, dos de los tres compartimentos destinados para el mando y control de la incidencia, se reutilizarán como taller de reparaciones y pañol de material de control de averías.

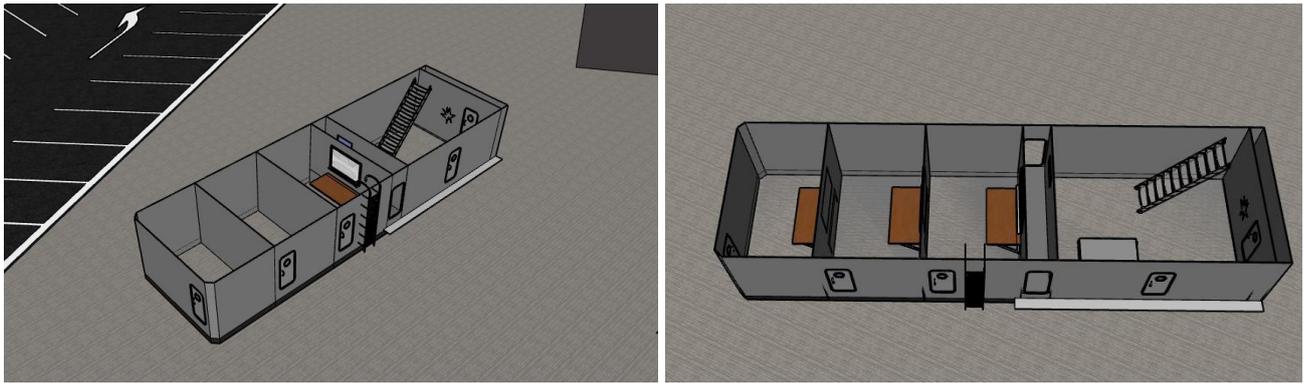


Figura 4-10 Planta baja del adiestrador de control de averías modelado en SketchUp

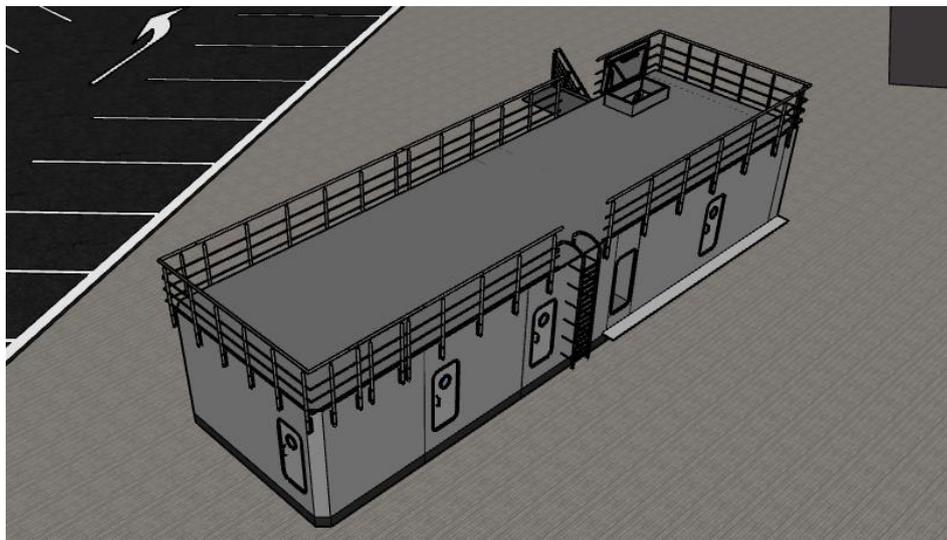


Figura 4-11 Adiestrador de control de averías modelado en SketchUp

4.3.4 Sistema de combustible de gas propano

Para alimentar a los adiestradores de fuegos interiores y exteriores se propone una instalación de gas propano compuesta por dos tanques de combustible:

- En estado líquido, para el adiestrador de derrame de combustible y el adiestrador de uso de extintores portátiles.
- En estado gaseoso, para los adiestradores de fuego en interiores y para la llama piloto de la plataforma de fuego en exteriores.

4.3.5 Piscina

Sustituyendo a los pozos que existen actualmente en el CASI de Marín, se propone una piscina de agua dulce de 45 m donde se pueden ejercicios de control de averías con motobombas e incluso se podrá utilizar como escenario donde realizar una reparación en condiciones subacuáticas.

4.3.6 Circuito de contraincendios

Acompañando a la nueva distribución, se propone cambiar por completo la instalación de contraincendios del centro, así como la distribución de los hidrantes.

Frente a la actual disposición subterránea del circuito contraincendios, el nuevo circuito de tuberías irá bajo el nivel del pavimento, protegido con una rejilla que permita el fácil acceso a él en el caso de una necesidad de mantenimiento de alguna parte de la instalación.

4.3.7 Edificios

Manteniendo los dos edificios ya existentes destinados a despachos, aseos y pañoles de material, se propone la construcción de un tercer edificio con el objetivo de albergar los despachos y aulas necesarias ante un aumento de las capacidades operativas y de personal del centro de adiestramiento.

4.3.8 Material de Seguridad Interior

El CASI de la Escuela Naval Militar dispone de una gran variedad de material y equipos de Seguridad Interior que por su estado de conservación han ido quedando atrasadas con respecto al avance de los medios de Seguridad Interior utilizados a bordo de los barcos de la Armada. Este es el caso de mangueras, motobombas, bombas eléctricas, extintores portátiles, lanzas de agua, equipos productores de espuma y los equipos de protección individual (botas, traje ignífugo, casco, guantes, antiflash).

Por tanto, esta propuesta lleva implícita una renovación del material empleado en las actividades de Seguridad Interior para garantizar un adiestramiento con mayor semejanza a las situaciones que se encontrarán a bordo de los buques de guerra.

4.3.9 Organización y personal

Un aumento de las capacidades del Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior de la ENM lleva consigo un aumento en la plantilla para llevar a cabo de forma exitosa todas las funciones a las que se expone.

La columna vertebral del nuevo organigrama está integrada por un Comandante-Jefe del CASI, que delega en tres oficiales las tres áreas en las que se dividen las funciones del centro: Contraincendios, control de averías y NBQR, medioambiente y Seguridad Operativa (Figura 4-12).

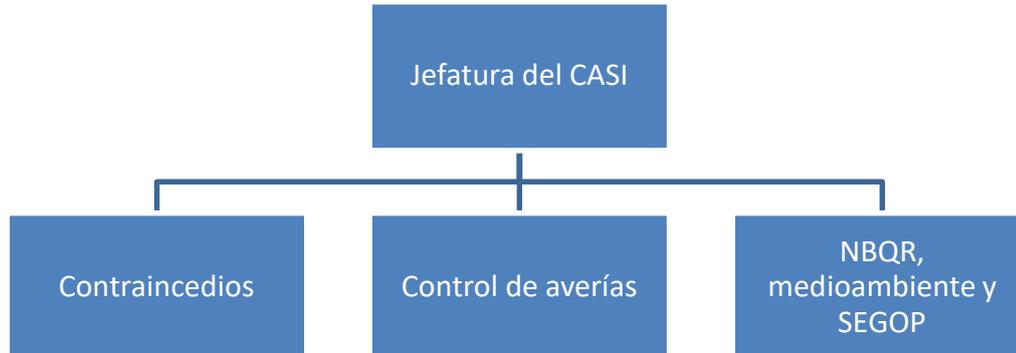


Figura 4-12 Organigrama de la propuesta de modernización del CASI de Marín

4.3.10 Aparcamiento

La nueva distribución del área destinada al centro da lugar a un aparcamiento (Figura 4-13), ayudando así a ampliar el nuevo de plazas de aparcamiento para personal del centro y para alumnos residentes del cuartel Almirante Francisco Moreno.



Figura 4-13 Aparcamiento de la propuesta modelado en SketchUp

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones

A lo largo del desarrollo de este Trabajo de Fin de Grado se han tratado de abarcar los principales factores que afectan al estado de operatividad actual del CASI de la ENM y se ha propuesto una solución que proporciona un centro donde se pueden llevar a cabo las actividades de Seguridad Interior en unos adiestradores modernos a la vez que ecológicos.

Las principales conclusiones alcanzadas durante el desarrollo del proyecto satisfacen los objetivos establecidos inicialmente:

- Se ha estudiado el estado actual de las instalaciones del CASI de Marín, llegando a la conclusión de que estas se encuentran en un estado de conservación deficiente, siendo necesario una renovación.
- Se ha llevado a cabo un estudio sobre el nivel de adiestramiento que se adquiere en el CASI de Marín. Las conclusiones obtenidas indican que el centro situado en la ENM se encuentra muy por detrás de los otros dos centros de Seguridad Interior de los que dispone la Armada. Por lo tanto, se ha propuesto una renovación que incluya una mayor tecnología en los adiestradores que permita realizar ejercicios supervisados por completo desde un puesto de control, siendo posible configurar el nivel de dificultad del ejercicio.
- Se han estudiado los sistemas de seguridad de los adiestradores de la ENM y se ha concluido que son prácticamente inexistentes. Por tanto, la propuesta debe incluir sistemas de detección de gases que representen en la pantalla del ordenador del puesto de control cualquier nivel de concentración de gases por encima del nivel dañino.
- Se ha realizado un estudio del Sistema de Gestión Medioambiental del CASI de Marín y se ha llegado a la conclusión de que el gasoil utilizado como material combustible en los adiestradores contraincendios es la mayor fuente de contaminación del centro, siendo urgente la implantación de una instalación de gas propano.
- Se ha llevado un análisis del aprovechamiento del espacio de la ENM destinado a alojar el CASI y se ha concluido que esta área se puede optimizar realizando una reubicación de las instalaciones.
- Se ha estudiado la actual organización del personal del CASI de Marín, llegando a la conclusión de la necesidad de aumentar el número de personas destinadas en el centro para poder llevar a cabo todos sus cometidos.

- Se ha propuesto la modernización por completo del CASI de Marín incluyendo la construcción un nuevo adiestrador de contraincendios de fuegos exteriores, un adiestrador de fuegos interiores, un edificio para albergar despachos y aulas y un aparcamiento de automóviles.
- Finalmente, se ha propuesto una instalación de gas propano, que mediante un sistema de tuberías alimenta a los adiestradores de contraincendios del fuegos exteriores e interiores.

Con este proyecto, se pretende que la Escuela Naval Militar tenga un estudio de referencia para una futura decisión de modernización del centro.

5.2 Líneas futuras

Como continuación del presente Trabajo de Fin de Grado se proponen las siguientes líneas futuras:

- Pedir presupuesto de instalaciones de entrenamiento contraincendios a las diferentes empresas del sector y estudiar la forma de reducir los gastos sin disminuir las prestaciones.
- Diseño de una nueva instalación de gas propano para el adiestrador de contraincendios del CASI de Marín.
- Diseño de una estación de descontaminación ante un ataque NBQR en el CASI de Marín.
- El dimensionado de las nuevas instalaciones y compartimentos de una forma más detallada buscando reducir en la medida de lo posible los costes de construcción.
- Elaborar una mejora de los métodos docentes actuales, incluyendo videos didácticos que muestren los diferentes ejercicios para usarlos como lecciones aprendidas.

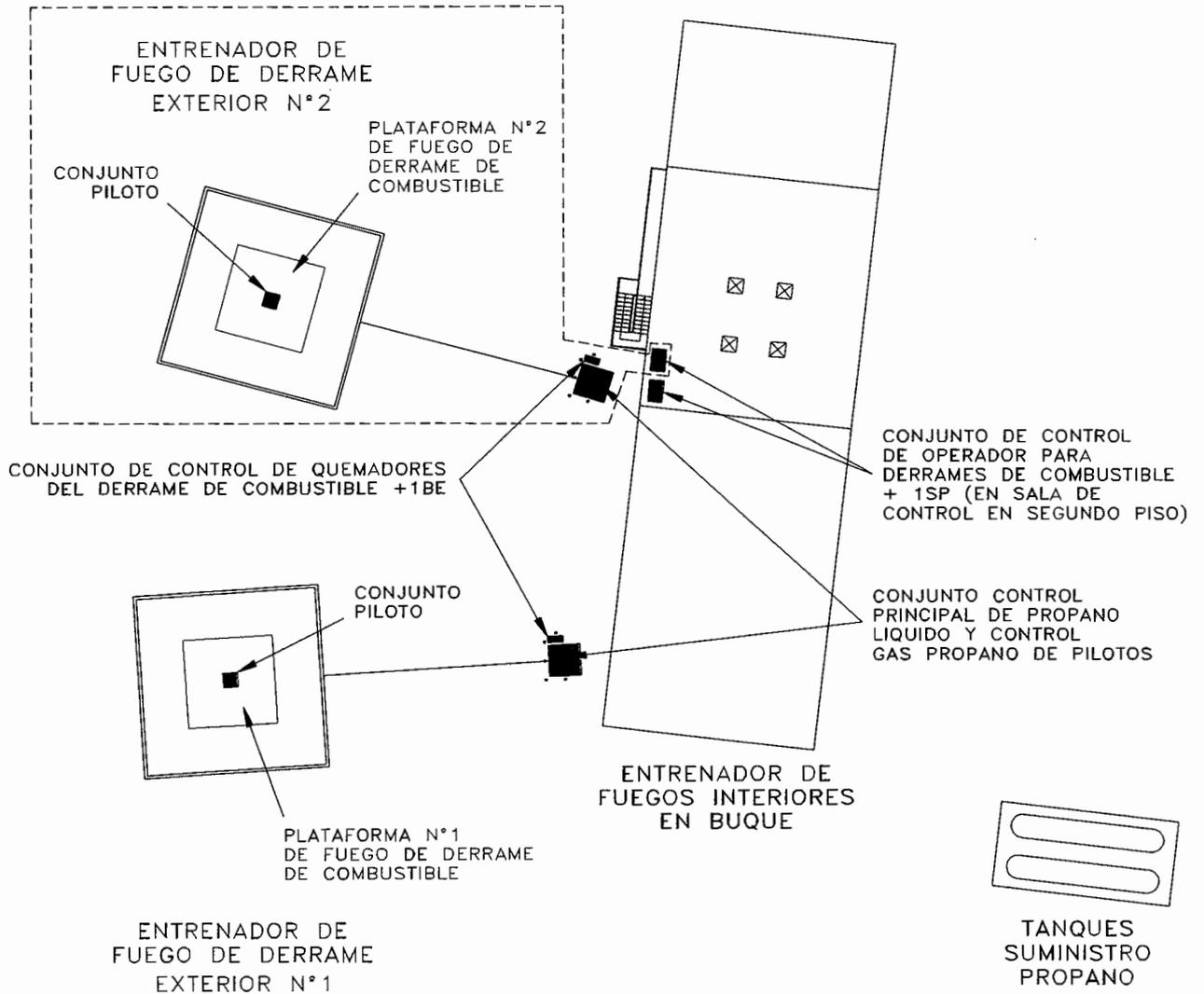
6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] Armada Española, Material Doctrinal de Seguridad Interior a Bordo, D-CP-01(A), 2014.
- [2] AutoDesk, «Página Oficial de AutoDesk,» [En línea]. Available: <http://www.autodesk.com/products/autocad/overview>. [Último acceso: 01 Marzo 2017].
- [3] SketchUp, «Página Oficial de SketchUp,» [En línea]. Available: <http://www.sketchup.com/>. [Último acceso: 01 Marzo 2017].
- [4] Iscar, «Página Oficial de Iscar Software de Arquitectura,» Iscarnet, [En línea]. Available: <http://www.iscarnet.com/webinars-gratuitos/>. [Último acceso: 01 Marzo 2017].
- [5] «Pearl Harbor Bombed. History,» A&E Television Networks, [En línea]. Available: <http://www.history.com/this-day-in-history/pearl-harbor-bombed>. [Último acceso: 18 Febrero 2017].
- [6] «Naval History and Heritage Command,» US Navy, [En línea]. Available: <https://www.history.navy.mil/>. [Último acceso: 18 Febrero 2017].
- [7] A&E Television Networks, «History.com Official Website,» [En línea]. Available: <http://www.history.com/this-day-in-history/uss-cole-attacked-by-terrorists>. [Último acceso: 10 Febrero 2017].
- [8] Carnegie Endowment For International Peace, «Carnegie Endowment Official Website,» [En línea]. Available: <http://carnegieendowment.org/2010/10/11/yemen-ten-years-after-uss-cole-bombing-pub-41706>. [Último acceso: 10 Febrero 2017].
- [9] Armada Española, Técnicas y material de control de averías, I-CP-02(A), 2014.
- [10] Armada Española, Técnicas y materiales de contraincendios, I-CP-01(A), 2014.
- [11] Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior de Rota, Plan de Seguridad, Cádiz, 2011.
- [12] Centro de Evaluación para el Combate, Plan de Adiestramiento del CASI de Rota, Cádiz, 2014.
- [13] Armada Española, *Oficina de Prensa del Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior de la Base Naval de Rota*.

- [14] Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior de Rota, Pliego de Prescripciones Técnicas del CASI, Cádiz, 2011.
- [15] Indra Sistemas SA, Manual de funcionamiento del adiestrador Harrier del CASI de Rota, Cádiz, 2011.
- [16] Armada Española, Libro de Organización de el CASI de Rota.
- [17] Symtron Systems Inc., Manual de Operación y Mantenimiento Fire-Trainer F-1000, 2000.
- [18] Armada Española, *Oficina de Prensa del Centro de Instrucción de Seguridad Interior de la Escuela de Especialidades Antonio Escaño de Ferrol*.
- [19] Symtron Systems Inc., Manual de Operación y Mantenimiento Fire-Trainer F-2000, 2000.
- [20] Symtron Systems Inc., Fire-Trainer F-2000 Operating Procedures, 2001.
- [21] Secretaría de Estado de Defensa. Ministerio de Defensa, Los Sistemas de Gestión Medioambiental en las Fuerzas Armadas, 2002.
- [22] Ministerio de Medio Ambiente, Orden MAM/304/2002, 2002.
- [23] Google, «Google Maps,» [En línea]. Available: <https://www.google.es/maps/search/escuela+naval+militar+mar%C3%ADn/@42.3942463,-8.7075755,795m/data=!3m1!1e3>. [Último acceso: 03 Febrero 2017].
- [24] Asociación Española de Normalización y Certificación, Normativa ISO 14001:2015 Sistemas de Gestión Ambiental, 2015.
- [25] Jefatura de Apoyo Logístico de la Armada, Instrucción Permanente DIN 001/06 Sobre Gestión de los Residuos Peligrosos en la Armada, 2006.
- [26] Armada Española, Plan de Actuación Medioambiental del Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior (CASI) de la Base Naval de Rota, 2012.
- [27] Ministerio de Defensa, «Página Oficial de la Armada Española,» [En línea]. Available: <http://armada.mde.es/>. [Último acceso: 05 Marzo 2017].
- [28] Center for the National Interest, «The National Interest Official Website,» [En línea]. Available: <http://nationalinterest.org/commentary/the-uss-cole-bombing-4200>. [Último acceso: 11 Febrero 2017].

ANEXOS

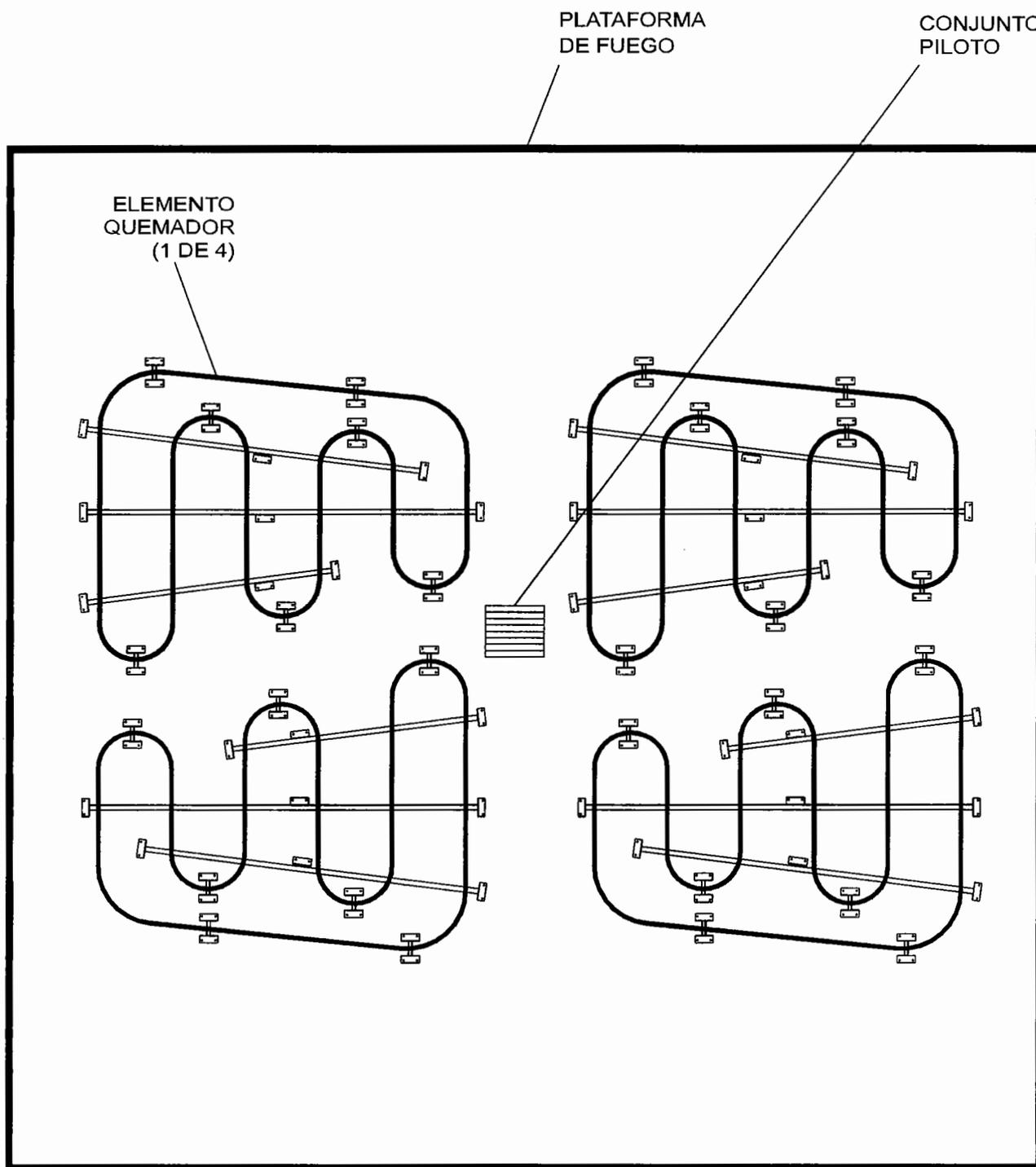
ANEXO I: DISPOSICIÓN DEL ADIESTRADOR F-1000



711-28

Figura 1-1. Composición del Entrenador de Derrame de Combustible Exterior

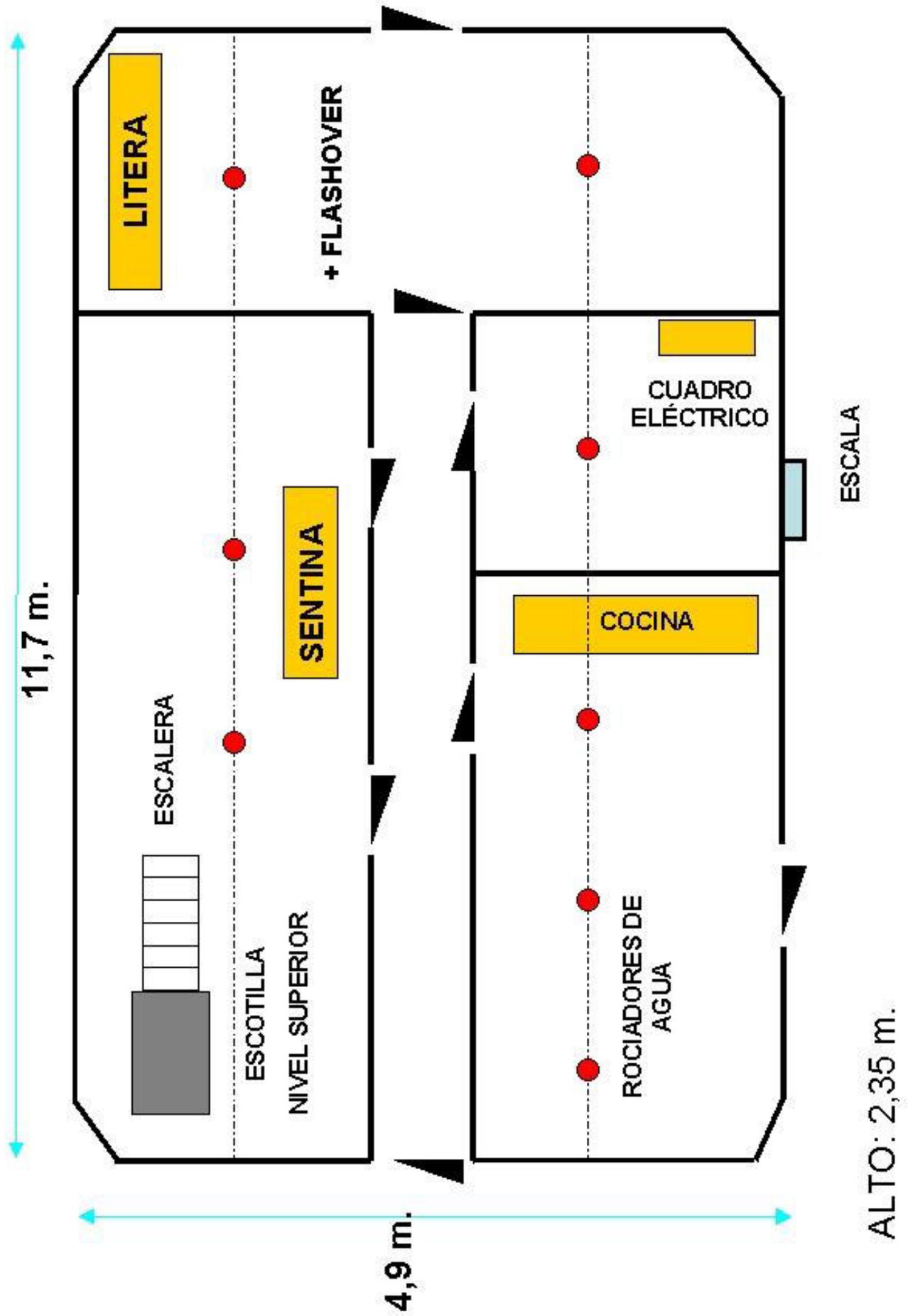
ANEXO II: PLATAFORMA DE FUEGO DEL ADIESTRADOR F- 1000



711-75

Figura 1-2. Plataforma de Fuego de Derrame de Combustible

ANEXO III: ESQUEMA DISTRIBUCIÓN ESTRUCTURA CONTRAINCENDIOS DEL CASI DE MARÍN



ANEXO IV: CERTIFICACIÓN ISO 14001:2004 DE LA ENM



Lloyd's Register
LRQA

CERTIFICADO DE APROBACIÓN

Certificamos que el Sistema de Gestión Medioambiental de:

ESCUELA NAVAL MILITAR DE MARÍN
Plaza de España, s/n
36920 Marín, Pontevedra
España

ha sido aprobado por Lloyd's Register Quality Assurance, de acuerdo con la siguiente Norma del Sistema de Gestión Medioambiental:

ISO 14001:2004

El Sistema de Gestión Medioambiental es aplicable a:

Centro Docente Militar de Formación de Oficiales y Base Naval Secundaria de La Armada.

Aprobación
Certificado No: SGI 1050001

Aprobación Original: 28 de Febrero 2006

Certificado en Vigor: 28 de Febrero 2015

Caducidad del Certificado: 27 de Febrero 2018

Emitido por: LRQA España, S.L.
Por y en nombre de: Lloyd's Register Quality Assurance Limited



001

C/ Princesa, 29 – 1º - 28008 Madrid, España

Por y en nombre de Hiramford Middlemarch Office, Village Siskin Drive, Coventry CV3 4FJ United Kingdom
Esta aprobación es realizada en acuerdo con los procedimientos de evaluación y certificación de LRQA y monitoreada por LRQA.

El uso de la Marca de Acreditación UKAS indica Acreditación con respecto a aquellas actividades cubiertas por el Certificado de Acreditación 001.

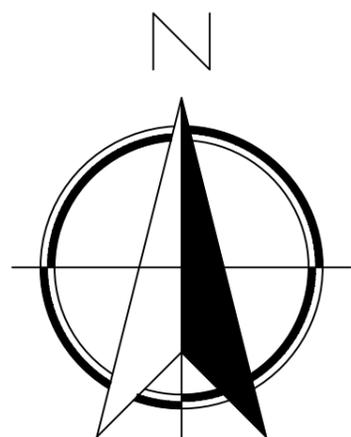
Macro Revisión 13

Lloyd's Register Group Limited, its affiliates and subsidiaries, including Lloyd's Register Quality Assurance Limited (LRQA), and their respective officers, employees or agents are, individually and collectively, referred to in this clause as 'Lloyd's Register'. Lloyd's Register assumes no responsibility and shall not be liable to any person for any loss, damage or expense caused by reliance on the information or advice in this document or howsoever provided, unless that person has signed a contract with the relevant Lloyd's Register entity for the provision of this information or advice and in that case any responsibility or liability is exclusively on the terms and conditions set out in that contract.

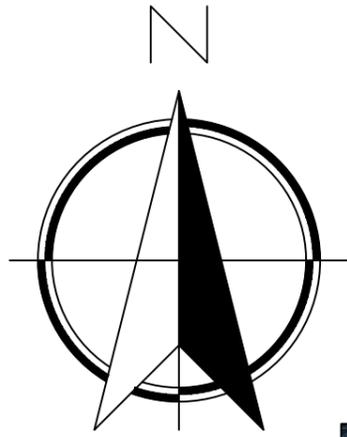
ANEXO V: PLANOS PRELIMINARES

A continuación, se presentan los planos elaborados como parte de este proyecto, siguiendo la siguiente distribución:

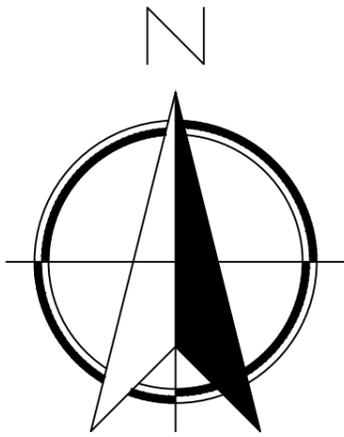
- 1) Situación
- 2) Ubicación
- 3) Distribución actual del CASI de Marín
- 4) Distribución de la propuesta de modernización del CASI de Marín
- 5) Planta Baja y Planta Primera del adiestrador de fuegos en interiores
- 6) Planta Segunda y Planta de Cubiertas del adiestrador de fuegos interiores
- 7) Alzado Principal y Posterior del Adiestrador de fuegos interiores
- 8) Alzado Lateral Derecho y Perfil Lateral Izquierdo del Adiestrador de fuegos interiores



Dibujado	P.D.D.A.	28/02/17	CUD - ENM	
Comprob.				
Escala 1:5000	Formato A3		Designación Situación	Plano Nº 1



Dibujado	P.D.D.A.	28/02/17	CUD - ENM	
Comprob.				
Escala 1:1000	Formato A3		Designación Ubicación	Plano Nº 2
				



ADIESTRADOR DE CONTRAINCENDIOS

ADIESTRADOR DE CONTROL DE AVERÍAS

POZOS

EDIFICIO DE OFICINAS

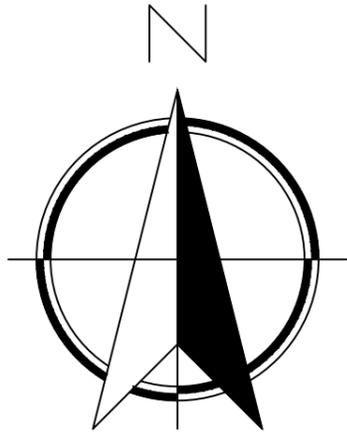
EDIFICIO DE TALLERES

PISTA DE ADIESTRAMIENTO CONTRAINCENDIOS

PAÑOL DE MATERIAL

ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE

Dibujado	P.D.D.A.	28/02/17	CUD - ENM	
Comprob.				
Escala 1:500	Formato A3		Designación Distribución actual CASI de Marín	Plano Nº 3



ADIESTRADOR DE FUEGOS EXTERIORES

PISCINA

APARCAMIENTO

ADIESTRADOR DE CONTROL DE AVERÍAS

EDIFICIO DE OFICINAS Y AULAS

ADIESTRADOR PARA USO DE EXTINTORES

EDIFICIO TALLERES

ADIESTRADOR DE FUEGOS INTERIORES

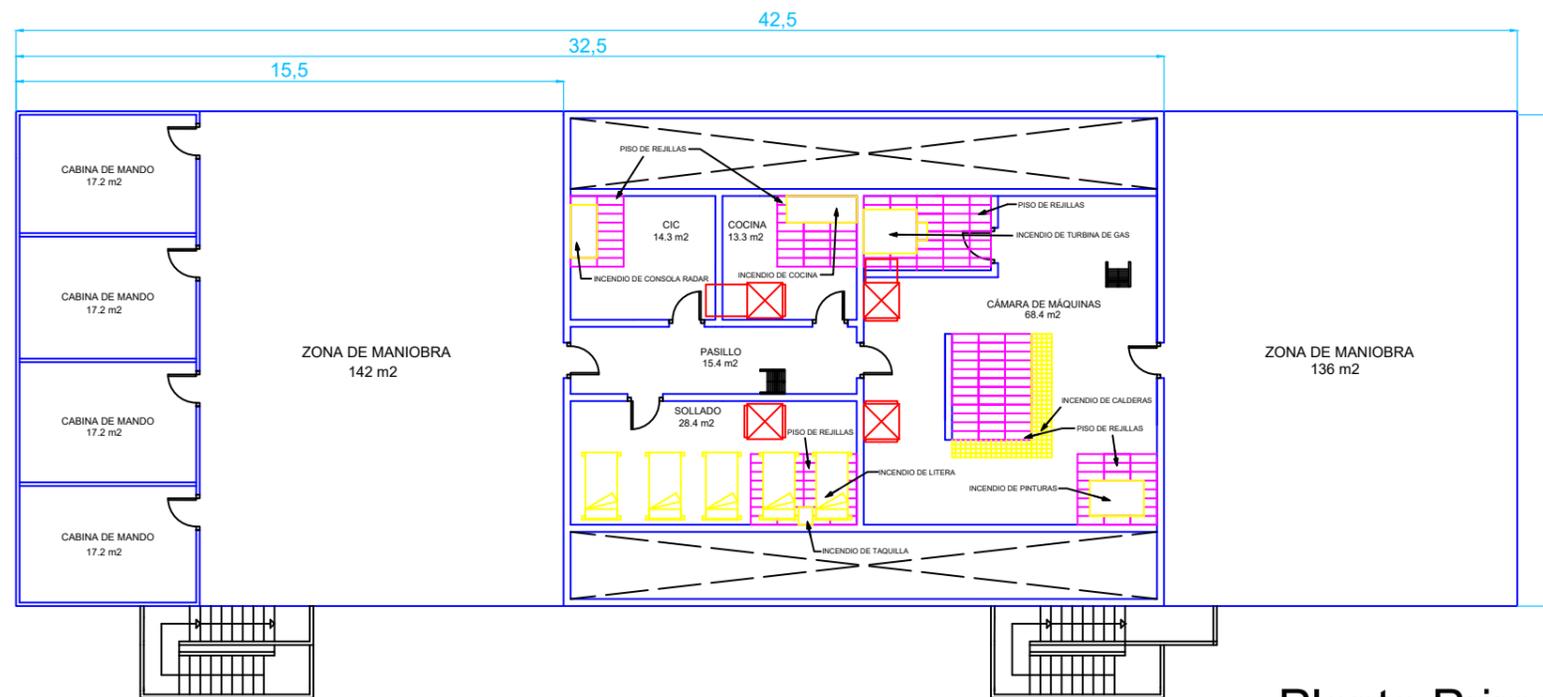
PAÑOL DE MATERIAL

EDIFICIO DE OFICINAS

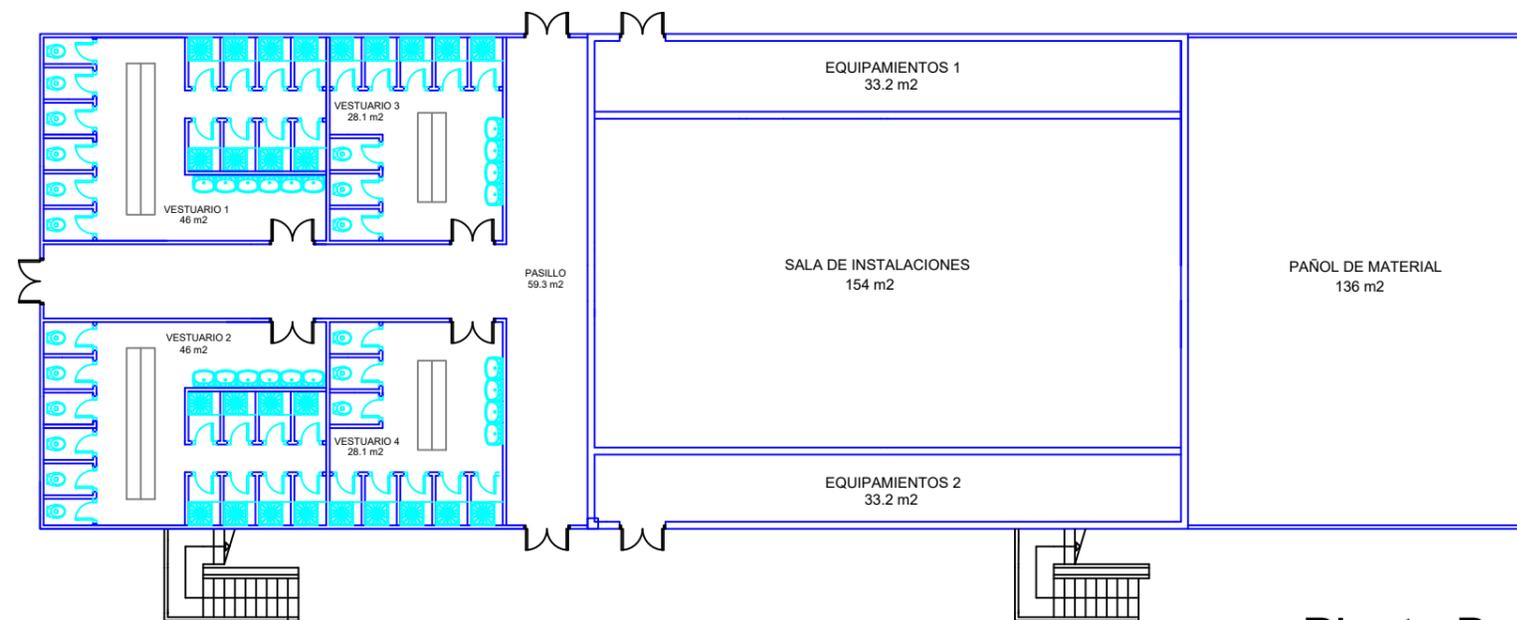
ESTACIÓN DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE

Dibujado	P.D.D.A.	28/02/17	CUD - ENM	
Comprob.				
Escala	Formato		Designación	Plano No 4
1:500	A3		Distribución propuesta CASI de Marín	



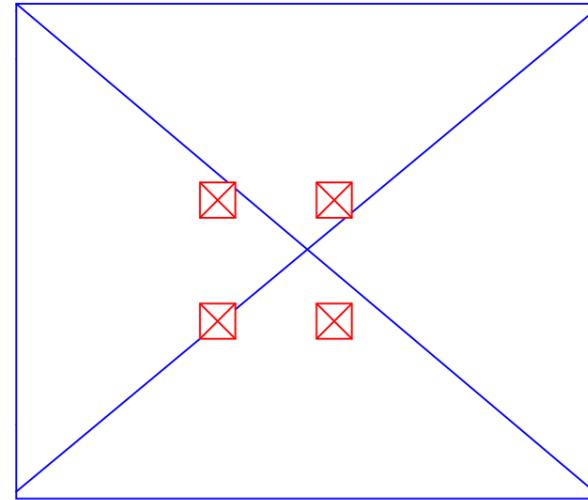


Planta Primera

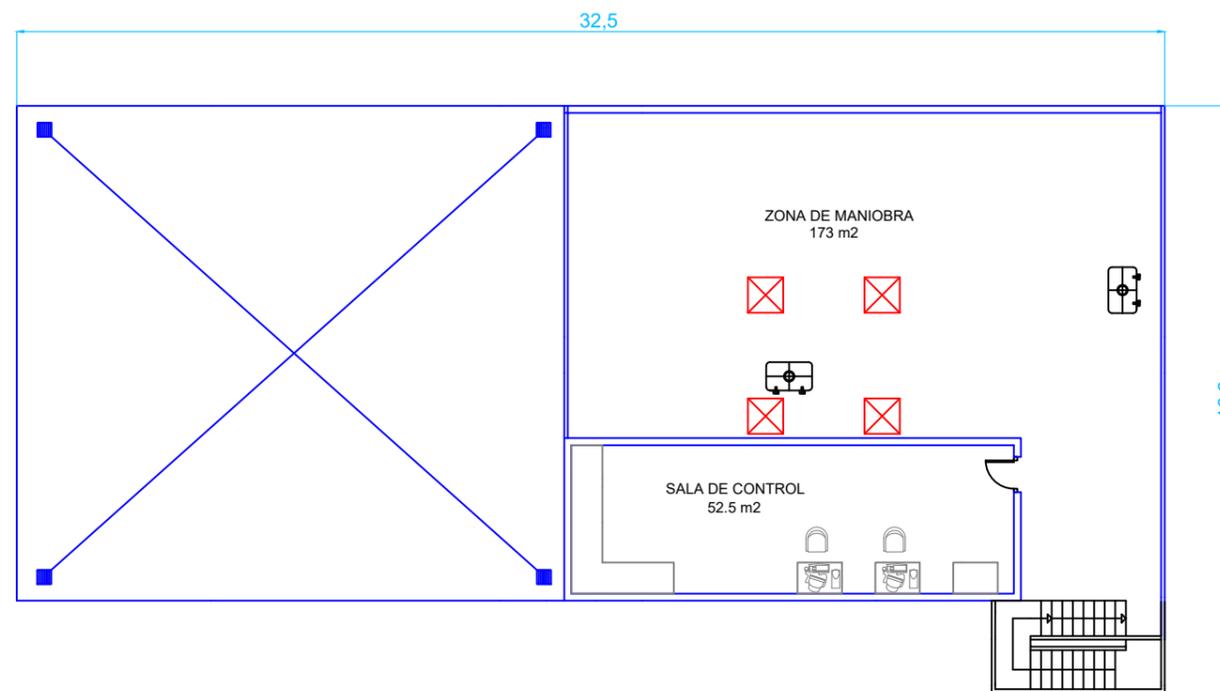


Planta Baja

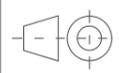
Dibujado	P.D.D.A.	28/02/17	Proyecto	Diseño Preliminar CASI ENM	CUD - ENM	
Comprob.						
Escala	Formato		Designación	Plantas Baja y Primera	Plano	
1:200	A3					

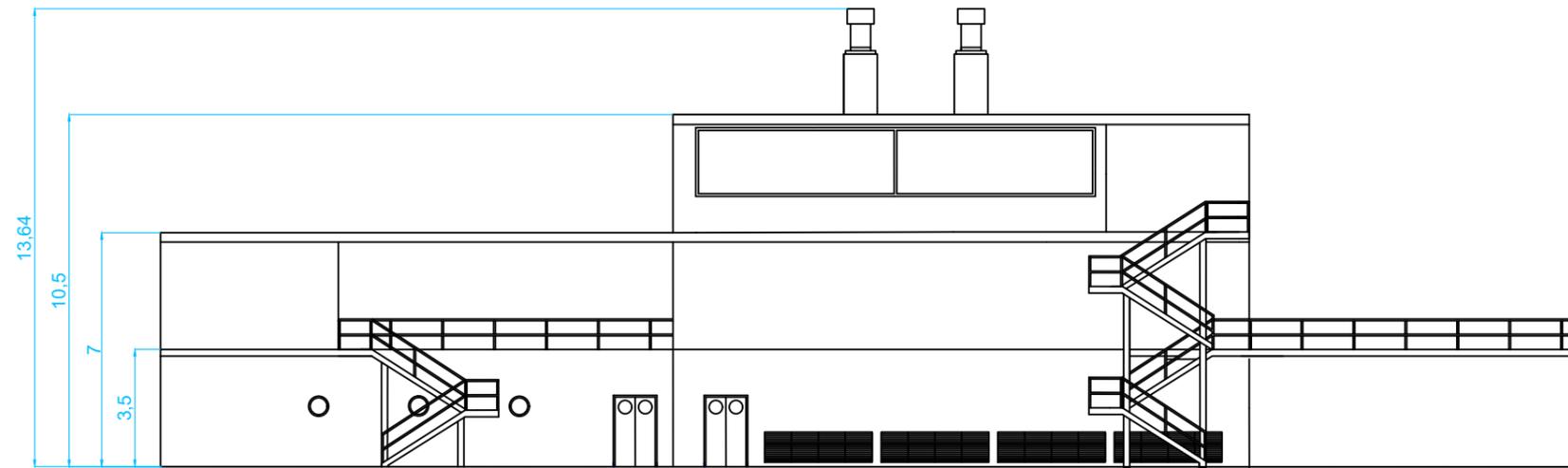


Planta de Cubierta



Planta Segunda

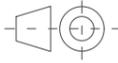
Dibujado	P.D.D.A.	28/02/17	Proyecto	Diseño Preliminar CASI ENM	CUD - ENM 
Comprob.					
Escala	Formato		Designación	Plano	No 6
1:200	A3		Plantas Segunda y Cubierta		

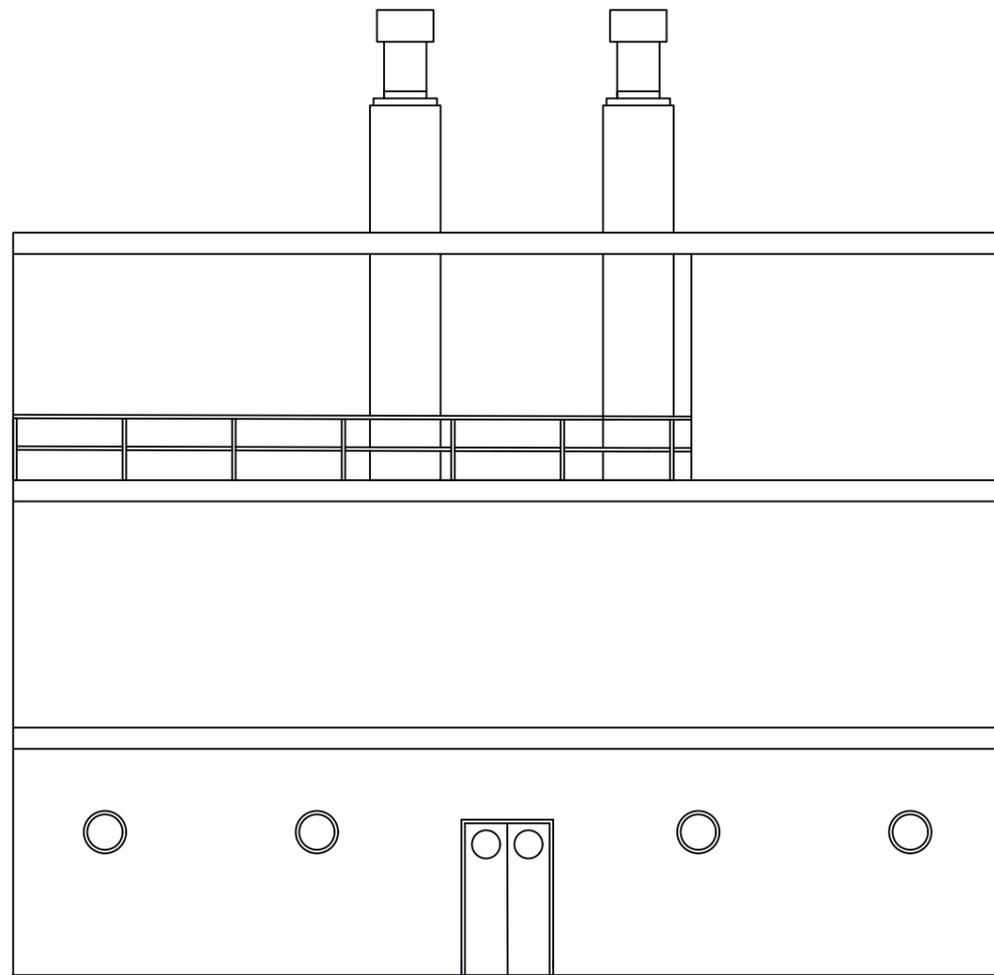


Alzado Principal

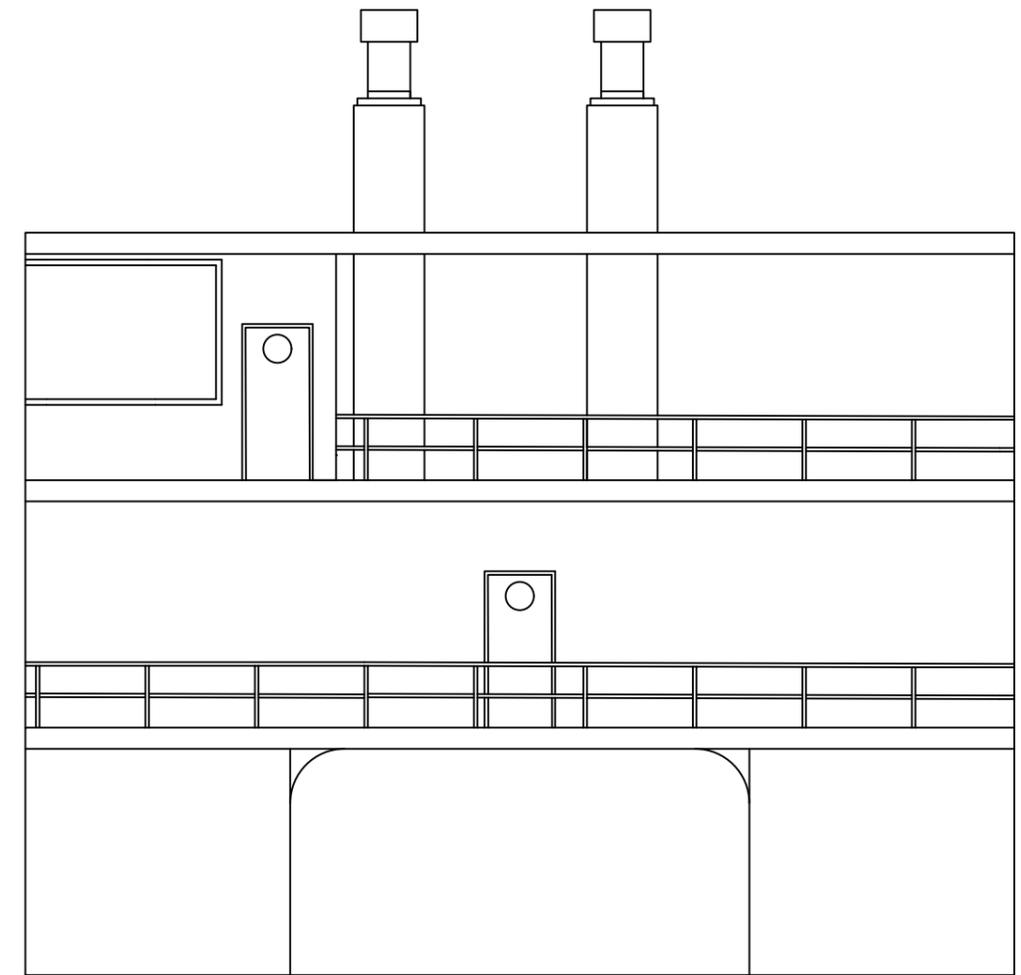


Alzado Posterior

Dibujado	P.D.D.A.	28/02/17	Proyecto Diseño Preliminar CASI ENM		CUD - ENM	
Comprob.						
Escala 1:200	Formato A3		Designación Alzado Principal y Alzado Posterior	Plano Nº 7		



Alzado Lateral Izquierdo



Alzado Lateral Derecho

Dibujado	P.D.D.A.	28/02/17	Proyecto	Diseño Preliminar CASI ENM	CUD - ENM
Comprob.					
Escala	Formato		Designación	Alzados laterales	Plano
1:100	A3				Nº 8