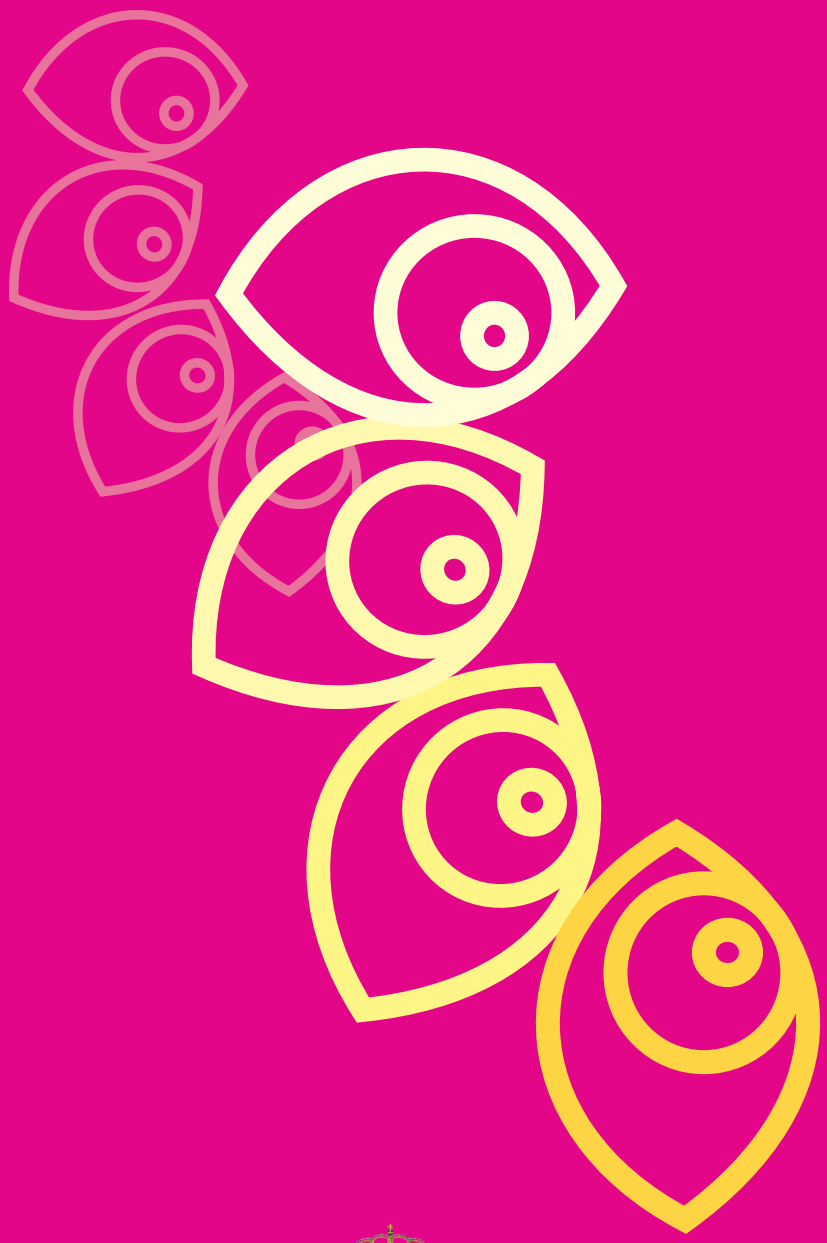
17 Monografías del SOPT

Jornada tecnológica: simulación en el ámbito de la defensa



MINISTERIO DE DEFENSA

17 Monografías del SOPT

Jornada tecnológica: simulación en el ámbito de la defensa

DIRECCION GENERAL DE ARMAMENTO Y MATERIAL
MINISTERIO DE DEFENSA

SOPT
SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

http://www.tecnologiaeinnovación.defensa.gob.es/es-es/Paginas/Inicio.aspx

MINISTERIO DE DEFENSA

CATÁLOGO GENERAL DE PUBLICACIONES OFICIALES
http://publicacionesoficiales.boe.es/

Edita:

MINISTERIO DE DEFENSA
SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA

http://publicaciones.defensa.gob.es/

© Autor y editor, 2018

NIPO: 083-18-179-9 (impresión bajo demanda)
NIPO: 083-18-178-3 (edición en línea)
Fecha de edición: diciembre 2018

Las opiniones emitidas en esta publicación son exclusiva responsabilidad del autor de la misma.
Los derechos de explotación de esta obra están amparados por la Ley de Propiedad Intelectual. Ninguna de las partes de la misma puede ser reproducida, almacenada ni transmitida en ninguna forma ni por medio alguno, electrónico, mecánico o de grabación, incluido fotocopias, o por cualquier otra forma, sin permiso previo, expreso y por escrito de los titulares del © Copyright.

JORNADA TECNOLÓGICA:
SIMULACIÓN EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA

SUMARIO

1. INTRODUCCIÓN 13

1.1. Nuevas tecnologías de simulación: la realidad virtual 16

1.2. Aplicaciones de la realidad virtual en defensa y seguridad 19

1.2.1. Adiestramiento y entrenamiento militar 19

1.2.2. Condiciones NRBQ 20

1.2.3. Psicología 20

1.2.4. Medicina 21

1.3. Principales retos tecnológicos de la realidad virtual en el ámbito militar 21

2. ASPECTOS GENERALES DE LA JORNADA 23

3. PRESENTACIONES 27

3.1. Modelado y simulación: una perspectiva global 29

3.1.1. Introducción 29

3.1.2. Modelado 29

3.1.3. Simulación 33

3.1.4. Simulación militar 35

3.1.5. Conclusión 38

3.2. Simulación en el ámbito internacional OTAN: NMSG-STO 39

3.2.1. Introducción 39

3.2.2. Science and Technology Organization (STO) 39

3.2.3. NATO Modelling and Simulation Group (NMSG) ... 42

3.2.4. Proyectos de investigación del NMSG 44

3.2.5. Futuro del NMSG 51

3.2.6. Conclusión 52

3.3. Simulación en ciberdefensa 52

3.3.1. Introducción 52

3.3.2. Situación actual de la simulación de redes y sistemas de información en el MCCD 53
3.3.3. Principales proyectos relacionados con la simulación en el MCCD 58
3.3.4. Prospectiva de necesidades futuras en cuanto a simulación 63
3.3.5. Tendencias futuras en la simulación enfocada a la ciberdefensa 68
3.3.6. Conclusiones 70
3.4. Desarrollo de conceptos y experimentación: CD&E 71
3.4.1. El Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos ... 71
3.4.2. Desarrollo de Conceptos y Experimentación: CD&E 73
3.4.4. Trabajos pasados y futuros 78
3.5. Simulación en el Ejército de Tierra 81
3.5.1. Introducción 81
3.5.2. Clasificación de los simuladores 82
3.5.3. Catálogo de simuladores del Ejército de Tierra 84
3.5.4. CESIFAMET: un claro caso de éxito 85
3.5.5. Pirámide de empleo 88
3.5.6. Futuro 89
3.6. Simulación en el Ejército del Aire 89
3.6.1. Introducción 89
3.6.2. Situación actual en el Ejército del Aire 91
3.6.3. Conceptos y desarrollos 92
3.6.4. Retos cercanos para el Ejército del Aire 94
3.6.5. Largo plazo 96
3.6.6. Resumen 97
3.7. Simulación en la Armada 97
3.7.1. Situación actual 97
3.7.2. Clasificación de simuladores de acuerdo a la capacidad 98
3.7.3. Necesidades 104
3.7.4. Hacia dónde vamos 105
3.8. Actividades de I+D en el ámbito de la simulación (INTA) 106
3.8.1. ¿Cuál debe ser el objetivo de la simulación en el corto y medio plazo? 108
3.8.2. Como resumen 109

4. ANEXOS 111

4.1. Modelado y simulación: una perspectiva global (GD Roldán Tudela) 113
4.2. Simulación en el ámbito internacional OTAN: NMSG-STO (CF Federico Pérez Dueñas) 120
4.3. Simulación en ciberdefensa (Tcol. Carlos Herrero) 133
4.4. Desarrollo de conceptos y experimentación (CF Santiago Fernández Dapena) 138
4.5. Simulación en el Ejército de Tierra (Col. José Martín Llamas) 148
4.6. Simulación en el Ejército del Aire (Tcol. Eduardo Sánchez Pintado) 191
4.7. Simulación en la Armada (CF Eduardo Gómez Quijano). 200
4.8. I+D en el ámbito de la simulación (Cte. Mario de la Fuente Martín) 214

PRÓLOGO

La presente monografía ha sido realizada por el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT) de la Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación (SDG PLATIN) de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM).

Quiero felicitar a todos los que han hecho posible esta monografía, y en concreto a los técnicos del Observatorio de Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Simulación Bernardo Martínez Reif e Isabel Iglesias Pallín por su dedicación y esfuerzo. También quiero extender este agradecimiento al resto de los miembros del SOPT, que han contribuido a que podamos tener hoy este trabajo en nuestras manos.

Además, desde aquí quiero dar las gracias a todos los ponentes participantes en la Jornada Tecnológica Simulación en el Ámbito de la Defensa, procedentes del Ministerio de Defensa, INTA y STO (OTAN), por la información aportada durante la jornada y para esta monografía.

Tcol. Juan Manuel González del Campo Martínez
Jefe del SOPT
Subdirección de Planificación, Tecnología e Innovación
Dirección General de Armamento y Material

MOTIVACIÓN

El objeto de esta monografía es proporcionar una visión general sobre la simulación en el ámbito de la defensa, incidiendo en el estado actual de los simuladores empleados en el Ministerio de Defensa para lograr el adiestramiento de su personal, así como las problemáticas y futuro de estos sistemas en los tres Ejércitos.

En esta monografía se ha empleado la información recogida en la Jornada Tecnológica Simulación en el Ámbito de la Defensa, organizada por el Sistema de Observación y Prospectiva Tecnológica (SOPT) de la Dirección General de Armamento y Material (DGAM), celebrada en abril de 2018. En concreto, este libro incluye las presentaciones aportadas por los distintos ponentes que participaron en la jornada, así como un resumen de cada una de ellas.

La monografía se estructura en los siguientes apartados:

1. Introducción técnica de la simulación para el adiestramiento en el ámbito de la defensa.
2. Aspectos generales sobre la Jornada Simulación en el ámbito de la Defensa.
3. Resumen de las presentaciones llevadas a cabo.

Dado el carácter divulgativo de esta monografía, no se ha profundizado en la descripción de las distintas tecnologías a las que se hace mención, por lo que, para obtener una información más detallada sobre estas, pueden contactar con los organizadores de la jornada.

SOPT

SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y
PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

1. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

La simulación posibilita y favorece el adiestramiento de situaciones más adversas que las que se desarrollan en el entrenamiento a las que se van a tener que enfrentar los combatientes eliminando los riesgos del campo de batalla, pudiendo ensayar diferentes escenarios en un ambiente controlado y aprendiendo de la propia experiencia. Cuanto más preparado esté el combatiente, más seguridad tendrá en sí mismo y mejor desarrollará su misión.

La guerra asimétrica, las nuevas formas de combatir, escenarios impensables hoy en día… hacen necesaria una adaptación de la mentalidad del combatiente a situaciones a las que no está acostumbrado. La simulación ofrece la posibilidad de generar esos entornos sintéticos para el adiestramiento.

En la actualidad, las misiones militares deben desarrollarse en entornos y condiciones extremas, en los que se debe actuar contra amenazas asimétricas, muy dinámicas y cambiantes que ponen a prueba las capacidades de las fuerzas armadas.

La superioridad que supone el empleo de sistemas tecnológicamente más avanzados que los de los oponentes es una de las principales maneras para anticiparse a las amenazas y para poder gestionar la incertidumbre que caracteriza al mundo actual.

Pero no solamente se necesitan sistemas tecnológicamente avanzados. Se necesita también que el personal militar que los opera esté adiestrado en su manejo para ser capaces de llevar a cabo sus misiones de forma eficaz y segura.

Ante esta necesidad, la simulación juega un papel esencial, permitiendo trasladar la realidad, o una parte de la realidad, a un entorno sintético en el que se pueden abordar muchas tareas de adiestramiento a un coste razonablemente bajo, lo cual, dado el elevado coste de operar algunas plataformas militares, supone una enorme ventaja.

Además, la simulación posibilita el adiestramiento en múltiples situaciones adversas, algunas de las cuales difícilmente pueden ser reproducidas mediante formas de adiestramiento más convencionales. Ejemplos de ello son las nuevas formas de combatir en entornos asimétricos que hacen necesaria una adaptación de la mentalidad del combatiente a situaciones a las que no está acostumbrado o en nuevos escenarios de operación, como el ciberespacio, con la incorporación de los ciberataques a las operaciones simuladas.

La simulación ofrece la posibilidad de generar esos entornos sintéticos, permitiendo eliminar los riesgos, ensayar dichos escenarios en un ambiente controlado y aprender de la propia experiencia. Y si además se incorporan las nuevas tecnologías de realidad virtual al adiestramiento, la sensación de inmersión y realismo que experimenta el combatiente puede redundar en un mejor y más rápido aprendizaje.

Pero, si el adiestramiento en el empleo de nuevos sistemas o ante nuevos escenarios es importante, las posibilidades que ofrece la simulación constructiva para reproducir el desarrollo de las misiones militares, experimentar la evolución de las operaciones, ensayar nuevas estrategias y estudiar sus efectos, todo ello como apoyo a la toma de decisión, no lo es menos.

También es importante destacar el papel de la simulación en el desarrollo de conceptos y experimentación (CD&E), disciplina que permite la aplicación de la estructura y los métodos de la ciencia experimental para el desarrollo de las capacidades militares futuras dando una solución a los problemas a través del ensayo de distintas hipótesis.

1.1. Nuevas tecnologías de simulación: la realidad virtual

La realidad virtual aborda un aspecto muy concreto de la simulación en el cual se trabaja con el objetivo de derribar las barreras de espacio y tiempo, a través de la reproducción de la percepción, que se captan mediante los sentidos.

La realidad virtual puede ser de dos tipos: **inmersiva** y **no inmersiva**.

Los métodos inmersivos de realidad virtual con frecuencia se ligan a un ambiente tridimensional creado por un ordenador, el cual se manipula a través de dispositivos que integran los periféricos clásicos (ratón, teclado, monitor) en otro tipo de periféricos, como cascos, guantes u otros

dispositivos, que capturan la posición y rotación de diferentes partes del cuerpo humano.

La realidad virtual no inmersiva también utiliza el ordenador y se vale de medios para poder interactuar en tiempo real con diferentes personas en espacios y ambientes que en realidad no existen sin la necesidad de dispositivos adicionales al ordenador. Mediante la navegación se ofrece a los usuarios la posibilidad de experimentar (moverse, desplazarse, sentir) determinados espacios, mundos o lugares como si se encontrase en ellos.

La realidad virtual no inmersiva ofrece un nuevo mundo a través de una ventana de escritorio. Este enfoque no inmersivo tiene varias ventajas sobre el enfoque inmersivo, como son el bajo coste y la fácil y rápida aceptación de los usuarios. Los dispositivos inmersivos son de alto coste económico y generalmente el usuario prefiere manipular el ambiente virtual por medio de dispositivos familiares, como son el teclado y el ratón, que por medio de cascos pesados o guantes.

El alto precio de los dispositivos inmersivos ha generalizado el uso de ambientes virtuales fáciles de manipular por medio de dispositivos más sencillos, como es el ejemplo del importante negocio de los *serious games* en videoconsolas o los juegos en los que numerosos usuarios interactúan a través de Internet. Es a través de Internet como nace VRML *(virtual reality modeling language)*, un estándar para la creación de estos mundos virtuales no inmersivos que provee un conjunto de primitivas para el modelaje tridimensional y permite dar comportamiento a los objetos y asignar diferentes animaciones que pueden ser activadas por los usuarios.

Dependiendo de la temática y de la utilidad que se le quiera dar a la tecnología, se suele orientar al adiestramiento táctico; sin embargo, hay otros campos de aplicación, como la simulación de multitudes, en las que se establecen comportamientos de los actores participantes y se entrenan desde el punto de vista psicológico distintas alternativas de acción o la simulación de escenarios tanto inmersivos como no inmersivos.

La realidad virtual puede llevarse a cabo a través de diferentes métodos:

- A través de un simulador

  Los simuladores de conducción de vehículos, por ejemplo, dan a los usuarios a bordo la impresión de que están llevando un vehículo real,

ya que predicen el movimiento del vehículo al dar una orden y recibir la correspondiente respuesta visual y auditiva (al pisar el acelerador, el usuario percibe que el vehículo se mueve más rápido y cómo suben las revoluciones del vehículo). Los simuladores se han estado utilizando de forma efectiva para desarrollar sistemas, para mejorar la seguridad y estudiar factores humanos.

- Avatares

  Con los avatares los usuarios pueden unirse al entorno virtual de dos formas: eligiendo un avatar prediseñado con gráficos de ordenador o realizando una grabación de sí mismo a través de un dispositivo de vídeo.

  En el caso de la grabación a través de una cámara web, el fondo de la imagen se elimina para contribuir a una mayor sensación de realidad.

  La realidad virtual a través de avatares mejora la interacción entre la persona en sí y el ordenador, ya que esta forma es más efectiva que el sistema convencional de ordenador de escritorio.

- Proyección de imágenes reales

  En la proyección de imágenes reales aplicadas en la realidad virtual, el diseño gráfico de entornos reales juega un papel vital en algunas aplicaciones, como, por ejemplo, navegación autónoma o construcción del diseño gráfico de simuladores de vuelo.

  Este tipo de realidad virtual está ganando popularidad, sobre todo en los gráficos de ordenador, ya que mejora el realismo utilizando imágenes fotorrealistas y el proceso de modelaje es bastante más sencillo. A la hora de generar modelos realistas, es esencial registrar con exactitud datos en tres dimensiones (3D). Normalmente, se utilizan cámaras para diseñar pequeños objetos a corta distancia.

- Por ordenador

  Este tipo conlleva mostrar un mundo en tres dimensiones en un ordenador ordinario sin usar ningún tipo de sensor de movimiento específico. Muchos juegos de ordenador actuales utilizan recursos, como personajes y otros dispositivos con los que se puede interactuar, para hacer sentirse al usuario parte del mundo virtual. Una crítica común a este tipo de inmersión es que no se tiene sentido de visión periférica,

ya que el conocimiento que el usuario tiene de lo que pasa a su alrededor se limita a su entorno más cercano.

- Inmersión en entornos virtuales

  La mejor opción para vivir la realidad virtual es a través de una interfaz cerebro-máquina, que permite una comunicación directa entre el cerebro y un dispositivo externo. Un paso intermedio sería producir un *espacio virtual* usando un casco de realidad virtual donde las imágenes que aparecen en el casco están controladas a través de un ordenador.

1.2. Aplicaciones de la realidad virtual en defensa y seguridad

Cualquier aplicación que ponga en situación a través de los sentidos al usuario de tal forma que su cerebro tenga la percepción de estar realmente en esa situación es una potencial aplicación en defensa y seguridad. A continuación se enumeran algunas de las principales aplicaciones en las que la simulación mediante realidad virtual ayudaría a mejorar el adiestramiento militar.

1.2.1. Adiestramiento y entrenamiento militar

Una de las principales utilidades es, como ya se ha comentado anteriormente, el adiestramiento militar de situaciones comprometidas simulando de la forma más realista todo el entorno y la interactuación con él.

En el caso de una simulación virtual inmersiva, se busca que la realidad virtual sea totalmente envolvente utilizando una pantalla montada en la cabeza (HMD o *head-mounted displays*) que proporcione a la vista y al oído las sensaciones necesarias que hagan creer al usuario que se encuentra en una situación real. También se combina con trajes y guantes de datos que influyan en el tacto mediante la temperatura ambiente o las vibraciones que se produzcan en el campo de batalla o el arma de realidad virtual que reproduzca lo más fehacientemente posible su manejo. El entorno de entrenamiento es totalmente inmersivo, permite a los soldados entrenar a través de una amplia variedad de terrenos, situaciones y escenarios, y una mayor repetición en un corto periodo de tiempo.

La realidad virtual también se utiliza en la simulación de vuelo para la Fuerza Aérea que usan los pilotos tanto para aprender como para adiestrarse. El simulador se instala sobre un sistema de elevación hidráulico

que reacciona a las órdenes y eventos del usuario. Cuando el piloto dirige el avión, el módulo se gira e inclina para proporcionar retroalimentación. El simulador de vuelo puede variar desde un módulo completamente cerrado a una serie de monitores de ordenador que proporcionan el punto de vista del piloto. Las razones más importantes sobre el uso de simuladores educacionales con un avión real son la reducción de los tiempos de transferencia entre la formación en tierra y de vuelo real, la seguridad, la economía y la ausencia de contaminación.

De la misma manera, las simulaciones de conducción virtuales se utilizan para entrenar a conductores de carros de combate, de barcos o de lanchas en los conceptos básicos antes de que se les permita operar el vehículo real.

1.2.2. Condiciones NRBQ

Permite poder simular condiciones específicas de un ataque NRBQ (nuclear, radiológico, biológico, químico) como medio para definir y actualizar las tácticas, técnicas y procedimientos (TTP) de este tipo de guerra.

1.2.3. Psicología

En psicología, el uso de la realidad virtual ha sido bastante novedoso, ya que esta logra que el sujeto ya no se encuentre en una posición pasiva, puede moverse por el entorno e interactuar con él de diferentes maneras logrando que la interacción se haga más íntima y con ello ganar ergonomía.

Las aplicaciones principales que se han desarrollado hasta el momento tienen que ver con técnicas de exposición empleadas habitualmente para el tratamiento de las fobias. Los científicos Max M. North, Sarah M. North y Joseph K Coble trataron la aerofobia, fobia social y agorafobia, pero se ha avanzado también en otros campos, como los trastornos alimentarios. También existen ya numerosas aplicaciones de la realidad virtual para la rehabilitación psíquica y psicomotora.

Un estudio sobre acrofobia es el de Emmelkamp, en el que se compara la eficacia de una intervención mediante realidad virtual con la de un procedimiento de exposición en vivo en pacientes con miedo a las alturas y se realiza un seguimiento de seis meses. Se concluye que ambos procedimientos llevan a resultados similares.

Una utilidad para defensa puede ser el entrenamiento que se le proporciona a la fuerza antes de mandarla a zona de operaciones, ya no tanto desde el punto de vista táctico, sino más bien de cómo reaccionan psicológicamente los soldados ante determinadas situaciones críticas.

El grado de inmersión ha de ser suficiente como para que este tipo de simulación sea eficaz y tenga validez.

1.2.4. Medicina

La preparación del personal sanitario en operaciones bajo unas condiciones hostiles es fundamental para la supervivencia de los contingentes destacados en ZO. La simulación tanto de tratamientos traumatológicos o en cirugías como el ensayo de procedimientos para evacuaciones médicas puede ayudar a conseguir un rendimiento más eficaz y eficiente en situaciones reales.

El personal médico se forma a través de realidad virtual para hacer frente a una mayor variedad de lesiones. Se realizó un experimento con dieciséis residentes de cirugía donde a ocho de ellos se les formó a través de un entrenamiento virtual de colecistectomía laparoscópica (extirpación de la vesícula biliar). Estos realizaron la disección de la vesícula biliar un 29 % más rápido que el otro grupo.

La telemedicina, por otra parte, es una disciplina que está alcanzando un gran auge en los últimos tiempos. Un buen ensayo en virtual de este tipo de operaciones puede repercutir en un mejor servicio en el mundo real.

1.3. Principales retos tecnológicos de la realidad virtual en el ámbito militar

Los Ejércitos y la Armada le dan una especial relevancia a la similitud de lo simulado con la vida real, como no debería ser de otra forma. Esto, traducido a requisitos, quiere decir que el combatiente debe tener el mismo campo de visión con gafas que sin gafas, que el retroceso del arma debe ser perfectamente simulado, que el uso de baterías para el funcionamiento del sistema no debe interferir en el desarrollo de la misión o que el hecho de que se trasladen periféricos al arma no suponga una sobrecarga en el normal funcionamiento del fusil de asalto.

Habría que sopesar, desde el punto de vista de los operativos, si la inclusión de todos estos elementos como desventaja con respecto a la *realidad real* es más importante que las ventajas que puede conllevar el poder disponer de estos sistemas para el adiestramiento de los combatientes.

Si bien es cierto que la realidad virtual no es exactamente igual que la realidad, la inversión en desarrollos que poco a poco hagan que ese diferencial se minimice es necesario, puesto que, si no, se llegará a un punto de estancamiento que no permita a España estar en una posición puntera con respecto a esta tecnología.

Hay mucho en lo que avanzar, no solamente en lo que ya se ha abordado, como puede ser el movimiento inercial del combatiente mediante láser o sensores, en intentar no modificar demasiado la apariencia de los elementos (casco, fusil, guantes…) que se usan en la realidad o en que los escenarios sean cada vez más inmersivos, sino en otras circunstancias que podrían dar aún más realismo a la simulación, como pueden ser la simulación de condiciones meteorológicas (lluvia, viento, suelo helado…) o el encaramiento de elementos de puntería.

Desde los ejércitos se enfatiza que, para que estos desarrollos aporten algo realmente diferenciador con respecto a aquello de lo que ya disponen, deberían acercarse muchísimo más a la realidad. Y el camino no es otro que la realidad virtual avanzada.

SOPT

SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y
PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

2. ASPECTOS GENERALES DE LA JORNADA

2. ASPECTOS GENERALES DE LA JORNADA

La Jornada Tecnológica Simulación en el Ámbito de la Defensa se celebró el 24 de abril del 2018 en las instalaciones de la Jefatura de Apoyo Logístico (JAL) de la Armada.

La jornada fue el producto de las actividades de difusión del SOPT, enmarcadas en el trabajo habitual de sus observatorios tecnológicos. Esta difusión tiene como objetivo principal mejorar la interacción entre los centros vinculados al Ministerio de Defensa con la industria, centros tecnológicos y la universidad. En concreto, el Observatorio de Tecnologías de la Información, Comunicaciones y Simulación, perteneciente al SOPT, ha elaborado este estudio monográfico sobre los resultados de esta jornada.

La iniciativa de organizar esta jornada surgió con el fin de presentar, desde el Ministerio de Defensa, la situación actual de los sistemas de simulación y adiestramiento y los retos tecnológicos futuros a los que se deberán enfrentar.

Figura 2.1. Jornadas

Como conclusiones de la jornada, es importante destacar que su celebración originó un cruce de ideas, tendencias y puntos de vista enriquecedores y, para las empresas, resultó una buena oportunidad para conocer las necesidades de la simulación en defensa y poner un punto de partida a posibles colaboraciones entre ellas.

Durante la jornada se impartieron nueve ponencias, repartidas en tres bloques. En el primero de ellos se realizó un ejercicio de prospectiva tecnológica en el ámbito de la simulación, se ofreció una perspectiva global sobre las principales características y tipos de simuladores para el adiestramiento militar y se repasaron las principales actividades que se están llevando a cabo en el panorama internacional.

En el segundo de los bloques, tuvieron lugar las presentaciones por parte de los representantes de cada uno de los Ejércitos, en las que se mostraron los distintos simuladores actualmente en uso y las necesidades y demandas a futuro.

Por último, en el tercer bloque, se realizó un repaso de las diferentes actividades de I+D en el ámbito de la simulación impulsadas por el Ministerio de Defensa de España.

El título de las ponencias que se llevaron a cabo a lo largo de la jornada fueron las siguientes:

- *Back from the future*, D. Bernardo Martínez Reif, asistencia técnica del SOPT/SDG PLATIN/DGAM
- *Modelado y simulación: una perspectiva global*, GD. Roldán Tudela, Ejército de Tierra.
- *Simulación en el ámbito internacional* OTAN: NMSG-STO, CF. Federico Pérez Dueñas, MSCO Head
- *Simulación en ciberdefensa*, Tcol. Carlos Herrero, MCCD.
- *Desarrollo de conceptos y experimentación*, CF. Santiago Fernández Dapena, CCDC.
- *Simulación en el Ejército de Tierra*, Col. José Martín Llamas, MADOC.
- *Simulación en el Ejército del Aire*, Tcol. Eduardo Sánchez Pintado, Ejército del Aire.
- *Simulación en la Armada*, CF. Eduardo Gómez Quijano, GIMO/Armada.
- *I+D en el ámbito de la simulación*, Cte. Mario de la Fuente Martín, INTA.

Todas las presentaciones pueden consultarse en el anexo de este documento.

SOPT

SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y
PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

3. PRESENTACIONES

3. PRESENTACIONES

A continuación se incluye un resumen de las ponencias impartidas a lo largo de las jornadas, siguiendo el orden establecido durante estas.

3.1. Modelado y simulación: una perspectiva global

3.1.1. Introducción

El plan que sigue esta conferencia comienza con unas nociones generales sobre modelado y sus aplicaciones, para pasar a continuación a hablar de la simulación. Se recalcará su utilización y las áreas en las que su empleo está más extendido.

Dentro de esas áreas se prestará especial atención al uso militar de la simulación y, más particularmente, al uso de simuladores para la enseñanza, la instrucción y el adiestramiento. Se definirán los diferentes tipos de simuladores para el aprendizaje, de forma que se aprecie en qué casos se utiliza cada uno.

Como conclusión, se indicarán las distintas tecnologías que pueden producir un cambio sustancial en la simulación.

3.1.2. Modelado

Definición y usos:

Se definirá en primer lugar qué es un modelo.

> «Es una abstracción de la realidad, creada para representar de forma simplificada un sistema, entidad, fenómeno o proceso a través de un conjunto escogido de sus propiedades».

De esta definición es conveniente resaltar que un modelo es una **abstracción** de la realidad, que surge de la necesidad de **representar la parte** de esta realidad que interesa, para lo que se utilizan **determinadas propiedades**. En la elección de estas propiedades radica en gran parte el éxito del modelo.

Los modelos se utilizan desde muy antiguo. Sin embargo, ha sido necesario esperar al desarrollo de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones para que el modelado se generalice como una potente herramienta en una gran variedad de campos.

Los usos más corrientes del modelado, en relación con la parte de la realidad que representan, son:

- Describirla
- Analizarla
- Comprenderla
- Simularla
- Predecirla
- Comunicarla
- Jugar[1]

En último término, casi todos estos usos implican un componente de simulación, por lo que se puede decir que la simulación es la principal aplicación del modelado, lo que ha dado lugar a que se consideren juntas como una disciplina (M&S, *modelling and simulation*). También es corriente que por esta causa se produzcan confusiones entre ambos términos, llegando a intercambiarse erróneamente.

Tipos de modelos:

El origen de un modelo es una **abstracción**. La abstracción puede darse en distinto grado, según las necesidades y posibilidades. **Abstracción** y **realismo** se contraponen. Cuanto menos abstracto sea un modelo, más fácil se percibe como una representación de la realidad.

Clasificación de los modelos:

- **Modelos icónicos**: su apariencia es como el sistema real (reproducciones). Son modelos icónicos los físicos y a escala.

[1] Mercado de juguetes mundial: más de 90 000 millones de dólares en 2016, con un crecimiento anual del 6 %. Se espera llegar a 135 000 millones de dólares en 2020.

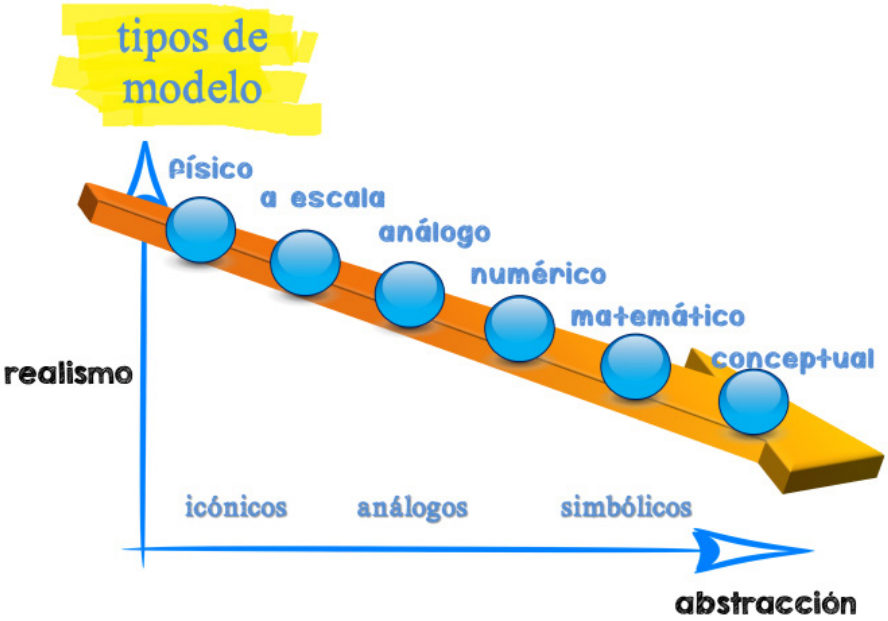


Figura 3.1. Tipos de modelos.

- **Modelos análogos**: algunas propiedades son similares al sistema real o varían como él.
- **Modelos simbólicos**: no es posible una correspondencia por analogía, utilizan conjuntos de símbolos abstractos (ecuaciones, notaciones, etc.). Son modelos simbólicos los numéricos, matemáticos y conceptuales.

Ejemplos:

- **Modelo físico**: piso piloto, prototipo.
- **Modelo a escala**: maqueta, muñeco.
- **Modelo análogo**: mapa, carta náutica.
- **Modelo numérico**: modelo digital del terreno.
- **Modelo matemático**: modelo balístico aplicando las leyes de Newton, las ecuaciones del rozamiento viscoso y la corrección por velocidad del viento.
- **Modelo conceptual**: el modelo del universo en expansión según lo enuncian los cosmólogos.

Condiciones de un buen modelo:

Un buen modelo debe reunir estas condiciones:

- **Validez:** para ser válido debe cumplir con la finalidad específica para la que va a ser utilizado y reproducir todas las características esenciales del sistema real. Es la condición más importante.
- **Verificación:** para verificar un modelo se comprueba que no da respuestas absurdas, sino resultados coherentes con el uso.
- **Sencillez:** su uso y control no debe ser complicado.
- **Evolución:** adquiere complejidad con el tiempo, a medida que se adapta a nuevas condiciones.
- **Relevancia:** se hace un modelo cuando se justifica por la importancia del problema a resolver, de forma que quede compensado su coste.

Proceso de modelado:

La construcción de un modelo es un proceso con **realimentación**.

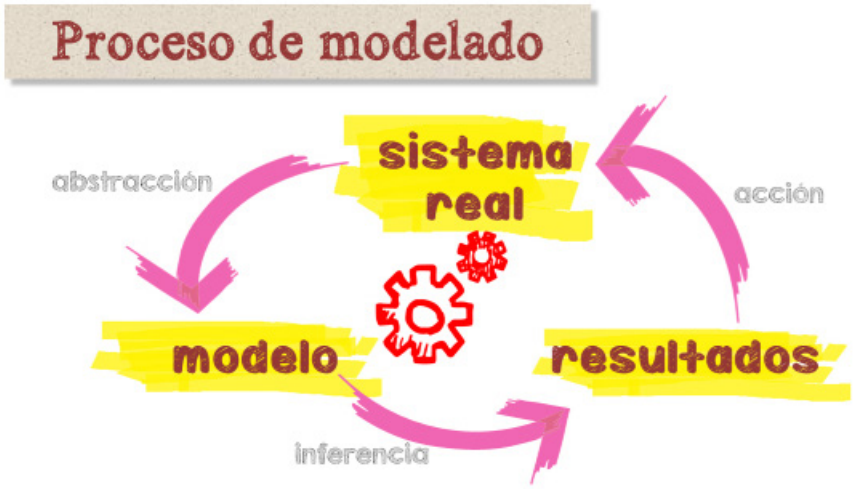


Figura 3.2. Proceso de modelado.

Partiendo de una abstracción mental sobre las propiedades que interesan del sistema real, se elabora un primer modelo que se refina y expresa formalmente. Este paso es el más importante y un buen modelador debe saber elegir bien qué propiedades escoger y cómo representarlas. La

formalización inicial del modelo requiere experiencia y facilita mucho los pasos posteriores.

Trabajando con el modelo se infieren unos resultados que se aplican al sistema real, apreciando la validez y exactitud del modelo. De esta acción se deducen las modificaciones necesarias para ajustar el modelo a la realidad, y el ciclo continúa hasta que se obtiene el grado de exactitud necesario.

Como se ha dicho antes, para ello, un modelo debe **validarse**: comprobar que sirva para el uso que necesitamos.

También debe **verificarse**, es decir, asegurarse de que no dé resultados incoherentes.

Hay que tener en cuenta que **un modelo nunca será exacto**, debido al proceso de abstracción y a que se han escogido solo las propiedades que nos interesan del sistema real.

Por lo tanto:

- No confundir nunca un modelo con el mundo real. Las consecuencias pueden ser desastrosas.
- Añadir al modelo una capa de sentido común y asegurarse de tener experiencia en el sistema real.

3.1.3. Simulación

Definición y usos:

La simulación se puede definir de la siguiente manera:

> «Es hacer que un modelo opere conforme a unas reglas definidas, para representar el comportamiento de un sistema, entidad, fenómeno o proceso sin que éste se vea afectado».

Una simulación no es más que poner en marcha un **modelo** y hacerlo funcionar a lo largo del tiempo con arreglo a unas reglas bien definidas.

Es importante señalar que el sistema real no se ve, por tanto, afectado, y en esto radica una de las principales ventajas de la simulación.

Otras ventajas importantes son:

- la flexibilidad en su empleo,
- resulta más económico que usar el sistema real,

- se puede controlar la variable tiempo en sistemas muy lentos (mutaciones genéticas) o muy rápidos (desintegración atómica).

Los usos de la simulación siguen propósitos muy diversos:

- análisis,
- educación o aprendizaje,
- experimentación,
- ingeniería,
- adquisiciones,
- apoyo a la decisión,
- juego.

Entre ellos se encuentra el aprendizaje. Curiosamente, también se usan para jugar y esto aportará cierto valor a la simulación para el aprendizaje, como se verá más adelante.

¿Cuándo conviene simular?

Es primordial saber cuándo se debe recurrir a la simulación. A veces no resulta conveniente o es contraproducente. Se debe simular cuando:

- No existe formulación matemática (comportamiento de un cliente en un banco), o bien es tan compleja que no se puede resolver (reactor nuclear) y es preferible recurrir a simplificaciones y análisis por ordenador.
- El sistema real se está diseñando, por lo que no existe todavía.
- No se puede experimentar con él debido a impedimentos de tipo:
  - económico,
  - de seguridad,
  - éticos u otros.
- Evolución lenta, como la del clima; o rápida, como una explosión.

Es importante deslindar la simulación de la realidad. Por tanto, es necesario:

- aplicar el sentido común para conocer los límites de la simulación,
- tener experiencia en el sistema real.

Áreas de aplicación de la simulación:

Son muy variadas. Ente las principales, se pueden citar:

- ciencias,
- infraestructuras, transportes y energía,
- defensa,
- seguridad, defensa civil y emergencias,

- economía y finanzas,
- salud,
- extracción y producción,
- sistemas agropecuarios,
- telecomunicaciones y sistemas de información,
- logística y distribución,
- política y estrategia,
- organización.

Entre todas estas áreas de aplicación de la simulación en la sociedad actual, la más relevante para estas jornadas son los usos en la defensa.

Conforme avance la técnica, se abrirán nuevas áreas, por lo que la simulación se puede considerar un multiplicador en el progreso.

3.1.4. Simulación militar

Usos militares de la simulación:

Las aplicaciones militares son variadas, algunas en campos clásicos importantes, como el apoyo a la decisión, la organización o la gestión de personal. En la actualidad, las principales son:

- apoyo a la decisión,
- planes,
- enseñanza,
- instrucción,
- adiestramiento,
- mando y control,
- guerra electrónica,
- ciberdefensa,
- asistencia sanitaria,
- logística,
- telecomunicaciones y sistemas de información,
- gestión de personal,
- lecciones aprendidas,
- organización.

Se está observando cómo aparecen nuevos campos de aplicación, como el de la ciberdefensa. También hay campos en los que se usaba de forma limitada, como la asistencia sanitaria, y que han visto crecer su empleo notablemente al compás de los avances tecnológicos.

A continuación, se mencionarán los tipos de simuladores militares más empleados en la actualidad. Son los simuladores para enseñanza, instrucción y adiestramiento.

- **Enseñanza**: capacita para ejercer la profesión y especialidades o empleos, permitiendo entrar en la profesión, ascender, especializarse. Tiene más que ver con la carrera militar.
- **Instrucción**: adquirir conocimientos o destrezas para desempeñar un puesto táctico. Se refiere a la preparación individual para el combate.
- **Adiestramiento**: adquirir conocimientos o destrezas para el trabajo en equipo. Es la preparación colectiva para el combate de equipos y unidades militares.

Tipos de simuladores para enseñanza, instrucción y adiestramiento:

Tradicionalmente se consideran tres tipos de simuladores para el aprendizaje.

La **simulación en vivo** es aquella en la que actúan personas reales, con réplicas de equipos o equipos reales adaptados, en entornos reales (a veces simulados). Aquellos sistemas que, por medio de réplicas o accesorios para equipos reales (designadores láser de blancos, sensores, etc.), permiten simular resultados de acciones de combate. El usuario actúa en primera persona.

En la **simulación virtual**, personas reales actúan con equipos simulados dentro de entornos y ambientes simulados. En este caso se emplean principalmente ordenadores, pantallas, maquetas y otros equipos electrónicos para presentar al usuario un entorno con la apariencia lo más realista posible. El usuario utiliza una representación de sí mismo en primera persona.

La **simulación constructiva** se define como aquella en la que intervienen personas u organizaciones simuladas, empleando equipos simulados, en ambientes o sistemas simulados. Este caso se diferencia de la simulación virtual en que el usuario del sistema observa un mayor nivel de abstracción y ya no maneja una representación de sí mismo dentro del entorno simulado, sino que opera con un conjunto de personas u organizaciones simuladas que actúan conforme a la operativa del simulador y sufren los efectos determinados por este.

Figura 3.3. Tipos de simuladores E/I/A.

No existe una delimitación clara entre los distintos tipos, y los límites serán cada vez más difusos.

La aparición de los *serious games* se debe a la enorme evolución del mercado de los videojuegos[2], al consiguiente abaratamiento de los productos comerciales y a la limitación presupuestaria generalizada para gastos de defensa. Se utilizan como simuladores constructivos a nivel inferior a brigada y a veces como simuladores virtuales, o ambos a la vez.

Arquitectura distribuida:

Este concepto ha sido desarrollado y puesto en marcha por el ejército de los EE. UU. Las siglas LVC IA se corresponden con *live-virtual-constructive integrated architecture* o 'arquitectura integrada en vivo-virtual-constructiva'.

Consiste en interconectar los distintos simuladores formando un sistema de simulación que aproveche todos los recursos disponibles. En el Ejército español se utiliza un concepto parecido, que es el de federación de simuladores.

[2] El mercado de los videojuegos se calcula en 150 000 millones de dólares en 2017, con más del 40 % en móviles y la mitad de los ingresos en China. Se estima un crecimiento anual del 7,9 %, por lo que en 2020 supondrá 200 000 M $.

Para ello, es necesario que, por diseño, los simuladores cumplan con unos estándares que permitan comunicarse entre sí y conectar sus bases de datos. El estándar más usado actualmente es el HLA *(high level architecture* o 'arquitectura de alto nivel').

Posteriormente, es preciso conseguir la integración no solo a nivel de datos, sino que los simuladores se integren en una estructura de una jerarquía superior.

Finalmente, por economía de medios, es muy conveniente poder reutilizar elementos y componentes en diferentes simuladores.

3.1.5. Conclusión

Hay varios campos tecnológicos que actualmente están en pleno desarrollo y que influirán en gran medida en el futuro de la simulación. Por citar los más significativos:

- datos masivos *(big data)*,
- inteligencia artificial,
- almacenamiento y procesamiento en la nube,
- realidad virtual,
- mejoras en el *hardware* de los equipos y gran incremento en el ancho de banda de las telecomunicaciones,
- arquitectura distribuida de simuladores.

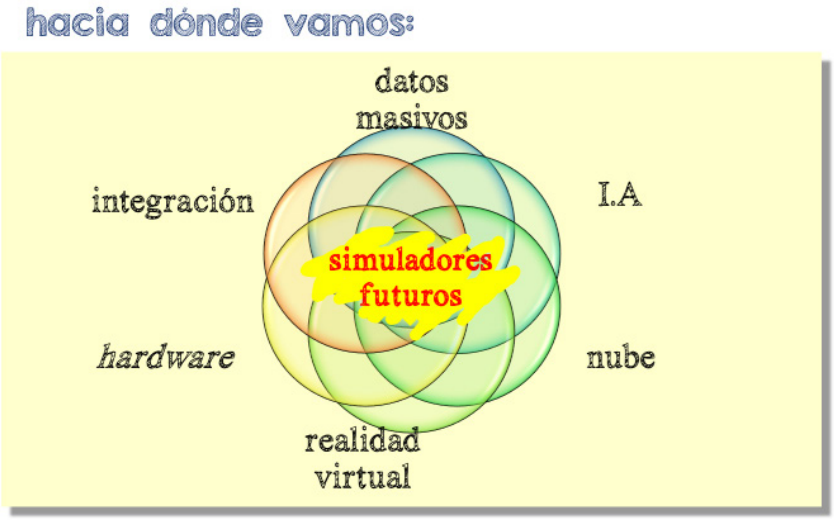


Figura 3.4. Simuladores futuros.

La combinación de la inteligencia artificial con las técnicas de datos masivos y la realidad virtual dará lugar a un nuevo tipo de simuladores, de gran realismo, capaces de funcionar en tiempo real, con menos operadores y capaces de simular situaciones complejas, cambiantes e inesperadas. Por otra parte, las mejoras en los otros campos permitirán un acceso rápido y eficaz a los simuladores desde cualquier ubicación, de forma que se podrán adiestrar unidades completas sin desplazamientos y ejercitando los diversos escalones, desde el combatiente hasta el cuartel general o puesto de mando de forma distribuida.

Como consecuencia, en los próximos años cambiará el panorama de la simulación y es probable que tengamos que repensar las clasificaciones y estructuras actuales.

Sin embargo, la necesidad y las ventajas de la simulación no cambiarán.

3.2. Simulación en el ámbito internacional OTAN: NMSG-STO

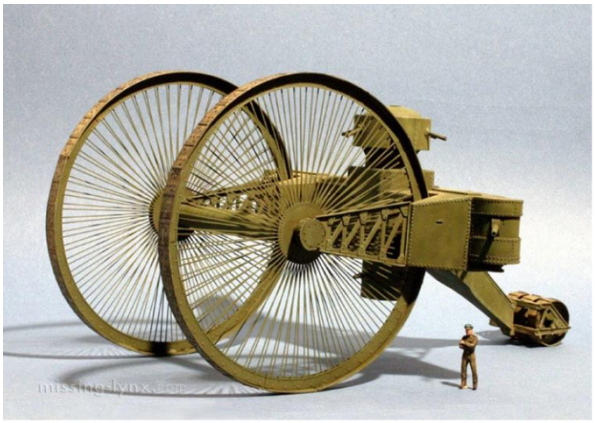
3.2.1. Introducción

Cuando se habla de simulación en la OTAN, antes hay que entender dónde está encuadrada en el organigrama de la OTAN, cuál es su filosofía de trabajo, es decir, cómo se gestionan los diferentes grupos de investigación y cómo es ese motor que permite el desarrollo científico. Este conocimiento permite tener una mejor idea de las ventajas y oportunidades que ofrecen estos grupos de trabajo y los resultados que se pueden esperar de ellos. Por ello, la presentación se ha estructurado en las siguientes partes: descripción de la Science and Technology Organization (STO) y del NATO Modelling and Simulation Group (NMSG), ejemplos de las diferentes actividades que se llevan a cabo en el NMSG, cuáles son las líneas de investigación a corto y medio plazo, para terminar con las conclusiones de la presentación.

3.2.2. Science and Technology Organization (STO)

Para entender en qué consiste la STO, lo mejor es utilizar varios ejemplos, no solo para describir cómo funciona, sino también para mostrar qué es lo que intenta evitar. El primero de ellos es una frase de Henry Ford: «If I had asked people what they wanted, they would have said faster horses». Esa misma respuesta se podría obtener de un militar ajeno a

lo que la tecnología puede ofrecer cuando se le pregunta qué es lo que quiere. Si, por el contrario, se permite a los científicos desarrollar nuevos sistemas, sin consultar antes a los militares qué es lo que realmente necesitan, se pueden encontrar con sistemas como el *tsar tank* (figura 1), un tanque desarrollado por los rusos antes de la Primera Guerra Mundial con enormes ruedas delanteras para evitar todo tipo de obstáculos. Pero, debido a errores de cálculo del peso, la rueda trasera se atascaba con facilidad en terreno blando y zanjas, haciendo que las ruedas delanteras fueran a veces insuficientes para desatascarlo. El tanque fue abandonado en el lugar de las pruebas, a unos sesenta kilómetros de Moscú, hasta que fue desmantelado como chatarra en 1923.



Russian Tsar Tank: 40 t and 17 km/h

Figura 3.5. Tsar tank.

Para evitar este tipo de situaciones, la STO reúne en un mismo proyecto de investigación a militares, científicos y académicos, siguiendo la filosofía del científico americano Theodore von Karman, cuya forma de trabajar quedó claramente reflejada en la siguiente frase: «Scientific results cannot be used efficiently by soldiers who have no understanding them, and scientist cannot produce results useful for warfare without an understanding of the operations». Este pensamiento se ve reflejado en la organización de la OTAN, con una doble dependencia de la STO, por una parte, del Comité Militar y, por otra parte, de la Conferencia de Directores de Armamento Nacionales (CNAD).

Dentro de la STO, se encuentra la Collaboration Support Office (CSO), que proporciona un entorno de colaboración y apoyo a las actividades de ciencia y tecnología llevadas a cabo a través de los comités científico y técnico. El verdadero motor de ese esfuerzo tecnológico son los más de cinco mil científicos que participan de forma activa en las siete áreas de investigación de la STO. Esta red de científicos es la que ha permitido que se estén realizando más de 250 actividades de investigación cada año. Además, estos científicos están en contacto a nivel nacional con un red de científicos mucho más extensa, de más de quinientos mil científicos.

Las siete áreas de investigación, llamadas paneles, de la STO son las siguientes:

- Applied Vehicle Technology (AVT): este panel se esfuerza por mejorar el rendimiento, la confiabilidad, la asequibilidad y la seguridad de los vehículos mediante el avance de las tecnologías apropiadas.
- Human Factors and Medicine (HFM): este panel busca optimizar la salud, la protección humana, el bienestar y el rendimiento del ser humano en entornos operativos con consideración de la asequibilidad.
- Information Sciences Technology (IST): este panel intenta avanzar e intercambiar tecnologías apropiadas para proporcionar información oportuna, asequible, confiable, segura y relevante y mejorar los sistemas C3I *(command & control, communications and intelligence)*, haciendo especial enfoque en la interoperabilidad y la seguridad cibernética.
- Modeling and Simulation Group (NMSG): este grupo se encarga de promover la cooperación entre los organismos de la Alianza, las naciones miembros de la OTAN y las naciones afines para maximizar el uso efectivo del modelado y la simulación.
- System Analysis and Studies (SAS): este panel realiza estudios y análisis de naturaleza operacional y tecnológica, y promueve el intercambio y desarrollo de métodos e instrumentos para el análisis operacional aplicado a los problemas de defensa.
- System Concepts and Integration (SCI): este panel trabaja en el conocimiento sobre los sistemas avanzados, conceptos, integración, técnicas de ingeniería y tecnologías en todo el espectro de plataformas y entornos operativos para asegurar capacidades rentables.
- Sensors and Electronics Technology (SET): este panel se centra en la tecnología electrónica y sensores pasivos/activos (en lo que res-

pecta a reconocimiento, vigilancia, adquisición de objetivos, guerra electrónica, comunicaciones, navegación) y para mejorar las capacidades del sensor a través de integración/fusión multisensor a fin de mejorar la capacidad operativa.

Al ser la simulación una tecnología transversal a todas las áreas de investigación, es importante conocer cuáles existen en la OTAN, ya que en cada una de ellas se pueden encontrar proyectos relacionados de forma directa o indirecta con la simulación.

3.2.3. NATO Modelling and Simulation Group (NMSG)

Es precisamente el NMSG, y las actividades realizadas en el ámbito del modelado y la simulación (M&S) el objeto de esta presentación. Un aspecto muy importante de este grupo es que tiene un *master plan* que establece cuál es la visión de la OTAN y los principios rectores sobre el uso de M&S en apoyo de la misión de la OTAN; determina el impacto que tendrá esta visión en las áreas de aplicación de M&S, y presenta los objetivos y las acciones de M&S requeridos para alcanzar la visión. Además, NMSG es la autoridad delegada de estandarización de la OTAN en el ámbito del modelado y simulación desde 2005.

Una de las preguntas que suelen surgir en todas las presentaciones es cómo se generan los proyectos de investigación. El proceso en sí es bastante sencillo, tal y como se puede apreciar en la figura 2. Inicialmente, científicos del grupo hacen un seguimiento del estado del arte de las tecnologías y, cuando detectan que alguna de ellas es lo suficientemente madura como para aplicarla al modelado o a la simulación, lo refleja en una tarjeta de tigilancia Tecnológica (*technology watch card*, TWC). En paralelo, otros científicos intentan determinar en qué áreas el NMSG debería estar trabajando y no lo hace. Con toda esta información se propone un equipo de exploración *(exploratory team)* para que trabaje en las nuevas ideas y haga una propuesta de investigación claramente definida, con unos objetivos claros. Esta propuesta se eleva al Science Technology Board (los países participantes en la STO) para su aprobación. Tras su aprobación, comienza realmente el trabajo de investigación, que puede durar de uno a tres años. El resultado de ese trabajo queda reflejado en un informe final que puede incluir propuestas para otros trabajos, demostraciones tecnológicas, estándares o incluso productos finales (herramientas, bases de datos…).

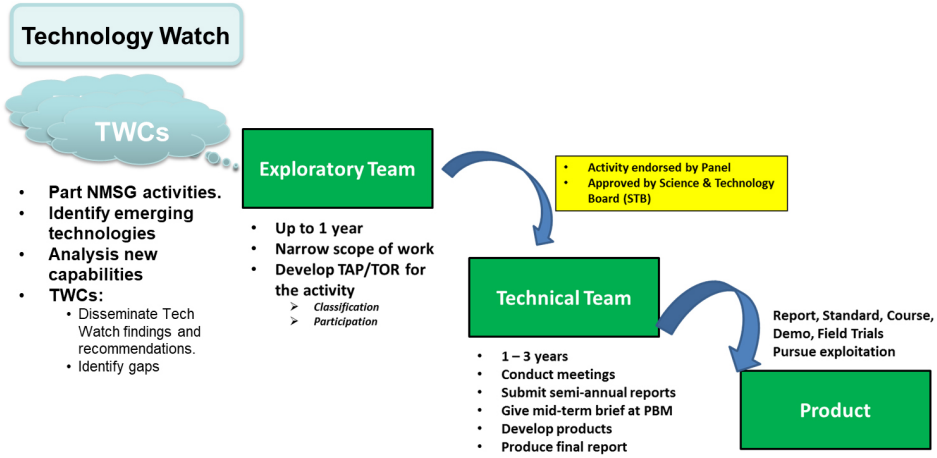


Figura 3.6. Proceso seguido en la generación de proyectos.

Como se comentó con anterioridad, el NMSG es la autoridad delegada de estandarización en modelado y simulación de la OTAN. Por ello, trabaja en estrecha colaboración con organismos internacionales como SISO (Simulation Interoperability Standards Organization), que es la Organización de Desarrollo de Normas Civiles de interés para M&S de la OTAN.

Ese trabajo conjunto se refleja en los siguientes documentos promulgados:

- STANAG 4603: *High Level Architecture.*
- STANAG 4662: *Synthetic Environment Data Representation and Interchang*e Specification (SEDRIS): Environmental Data Coding Specification (EDCS).
- STANAG 4663: SEDRIS: Spatial Reference Model (SRM).
- STANAG 4664: SEDRIS: Functional Specification And Transmittal Format.
- AMSP-01(D): NATO M&S Standards Profile.
- AMSP-04: NETN *FEDERATION ARCHITECTURE AND FOM DESIGN* (STANREC 4800).

Además, en breve se van a promulgar los siguientes:

- AMSP-02: NATO MSaaS *Governance and Policies* (STANREC 4794)
- AMSP-03: *Guidance for M&S Standards in CAX with Distributed Simulation* (STANREC 4799).
- AMSP-05: NATO CAX *Handbook* (STANAG 4801).

– AMSP-06: *Guidance for M&S Standards for Next Generation of* NATO *Reference Mobility Model* (STANAG 4813).

Como ya se comentó, existe una excelente colaboración con SISO en la elaboración de estándares de interés para la OTAN, como C*oalition Battle Management Language* (C-BML), *Generic Methodology for Verification and Validation* (GM V&V) o *Urban Combat Advanced Training Technology* (UCATT).

De todos estos documentos y estándares, hay que resaltar el AMSP-01, que es un documento vivo que tiene la intención de establecer una comprensión común de la terminología asociada con la estandarización de M&S, mantener una lista de los estándares existentes (y estándares emergentes) aplicables al dominio de M&S y proporcionar recomendaciones al NMSG y las organizaciones de desarrollo de estándares (SDO) para las nuevas prioridades de estandarización basadas en las áreas identificadas donde se necesitan estándares adicionales.

3.2.4. Proyectos de investigación del NMSG

Los proyectos que se describen a continuación son solo algunos ejemplos de las áreas en las que está trabajando el NMSG.

— *Mission Training through Distributed Simulation Operations* (MTDS)

Uno de los principios básicos en los que debe trabajar el NMSG, de acuerdo con el NMSG *Master Plan*, es la **interoperabilidad**. Un claro ejemplo de este esfuerzo es el Proyecto MTDS, cuyo objetivo es implementar una capacidad de entrenamiento táctico colectivo combinado y conjunto aéreo persistente para apoyar la preparación operacional del adiestramiento colectivo en combate aéreo tanto a nivel nacional como a nivel OTAN.

Para analizar la complejidad de la implementación de esta capacidad se realizaron varios experimentos con simuladores de aeronaves de diferentes países, desde el más sencillo, con un enfrentamiento de un caza contra otro caza, hasta el experimento más complejo, un COMAO (incluyendo combates aire-aire y aire-superficie). En estos experimentos participaron dos simuladores F-16 de Holanda, un Eurofighter de Alemania, un Rafale de Francia, un E3A de la OTAN y cuatro F-18 de Canadá. En la siguiente figura se puede observar la solución técnica utilizada en el último experimento.

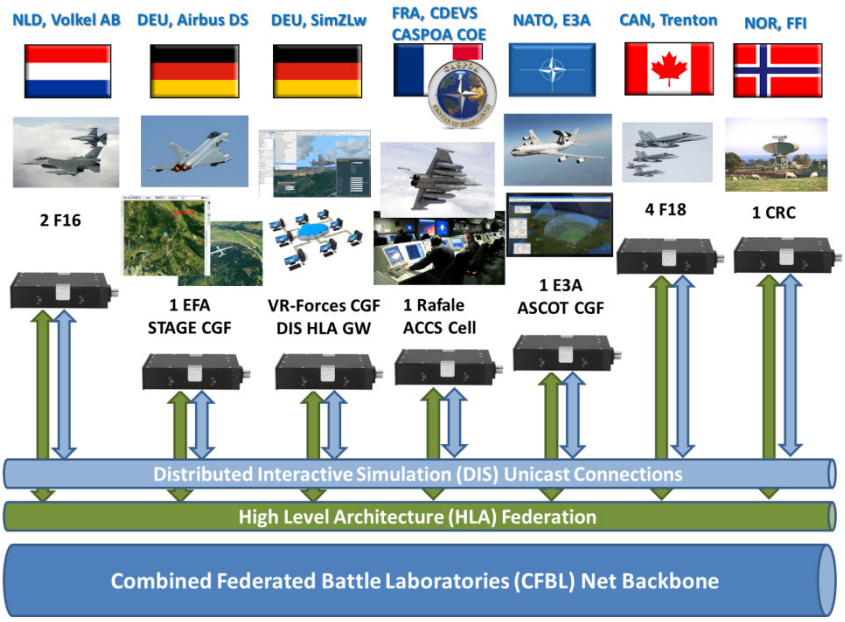


Figura 3.7. Arquitectura técnica utilizada en los experimentos del MTDS.

El proyecto actual está en su segunda fase, en donde buscan proporcionar capacidades para la preparación de misiones y evaluación operacional de sistemas aéreos y C2 en todas las funciones básicas relacionadas con las operaciones aéreas, incluidos los componentes terrestres y marítimos pertinentes, así como los componentes JISR (AGS, UAV).

— *Modelling and Simulation as a Service* (MSaaS)

Uno de los objetivos del NMSG es establecer un **marco técnico común** que fomente la interoperabilidad y la reutilización de modelos, y, por ello, el grupo MSaaS está trabajando en una nueva arquitectura que permita ese marco técnico común.

El modelado y simulación como servicio es la combinación de enfoques basados en servicios con ideas tomadas de la computación en la nube. Este paradigma *como servicio* debe ser compatible con el uso independiente de la simulación, así como con la integración de múltiples sistemas simulados y reales en un entorno unificado siempre que sea necesario. El marco aliado para MSaaS es el enfoque común de la OTAN y las naciones para la implementación de MSaaS con el fin de facilitar a la comunidad de usuarios nuevas formas de adiestramiento y de trabajo en un mismo entorno, de aumentar su efectividad operacional, ahorran-

do costes y esfuerzos, de forma que dichos servicios estén disponibles bajo demanda y que se puedan ofrecer de una manera flexible y más adaptativa.

En la siguiente figura se puede apreciar la relación entre todos los actores involucrados en este marco común. Por un lado, se tiene a los proveedores (parte superior), que se encargaran de proporcionar bases de datos, productos y procesos de simulación. Por otro lado, estarán los usuarios, que utilizarán esta capacidad para ejecutar simulaciones en cualquier momento en que lo requieran, independientemente de dónde se encuentren (en un centro de formación, de adiestramiento, en un barco, en operaciones…) e independientemente del dispositivo (PC, portátil, *smartphone*, sistemas de mando y control…), y el comienzo de los ejercicios se podrá hacer bajo demanda. El acceso a los servicios se hará a través de un portal que les permitirá descubrir que servicios existentes, integración de los servicios y ejecutarlos.

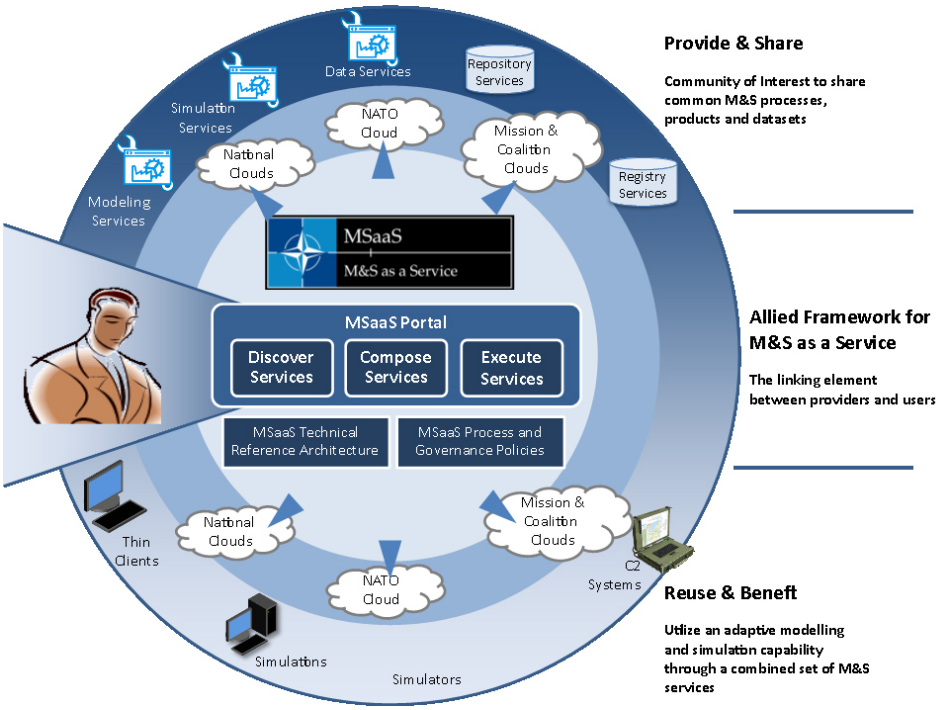


Figura 3.8. Esquema de todos los actores involucrados en MsaaS.

— *Urban Combat Advanced Training Technology* (UCATT)

Los estudios de la OTAN indican que las áreas urbanas son los campos de batalla más probables en el siglo XXI. El adiestramiento en vivo a nivel multinacional es cada vez más importante en la preparación para misiones, puesto que a menudo se realizan operaciones formando parte de una coalición.

Para llevar a cabo ejercicios de entrenamiento con una filosofía de *train as you fight*, es vital disponer de sistemas con la fidelidad e interoperabilidad adecuadas en los equipos de entrenamiento de simulación en vivo ***(live simulation)***.

UCATT ha desarrollado una arquitectura funcional genérica para sistemas de entrenamiento de simulación en vivo, que esencialmente consiste en el diseño de un centro de entrenamiento de combate en vivo. Utilizando una interfaz de interacción láser común, UCATT ha desarrollado el primer estándar de interfaz internacional en simulación en vivo.

Estos son solo algunos de los éxitos alcanzados por este grupo:

- o Estándar SISO para UCATT *Laser Engagement.*
- o Guía SISO para UCATT *Live Simulation Standards and Architecture.*
- o Referencia SISO para UCATT *Ammunition Table.*
- o Los miembros del equipo UCATT fueron premiados por SISO por el desarrollo estándares.

— *C2 and Simulation systems (C2SIM) interoperability*

La **interoperabilidad entre sistemas de mando y control y de simulación** (C2SIM) es necesaria para respaldar actividades militares, tales como preparación de la fuerza, apoyo a operaciones y desarrollo de capacidades. Actualmente, para alcanzar esa interoperabilidad con diferentes fabricantes o naciones con interfaces propietarias se requiere tiempo y dinero en su desarrollo y hay que mantenerlas. Además, en muchos casos, estas interfaces específicas de cada proveedor requieren la intervención humana durante la definición, inicialización y ejecución del escenario militar. La interfaz llamada *silla giratoria* implica alimentar a los operadores de simulación con información que deben traducir manualmente en instrucciones para que los simuladores las puedan procesar.

Desarrollar estándares que definan una interfaz común para el intercambio de información militar entre los sistemas C2 y simulación podría suponer una importante reducción de costes y facilitar en gran medida la integración de sistemas. Los beneficios de estandarizar la interoperabilidad C2SIM incluyen: reducción de costes y de carga de trabajo, menos tiempo en la preparación del escenario y mayor realismo y efectividad general.

Los estándares *Coalition Battle Management Language* (C-BML) (SISO-STD-011-2014) y *Military Scenario Definiton Language* (MSDL) (SISO-STD-007-2008), desarrollados por SISO para facilitar la ejecución e inicialización de escenarios, se han identificado como tecnologías clave para la interoperabilidad C2SIM.

Actualmente, el enfoque que se ha planteado para esa interoperabilidad es desarrollar un estándar unificado de MSDL y C-BML que satisfaga las necesidades más amplias de la coalición de una manera que se pueda adaptar a las necesidades específicas de cada situación particular.

Para poder analizar y probar ese nuevo estándar C2SIM, este grupo de trabajo ha creado una C2SIM *sandbox*. Esta *sandbox* es un entorno persistente de red privada virtual que se utiliza para probar y demostrar la implementación en los sistemas C2 y de simulación de los estándares C-BML, MSDL, pero también del nuevo estándar C2SIM cuando esté disponible.

— *Crisis and Disaster Management Response* (CMDR)

Nuestro entorno de seguridad actual está marcado por conflictos persistentes y constantes cambios, ya que el futuro trae incertidumbre por las crisis originadas por el hombre, donde los actores oportunistas aprovechan el caos. Además, hay una creciente competencia por los recursos naturales y un impacto disruptivo de la migración y el extremismo violento. Como la acción militar por sí sola no es suficiente para prevenir o gestionar estas crisis, para garantizar el éxito en las operaciones se requiere una mayor **interacción entre los actores militares y civiles** en todos los niveles, antes y durante la gestión de la crisis.

Para mejorar la interrelación entre las organizaciones civiles y militares que se enfrentan a crisis y desastres, es necesario desarrollar una arquitectura de referencia (figura 5) y demostrar que la solución técnica permite realizar pruebas de forma rápida, razonable y efectiva de los planes de respuesta ante crisis/desastres y proporcionar un entorno de simulación

distribuida que permita el adiestramiento de los militares en tareas para las que no están preparados.

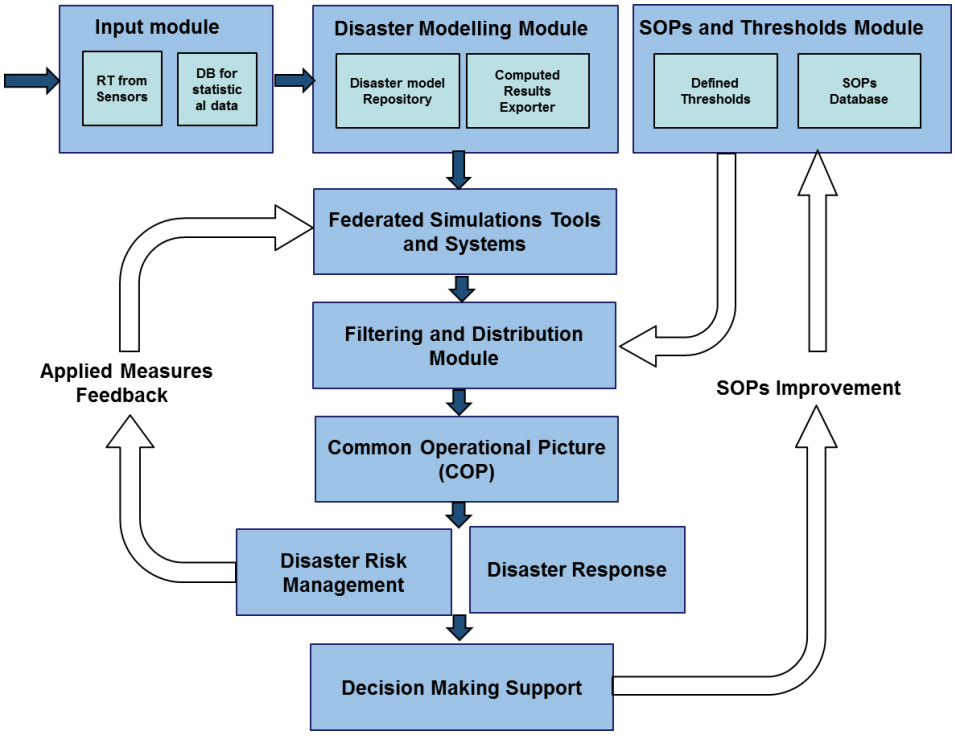


Figura 3.9. Solución técnica CMDR.

— NATO *Modelling and Simulation Professional Corps Development*

Desde el comienzo de la era de la información, los sistemas de modelado y simulación de la OTAN y de las naciones han proporcionado apoyo a la Alianza en adiestramiento, educación, toma de decisiones; adquisición de sistemas; desarrollo de conceptos y experimentación y en otras áreas. A pesar del alto grado de confianza en estos sistemas, no ha habido una formalización de la cualificación que se requiere para el personal de la OTAN o de las naciones en lo que se refiere a la planificación y gestión en el uso de estos sistemas. Definir el conocimiento esencial y establecer estándares profesionales para el modelado y la simulación OTAN mejorará el rendimiento de la OTAN y las naciones y proporcionará un mayor beneficio para la Alianza.

Por ello, este grupo quiere desarrollar un portafolio profesional de **educación** y **capacitación** en M&S y un proceso de certificación que respalde de manera más efectiva los requisitos nacionales de modelado y simulación de la OTAN. Ampliar el conocimiento de modelado y simulación, aumentar la conciencia y contribuir a la mayor estandarización de las actividades de M&S en toda la OTAN.

— *Low Slow Small* (LSS) *Threats M&S*

Ahora se reconoce que las plataformas aéreas LSS, comúnmente identificadas como *drones*, representan una amenaza significativa para los países miembros de la OTAN y también para las fuerzas de la coalición desplegadas. La amenaza principal de los drones proviene de tres clases de UAV: micro, mini y pequeño. La variedad de formas, tamaños y capacidades de vehículos/sistemas no tripulados refleja la diversidad de las misiones para las que están diseñados o son capaces de realizar. Su uso se concibió inicialmente para operaciones de reconocimiento y vigilancia, pero lentamente su uso se está enfocando cada vez más en operaciones ofensivas y de combate. Muchos expertos consideran que los drones pequeños y minis pueden afectar la seguridad y privacidad nacional, ya que pueden adquirirse fácilmente, transportarse en cualquier momento y en cualquier lugar y pueden ser casi indetectables cuando vuelan, debido a que tienen una firma muy baja. Los drones pequeños y minis ya son una realidad operativa militar, pero los microdrones se usan cada vez más, dadas sus características únicas. A medida que la tecnología continúe avanzando, será más fácil y menos costoso construir drones cada vez más pequeños.

El objetivo del grupo de trabajo es tener en cuenta la variedad de drones con el fin de definir **modelos** desde diferentes puntos de vista con el fin de crear modelos que puedan ser utilizados para el análisis y diseño de sistemas contra-UAV (C-LSS), tanto desde el punto de vista de detección como de neutralización. El LSS se puede modelar con respecto al comportamiento durante el vuelo, describiendo el perfil de vuelo, incluidas las maniobras disponibles y las condiciones meteorológicas (viento, lluvia, etc.) que impactan en ellas; la firma contra diferentes tipos de detectores, ya que se ha afirmado la necesidad de tener múltiples sensores para tener la capacidad con cierta probabilidad de detectar objetos tan pequeños, y las tácticas de defensa que se simularán para una neutralización adecuada de las amenazas.

— Data Farming Services for Analysis and Simulation-based Decision Support

Data farming es una metodología basada en la simulación que respalda la **toma de decisiones** militares a lo largo del desarrollo, análisis y refinamiento de las diferentes líneas de acción. Cuando se ejecutan muchas simulaciones del mismo escenario variando los diferentes parámetros que intervienen en la simulación, se puede explorar una gran variedad de alternativas para que los mandos puedan tomar decisiones más informadas y sólidas. Paradójicamente, este método también se puede utilizar para eliminar la inmensa cantidad de información conocida y permitir que los mandos y el personal mejoren el conocimiento del entorno que se esté analizando.

El *data farming* permite analizar la incertidumbre y descubrir resultados inesperados que pueden conducir a hallazgos que permitirán a los mandos encontrar soluciones más robustas y minimizar las posibles sorpresas en los dominios de planificación de defensa, operaciones, capacitación y desarrollo de capacidades.

Este grupo de trabajo desarrolló una herramienta para la visualización y análisis para la ayuda en la toma de decisiones de las diferentes líneas de acción, llamada DFTOP *(data farming decision support tool for operation planning)*. Además, desarrolló un modelo cibernético DACDAM *(data-farmable actionable cyber defense agent-based model)* para generar datos de los posibles efectos de ataques cibernéticos genéricos para que puedan ser analizados posteriormente con DFTOP.

3.2.5. Futuro del NMSG

EL NMSG, en su esfuerzo por trabajar en todas las áreas de interés, en los próximos años va a poner especial interés en:

- M&S para adquisición de sistemas.
- *Cyber defense*. Hay una propuesta para un nuevo grupo de trabajo para analizar los 10 efectos más relevantes en un ataque cibernético.
- Inteligencia artificial en apoyo de la toma de decisiones militares.
- Entrenamiento táctico distribuido conjunto. Esta actividad es una continuación del trabajo realizado en MTDS.
- Modelado del comportamiento humano.

– M&S como servicio: como columna vertebral de algunas actividades y demandas de simulación nacional.

Con el fin de tener una idea más acertada sobre qué tecnologías hay que tener en cuenta, el NMSG consultó a los representantes de los países integrantes del NMSG cuáles eran en su opinión las tecnologías más relevantes que tener en cuenta a corto plazo, y el resultado fue el siguiente, ordenado en función de su interés:

– cross domain security/multi-level security,
– *mixed reality/augmented reality,*
– *social media,*
– *training on demand,*
– *man-machine teams,*
– *mobile platforms,*
– *deep learning,*
– *non-lethal weapons,*
– *cyber attacks,*
– *artificial intelligence avatars.*

3.2.6. Conclusión

El modelado y la simulación es una tecnología crítica para apoyar operaciones actuales y futuras. Las actividades de arquitectura y normalización de M&S son fundamentales para gestionar la complejidad y explotar el potencial de M&S nacional y de la OTAN.

El modelado y la simulación contribuyen a salvar vidas, ahorrando tiempo y dinero y preparando a los militares mejor y más rápido.

3.3. Simulación en ciberdefensa

3.3.1. Introducción

Diariamente, los sistemas de información se enfrentan a miles de ataques sobre sus recursos de red en todo el mundo y la información que contienen.

Entre dichos ataques y su éxito se interpone el personal que se encarga de la administración, operación, mantenimiento y ciberdefensa de los

sistemas y redes de las organizaciones de las Fuerzas Armadas y el Ministerio de Defensa.

Este personal y medios a su cargo requiere de mucho tiempo, formación y práctica para llegar a actuar conjuntamente de forma coordinada y oportuna, llegando a alcanzar el alto grado de eficacia que se requiere para garantizar un nivel de seguridad aceptable ante las ciberamenazas, así como el nivel adecuado de libertad de acción, en las redes y sistemas que se precisa para el desarrollo de las operaciones en el ciberespacio.

Para obtener esos altos grados de capacitación existen unas herramientas excepcionalmente útiles: por una parte, la simulación de redes y sistemas en sus distintas facetas, por otra parte, los *cyber ranges*, verdaderos campos de maniobras informáticas que prestan la infraestructura para realizar esas simulaciones y, por último, los ciberejercicios, como auténticas maniobras en las que se implementan escenarios de adiestramiento soportados por las simulaciones que corren sobre los *cyber ranges*.

Figura 3.10. Cyber Ranges.

3.3.2. Situación actual de la simulación de redes y sistemas de información en el MCCD

La simulación de sistemas se ha utilizado ampliamente desde hace décadas tanto para el adiestramiento como para analizar el impacto de diversos escenarios en distintas áreas, y su aplicación a los sistemas de información no es la excepción.

Modelizar sistemas de información, mediante maquetas, para ser analizados sin tener que realizar pruebas sobre los sistemas reales directamente es un enfoque más abordable que requiere recursos limitados y no es disruptivo con la operación del sistema real.

Desde que las redes de datos y los sistemas de información a ellas conectados se han convertido en una piedra angular de nuestras organizaciones, cualquier fallo o ataque sobre ellos puede tener un impacto muy importante.

Por ello la simulación de sistemas de información enfocada a la ciberdefensa persigue varios fines, entre ellos:

- formar y adiestrar al personal en la ciberdefensa de las redes y sistemas de su competencia;
- permitir el descubrimiento de estrategias plausibles y vectores de ataque para reforzar la seguridad de las redes y sistemas y apoyar el planeamiento de las operaciones en el ciberespacio;
- proporcionar mecanismos de decepción contra posibles ciberataques;
- realización de pruebas de productos y tecnologías previamente a su adopción.

El lugar natural donde realizar las simulaciones para lograr los fines planteados es el comúnmente denominado *cyber range*, que, del mismo modo que los campos de maniobras tradicionales proporcionan el entorno físico para realizar pruebas de armamento, adiestramiento en vivo, desarrollo de tácticas, técnicas y procedimientos (TTP), un *cyber range* puede proporcionar el espacio simulado para evaluar la efectividad de las ciberdefensas y de las ciberarmas (propias o las conocidas de potenciales adversarios), así como para ensayar las operaciones en el área del ciberespacio de interés y entrenar al personal a cargo de la ciberdefensa para depurar sus TTP.

A tal fin, el Mando Conjunto de Ciberdefensa cuenta con un *cyber range* (o 'campo de maniobras de ciberdefensa') que actualmente constituye su centro principal de elección para proporcionar entornos de redes y sistemas de información simulados adaptados a la misión que permiten la prueba y evaluación objetiva e independiente de capacidades avanzadas de ciberdefensa.

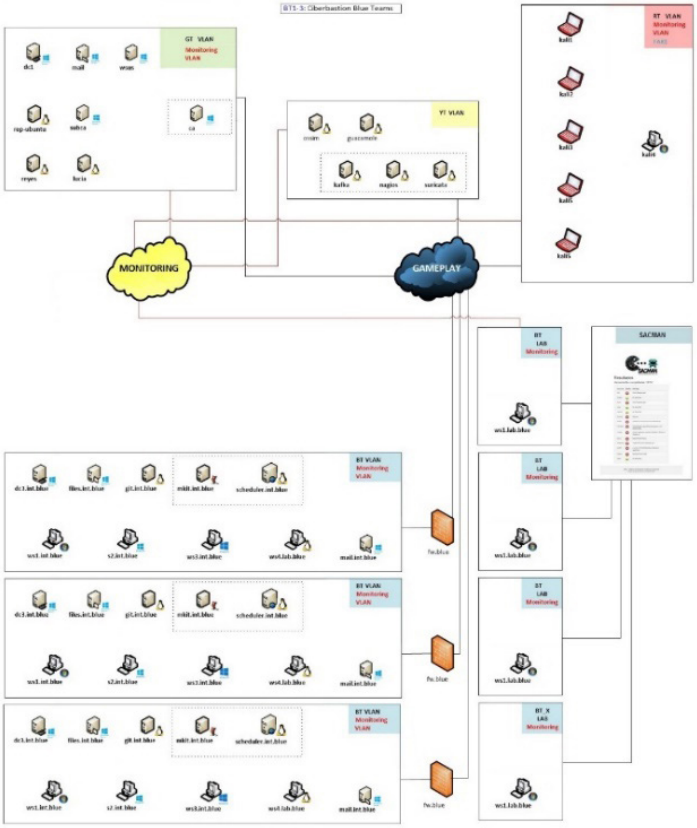


Figura 3.11. Vista parcial de entorno simulado CIBERBASTIÓN 17.

Las misiones principales del campo de maniobras del MCCD son:

- Proporcionar infraestructura como servicio (IaaS), tecnologías específicas, procesos repetibles y mano de obra cualificada para la consecución de los fines propios de un *cyber range* antes mencionados.
- Crear entornos simulados representativos y de alta fidelidad para apoyar las misiones en el ciberespacio que se determinen.
- Permitir la integración e interconexión de la infraestructura simulada con aquellos elementos y actores que se precisen, principalmente de la industria y la universidad.

Para el MCCD, la simulación tiene un componente esencial enfocado hacia la obtención y el mantenimiento de las capacidades operativas y habilidades técnicas del personal de las Fuerzas Armadas en general, y

con especial énfasis en aquel más relacionado con la ciberdefensa del Ministerio de Defensa en particular.

La capacidad existente de simulación de redes y sistemas de información se enfoca actualmente hacia los siguientes objetivos:

- La concienciación en ciberdefensa del personal militar desde el periodo mismo de formación en las academias militares.
- El adiestramiento del personal y la realización de ciberejercicios.
- La realización de experiencias relacionadas con nuevos productos o tecnologías de aplicación en ciberdefensa.
- Los proyectos de investigación y el desarrollo relacionados con la ciberdefensa, de la mano de la Dirección General de Armamento y Material (Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación).
- El apoyo al planeamiento operativo de la ciberdefensa.

Se trata de una capacidad esencial y, al mismo tiempo, con aspectos que recomiendan que esté bajo el control directo del propio MCCD, por cuanto refleja aspectos sensibles clave de las capacidades reales del propio MCCD y de su personal.

El MCCD dispone de un sistema y una red propios, diseñados y operados con medios propios, que permiten funcionar con o sin conexión a Internet según se precise, que proporcionan la imprescindible autonomía para obtener, cuando se necesiten, los medios necesarios de infraestructura y *software* mediante virtualización de redes y sistemas de información, mediante productos comerciales licenciados de gran difusión en el mercado, para conseguir los objetivos anteriormente señalados.

Un ejemplo de ello ha sido la celebración del ciberejercicio nacional CIBERBASTIÓN 2017, organizado por el Mando Conjunto de Ciberdefensa, en el que participaron los integrantes de los centros de operaciones de seguridad (COS) del Ejército de Tierra, la Armada, el Ejército del Aire y el MCCD, junto con el Computer Emergency Response Team (CERT) del MCCD (ESP DEF CERT).

El sistema disponible permite aprovechar la virtualización de sistemas para la simulación de redes y elementos de red, la simulación de servidores y estaciones de trabajo, la simulación de tráfico de red sobre dichas redes entre los citados equipos virtuales y la simulación del comportamiento de usuarios virtuales, todo ello a través de una sencilla interfaz

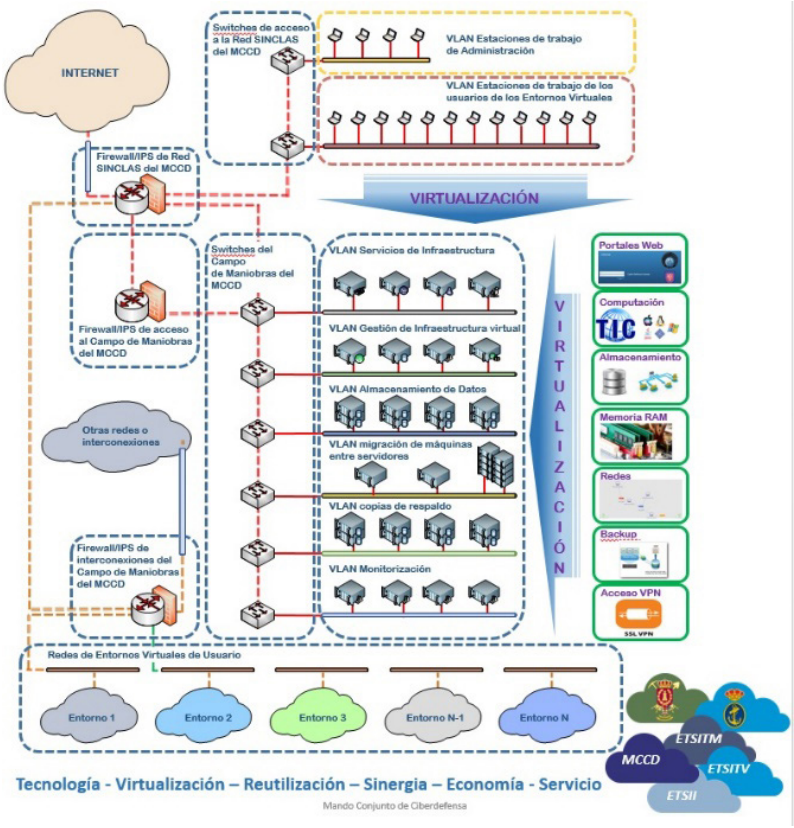


Figura 3.12. Esquema del Campo de Maniobras del MCCD.

gráfica hecha a medida del diseño del campo de maniobras del MCCD para facilitar su utilización.

El uso de la virtualización redunda en un ahorro de costes a la hora de construir las maquetas de los sistemas y redes simulados, que no requieren implementación física ni inversión en *hardware*.

Varias de estas capacidades se han logrado mediante proyectos de colaboración e I+D con universidades españolas del máximo nivel.

Al tratarse de una capacidad interdisciplinar y amplia, además de ser implementada y gestionada por el MCCD, debe complementarse mediante

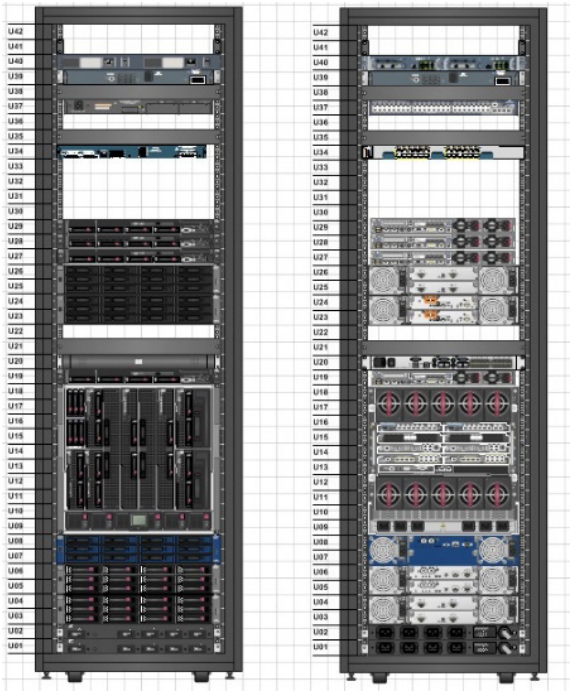


Figura 3.13. Representación física del Campo de Maniobras del MCCD.

la colaboración con la industria, en particular determinadas prestaciones relacionadas con el adiestramiento y los ciberejercicios.

En ese sentido y para complementar las capacidades propias, recientemente se ha licitado el expediente 10013170869, relativo a *Servicios de ingeniería, plataforma y soporte para potenciación de las capacidades de adiestramiento que dan soporte al* MCCD.

3.3.3. Principales proyectos relacionados con la simulación en el MCCD

El campo de maniobras del MCCD es objeto y da soporte a varios proyectos en curso o finalizados, algunos de I+D, tanto para mejorar sus propias capacidades como relacionados con capacidades de ciberdefensa de otros usuarios.

Sin embargo, se van a mencionar únicamente tres relacionados directamente con la infraestructura y capacidades de simulación, objeto de la jornada que nos ocupa.

Herramienta gráfica de configuración de escenarios virtuales

En primer lugar, se presenta un proyecto relacionado con la infraestructura necesaria para explotar un *cyber range* por parte del más amplio conjunto de usuarios posible.

Se trata de una herramienta gráfica de configuración de escenarios virtuales para ejercicios de ciberdefensa denominada CYDECAN.

Esta herramienta es fruto de un convenio específico del Ministerio de Defensa (MINISDEF) con la Universidad Politécnica de Madrid (UPM) y se ha desarrollado en colaboración con el Mando Conjunto de Ciberdefensa (MCCD) para su aplicación a escenarios de formación y entrenamiento en el ámbito de la ciberdefensa.

Esta herramienta *software* de generación de escenarios de ciberdefensa se ha desarrollado incorporando una interfaz gráfica que facilita la configuración de escenarios virtuales para usuarios que no tienen conocimientos profundos de técnicas de virtualización o que no disponen de tiempo, permitiendo un acceso controlado y seguro al entorno de virtualización de la organización.

El acceso a esta herramienta se realiza mediante un navegador web en el que, tras la correspondiente autenticación, el usuario puede visualizar y modificar sus escenarios virtuales.

Al acceder a un escenario, la herramienta muestra de manera gráfica su topología de red en términos de nodos (elementos virtuales, como máquinas virtuales o redes, y elementos físicos) y enlaces entre ellos.

El usuario puede seleccionar un elemento, disponiendo de un menú que permite realizar consultas o acciones sobre los elementos virtuales del entorno simulado.

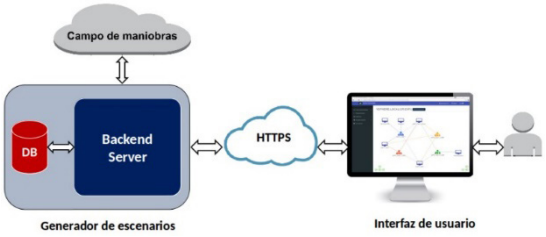


Figura 3.14. Representación conceptual de la herramienta CYDECAN.

La herramienta dispone de un servidor que se comunica con el gestor de virtualización y con el interfaz de usuario, traduciendo las peticiones de los usuarios a instrucciones para el gestor de virtualización mediante una interfaz REST *(representational state transfer)* a través de una conexión cifrada HTTPS.

Una de las ventajas de esta herramienta es la posibilidad de escalado que ofrece debido a su modularidad. De esta forma, una vez que se tiene la herramienta completa y en funcionamiento, en caso de querer utilizarla con una tecnología de virtualización distinta (VMWARE, KVM, Xen, OpenVZ, VirtualBox, etc.), tan solo hay que cambiar la parte del servidor que corresponde a la interfaz con el gestor, pudiendo reutilizar todo el desarrollo de la interfaz de usuario, la lógica de servicio y la base de datos del servidor. Es decir, que en la estructura general solo cambiaría el gestor de virtualización y la interfaz con este.

Otra ventaja es la personalización del aspecto gráfico, el alcance de la herramienta y la capacidad de añadir nuevas funcionalidades con un desarrollo limitado.

Actualmente se está utilizando esta herramienta y se está estudiando su evolución.

Modelado del perfil de usuario y simulación de su comportamiento en sistemas TIC

Este proyecto es el resultado de un convenio específico del MINISDEF con la UPM y se ha desarrollado en colaboración con el MCCD para su aplicación en la ejecución de ciberejercicios, adiestramiento, evaluaciones tecnológicas, implementación de *honeypots* o *honeynets*, 'simulación de redes con actividad', para generar datos para ser utilizados por otros proyectos, o el estudio del comportamiento de elementos dentro de los sistemas para análisis de *malware*.

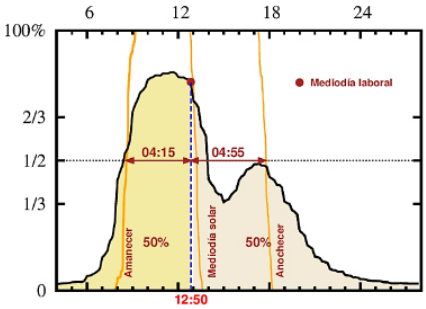


Figura 3.15. Representación de estadística de simulación de usuarios.

Entre sus objetivos principales figuran la obtención de una caracterización y emulación automática del factor humano en los sistemas de información, así como la simulación de conjuntos de personas de características diferenciadas, realizando procedimientos y actividades sobre sistemas de información, que proporcionan actividad, consiguiendo que las redes simuladas cuenten con un tráfico vivo, aproximándose a la situación de una red real en ese aspecto.

La caracterización del comportamiento de usuarios en sistemas de información es bastante realista, pues se asignan las acciones más proclives a ser realizadas según probabilidades y perfiles de usuarios, por lo que no hay dos simulaciones completamente iguales.

El resultado del proyecto ha sido un prototipo formado por un sorteador de acciones de usuarios que genera los escenarios de simulación (componente de mando y control del desarrollo) y los agentes que realizan las acciones simulando los usuarios.

Actualmente, está en estudio su evolución y utilización para la construcción de una *honeynet* enfocada a obtener información sobre las TTP de los potenciales atacantes que fijen su atención en las redes y sistemas competencia del MCCD con fines de ciberdefensa.

Sistema de analítica predictiva para defensa en el ciberespacio basada en escenarios reproducibles (PREDECIBLE)

El Proyecto PREDECIBLE, desarrollado bajo la dirección técnica del Mando Conjunto de Ciberdefensa por la Universidad de Alcalá de Henares, está cofinanciado en el marco del Programa de I+D COINCIDENTE por la Dirección General de Armamento y Material de la Secretaría de Estado de Defensa y está gestionado por la Subdirección General de Planificación, Tecnología e Innovación.

PREDECIBLE es un acrónimo que responde a Sistema de Analítica Predictiva para Defensa en el Ciberespacio Basada en Escenarios Reproducibles, y es como se denomina la arquitectura desarrollada para un sistema analítico escalable orientado a la identificación de amenazas en el entorno de ciberdefensa, así como el de un sistema de generación de escenarios de pruebas que permite, a través de una infraestructura virtualizada, el despliegue automático de entornos virtualizados sobre los que realizar ejercicios o entrenamientos en ciberdefensa.

Imagen 17 “Arquitectura funcional del proyecto PREDECIBLE.jpg”

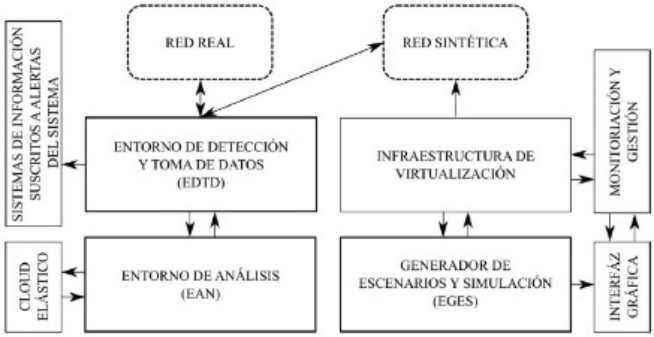


Figura 3.16. Arquitectura funcional del proyecto PREDECIBLE.

La arquitectura desarrollada que se propone está implementada en un demostrador tecnológico que está constituido por tres módulos o entornos: entorno de análisis (EAN), entorno de detección y toma de datos (EDTD) y generador de escenarios y simulación (EGES), que cubren las etapas de detección y análisis, de entrenamiento y de simulación, respectivamente.

Centrándose en los aspectos del proyecto relacionados con la simulación de redes y sistemas de información, se debe resaltar que el generador de escenarios tiene el objetivo de facilitar al usuario final el diseño y gestión de entornos virtuales para la realización de simulaciones, abstrayéndolo de las tecnologías e infraestructuras de virtualización que se utilicen en la plataforma de despliegue.

El generador de escenarios incluye un sistema de usuarios y está divido en dos partes, la encargada de configurar y gestionar la aplicación y el generador de escenarios propiamente dicho.

Por su parte, el proceso de generación de escenario está divido en tres fases: definición del escenario, estudio de viabilidad y especificación completa y traducción y ejecución.

- Definición de alto nivel del escenario.
- Estudio de viabilidad y especificación completa, tanto a nivel lógico como a nivel de despliegue.
- Traducción y ejecución para la implementación del escenario virtual simulado.

El sistema de generación de escenarios de prueba permite tanto la verificación de hipótesis mediante la realización de ejercicios como la agre-

gación de los datos generados en dichos ejercicios y su contraste con los datos tomados en vivo.

Lo anterior abre la posibilidad en el futuro de habilitar otra innovación clave: la simulación de nuevos escenarios generados de forma automática a partir de la combinación de los ya existentes con la información procedente de fuentes reales.

Dicha simulación permitirá una mejor verificación de hipótesis ofreciendo un grado de analítica más avanzado al sistema de soporte.

El demostrador tecnológico obtenido como resultado del proyecto constituye una implementación de una arquitectura de referencia de *big data* específica para ciberdefensa que podría constituir en el futuro un componente de soporte de un sistema de mando y control específico de ciberdefensa.

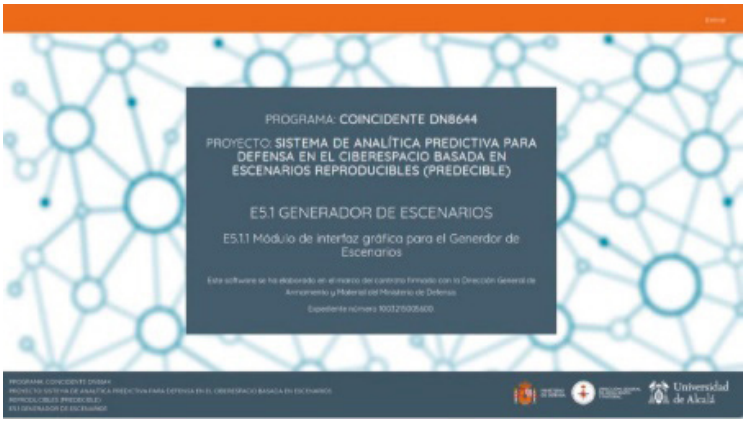


Figura 3.17. Vista del portal web de generación de escenarios del proyecto PREDECIBLE.

Aunque este sistema ha sido probado y validado en la infraestructura disponible en el área de TICS del INTA-ITM, formada por hipervisores XenServer y el gestor CloudStack, existen varios aspectos desarrollados que lo hacen extrapolable a cualquier plataforma de virtualización.

3.3.4. Prospectiva de necesidades futuras en cuanto a simulación

A continuación se refleja una prospectiva de necesidades futuras en cuanto a posibles proyectos de I+D relacionados con la simulación, según el MCCD.

Evolución del proyecto de generación de escenarios

Durante 2016 y 2017 se llevó a cabo un proceso de desarrollo de un novedoso sistema de generación de escenarios virtuales basado en una interfaz gráfica para el campo de maniobras del MCCD.

Dicho generador ha llegado a la implementación de las funciones principales necesarias.

No obstante, sería deseable ampliar el enfoque abordado, tanto funciones como en métodos, para potenciar las capacidades del campo de maniobras del MCCD.

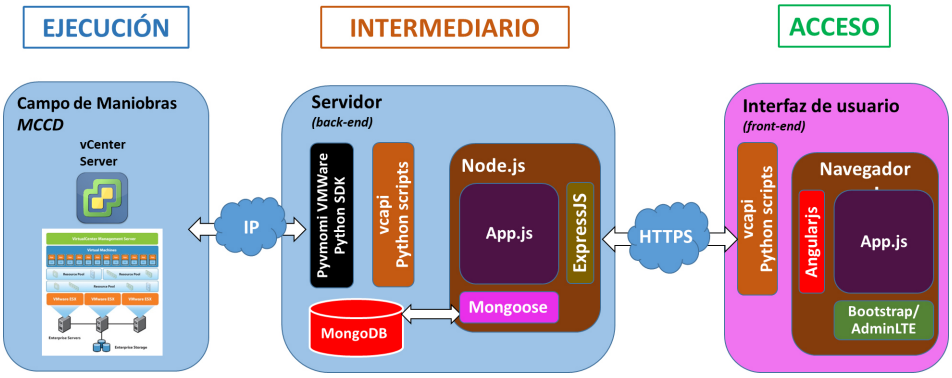


Figura 3.18. Arquitectura de bloques de elementos evolucionables de la herramienta CYDECAN.

Se considera conveniente añadir funcionalidad de generación de escenarios en bloque para generación de escenarios de gran tamaño, integración con capacidades de simulaciones de tráfico y comportamiento de perfiles de usuario, así como incorporación de mecanismos inteligentes para la autoconfiguración de los elementos de cada escenario, a fin de reducir el tiempo de puesta en funcionamiento y configuración.

Este proyecto tomaría como punto de partida el generador de escenarios construido en 2017 por la UPM, así como los resultados del proyecto de simulación de tráfico de comportamiento de perfiles de usuario, y se integraría en el campo de maniobras del MCCD.

Evolución del proyecto de modelado y simulación de comportamiento

Tras haber realizado el proyecto de modelado y simulación del comportamiento de usuarios en sistemas de información con éxito, habiendo

desarrollado un sistema de gestión centralizada desde el cual se puede emular el comportamiento de los usuarios en una red, se considera conveniente evolucionar con nuevas funcionalidades y dotarlo de un realismo mayor.

Para ello, se pretenden desarrollar dos líneas diferenciadas:

- Establecimiento de relaciones causales entre los usuarios, dando un nivel mayor de realismo a la simulación del comportamiento de los usuarios comunes. De este modo, cuando un usuario realice acciones que tengan influencia en otros usuarios, estos deberán realizar las acciones como respuesta o consecuencia de ellas.
- Desarrollo de agentes especializados para que sean atacantes autónomos y puedan realizar, de forma controlada, ataques en aquellos escenarios donde se requiera.

También se pretende desarrollar una herramienta de control y supervisión que monitorice los eventos y acciones acontecidas sobre un escenario virtual tipo *honeynet*, o sistema señuelo, que se coloca en redes expuestas con el objeto de que sean atacadas y sea posible analizar sin riesgos las TTP utilizadas por el adversario sobre dicha *honeynet*.

La herramienta serviría de apoyo a la generación de informes de ciberamenazas siguiendo modelos reconocidos internacionalmente, como el *diamond model in intrusion analysis*, aportando información relevante a nivel técnica sobre adversario, víctima, capacidades e infraestructura.

El producto final será un prototipo demostrador, evolución del ya desarrollado.

Simulación de ecosistema de servicios de Internet

Se considera de gran interés investigar y desarrollar para obtener la capacidad de generar escenarios virtuales que permitan simular el ecosistema de Internet, conformado por:

- *Core* básico (protocolos de enrutamiento, mallado y direccionamiento).
- Servicios de apoyo básico (DNS).
- Parametrización con base en las características técnicas de los enlaces (radio, satélite, cable, etc.).
- Simulación de servicios de tipo red social en el ámbito personal (p. ej., Facebook), profesional (p. ej., LinkedIn) y mixto (p. ej., Twitter).

Ello permitiría disponer de una nube aislada equivalente en lo esencial a la red Internet real, con el valor añadido de contar con servicios de redes sociales, aspecto este que supone un vacío importante en el abanico actual de ciberejercicios a nivel nacional e internacional y que incide negativamente en el adiestramiento de los equipos de ciberinteligencia y explotación.

Simulación de sistemas de control de infraestructuras críticas

En la actualidad muchas infraestructuras críticas (agua, energía, transporte, sanidad, industria) disponen de sistemas de control, gestión y explotación basados en sistemas de información. Los sistemas están enfocados hacia la funcionalidad, en ocasiones dejando en segundo lugar las consideraciones de seguridad.

Sin embargo, la gran dependencia de la sociedad de estos sistemas aconseja investigar las posibles vías de vulnerabilidad y su impacto en el caso de que sean explotadas.

Lo que se pretende con este estudio es:

- identificar un catálogo de sistemas de control industrial basado en las tecnologías de información y comunicaciones, empleadas en infraestructuras críticas;
- investigar a través de las fuentes de información abiertas disponibles las posibles vulnerabilidades de dichos sistemas de control;
- generar *software* que permita demostrar las posibilidades de explotación de las vulnerabilidades identificadas para los sistemas de control seleccionados;
- evaluar el posible impacto y remediación ante potenciales *exploits* en función de su carga hipotética, vector y árbol de ataque.

De ese modo se conseguirá disponer de conocimiento directo sobre sistemas de control industrial empleados en infraestructuras críticas y construir una base de datos que permita compartir dicha información con los organismos competentes (CCN, CNPIC, INCIBE, CETSE, etc.).

***Evolución del campo de maniobras del* MCCD**

Actualmente el campo de maniobras del MCCD constituye un sistema de provisión de infraestructura como servicio (IaaS) basado en tecnología de proceso en *una nube,* ubicada en las mismas instalaciones del MCCD por razones de seguridad.

Se considera conveniente evolucionar la infraestructura actual del campo de maniobras del MCCD e integrar en su nube propia los servicios de despliegue de infraestructura virtual, así como de automatización de dichos despliegues, para reducir las acciones necesarias por parte de los usuarios y administradores.

Se deberá aprovechar *software* libre disponible para minimizar las necesidades de desarrollo de código y reducir costes.

Manteniendo las capacidades actuales, igualmente se persigue conseguir la capacidad de virtualización de aplicaciones (no solo de infraestructura para su ejecución), evolucionando desde el concepto de IaaS al de *software* como servicio (SaaS).

Si bien el sistema base de referencia será la nube propia del campo de maniobras del MCCD, el trabajo considerará también su integración con servicios comerciales de *cyber range* en la nube, con el fin de disponer de un banco de pruebas para descubrir las implicaciones de seguridad que ello puede tener.

El resultado del proyecto sería el prototipo/demostrador sobre la plataforma de nube propia del CM del MCCD junto con la documentación correspondiente al estudio y diseño.

Evolución del Proyecto PREDECIBLE

PREDECIBLE se ha demostrado como el prototipo demostrador de una herramienta de análisis de incidentes avanzada que incorpora características de interés, como el aprendizaje a partir de eventos históricos y la identificación de patrones de ataque, los cuales podrían ser adaptados y combinados con la detección convencional para la predicción de posibles fases futuras de un ataque.

Se considera que el desarrollo que se ha obtenido podría tener madurez suficiente para su adaptación con el fin de realizar pruebas con él en un entorno real, aunque no en entornos de producción.

PREDECIBLE también incluye un generador de escenarios virtuales basado en una interfaz web amigable, cuyas funciones sería interesante que fueran ampliadas.

Se considera de interés como herramienta de detección de amenazas avanzadas tipo APT[3] o de incidentes de difícil detección con SIEM tra-

[3] 'Amenaza persistente avanzada'.

dicionales, con la adecuada continuidad, mejoras en la fiabilidad, evolución con las nuevas versiones y funciones de sus componentes y mejorando su nivel de madurez de prototipo a un sistema más industrializado.

Por todo lo anterior, se considera conveniente la continuación de la evolución del proyecto de I+D conjuntamente con el MCCD.

3.3.5. Tendencias futuras en la simulación enfocada a la ciberdefensa

La simulación enfocada a ciberdefensa en el ámbito del MCCD previsiblemente seguirá enfocada a la construcción de maquetas de redes y sistemas virtuales, definidos por *software* principalmente, sin renunciar a la interconexión con otros sistemas o incluso con equipamiento no virtual.

Servicios en la nube

Actualmente, la tendencia de los sistemas comerciales de *cyber range* para simulación y adiestramiento es la de evolucionar hacia la prestación de servicios de IaaS o SaaS *en la nube*, por lo que la virtualización aparece como un elemento clave en los fundamentos de estos sistemas y será un elemento clave de la tecnología sobre el que habrá que hacer un especial seguimiento tecnológico.

El Ministerio de Defensa debería, en todos sus ámbitos, mantener la propiedad de su información y el control sobre el acceso a ella, atendiendo por tanto también a la localización de los sitios en que la información propia del Ministerio de Defensa es almacenada y procesada.

Ello lleva parejo que en determinadas situaciones será preciso que los servicios que se presten en la nube sean prestados en una *nube corporativa propia* allí cuando sea preciso, siendo esa la tendencia prevista en la capacidad nacional de *cyber range*, si bien esta capacidad se deberá ver complementada con otra capacidad comercial adaptada a las necesidades propias del MCCD para prestar apoyo en el adiestramiento básico, los ciberejercicios generalistas u otros compromisos que aconsejen el apoyo y empleo de las capacidades de la industria nacional a precios razonables.

Ello condicionará la construcción de una oferta atractiva de servicios de adiestramiento por parte de la industria del sector, pues no solo habrá de atender a los requisitos funcionales, sino también aquellos requisitos que se deriven de condicionantes de la política de seguridad de los sistemas

de información y de las decisiones operativas relacionadas con la obtención y mantenimiento de las capacidades y habilidades del personal en materia de ciberdefensa.

Interoperabilidad de la virtualización

Actualmente, los sistemas de virtualización más completos pretenden ser estándares *de facto*, pero siguen siendo sistemas propietarios. Los formatos de *open virtualization format* (OVF) y *open virtualization appliance* (OVA) son un paso importante para la portabilidad de máquinas virtuales, aunque todavía queda mucho por hacer para que estos formatos puedan ser utilizables de una forma directa por sistemas de virtualización diferentes.

En el futuro será necesario intensificar el seguimiento de la evolución de los sistemas de virtualización y en particular de la compatibilidad de sus formatos de máquinas y redes virtuales, con el fin de evaluar la conveniencia y la posibilidad de adoptar sistemas abiertos para reducir costes, sin renunciar a las capacidades y soporte asociado que aportan actualmente los sistemas comerciales más potentes.

Así, cada vez más desarrolladores de sistemas hipervisores (sistemas operativos específicos para virtualización) están trabajando en varios estándares abiertos e iniciativas de la Distributed Management Task Force (que está detrás del formato de virtualización abierto para interoperabilidad entre hipervisores de distintos desarrolladores) o The Open Network Foundation (que promueve las redes definidas por *software* y el protocolo OpenFlow para SDN). Ello será otro factor de influencia en el desarrollo de las generaciones futuras de hipervisores, especialmente de aquellos diseñados especialmente para servicios en la nube, que son cada vez más.

OpenStack es un buen ejemplo de la popularidad de un modelo abierto que, de continuar su evolución y mejorar su fiabilidad e interoperabilidad con otros sistemas comerciales también muy populares (como VMWARE), puede constituirse en una alternativa que considerar en función de los acontecimientos y de cómo evolucione la estrategia comercial de sus competidores de pago más potentes, tanto en prestaciones como servicios y coste.

Desarrollos específicos

En consecuencia con lo expuesto como prospectiva de necesidades futuras en cuanto a simulación, se plantea en el futuro una tendencia clara: la simulación en el ámbito de la ciberdefensa crecerá en extensión y complejidad.

No solo se requerirán, por ejemplo, ejercicios *capture the flag* (CTF) para usuarios en grupo o individuales con fines de adiestramiento o búsqueda de talento, sino que se requerirán servicios más especializados o a medida, incluyendo la investigación, el diseño y desarrollo de modernas infraestructuras virtuales a modo de verdaderos *campos de tiro* aislados de otras redes, pero con las funcionalidades que tendrían si estuviesen conectados a ellas, para simular y probar nuevas capacidades de ciberdefensa.

Por otra parte, se requerirá la evolución de los medios de simulación disponibles actualmente, con un enfoque integrador que, aprovechando las lecciones aprendidas en el presente, permitan obtener en un futuro cercano un rediseño global de las arquitecturas de redes y servicios consistente con los requisitos del MCCD.

Este rediseño abarcará tanto al *software*, con especial énfasis en los proyectos que se han mencionado, como al *hardware*, cada vez más optimizado por los fabricantes para aumentar la potencia de computación y posibilitar la conectividad de red y la prestación de servicios en la nube, que deberá poder ser corporativa.

Del mismo modo, se considera que será de interés abrir frentes de investigación para ampliar el número y tipo de plataformas virtualizables de forma sencilla (actualmente la virtualización se centra casi por completo en sistemas basados en procesadores Intel), así como en la simulación económicamente abordable, pero con alta fidelidad de redes móviles y sus aplicaciones.

Igualmente, la continuación, ahora detenida por diversas razones, de determinados proyectos de colaboración y de I+D, algunos de los cuales se han mencionado, es una obligación que se debe imponer para evitar que brillantes desarrollos realizados por la universidad y la industria bajo la dirección del Ministerio de Defensa queden en un breve espacio de tiempo obsoletos, almacenados en un disco duro o en un cajón, en lugar de conducir a productos utilizables y potenciadores de las capacidades militares de ciberdefensa.

3.3.6. Conclusiones

En el MCCD existe una capacidad propia para la realización de simulaciones en el ámbito de la ciberdefensa con fines que abarcan desde el adiestramiento al planeamiento operativo.

Para mantener su utilidad, esta capacidad deberá ser complementada y aumentada con ayuda de diversas fuentes:

- la investigación y el I+D en materia de simulación de sistemas de ciberdefensa;
- las propuestas de la industria para disponer de infraestructuras y servicios de simulación adaptados;
- la continuidad de los proyectos innovadores ya iniciados o realizados aún en fase inicial;
- la observación tecnológica en el ámbito de la simulación, la virtualización de sistemas y la ciberdefensa.

El MCCD está dispuesto, a través de los organismos competentes (EMAD, DGAM), a colaborar con la universidad, la industria y demás actores relevantes en la investigación y el desarrollo en materia de ciberdefensa en general y en el campo de la simulación para potenciar las capacidades de ciberdefensa en particular.

3.4. Desarrollo de conceptos y experimentación: CD&E

3.4.1. El Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos

El Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos (CCDC) se crea en 2015 como evolución de la antigua Unidad de Transformación de las Fuerzas Armadas. Este centro nació con la vocación de ser el organismo que proporcione capacidad de análisis para apoyar el desarrollo de la fuerza conjunta y los procesos del Estado Mayor de la Defensa.

La Orden DEF/166/2015 establece que el CCDC dirigirá y coordinará el estudio de nuevos conceptos operativos que sirvan de apoyo para la potenciación de las capacidades militares, manteniendo con los organismos homólogos de los países aliados y las organizaciones internacionales, así como con la Dirección General de Armamento y Material, las relaciones necesarias para la colaboración y el intercambio de información. Asimismo, promoverá y coordinará el estudio y desarrollo de la doctrina conjunta y combinada, manteniendo las relaciones que sean precisas con los órganos de las FAS y las organizaciones internacionales responsables en esta materia, a través del análisis de las lecciones identificadas y las carencias doctrinales.

La organización del centro se establece, por tanto, orientada al diseño, desarrollo, validación e implantación de soluciones a los problemas del entorno operativo. Anticipar y analizar los problemas del futuro entorno, desarrollar y validar los conceptos operativos que den solución a dichos problemas y, finalmente, trasladar estas soluciones a la fuerza conjunta constituyen la referencia que orienta la estructura y funcionamiento del centro.

El CCDC está encuadrado en el Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional junto con:

- ESFAS: Escuela Superior de las Fuerzas Armadas.
- IEEE: Instituto Español de Estudios Estratégicos.
- CEHISMI: Comisión Española de Historia Militar.

La integración orgánica en el CESEDEN permite una mayor relación tanto con el entorno académico militar y civil como con el científico, contribuyendo de esa manera a desarrollar el enfoque global con el que se deben abordar las operaciones actuales. El centro tiene además una dependencia *funcional* del Estado Mayor Conjunto, por ser uno de los subprocesos del proceso de desarrollo de fuerza.

El Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos se articula en:

- La **Sección de Análisis y Prospectiva**, que colabora con las divisiones de Planes y de Estrategia del Estado Mayor Conjunto en la elaboración del concepto de estrategia militar y es responsable de promover los estudios necesarios que orienten el análisis y la definición de los posibles escenarios de actuación de la fuerza conjunta.
- La **Sección de Conceptos y Experimentación**, responsable de desarrollar el programa conjunto de conceptos en apoyo al proceso de planeamiento de fuerza y planeamiento operativo y de contribuir en el desarrollo de los conceptos militares de las organizaciones internacionales de seguridad y defensa o multinacionales que se determinen.
- La **Sección de Doctrina**, responsable de promover y coordinar el desarrollo de la doctrina conjunta y combinada y relacionarse con el mando de operaciones en el proceso de obtención de lecciones aprendidas y con la Secretaría General del Estado Mayor Conjunto en los temas de doctrina combinada.

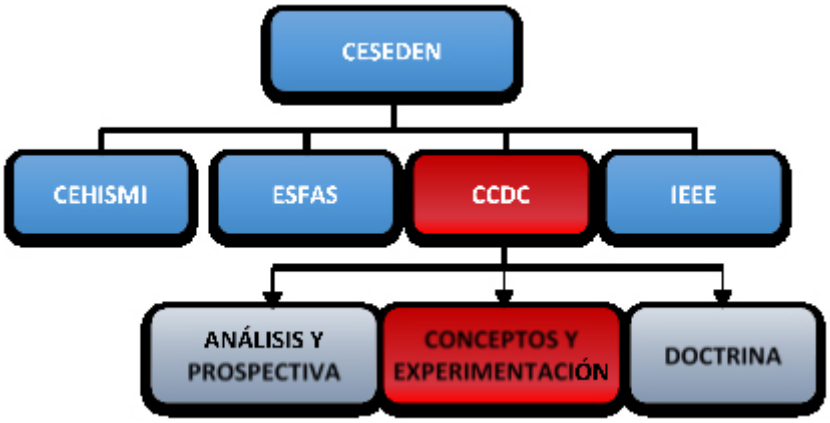


Figura 3.19. Estructura del Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos.

3.4.2. Desarrollo de Conceptos y Experimentación: CD&E

La sección de Conceptos y Experimentación es responsable del desarrollo y la experimentación de conceptos. Para poder definir qué es el desarrollo de conceptos y experimentación, CD&E (*concept development & experimentation* en inglés), se hace necesaria la adecuada definición previa de qué es la transformación militar y qué es un concepto.

La PDC-01(A)[4] define la transformación militar como un proceso de innovación que, dirigido por el JEMAD, sostenido en el tiempo y dotado de los necesarios recursos humanos, materiales y financieros, permite adaptar las capacidades militares a la evolución previsible de los escenarios de empleo y anticiparse a los retos estratégicos futuros.

Es decir, la adaptación mediante la innovación de las capacidades militares a los escenarios futuros de empleo. Y este es, precisamente, el objetivo último del desarrollo de conceptos y experimentación. CD&E es, por tanto, una de las herramientas motoras de la transformación que posibilita el desarrollo metodológico de ideas innovadoras y creativas en soluciones viables para el desarrollo de capacidades.

CD&E se sustenta en dos pilares independientes pero enormemente entrelazados: el desarrollo de conceptos y la experimentación. El desarro-

[4] Doctrina para el empleo de las FAS. Disponible en: http://www.ieee.es/Galerias/fichero/OtrasPublicaciones/Nacional/2018/PDC-01_A_Doctrina_empleo_FAS_27feb2018.pdf

llo de conceptos es el proceso de identificar soluciones conceptuales a carencias o disfunciones de las capacidades militares, y la experimentación es la investigación controlada y sistemática que tiene como objetivo la creación de conocimiento, la confirmación de hipótesis o la validación formal de una solución en términos de propiedad, aceptabilidad y practicabilidad.

El flujo general del proceso de desarrollo de un concepto se inicia con la detección de un problema militar operativo (PMO). Este es una inadecuación de las FAS para realizar sus cometidos en un ambiente determinado o ante una situación dada. Se puede definir también como una insuficiencia de la fuerza conjunta para realizar sus funciones en un determinado entorno operativo. Un problema militar operativo puede ser detectado en cualquier nivel de la organización y puede estar originado por una carencia actual, una obsolescencia, una evolución tecnológica, etc.

El CCDC participa en el proceso de definición y validación del PMO liderado por EMACON. Una vez validado y acotado, el CCDC, bajo una directiva del JEMAD, inicia los trabajos para el desarrollo de esa capacidad cuya carencia se ha detectado normalmente con el desarrollo de un concepto. Una vez desarrollado, validado y aprobado por el JEMAD, el centro orienta la implantación de dicho concepto, tarea que es de nuevo liderada por EMACON.

Figura 3.20. Flujo general del proceso de desarrollo de un concepto.

¿Y qué es un concepto? Existen multitud de definiciones de lo que es un concepto, y aunque la idea central puede ser la misma, están orientadas al ámbito de utilización del término. En CD&E, y conforme a la definición del APP6, un *concepto* es «una idea innovadora, orientada a la solución, que responde a una carencia o deficiencia de capacidades».

En terminología nacional, un *concepto operativo conjunto* es una solución a un PMO, actual o futuro, que describe cómo la fuerza conjunta empleará ciertas capacidades para operar en un entorno operativo exis-

tente o previsto. Describe el marco de actuación, el entorno operativo, el problema que surge en ese entorno, la solución teórica a dicho problema y cómo podría ponerse en práctica, infiriendo qué capacidad habrá de ser desarrollada y describiendo los elementos MIRADO[5] que deben componer esa capacidad.

Para el desarrollo de un concepto, el CCDC convoca a expertos procedentes de todos los ámbitos de interés, del EMAD, de los Ejércitos, del Ministerio de Defensa (DGAM, DIGENPER, INTA, etc.), de las diferentes Administraciones Públicas, de la Universidad y de la industria, con el objetivo de extraer el conocimiento tácito existente sobre el tema o crear nuevo conocimiento. El concepto final que elabora el CCDC es, en esencia, de todos ellos. El proceso lo dirige y coordina el CCDC aportando una esfera de control metodológico, que es el CD&E.

El CD&E es un proceso analítico que, sistemática y rigurosamente aplicado, garantiza la validez en términos de *propiedad, aceptabilidad* y *practicabilidad* del concepto desarrollado.

La definición formal del CD&E establece que el CD&E es un proceso enfocado a la identificación, elaboración, depuración y validación de soluciones a PMO_mediante la aplicación de metodología científica.

La esfera de aplicación del CD&E incluye, pero no se limita:

- nuevas aproximaciones a las operaciones,
- nuevos procedimientos,
- nuevas estructuras organizacionales,
- nuevas tecnologías.

El ciclo de trabajo del desarrollo de un concepto es un proceso estructurado pero flexible. El diagrama de flujo de trabajo de un proyecto de CD&E se puede observar en la figura 3; se compone de cuatro fases principales, aunque el límite entre ellas es difuso. El proceso se inicia con la fase de investigación, el objetivo de esta fase es realizar un análisis profundo del problema que se ha detectado y de cómo se afronta en el momento actual, finalizando la fase con un documento inicial, el *baseline assesment*, que define el problema en su completitud y es inicio de la fase siguiente.

La fase de análisis y descubrimiento pretende desmenuzar el problema determinando cuáles son las causas que lo provocan y orientan las pri-

[5] Material, infraestructura, recursos humanos, adiestramiento, doctrina y organización.

meras posibles soluciones o tesis sobre estas causas. Es la fase más creativa del proceso. En la fase de desarrollo se integran las soluciones propuestas y se ponen a prueba para comprobar su efectividad contra la solución 0. Finalmente, en la fase de validación se pone a prueba la solución final propuesta para verificar que esta es aceptable, apropiada y practicable.

A lo largo de todo el proceso se realizan experimentos de distintos tipos aplicando una metodología científica de forma sistemática, lo que proporciona robustez a las decisiones que se van tomando.

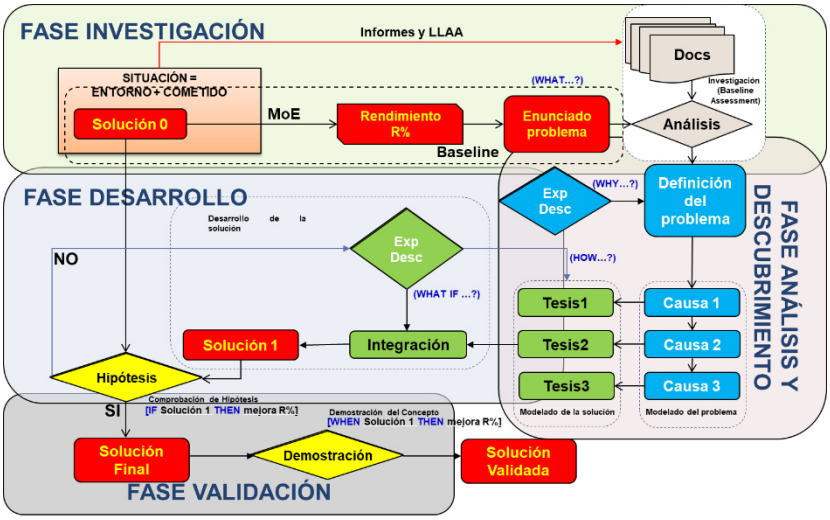


Figura 3.21. Diagrama de flujo desarrollo de un concepto.

Como se observa en la figura, todo el proceso de CD&E va acompañado por la experimentación. Desde su inicio, con la definición del problema militar operativo, hasta la aprobación final del concepto. Además, el proceso CD&E es un proceso cíclico, es decir, en cualquiera de las fases puede ocurrir que aparezcan dimensiones del problema inicialmente no detectadas, o que las soluciones propuestas no sean efectivas, o que surjan ideas nuevas que orienten una solución distinta, por ello el proceso de CD&E es cíclico y la línea temporal no es rígida.

La metodología empleada en CD&E utiliza principalmente tres tipos de experimentos:

– Experimentos de descubrimiento: tienen como objetivo la generación de hipótesis para probar nuevas ideas, nuevos sistemas, nuevas estructuras o nuevas tecnologías con potencial para su desarrollo. Proporciona un filtro para aquellas ideas que simplemente no funcionan.
– Experimentos de comprobación de hipótesis: aumentan el conocimiento poniendo a prueba teorías, hipótesis observables sobre estas teorías o si existe relación entre las variables dependiente e independiente de una determinada hipótesis.
– Experimentos de validación: permiten probar si la solución propuesta es aceptable, apropiada y practicable.

Como es habitual en experimentación, muchos de estos experimentos pueden ser realizados empleando técnicas de modelado y simulación, a veces dando soporte a la realización de otros experimentos y a veces como experimentos en sí mismos.

3.4.3. Modelado y simulación en CD&E

El manual de CD&E de la OTAN establece que el M&S se puede emplear en las cuatro áreas generales de experimentación:

- *Constructive simulation*: se realizan con personas simuladas empleando sistemas simulados, permiten la manipulación de variables, la realización de múltiples repeticiones y los *inputs* estocásticos, y tienen como objetivo detectar cambios y aislar causas.
- *Analytic wargames*: se realizan con personas reales que emplean sistemas simulados, suelen usarse dos equipos —*blue* y *red*— y se manipulan las capacidades u organizaciones permitiendo la comparación de resultados.
- *Human in the loop* (HITL): personas reales empleando sistemas simulados; permiten la interacción en tiempo real con fuerzas o equipos simulados y tienen como objetivo la comprensión o mejora del comportamiento humano.

Analytic wargames y *human in the loop* son dos tipos de *virtual simulation*.

- *Live simulation*: se usan personas reales con sistemas y en entornos reales empleando armas y efectos simulados. Permiten el análisis operacional y lecciones aprendidas.

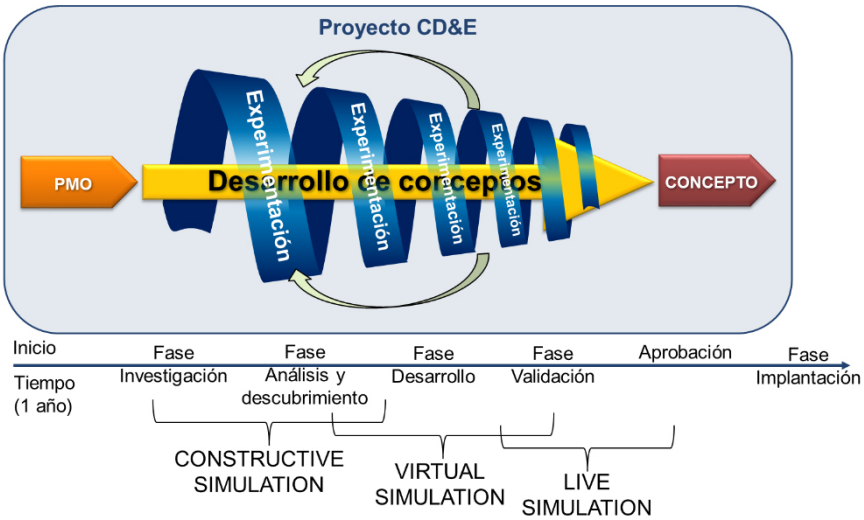


Figura 3.22. Empleo de M&S en CD&E.

Si bien los límites son difusos y estas técnicas pueden emplearse en distintas fases o de forma combinada, en la figura 4 se puede ver en qué fases del desarrollo de conceptos se emplean principalmente estas técnicas de modelado y simulación a lo largo del el ciclo temporal de un proyecto de CD&E.

3.4.4. Trabajos pasados y futuros

Durante la campaña de experimentos multinacionales, en el MNE y, más concretamente, en el MNE6 se emplearon técnicas de simulación virtual. Este experimento se desarrolló antes de la creación del CCDC, pero participó la antigua Unidad de Transformación y es un buen ejemplo del empleo de una simulación virtual en un entorno multinacional.

Como parte de la campaña de CD&E se realizó un experimento de comprobación de hipótesis para poner a prueba los procesos y herramientas desarrolladas para incrementar el conocimiento del entorno marítimo. Se crearon dos equipos, uno de los cuales empleaba la metodología antigua y otro la recientemente desarrollada. Se empleó una simulación virtual que replicaba un entorno marítimo con una serie de contactos y eventos. Se establecieron unos indicadores de medida y se confirmó la hipótesis de que el nuevo procedimiento mejoraba la capacidad de detección, cla-

sificación y correlación de contactos mejorando el conocimiento general del entorno marítimo.

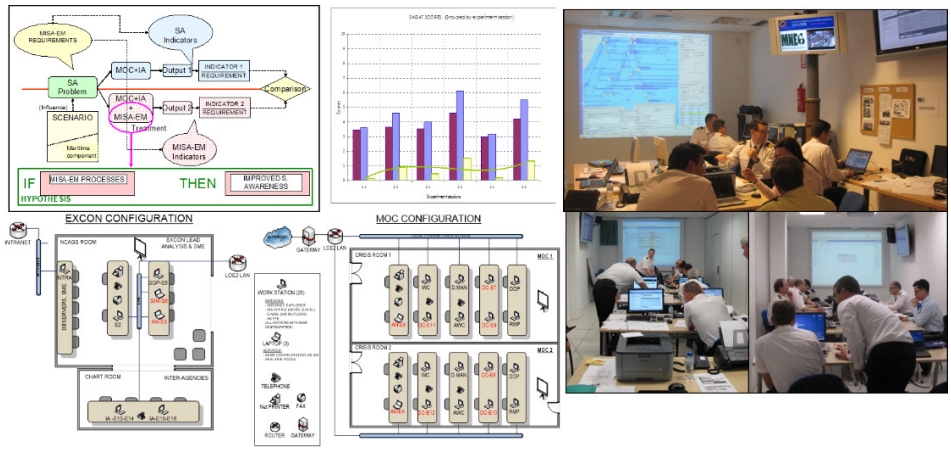


Figura 3. 23. MNE-6. Limited Objective Experiment.

El CCDC elaboró en 2017 el nuevo concepto nacional de JISR *(joint intelligence, surveillance and reconnaissance)* y en él se realizó un experimento de comprobación de hipótesis. Se construyó un modelo simplificado que reproducía la idea central del concepto desarrollado mediante la recreación de la organización, los procesos y las funciones JISR y la simulación de las tareas que deben realizarse para la gestión de las necesidades y de los medios de obtención. Se generó un escenario y distintos eventos que los participantes de los dos equipos debían ejecutar y se realizó un experimento para analizar si la solución propuesta mejoraba el funcionamiento del proceso global. Se elaboró un simulador virtual de misiones en el que los jugadores podían encargar misiones a los medios de obtención.

A principios de 2018 se ha iniciado el desarrollo del concepto C-UAS. Aunque el concepto contra UAS está en su fase inicial, el centro realizó un estudio inicial en 2016 en el que se empleó una simulación basada en agentes que analizaba el comportamiento de enjambres de drones y sistemas de defensa en función de una serie de variables que modificaban su comportamiento. Está previsto que en el desarrollo del nuevo concepto C-UAS se empleen técnicas de simulación constructiva.

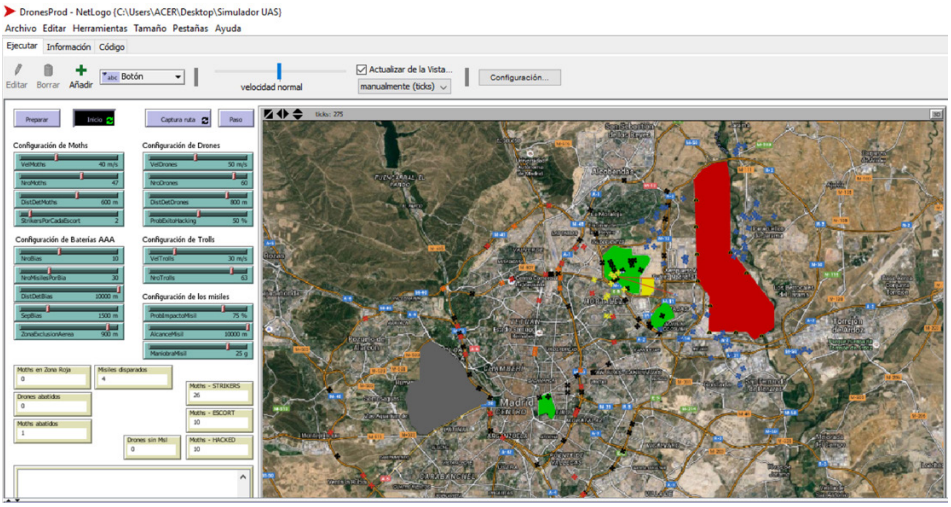


Figura 3.24. C-UAS. Simulación basada en agentes.

Las áreas de mayor interés futuro en el ámbito nacional e internacional del desarrollo de conceptos son múltiples, pero la mayoría de ellas se analizan desde un paraguas de colaboración, cooperación e integración de todos los autores implicados, estatales y no estatales, organizaciones, industria, civil y militar. De entre ellos destacan los siguientes:

- **Ciberdefensa y ciberseguridad**: es la mayor sorpresa tecnológica prevista. Trata de planeamiento operaciones, adiestramiento, campo de ejercicios virtual y reproducción virtual de escenarios.
- **Mando y control**: en cuanto a sistemas, herramientas ágiles, inmediatez, ubicuidad e interoperabilidad en el sentido más amplio, no sistemas de C2, sino funcionamiento de organizaciones en función de dónde se establece la *compartición* de información, los tipos de relación, comunicación y el poder de decisión, organizaciones jerárquicas frente a distribuidas. *Power to the edge*.
- **Sistemas autónomos/inteligencia artificial**: sistemas autónomos, empleo de inteligencia artificial en análisis de información y datos, integración de información geoespacial, aprender del adversario.
- **Guerra híbrida:** es una agresión fuera de los parámetros del enfrentamiento convencional en ámbitos político, militar, social, económico y de la información de forma sinérgica…, guerra compleja y multidimensional. Definición de indicadores de detección.
- **Logística:** red de centros logísticos en apoyo a operaciones en todo el mundo.

- **Integración de capacidades médicas**: orientada al desarrollo de la nueva aproximación modular al apoyo médico en operaciones para el Mando Europeo Médico.
- **Recuperación de personal:** integración de capacidades nacionales orientadas a la recuperación de personal.
- **Resiliencia (colaborativa):** influencia de sistemas civiles en la capacidad de sostenimiento de las operaciones.
- ***Additive manufacturing***: aprovechamiento de las capacidades de impresión 3D orientadas al sostenimiento de las operaciones.
- **Entorno urbano**: operaciones en entorno urbano. Uno de los entornos previsibles de conflicto futuro.

3.5. Simulación en el Ejército de Tierra

3.5.1. Introducción

La simulación es un complemento indispensable para la preparación del ET en todos sus escalones, desde la instrucción de tiro individual hasta el adiestramiento de las grandes unidades. No se considera como un fin en sí misma, sino como un apoyo para alcanzar los niveles de preparación requeridos.

Durante los últimos años, el ET ha materializado su interés por la simulación con un importante esfuerzo económico para la adquisición de medios y sistemas. Este esfuerzo permite hoy disponer de un variado catálogo de medios en los centros de enseñanza, en los centros de adiestramiento y en las propias unidades. Para regular el empleo de estos medios se elaboró el Plan Director de la Simulación. El plan es de aplicación en todo el ámbito del ET y establece que la simulación sea una de las herramientas que se empleen para alcanzar las máximas cotas de operatividad. Este plan pretende dar respuesta a cuestiones como qué, dónde y para qué quiere el ET la simulación, qué estructura establecer y qué aspectos se deben tener en cuenta para obtener el máximo aprovechamiento de ella.

Los ámbitos de actuación como medio para la obtención de lecciones aprendidas y la definición y actualización de las tácticas, técnicas y procedimientos que establece el Plan Director son:

- la instrucción y adiestramiento,
- la enseñanza,
- la evaluación.

En apoyo de la enseñanza, la instrucción, adiestramiento y evaluación, los medios de simulación permiten:

- facilitar el conocimiento, destreza y eficacia necesarios en el manejo óptimo del armamento, material, equipo y sistemas de armas;
- mejorar la soltura, eficiencia e integración en el planeamiento, preparación y ejecución de operaciones, desde las de combate de alta intensidad hasta las operaciones de paz, proporcionando, además, la posibilidad de realizarlo de forma segura en situaciones de estrés elevado;
- reducir el impacto económico que conlleva la realización de determinadas actividades/ejercicios;
- racionalizar el empleo de determinados vehículos, armamento, materiales, equipos y sistemas de armas, reduciéndose el impacto económico que ello supone, así como su deterioro y desgaste;
- racionalizar el consumo de municiones, artefactos y explosivos;
- reducir el impacto medioambiental asociado a las actividades de preparación y las vulnerabilidades que este aspecto supone para el ET;
- incrementar la protección de la fuerza;
- incrementar la variedad y el estímulo en el aprendizaje, proporcionando un amplio abanico de posibilidades para el logro de los objetivos marcados;
- complementar/preparar la ejecución de ejercicios LIVEX;
- reiterar ejercicios para fijar conceptos, adoptar correcciones/mejoras introducidas por lecciones aprendidas, etc.

3.5.2. Clasificación de los simuladores

Teniendo en cuenta la finalidad del simulador, estos se clasifican en:

- **Simuladores de apoyo a la enseñanza y a la instrucción**. Son aquellos medios orientados a mejorar la instrucción individual del combatiente y de la unidad hasta nivel pelotón/equipo/escuadra/tripulación/pieza. Como ejemplos se pueden citar los simuladores de tiro en sala para armas portátiles, de tiro para fusil de precisión, de misiles C/C, del puesto de tiro para el misil antiaéreo, los entrenadores de direcciones de tiro, de conducción en aula, de vehículos rueda, de combate en localidades, etc.
- **Simuladores de apoyo al adiestramiento y evaluación.** Son aquellos que permiten mejorar el mando y control, la evolución táctica y la distribución de fuego en diferentes ambientes, escena-

rios y condiciones meteorológicas de unidades de entidad sección hasta nivel agrupación táctica. También permiten el adiestramiento y evaluación en el planeamiento y conducción táctica de los PC GT, de brigada y de división. Como ejemplo se tiene el simulador constructivo, los *serious games*, los de control de fuego de CC/VCI/VCC, etc.

Según su naturaleza, los simuladores se clasifican en:

- **Simuladores reales o simulación en vivo.** Simulación en la que el personal real opera sistemas reales con sensores y accesorios que suplen alguna funcionalidad necesaria para la realización de estas actividades. Se simulan solamente los efectos.
- **Simuladores virtuales.** Aquellos en los que personal real opera un material que simula el existente en dotación. Se simulan los efectos y el material.
- ***Serious games*.** Son sistemas basados en juegos comerciales para PC bajo licencia que, adaptados a las necesidades del Ejército, resultan muy útiles para el adiestramiento de unidades hasta nivel compañía/GT. Como ejemplos están el Steel Beasts y el VBS2. Se simulan los efectos, el material y el personal.
- **Simuladores constructivos**. Simulación que proporciona por modelos informáticos la representación gráfica de unidades, de sistemas de armas y sus efectos, de equipos y terreno, para el adiestramiento de los mandos y sus respectivos CG/PLM. Para su empleo es necesario que terceras personas introduzcan órdenes y acciones al sistema. Como ejemplo se tienen CASIOPEA y SAETA.

Finalmente, existen otros materiales que, sin tener la consideración de simuladores, participan en el apoyo a la preparación de las unidades.

- **Entrenadores**. Como ejemplo, el TR-90 y los subcalibres. Son aquellos medios que, por sí mismos o asociados a un arma/elemento/sistema, reproducen sus características y exigen la ejecución de las tareas necesarias en el orden adecuado para el correcto funcionamiento del aspecto que se quiere instruir.
- **Ayudas a la instrucción/enseñanza.** Como ejemplo se citarán las representaciones de material, minas de instrucción, láminas de enseñanza, etc. Son aquellos medios que complementan a los manuales de instrucción ayudando a su mejor comprensión.

3.5.3. Catálogo de simuladores del Ejército de Tierra

Simuladores reales o en vivo

Sistemas que permiten el adiestramiento de unidades desplegadas en campos de maniobras o centros de adiestramiento empleando determinados equipos técnicos que simulan los resultados de las acciones de combate. Simulan los resultados de enfrentamientos utilizando los sistemas de armas reales.

Simuladores virtuales

Sistemas basados en tecnología que proporcionan representaciones fieles de medios, terreno y situaciones permitiendo la participación interactiva del operador. Se emplean fundamentalmente para la instrucción y adiestramiento de sistemas de armas (carros de combate, helicópteros, misiles, etc.).

Serious games

Son juegos comerciales adaptados a las necesidades de los diferentes Ejércitos. Pueden combinar simulación virtual y constructiva de bajo nivel en un mismo ejercicio. Actualmente, los utilizados por el ET son: VBS2 y Steel Beast Profesional.

Los *serious games* se desenvuelven en un entorno virtual o mapa de tres dimensiones que representa el relieve del terreno, la vegetación, los edificios, caminos, carreteras o cualquier otro objeto que se aparezca en la realidad. Los entornos virtuales pueden estar basados en terrenos reales o ficticios, pudiendo abarcar cientos de metros o de kilómetros cuadrados. Dentro de este entorno virtual interactúan simultáneamente los miembros de las unidades a través de un ordenador. Los miembros de la unidad asumen su rol respectivo controlando una entidad virtual representada por un soldado en 3D. Esta entidad o soldado podrá interactuar con armas, vehículos, objetos u otras entidades que estén en su mismo entorno virtual. Algunas de estas entidades virtuales pueden estar controladas por personas reales o por inteligencia artificial. VBS y Steel Beast permiten crear escenarios en los que se presentan incidentes o enfrentamientos, donde ensayar procedimientos de forma colectiva, desde nivel escuadra hasta nivel sección o compañía.

VBS y Steel Beast confrontan al jefe de la pequeña unidad con *situaciones* en las que se ve obligado a tomar decisiones en tiempo real, a im-

partir órdenes y a comprobar los efectos de esas decisiones. Es posible repetir estas situaciones tantas veces como sea necesario, puesto que no se agota la munición, ni el combustible, ni se estropean los vehículos o las armas, tampoco son necesarias labores de mantenimiento, ni se extenúa a los combatientes.

En la instrucción de pelotón/escuadra, el jefe, actuando de administrador, controla una cámara que puede desplazar a cualquier punto o en cualquier perspectiva interactuando con el resto de su pelotón. Lo que posibilita la corrección de errores y mejora la coordinación de los miembros de su unidad.

La capacidad de usar entornos virtuales basados en localizaciones reales, junto con armas y vehículos muy similares a los reales, ayuda a planear misiones ejecutándolas de diferentes formas, aplicando distintos procedimientos o añadiendo diversas variables. Permite, además, preparar misiones como en un *cajón de arena* ensayándolas múltiples veces.

VBS y Steel Beast permiten recrear, con entornos virtuales, zonas reales de operaciones y, utilizando el histórico, es posible reproducir misiones que ya hayan sucedido en una zona de operaciones, de modo que la unidad que se vaya a desplazar a esa zona pueda familiarizarse previamente con el terreno e incluso enfrentarse utilizando sus propios medios y procedimientos.

Simuladores constructivos

Sistemas que permiten el adiestramiento de unidades que, apoyándose en programas informáticos, proporcionan resolución a los enfrentamientos resultantes de las decisiones adoptadas por los distintos escalones de mando en el desarrollo de la maniobra en su conjunto.

3.5.4. CESIFAMET: un claro caso de éxito

Las Fuerzas Aeromóviles del Ejército de Tierra (FAMET) son un conjunto orgánico de unidades de combate, apoyo al combate y apoyo logístico al combate, dotadas de aeronaves, puestas bajo un mando único para constituir organizaciones operativas de entidad y composición variable —que en cada caso se determina en función de la misión asignada—, adiestradas y equipadas para llevar a cabo acciones desde el espacio aéreo próximo al suelo.

La misión de las FAMET es aumentar la capacidad operativa de las unidades terrestres facilitando y prolongando el ejercicio del mando mediante acciones de combate, de apoyo al combate y de apoyo logístico al combate ejecutadas, generalmente, en el espacio aéreo próximo al suelo.

La unidad dispone de un centro de simulación llamado CESIFAMET, que nace como respuesta a la necesidad sentida por las FAMET de mejorar la instrucción y el adiestramiento de sus tripulaciones de pilotos y especialistas mecánicos de helicópteros, así como de otras especialidades relacionadas con el vuelo, como controladores, especialistas, etc.

CESIFAMET ha ido construyendo simuladores para los distintos helicópteros de los que dispone o de los que va a disponer (Chinook, Cougar, Tigre, EC135, NH90). La estrategia para cada uno de ellos es la misma y está enfocada, por una parte, al adiestramiento y, por otra, a la interoperabilidad entre ellos.

En cuanto al adiestramiento, con el objetivo de unificar el modelo de formación, seguir una comunalidad de criterios y programas y cubrir todas las áreas de formación, para cada uno de ellos se requieren tres elementos:

- FSS *(full flight simulator)*: simula todos los aspectos de una aeronave específica y de su entorno, incluyendo todos sus movimientos básicos. Este tipo de simuladores puede generar movimientos de modo que los ocupantes sientan un nivel de realismo tal como sucedería en una aeronave real, haciéndole creer a la tripulación que se encuentran volando.
- FSTD *(flight simulation training devices)*: se pueden utilizar para mejorar la formación de vuelo, especialmente en el entrenamiento para emergencias y errores de funcionamiento. También pueden proporcionar ventajas adicionales que pueden resultar muy eficaces durante las sesiones de entrenamiento y *debriefing*, como grabación/reproducción, reposicionamiento rápido, congelación/descongelación y la capacidad para llevar a cabo una amplia gama de fallos de funcionamiento que no se pueden o no se deberían practicar en el helicóptero.
- CBT *(computer based training):* proporciona las destrezas necesarias para que el piloto se familiarice con el instrumental, con los mandos. Se utiliza, por lo general, durante la formación inicial y resulta muy eficiente para proporcionar actividades de autoaprendizaje mediante los ordenadores de sobremesa. Por lo general, utiliza pantallas táctiles o vídeos y es muy

interactivo según las opciones seleccionadas por el individuo que sigue la formación y sus progresos. Se puede utilizar para la formación básica de los instrumentos y pantallas de HMI (interfaz hombre máquina) o para ver virtualmente los diferentes componentes del helicóptero. Los pilotos lo utilizan en las aulas o mediante actividades de aprendizaje electrónico.

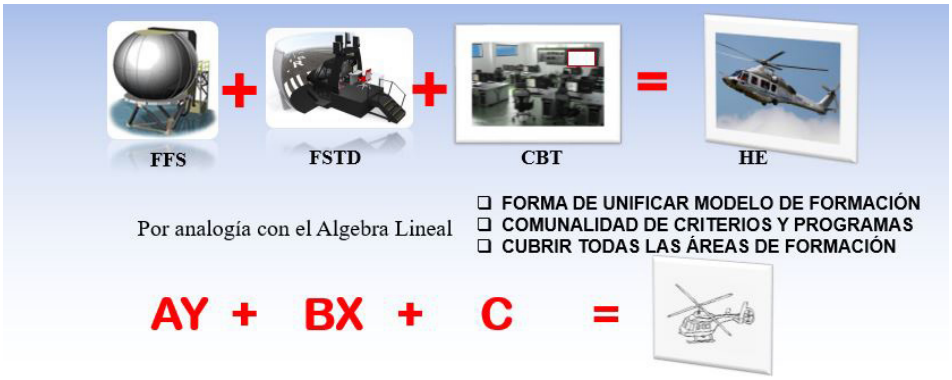


Figura 3.25. Función lineal de Simulación.

En cuanto a la interoperabilidad, se tienen que tener en cuenta cuatro aspectos clave:

- Bases de datos (μ_1)

El sistema gestor de base de datos (SGBS) debe permitir incorporar las bases de datos existentes e integrar las nuevas.

Es importante evitar problemas de colimación y de representación. Para ello, las bases de datos de los distintos simuladores deben cumplir ciertas características:

- deben ser comunes, con partes diferenciadas para táctica, enseñanza, una específica de España y otra para zona de operaciones…;
- deben ser homogéneas, con la misma construcción o con capacidad de integración automática;
- deben ser georreferenciadas y proporcionadas desde un único servidor.

- Entorno táctico único con capacidad de integración real (μ_2)

Debe ser común, sencillo y robusto, con elementos tácticos (GFO), abiertos y de fácil generación. Se deben poder incluir automáticamente elementos de otras plataformas.

- Canal de comunicación (μ_3)

El canal de comunicación no debe ser un impedimento para la interoperabilidad entre simuladores. Basta con transmitir solo los datos necesarios sobre una red privada virtual (VPN) sobre tecnología IPsec con protocolo de seguridad *software* de confidencialidad, integridad y autentificación que puede proporcionar cualquier proveedor comercial.

Es esencial utilizar una infraestructura de tiempo real común (RTI) y el estándar OTAN HLA.

- Normativa (μ_4)

Todos los simuladores deben respetar la normativa vigente al respecto por EASA (European Aviation Safety Agency) y AESA (Agencia Estatal de Seguridad Aérea).

Estas organizaciones establecen los programas de evaluación de los simuladores de vuelo. Los requisitos de cumplimiento, las pruebas objetivas y subjetivas que deben pasar y los criterios de certificación y calificación (EASA CS-FSTD(H)).

Figura 3.26. Factores de Interoperabilidad entre Simuladores.

3.5.5. Pirámide de empleo

Esta pirámide representa de forma gráfica de qué modo se organiza la simulación en el ámbito del ET. Aquí se establece el criterio del tipo de unidad y simulador a emplear. En todo caso, el límite entre los distintos medios de si-

Figura 3.28. Pirámide de empleo.

mulación es muy difuso, de manera que pueden existir simuladores que estén incluidos en diferentes estratos. Con carácter general, se puede decir que el primer nivel de la pirámide contempla los medios empleados para el apoyo a la instrucción, mientras que el segundo y tercer nivel recogen todos aquellos destinados a apoyar el adiestramiento y evaluación de las unidades.

3.5.6. Futuro

En cuanto al futuro, solo cabe decir que esto no ha hecho más que empezar. Nos esperan avances insospechados a día de hoy. El avance es tan rápido que cualquier paso hacia adelante que se dé tan solo contribuye a mitigar la rápida obsolescencia de los medios de simulación.

3.6. Simulación en el Ejército del Aire

3.6.1. Introducción

La aviación en general y las Fuerzas Aéreas de los distintos países a lo largo de todo el globo han estado siempre muy ligadas a la simulación. El Ejército del Aire no ha sido ni es una excepción, y ya diversos sistemas de armas anteriores, fuera de servicio en la actualidad, contaban con los primeros simuladores de vuelo para practicar procedimientos y emergencias.

Lejos de disminuir, la necesidad de simulación, entendida como entrenamiento en un entorno virtual, va en aumento y, en la actualidad, no se contempla la adquisición de nuevos sistemas de armas para las Fuerzas Armadas en general y para el Ejército del Aire en particular si no llevan asociados los correspondientes sistemas de simulación que apoyen de una manera efectiva el entrenamiento y el adiestramiento de las tripulaciones. Esta necesidad aumenta, si cabe, cuando se busca optimizar los costes de entrenamiento, de tal manera que se puedan sustituir parte de las horas de vuelo reales por horas de simulación. Pero hasta cierto límite.

En este sentido, se debe ser muy cauto cuando se habla del *ahorro* que supone la sustitución de horas de vuelo reales por horas en simulador. Parte de las grandes compañías aeronáuticas apuesta por sistemas más sofisticados que reproduzcan fielmente la plataforma y el entorno de simulación; en este caso, los costes de adquisición y mantenimiento se encarecen considerablemente.

Otra de las opciones que se están ofertando en la actualidad son los simuladores de tipo genérico, es decir, aquellos que, sin ser una fiel reproducción de la plataforma de vuelo real, pueden llegar a reproducir con un alto grado de fidelidad las actuaciones y características de diferentes sistemas de armas. Estos sí suponen realmente sistemas más económicos, pero con el inconveniente de que son más *genéricos*.

En cualquier caso, como ya se ha comentado, se debe poner un límite en el reemplazo de la hora de vuelo real por la hora de simulación, ya que el piloto tiene que pilotar, es decir, tiene que sentir las sensaciones y la responsabilidad que lleva el uso de los medios asignados; un motor parado no es igual en vuelo que en el simulador.

Por otro lado, se debe evitar efectos como el *entrenamiento negativo*, de tal manera que un sistema de entrenamiento que resultase en el *adiestramiento* de una tripulación con un resultado tal que lo llevase a realizar acciones de manera diferente a lo esperado en una misión real podría, indudablemente, llevar asociadas consecuencias bastante negativas.

En esta línea, se debe resaltar que la simulación no debe ser un fin en sí misma, sino un medio para contribuir a un mejor adiestramiento de pilotos y tripulaciones.

La idea del presente artículo es dar una idea de cómo es el presente y debe ser el futuro de la simulación en el EA.

3.6.2. Situación actual en el Ejército del Aire

El Ejército del Aire tiene en la actualidad diversos sistemas de simulación en servicio:

- 2 simuladores de EF-18
- 3 simuladores de C-101
- 1 simulador de F5M
- 1 simulador de C-130
- 1 simulador de UD-14
- 1 simulador de Sikorsky S76
- 1 simulador de EC120B (Colibrí)
- 1 entrenador genérico de avión bimotor
- 1 simulador de apoyo aéreo
- 1 simulador de radar de ruta y torre
- 1 simulador de defensa aérea
- 1 simulador de guerra electrónica
- 1 simulador virtual de paracaidismo
- simuladores de tiro

A esta lista se deben añadir los más modernos: *full flight simulators* (FFS) del EF2000 y otro simulador genérico IMRIT (MALE RPA ISR *training*) en Salamanca. Además, se recepcionará a lo largo de 2018 el simulador del A400M.

Figura 3.28. Simulador del A400M.

Como se puede observar, la lista es diversa y variada y adquiridos en distintos momentos asociados a los sistemas de armas a los que se pretendía reproducir, y no limitada solamente a medios aéreos.

Algunos de estos sistemas podrán ser considerados como parte de una red distribuida de simulación, pero otros, debido a la antigüedad de su diseño, no podrán ser considerados para este fin.

Y este es el elemento más importante que destacar como reto inicial en un futuro cercano en España y también en muchos de nuestros países del entorno[6]: conseguir conectar simuladores, ya sean del mismo o distinto tipo, situados en diferentes localizaciones geográficas y poder realizar misiones operativas simuladas.

3.6.3. Conceptos y desarrollos

Antes de evaluar cuáles serían los retos en el futuro de la simulación en el Ejército del Aire, es conveniente describir en qué dirección se están desarrollando los proyectos en nuestro entorno. Hay tres conceptos principales en la actualidad:

Simulación distribuida: el uso de una serie de simuladores distribuidos en una red para la realización de misiones de manera combinada y simultánea.

Arquitectura abierta*:* sistemas de simulación en los que sea relativamente sencillo añadir, modernizar y cambiar sus componentes.

***Live, virtual and constructive* (LVC):** tendencia actual en simulación en los que se integran tres componentes:

- *Live* o simulación real (en vuelo): este tipo de entrenamiento se produce cotidianamente, es decir, es el piloto o la tripulación volando un sistema de armas en una misión de adiestramiento.
- *Virtual* o entrenamiento en simuladores iguales o bastante fieles a los sistemas de armas.
- *Constructive* o un sistema de computación que insertaría diversos elementos, tales como amenazas genéricas, fuerzas propias y adversarias en una red de simulación.

[6] En el entorno del EAG (European Air Group) y dentro del CAIP *(Combined Air Interoperability Program)* en el que se están tratando cuestiones de interoperabilidad entre aviones de 4.ª y 5.ª generación, en el entorno de la simulación, el primer reto que se plantea es la conexión de los simuladores actualmente en servicio en las distintas naciones.

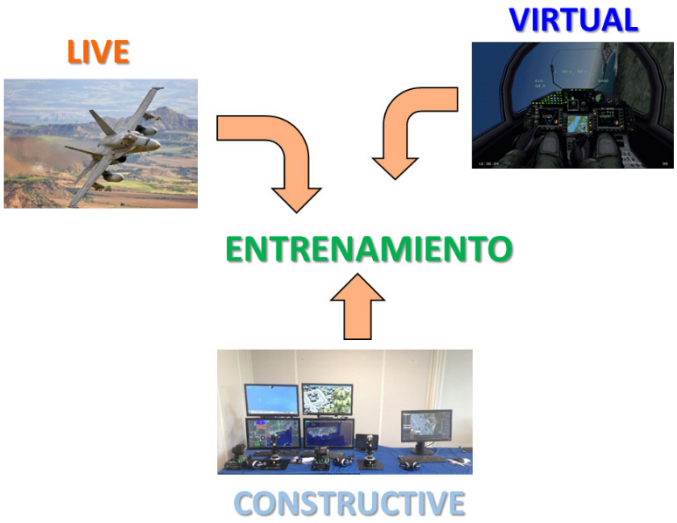


Figura 3.29. Esquema del concepto LVC.

Alguno de los actuales proyectos de simulación van encaminados a la integración de los componentes *live, virtual* y *constructive* en sistemas integrados LVC. Por otro lado, en este terreno ya se han realizado ciertos progresos en sistemas *live-constructive* (LC) y *virtual-constructive* (VC), pero no existe en la actualidad un sistema basado en el concepto LVC que se haya desarrollado en su totalidad. Las oportunidades de desarrollo en este campo son, pues, muy atractivas y con muchas posibilidades.

Si se aúnan los tres conceptos anteriores, se podría decir que los sistemas de simulación futuros deberían estar fundamentados en «redes de simulación distribuidas, basados en dispositivos de simulación de arquitectura abierta y en el concepto LVC».

La conclusión anterior, escrita en dos líneas, obviamente lleva consigo necesariamente una serie de desarrollos tecnológicos realmente complejos.

Por otro lado, si se analizan las tendencias actuales tal y como se han descrito, se puede afirmar que los futuros desarrollos necesitarán el control sobre factores fundamentales, tales como ciberseguridad, análisis de datos *(big data)*, computación en la nube y realidad virtual. De hecho,

del control de estos factores emanan los principales problemas a los que hacer frente en un futuro próximo, es decir:

- Necesidad de que los datos sensibles estén seguros en todo momento: este hecho está enfrentado con el concepto de arquitectura abierta; posiblemente sea, a día de hoy, el principal factor limitativo.
- Enorme cantidad de datos para procesar en tiempo real.
- Posibilidad real de que sistemas simulados puedan interoperar en conjunción con sistemas reales.
- Capacidad de reacción ante las necesidades y evolución de *software* en los diferentes sistemas de armas.

Por lo tanto, para conseguir realmente sistemas de simulación distribuida queda aún un largo camino por recorrer.

3.6.4. Retos cercanos para el Ejército del Aire

Se ha podido observar cuál es el primer reto al que se debe enfrentar el entorno de simulación a nivel nacional: la conexión de simuladores y que sea de utilidad para el entrenamiento de tripulaciones. Y, por otro lado, se han evaluado las tendencias en el entorno de la simulación actual. Se puede aseverar que los retos no son pequeños.

Es cierto que ya se ha conseguido conectar simuladores (los de EF-18 en Torrejón y Zaragoza), pero solo a efectos técnicos, y los de EF2000 tienen igualmente capacidad de conexión; se han conectado los simuladores situados en una misma situación geográfica, pero no se han conectado simuladores situados en diferentes localizaciones (redes WAN) con resultados tácticos y de entrenamiento destacables.

Y es que son muchos los inconvenientes que se plantean a la hora de afrontar este problema:

- Distintas arquitecturas DIS y HLA: en el caso de las arquitecturas, y poniéndolas como ejemplo, en las que se han desarrollado los simuladores de EF-18, *high level architecture* (HLA)[7] y EF2000 *distributed interactive simulation* (DIS) son distintas.

[7] La arquitectura HLA es la oficial en OTAN para modelado de los sistemas de simulación regulada por el STANAG 4603 *Modeling And Simulation Architecture Standards For Technical Interoperability:*

- Retrasos en sistema visual presentado: el *lag* en el visual se presenta en más ocasiones de las deseadas.
- Representación fiel a la realidad: el grado de fidelidad de los sistemas es un tema recurrente en este campo.
- Ancho de banda necesaria: la simulación distribuida y la cantidad de datos que procesar necesitarán anchos de banda realmente grandes.
- Los sistemas de computación asociados deberán ser realmente robustos y fiables para evitar efectos negativos, como caídas en los procesos por incapacidad a la hora de ejecutar las misiones requeridas.
- Necesidad de una red de simulación: *simulation network*. No existe, en la actualidad, una red de simulación en el Ejército del Aire.
- Concurrencia con el avión: los cambios que se realicen en el *software* de los aviones deberán ser implementados al mismo tiempo en los simuladores.
- Protección datos clasificados: principal caballo de batalla, tal y como ya se ha descrito en el presente artículo.

Entonces, y básicamente de una manera esquemática y sencilla, estos deben ser los pasos que se deben seguir en el EA en el mundo de la simulación:

- conectar inicialmente dos simuladores *iguales* y tener la capacidad de realizar una misión básica a nivel táctico (red WAN),
- ver la posibilidad de añadir otro simulador táctico *distinto* a esa conexión,
- ir añadiendo simuladores paso a paso,
- cuando se haya conseguido lo anterior, se crearía una *simulation network*: *plug and play*,
- como consecuencia, se dispondría de una red de simulación distribuida real en un futuro.

Y, por qué no, se podría conseguir una red de simulación como el de la siguiente figura:

High Level Architecture (HLA).

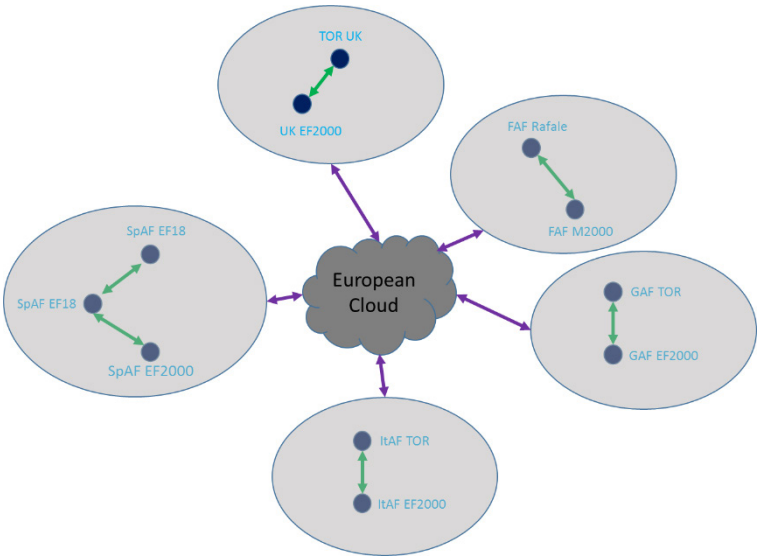


Figura 3.30. Esquema hipotético de una red de simulación a nivel europeo.

3.6.5. Largo plazo

Los aviones de 5.ª generación son ya un hecho en diferentes fuerzas aéreas. De esta manera, y como ejemplo, el F-35 —ya en servicio y exportado a otros países— deberá ser considerado, sobre todo, a partir del próximo decenio.

La integración de aviones de 4.ª y 5.ª generación está siendo tratada en diferentes foros, como, por ejemplo, el Combined Air Interoperability Group (CAIP) en el seno del European Air Group (EAG), y, por lo tanto, esta integración también afectará al entorno de la simulación.

El Ejército del Aire no dispone aún de aviones de 5.ª generación, pero, al igual que en los países del entorno, más tarde o más temprano formarán parte de las flotas existentes y traerán consigo los mismos retos. Es decir, en el mundo de la simulación, se deberán establecer los parámetros para aunar aviones como el F-18 o EF2000, o el F35, junto con elementos no tripulados y, consecuentemente, la replicación de las correspondientes amenazas en escenarios A2AD *(anti area access denial)*. Este hecho supondrá, una vez que se haya avanzado en la línea correcta con los sistemas actualmente en servicio, el principal objetivo en el mundo de la simulación.

3.6.6. Resumen

A lo largo del presente artículo se ha intentado realizar un repaso de cuáles son los medios de simulación actualmente en servicio en el Ejército del Aire, cuáles son las tendencias actuales en los desarrollos tecnológicos en el entorno de la simulación, se han identificado los retos en un futuro cercano que se deberían conseguir en este campo en el Ejército del Aire y cuáles pueden ser estos más a largo plazo.

En cualquier caso, deben quedar las siguientes ideas fundamentales en la retina del lector: por un lado, que la simulación no debe ser un fin en sí misma, sino un medio para conseguir el mejor entrenamiento y adiestramiento de las tripulaciones aéreas; por otro, que las horas de simulación pueden ser un sustituto de parte de las horas de vuelo reales, pero hasta un cierto límite y dentro de unos márgenes lógicos, y, por último, que los próximos desarrollos en simulación deben ir en el mejor aprovechamiento de los medios actualmente disponibles realizando los siguientes pasos una vez se hayan consolidado los pequeños éxitos parciales.

3.7. Simulación en la Armada

3.7.1. Situación actual

En el análisis general de la actividad del año 2015 se había detectado la necesidad de actualizar algunos de los simuladores en servicio y la conveniencia de analizar los aspectos relativos a la simulación en la Armada.

En la Directiva 06/2015, de 30 de junio, del almirante jefe de Estado Mayor de la Armada, de control de la organización para el periodo 2016-18, se expone la necesidad de estudio de la simulación en la Armada.

La simulación se ha abierto paso en la Armada en el ámbito de la enseñanza, instrucción y adiestramiento.

La dificultad de situar a la persona en entornos bélicos navales y los costes del uso del material real para el adiestramiento han provocado la necesidad de recurrir a la simulación como herramienta eficiente para el objetivo de preparar a las dotaciones en las capacidades necesarias.

Con esto se consigue complementar la formación, perfeccionar y, en algunas ocasiones, posibilitar el adiestramiento de las unidades.

La planificación y ejecución de estos ejercicios permite, además, una evaluación y análisis posterior para la elaboración de lecciones aprendidas y prueba de tácticas y procedimientos para la mejora de la doctrina.

Las ventajas que la simulación aporta a la Armada vendrían reflejadas por el impacto económico que podría tener un accidente en la mar durante un adiestramiento; esta herramienta provee la posibilidad de practicar todo tipo de procedimientos y situaciones en entornos de seguridad para el personal y el material.

Cuanto más preparado está el personal, más seguridad tendrá en sí mismo. Además, la simulación nos permite ensayar la toma de decisiones, gestión de medios, organización, gestión de documentación, estudio de capacidades, experimentación de nuevas tácticas, ejercicios avanzados para Estados Mayores y, además, ejecutar el juego planeado lo más parecido a las operaciones reales en escenarios donde sería imposible ensayarlo.

En la Armada, el uso de la simulación se centra en la Escuela Naval Militar, Escuela de Especialidades Antonio Escaño, Escuela de Especialidades ESENGRA, Escuela de Infantería de Marina, Escuela de Submarinos, Escuela de Dotaciones Aeronavales y Escuela de Buceo, en lo que se refiere a la enseñanza, y en el Centro de Instrucción y Adiestramiento de la Flota (CIA) y en los tercios de Infantería de Marina (TERNOR, TEAR, AGRUCAN) en lo que se refiere al adiestramiento.

El uso de la simulación en el área de apoyo a la decisión y experimentación y análisis recae sobre el Centro de Instrucción y Adiestramiento de la Flota, el Centro de Valoración al Combate (CEVACO) y, sobre todo, en el Gabinete de Investigación Militar Operativa y Estadística de la Armada (GIMOE).

3.7.2. Clasificación de simuladores de acuerdo a la capacidad

Navegación y táctica

- SIMNAV

Diseñado para el adiestramiento en todos los aspectos relacionados con la navegación y maniobra de buques y para el empleo de los distintos equipos de navegación que se llevan en el puente de gobierno, como el radar ARPA, la consola de presentación de la cartografía electrónica WECDIS.

Este simulador está diseñado y suministrado por la empresa española Telvent.

Permite el adiestramiento en procedimientos que seguir en el puente de gobierno, el uso de equipos específicos del puente de los buques de guerra y el uso de procedimientos de comunicaciones.

Permite una gran variabilidad de modelos de buques, así como distintos escenarios y puertos.

- GALEÓN

Este simulador táctico de operaciones navales nace en 2002 con el objeto de renovar el obsoleto simulador del *juego de la guerra* en la Escuela de Guerra Naval.

Desarrollado por la Armada con la empresa Sainsel (veintidós consolas para alumnos y tres para instructores). Se monta en un entorno de red local con consolas de preparación, de instructor y de alumnos distribuidas en cabinas. Permite la simulación de cualquier tipo de plataforma.

- Laboratorio de operadores de consolas del sistema AEGIS (ACOLAB)

Permite el adiestramiento de operadores del sistema AEGIS F-100. Doce operadores en cada uno de los submodos F-100 y F-105

- SCOMBA-T (sistema de combate)

Permite el adiestramiento en el sistema de combate en modo adiestramiento instalado en PC (JCI, LHD BAM, F-100, ESCAÑO).

- SCE (sistema de control de embarcaciones)

Simulador del sistema de control de embarcaciones para buques y lanchas de desembarco. Permite el adiestramiento en el control de desembarco anfibio, planeamiento de maniobras y control de comunicaciones.

- SACAZ (simulador de cazaminas)

Simulador táctico del sistema de combate para los cazaminas clase Segura. Permite la mejora para los operadores del Centro de Información y Combate y estandarizar procedimientos.

Integra simulador de sensores, del buque, del sonar y del ROV *(remotely operated vehicle)*.

- SATS (S-70) (ESUBMAR)

Simulador de adiestramiento táctico en submarinos. Adiestramiento en el manejo de los diferentes sensores y el uso del sistema de combate. Puesto de mando, sonar, mesa trazadora, periscopio de ataque.

- SIMTAC (S-80) (ESUBMAR)

Simulador táctico desarrollado por Navantia con Indra y SAES. Reproduce a escala los puestos tácticos que son el centro de control de la plataforma y de mando de las operaciones tácticas. Permite adquirir los conocimientos necesarios para el uso del sistema de combate. Pendiente de su entrega a la Armada.

- TALOS (EIMGAF)

Simulador de mando y control de la fuerza de Infantería de Marina. Permite la coordinación y ejecución del apoyo de fuegos (fuego de artillería de campaña, fuego aéreo y fuego naval de apoyo) integrado en la maniobra terrestre.

Control de la plataforma

- SISMA (s-70) (ESUBMAR)

Adiestramiento en la seguridad en inmersión. Simulación de cámara central de submarinos. Permite el adiestramiento en el manejo de la plataforma ante posibles emergencias, vías de agua, avería en timones, fallos planta hidráulica, fallos de energía eléctrica, fallos de propulsión, etc.

- SIMPRA (s-70) (ESUBMAR)

Simulación de propulsión de submarinos. Permite el adiestramiento de los operarios de la cámara de propulsión en el manejo de los equipos de propulsión y generadores y la simulación de emergencias.

- SIFAS (s-70) (ESUBMAR)

Adiestramiento en la seguridad en inmersión. Simulador para adiestramiento en fugas y vías de agua.

- SIMPLAT (S-80) (ESUBMAR)

Simulador de plataforma. Permite el adiestramiento en los puestos de control de la plataforma. Manejo del submarino en todas las condiciones de navegación con la simulación de fallos y averías. Pendiente de su entrega a la Armada.

- Simulador del control de plataforma fragatas clase Santa María (ESCAÑO)

El sistema integrado de control de plataforma tiene un modo de adiestramiento. Fue instalado en el año 1988 y permite el adiestramiento de los operadores de control de plataforma de las fragatas. Son consolas idénticas a las que llevan los buques en los sistemas de control. Consola de propulsión, planta eléctrica, auxiliares, puente de gobierno y local de propulsión. Tiene la posibilidad de simular averías y fallos.

- Simulador SICP Patiño y LPD clase Galicia de control de plataforma (ESCAÑO)

Fabricación española Navantia, instalado en los años 1997 y 1998. Primer simulador integrado de control de plataforma. Autómatas conectados a una red con los PC de las consolas. Consolas individuales con capacidad para asimilar el control de los sistemas.

- Simulador SICP fragatas clase Álvaro de Bazán (ESCAÑO)

Instalado en el 2007 por Navantia. Autómatas conectados a una red con los PC de las consolas. Consta de consolas individuales con capacidad para asimilar el control de los sistemas. Tiene capacidad para creación de distintos escenarios, grabación y reproducción de adiestramiento y simulación de averías.

- Simulador SICP COMPLEX (Cantabria, JC1, BAM, F-105)

Instalado en el año 2014. Última versión de los sistemas integrados de control de la plataforma.

- Simulador de vuelo SOTV-EAV8B Plus (EDAN)

Simulador operacional y táctico de vuelo español del AV8B Plus.

- Simulador de vuelo SOTV-ESH60B LAMPS (EDAN)

Simulador operacional y táctico de vuelo español del SH60B LAMPS.

Seguridad interior

- Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior (CISI) (ESCAÑO)

Adiestramiento de contraincendios no contaminante alimentado con gas propano. Diez escenarios de buques e interiores, dos escenarios de derrame en exteriores, capacidad 64 alumnos, cuatro trozos de SI simultaneo.

Tiene un compartimento para ejercicios de inundación y un aula de medioambiente.

- Centro de Adiestramiento de Seguridad Interior (CASI)

Capacidad de once fuegos activos, siete escenarios, adiestrador de derrames y adiestrador de aeronaves.

Permite el adiestramiento individual, mando y control, específico de vuelo, NBQR supervivencia y NBQR Trozos.

Adiestramiento del combatiente

- VBS3 (visual battle space 3) (EIMGAF, TERNOR, AGRUCAN, AGRUMAD)

Simulador constructivo comercial, clasificado dentro de los *serious gamen*s. Tiene una gran capacidad para el modelado de escenarios y permite la interconexión entre licencias para compartir simulaciones entre unidades.

- VICTRIX (EIMGAF, ENM)

Simulador de tiro de armas portátiles de última adquisición.

- SCATT (EIMGAF Y ESENGRA)

Simulador de tiro de armas portátiles.

Comunicaciones

- DIANA (ESCAÑO)

Instalado en 2010. Fabricado por Indra, simula el funcionamiento del sistema DIANA (sistema de distribución de datos de navegación: Giroscópica, corredera, GPS, meteorológico…) en los sistemas F-100, LHD, BAC y BAM.

Se imparte adiestramiento a los operadores para el mantenimiento y la operación.

El sistema integra los datos para interactuar con el operador y generar mensajes.

- GMDSS (sistema de salvamento y seguridad marítima) (ESCAÑO)

Software de cuatro licencias para simular todas las comunicaciones del GMDSS

- ICCS-5 (sistema integrado de control de comunicaciones) (ESCAÑO)

Fabricante portugués, red informática de dieciséis puestos, permite interactuar con el sistema de control de comunicaciones de los buques de la Armada.

- SECOMSAT (clasificado) (ESCAÑO)

Empresa Indra, red informática de dieciséis puestos, permite interactuar con los tipos de terminales satélites.

- SACOMAR (clasificado) (ESCAÑO)

Red informática de dieciocho puestos con el *software* de la aplicación SACOMAR.

- HF (clasificado) (ESCAÑO)

Empresa equipos R&S Rohde & Schwarz (Alemania).

1 transceptor de R&S serie 2000 con capacidad ALE.

1 transceptor de R&S serie 4100 con capacidad ALE.

3 receptores R&S EK-896 (VLF/LF/MF/HF).

- Simulador Sonar AN/SQS-56 (ESCAÑO)

Fabricado por Raytheon, de las mismas características que el instalado a bordo, facilita el adiestramiento de operadores y mantenedores.

Simuladores de inmersión

La Armada cuenta con dos complejos hiperbáricos con espacios presurizables interconectados que simulan ambientes secos y en inmersión donde se adiestra al personal para la realización de trabajos en diferentes condiciones bajo un entorno controlado.

- Simulador de inmersión a gran profundidad con aire (50 m) (EBA)
- Simulador de inmersión a gran profundidad con mezclas respirables (90 m) (EBA).

Además, existen plataformas para la simulación de tareas de salvamento, y el BSR Neptuno dispone de un simulador de ventilación y entrega de contenedores estancos para submarinos accidentados.

Apoyo a la decisión y experimentación

- SIMDIS (GIMOE, CEVACO Y CIA)

Simulador OTAN, permite reproducir el lanzamiento de misiles para el estudio en posanálisis de la reacción del buque y el comportamiento del misil.

Permite también estudios de ejercicios de lanzamiento de torpedos.

- ALSA (algoritmo de lanzamiento de señuelos antimisil) (GIMOE y CIA)

Permite analizar los lanzamientos de señuelos. Realiza la creación de tablas para el lanzamiento automático de señuelos por parte del equipo de guerra electrónica a bordo. Usado para estudios para la posición de los morteros lanzadores en los buques de nueva construcción y la optimización de la reacción realizada por el buque para la creación de doctrina.

- EXODUS (herramienta comercial) (GIMOE)

Usada para los buques de nueva construcción, permite realizar estudios para el diseño de las rutas de evacuación.

HADOG (herramienta de análisis de dotaciones del GIMOE) (GIMOE)

Herramienta en desarrollo, en colaboración con Navantia, que permite el estudio y análisis de la dotación de un buque en función de sus misiones.

ARENA (GIMOE)

Simulador de sistemas para mejora e incremento de la eficiencia mediante la simulación de los diferentes procesos. Efectúa diferentes análisis del comportamiento. Procesos logísticos.

3.7.3. Necesidades

Grupo de coordinación de simulación

El estado actual de la simulación en la Armada requiere la creación de un grupo de coordinación con los siguientes objetivos:

- coordinar los requerimientos operativos de las unidades,
- coordinar adquisiciones y proyectos de I+D,
- intercambio de conocimiento, estándares y tendencias entre unidades.

Interoperabilidad

Existe una necesidad de mejora en la interconexión de simuladores para la realización de ejercicios conjuntos entre distintas unidades.

Navegación y táctica

- Instalación de SCOMBA y GALEON en la ESCAÑO.
- Integración de sensores en sistemas tácticos y de navegación.

Control de la plataforma

- Submarinos. Modernización de los simuladores de la S-70.
- Instalación de los simuladores de la S-80. Firmado proyecto de cesión.
- SACAZ. Modernización (tarjetas, SO, etc.).
- CASI. Simulador de control de averías (inundación y apuntalamiento).
- CISI (ESCAÑO). Modernización, nuevo simulador de averías con capacidad de balance.

Combatiente

- Recursos para aumento de licencias.

Constructivos

- Recursos para actualización de licencias.

3.7.4. Hacia dónde vamos

La Armada se encuentra inmersa en el proceso de digitalización liderado por CESTIC. Este desarrollo se ha hecho coincidir con la implantación de una nueva arquitectura digital al servicio del apoyo logístico de las unidades con la finalidad de obtener una mayor operatividad de los buques con un coste menor.

Bajo estas premisas, se encuentran dos proyectos que focalizan los esfuerzos a medio y largo plazo.

Por un lado, la construcción de las fragatas F-110, los submarinos S-80 y los nuevos buques de acción marítima (BAM) con el concepto del desarrollo de la *maqueta digital* como entorno virtual que contenga toda la información, que sea única, que permita el sostenimiento, el control de la configuración y el apoyo a la simulación, la enseñanza y el aprendizaje. Y, por otro lado, el desarrollo del Centro de Supervisión y Análisis de Datos de la Armada (CESADAR) como núcleo receptor de datos de las unidades en tiempo real para su captura, análisis y uso de la inteligencia artificial para la predicción del mantenimiento.

3.8. Actividades de I+D en el ámbito de la simulación (INTA)

El Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial es un organismo público de investigación (OPI) que depende de la Secretaría de Estado de Defensa. Recibe del Ministerio de Defensa el 53 % de su presupuesto anual y se autofinancia el 47 % restante mediante la prestación de servicios. Al ser medio propio de la Administración, la prestación de servicios se realiza a través de encomiendas de gestión con otros organismos de la Administración o por medio de contratos con empresas.

El Laboratorio de Modelado y Simulación pertenece al Departamento TICS de la Subdirección de Sistemas Terrestres. Esta subdirección proviene de la integración del antiguo Instituto Tecnológico La Marañosa en el INTA, producida a raíz de la entrada en vigor de la Ley Orgánica de Racionalización del Sector Público de 2014.

El Laboratorio de Modelado y Simulación tiene una posición de privilegio dentro de la simulación en defensa. Recibe aportaciones de los organismos internacionales OTAN y European Defensa Agency (EDA), debido a que el laboratorio participa con su personal representando a España en diversos grupos de trabajo de estos organismos relacionados con la simulación. Cabe destacar la participación en el Nato Modeling and Simulation Group (NMSG), de la Science and Technology Organization (STO) de OTAN y el Systems of Systems, Space, Simulation & Experimentation de la EDA.

El laboratorio también está en permanente contacto con la mayoría de las unidades y organismos a cargo de la simulación en defensa.

Nuestro permanente contacto con los organismos internacionales nos permite estar al corriente de los desarrollos e inquietudes de estas organizaciones y trabajar para que este conocimiento llegue a los organismos nacionales, principalmente en forma de documentación. Adicionalmente, el INTA fomenta que empresas y universidades participen activamente en estos grupos de trabajo internacionales.

OTAN en lo referente a la simulación cuenta con dos herramientas fundamentales, un plan (NATO *Master Plan*) y una organización para llevarlo a cabo, Nato Modeling and Simulation Group (NMSG).

La NMSG está dividida en tres subgrupos. El MS3, que se encarga de generar la estructura técnica a los trabajos de simulación aportando estándares en cuanto a arquitectura y procedimientos. El Military Operational

Requirement Subgroup (MORS) se encarga de aportar las necesidades operativas, verdadero motor de cualquier trabajo, y el Programmes and Planning Committee (PPC), que se dedica a la creación y seguimiento de los diversos grupos de trabajo que deben aportar soluciones a los requisitos operativos.

Cuando se habla de la simulación y la interoperabilidad, es imprescindible mencionar a la Simulation Interoperability Standards Organization (SISO), organización independiente dedicada a la promoción de estándares exclusivamente de interoperabilidad de modelado y simulación.

SISO trabaja en colaboración con otras organizaciones, como NMSG e IEEE, para la generación de estándares que den respuesta a las necesidades en simulación.

Entre los estándares publicados por esta organización destacamos:

- *Standard for Dynamic Link Compatible HLA API Standard for the HLA Interface Specification* (IEEE 1516.1 version).
- *Standard for Real-time Platform Reference Federation Object Model* (RPR FOM).
- *Standard for Coalition Battle Management Language* (C-BML).
- *Standard for Military Scenario Definition Language* (MSDL).

NMSG aporta un conjunto de documentos denominados *allied modelling and simulation publication* (AMSP). Estos documentos permiten alinearse con los estándares y procedimientos de OTAN en cuanto a modelado y simulación se refiere. Concretamente, el AMSP 01 es un compendio de los principales estándares para todas las áreas de simulación, como formatos de entrada y salida de simuladores, estándares de interoperabilidad entre simuladores, test y verificaciones. También de especial importancia son los AMSP03 y AMSP05, dedicados a la generación de ejercicios asistidos por ordenador (CAX). Además, los grupos de trabajo no permanentes de NMSG generan siempre un informe de los trabajos realizados en el grupo y documentos técnicos.

El INTA, por su parte, provee un conjunto de servicios relacionados con la simulación, entre los que cabe destacar:

- **Servicio de generación de escenarios virtuales** correlados para diversos simuladores (VBS2/3, VfForces, SteelBeast, FLT). Los escenarios son los entornos (exteriores o interiores) donde el usuario se puede mover en el simulador. En los entornos correlados, se par-

te de una misma BD cartográfica para la generación de los entornos para los diferentes simuladores.

- **Servicio de modelado de objetos**. Mediante herramientas de modelado (3Dmax, TerraTool) se generan objetos y edificios específicos; estos modelos se pueden integrar en los terrenos correlados o importados a los distintos simuladores. Cuentan con las características de texturas, modelos de colisión, movimientos y acciones.
- **Servicio de soporte al uso del estándar *high level arquitecture*** (HLA). Este estándar nos permite conectar diversos simuladores y compartir los objetos e interacciones entre ellos.
- Apoyo en la participación en grupos internacionales.

3.8.1. ¿Cuál debe ser el objetivo de la simulación en el corto y medio plazo?

La generación de entornos de simulación complejos que mejoren las capacidades de entrenamiento que den respuesta a requisitos operativos y en los que se puedan conjuntar elementos reales y simulados, concepto LVC.

Para realizar dichos entornos se necesitan los siguientes objetivos intermedios:

- **Seguir procedimientos de desarrollo establecidos.** Se deben utilizar los recursos que nos aportan organizaciones como SISO y el NMSG para realizar nuestros entornos de simulación. Como síntesis, los documentos IEEE *Recommended Practice* (IEEE 1730), *Distributed Simulation Engineering and Execution Process* (DSEEP), AMSP-03 *Guidance for M&S Standards in* NATO *and Multinational Computer*, AMSP-05 *Handbook (Best Practice) for Computer Assisted Exercises* (CAX).
- **Utilizar estándares**. Solo se conseguirá que nuestros simuladores puedan interoperar correctamente si cumplen con los estándares actualmente publicados o en publicación; entre ellos los más importantes son: AMSP 01, nos enumera formatos de entrada y salida de los simuladores; HLA-e 2010, estándar de interoperabilidad SIM-SIM; MSDL y CBML (C2SIM), estándares de interoperabilidad SIM-C2, y RPR2 y NET-N v2, que son los estándares de modelos de objetos de las federaciones.
- **Usar recursos comunes y estándares de datos**. Es necesario el desarrollo de repositorios de activos para la simulación que permitan disponer de los datos necesarios para la generación de ejercicios de

simulación. Entre ellos, escenarios naturales sintéticos correlados para todos los simuladores, modelos de objetos (edificios, materiales), datos de prueba (ORBAT), algoritmos comunes y simuladores para procesos específicos.

- **Usar un soporte técnico adecuado**. Se debe disponer de repositorios con documentación básica (configuración de simuladores, interconexiones por HLA), procedimientos de uso y lecciones aprendidas que nos permitan compartir experiencias y ahorrar tiempo y esfuerzo en el despliegue de los ejercicios.
- **Contar con una organización que gestione las necesidades y recursos de simulación**. Es necesario reactivar el Grupo Nacional de Simulación que fue creado en 2009 y cuyos objetivos, que siguen siendo necesarios, son: establecer un marco de intercambio de información y discusión sobre la aplicación de las tecnologías de simulación para la mejora del adiestramiento y operatividad; coordinar las necesidades específicas y conjuntas de adiestramiento en el ámbito de la simulación; coordinar las iniciativas nacionales e internacionales en el desarrollo y utilización de las tecnologías de simulación; proponer un marco técnico y normativo de referencia y proponer y coordinar actividades de difusión y divulgación sobre la simulación.

En cuanto a las líneas de investigación en simulación, partiendo del estudio realizado por el grupo OTAN NMSG 146, denominado GAPS list, se pueden destacar:

- Mejora de los simuladores: en su interfaz, realidad aumentada y virtual; en su comportamiento autónomo, uso de inteligencia artificial; en su funcionalidad, mejora de los modelos para que sean más realistas y nuevos modelos para cubrir las carencias actuales, modelos para guerra electrónica, nuevas armas, aviones de última generación, etc.
- Mejora de interoperabilidad: uso de nuevos estándares, HLA 4/C2-SIM/UCaTT. Nuevos procesos de certificación: *integration verification and certification tool* (IVCT). Nuevo paradigma: simulación como un servicio, MSaaS.

3.8.2. Como resumen

Se deben aprovechar las oportunidades de pertenecer a organizaciones supranacionales, tanto en cuanto a documentación de estándares y

procedimientos —tanto actuales como en desarrollo— como en cuanto a la participación en grupos de trabajo, simposios y demás actividades, tanto para unidades y organizaciones militares como para empresas y universidades.

Es necesario articular una comunidad de simulación que permita reaprovechar los esfuerzos realizados en alguna parte de la organización en beneficio de los trabajos que realizar en otra parte, centralizar recursos y trabajar de forma coordinada para disminuir costes e impulsar el uso de la simulación con una nueva visión de entornos complejos de simulación LVC.

SOPT

SISTEMA DE OBSERVACIÓN Y PROSPECTIVA TECNOLÓGICA

4. ANEXOS

4.1. Modelado y simulación: una perspectiva global (GD Roldán Tudela)

PLAN

modelado
- qué es y usos
- tipos

simulación
- qué es y usos
- áreas de empleo

simulación militar
- usos
- enseñanza
  - tipos
  - Arquitectura

conclusión
desarrollos futuros

MODELADO

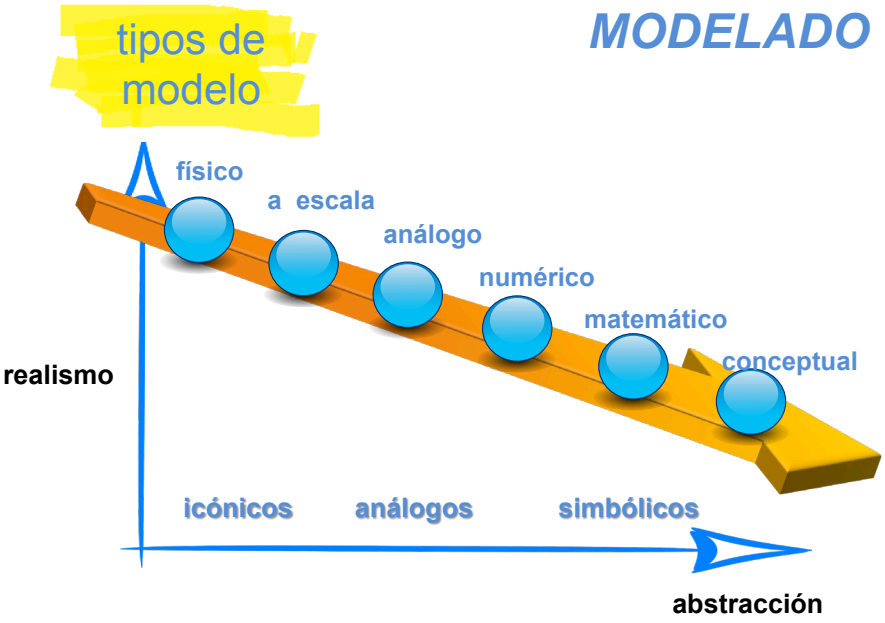
¿qué es un modelo?

Es una abstracción de la realidad, creada para representar simplificadamente un sistema, entidad, fenómeno o proceso a través de un conjunto escogido de sus propiedades

¿para qué sirve?

- describir
- analizar
- comprender
- simular ★
- predecir

- jugar
- comunicar

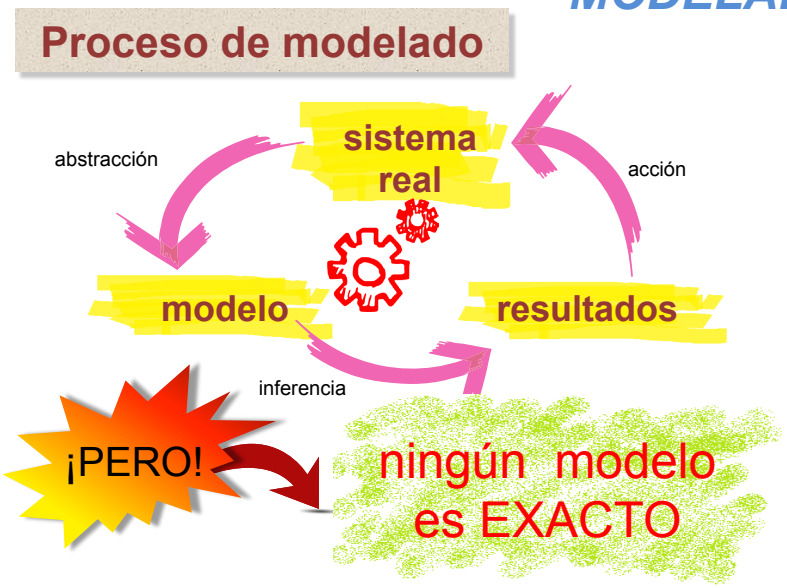


MODELADO

Condiciones de un buen modelo

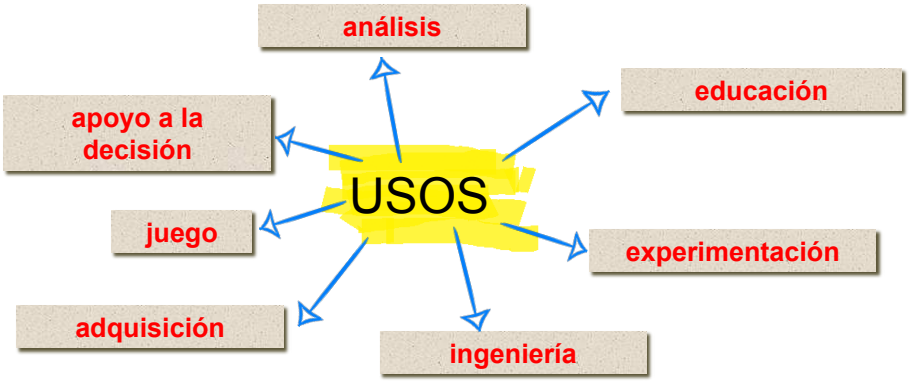
validez	• Cumple con una finalidad específica y reproduce completamente las características esenciales
verificación	• Da resultados coherentes, no tiene respuestas absurdas
sencillez	• Permite un uso y control lo más fácil posible
evolución	• Se puede adaptar a nuevas condiciones y puede adquirir complejidad
relevancia	• El esfuerzo de diseñar y construir el modelo está justificado por la importancia del problema

MODELADO



SIMULACIÓN

Es hacer que un modelo opere conforme a unas reglas definidas, para representar el comportamiento de un sistema, entidad, fenómeno o proceso sin que éste se vea afectado



SIMULACIÓN MILITAR

usos militares

apoyo a la decisión	planes	enseñanza instrucción adiestramiento	mando y control
guerra electrónica	ciberdefensa	asistencia sanitaria	logística
telecomunic. sist. inform.	gestión de personal	lecciones aprendidas	organización

SIMULACIÓN MILITAR

tipos de simuladores E/I/A

simulador	sistemas/ armas	qué se simula	
en vivo	real/mod. físico	efectos/entorno	
virtual	virtual	entorno	armas / sistemas
constructivo	virtual	entorno	sistemas / personas

juegos comerciales de aplicación militar *(serious games)*

SIMULACIÓN MILITAR

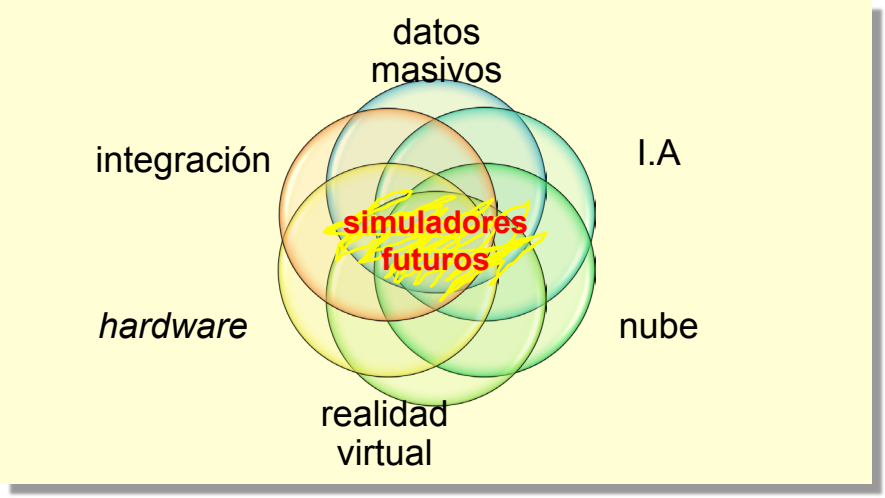
arquitectura distribuida (LVC-IA)

interope-rabilidad	• por medio de estándares, intercambiar datos entre simuladores
integración	• crear redes jerarquizadas de simuladores interope-rables
combinación	• reutilizar elementos y componentes

USO OFICIAL

CONCLUSIÓN

hacia dónde vamos:



SIMULACIÓN MILITAR

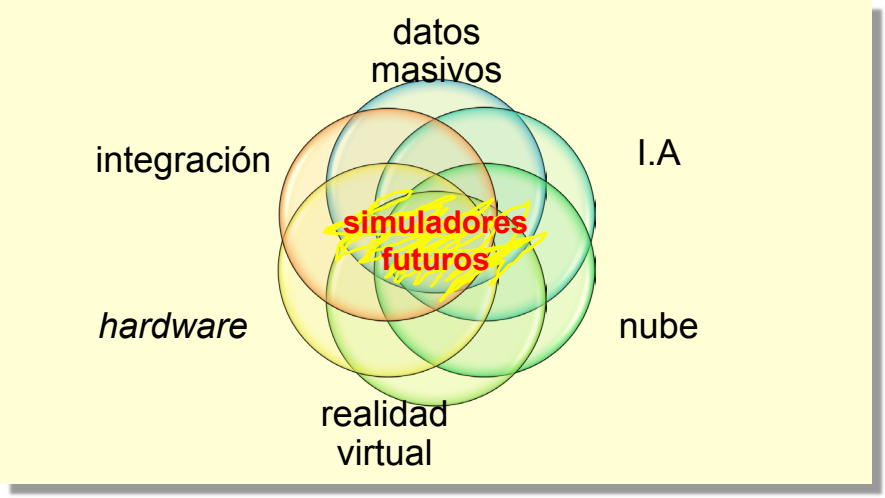
arquitectura distribuida (LVC-IA)

interope-rabilidad	• por medio de estándares, intercambiar datos entre simuladores
integración	• crear redes jerarquizadas de simuladores interope-rables
combinación	• reutilizar elementos y componentes

USO OFICIAL

CONCLUSIÓN

hacia dónde vamos:



4.2. Simulación en el ámbito internacional OTAN: NMSG-STO (CF Federico Pérez Dueñas)

NATO OTAN
NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION
S&T organization

Science & Technology in NATO

"Scientific results cannot be used efficiently by soldiers who have no understanding of them, and scientists cannot produce results useful for warfare without an understanding of the operations."

Theodore von Kármán (1881-1963)

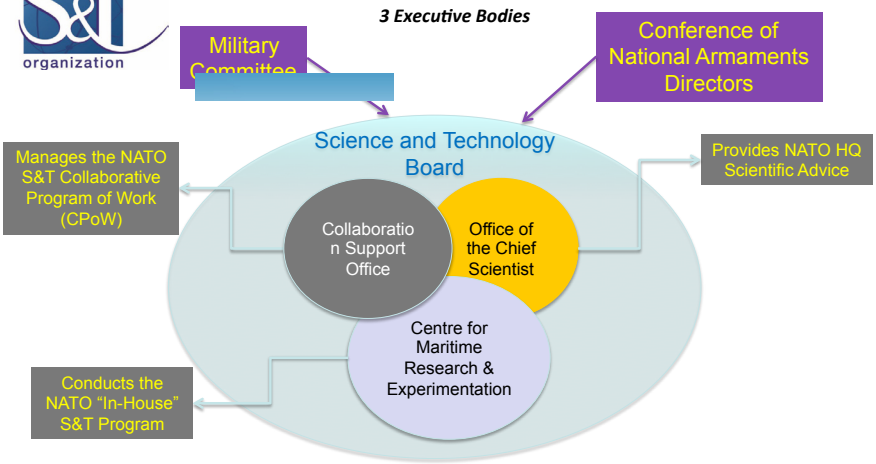
NATO has had a persistent Science presence since 1952 and delivered superior collective capability

USMOS– Nov 2017 Slide 3

NATO OTAN
NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION
S&T organization

The Science and Technology Organisation

1 Board: Science and Technology Board
2 Business Models
3 Executive Bodies

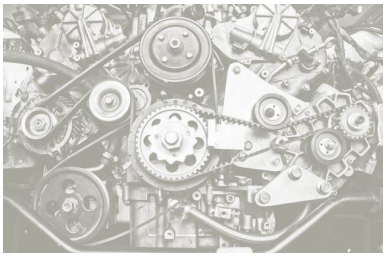


USMOS– Nov 2017 Slide 4

NATO OTAN NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION
S&T organization

The CSO
"The Collaborative Production Engine of the STO"

- ***Maintain Active Network of > 5,000(+) Scientists***
- ***Support 7 Technical Panels & Group***
- ***Manage > 250 Collaborative S&T Activities per year***
- ***Manage Outreach to > 500,000 Scientists***

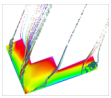


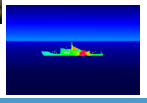
USMOS– Nov 2017 Slide 5

NATO OTAN NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION
S&T organization

Techn up

- **Applied Vehicle Technology (AVT)**
- **Human Factors and Medicine (HFM)**
- **Information Sciences Technology (IST)**
- **Modeling and Simulation Group (MSG)**
- **System Analysis and Studies (SAS)**
- **System Concepts and Integration (SCI)**
- **Sensors and Electronics Technology (SET)**





USMOS– Nov 2017 Slide 6

NATO OTAN
NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION
S&T organization

NATO Modelling and Simulation Group

Mission: to promote co-operation among Alliance bodies, NATO Member Nations and Partner Nations to maximize the effective utilization of M&S.

NMSG establi ***esignated to***
coordinate and s ***on of the NATO***

USMOS– Nov 2017 Slide 7

NATO OTAN
NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION
S&T organization

N

Objectives

- Establish a Common Technical Framework
- Provide Co-ordination and Common Services
- Develop and Employ Models and Simulations

Application Domains

- Support to Operations
- Capability Development
- Mission Rehearsal
- Training & Education
- Procurement

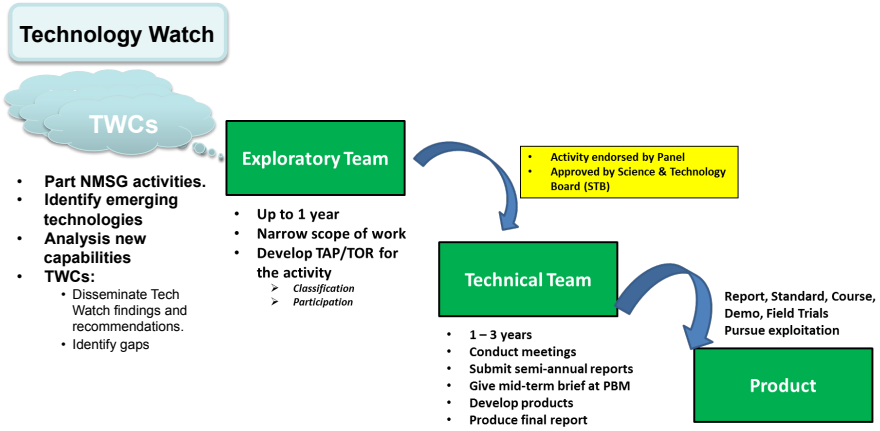
Guiding Principles

- Interoperability
- Re-use
- Synergy

USMOS– Nov 2017 Slide 8

NATO OTAN
NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION
S&T organization

Activity Development Process



USMOS– Nov 2017 Slide 9

NATO OTAN
NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION
S&T organization

NMSG's Role in Standardization

- **As a Policy Management Body for M&S in NATO, NMSG is also <u>THE</u> Delegated Tasking Authority for Standardization in the M&S Domain since 2005 (recognized by the NATO Standardization Agency)**
- **By the Technical Cooperation Agreement signed in 2007, NATO recognizes SISO (Simulation Interoperability Standards Organization) as <u>THE</u> Civil Standards Developing Organization of interest for NATO M&S, supporting IEEE and ISO**

NSO NATO STANDARDIZATION OFFICE BUREAU OTAN DE NORMALISATION
S&T organization Modelling and Simulation Group
SISO
ISO
IEEE

USMOS– Nov 2017 Slide 10

NATO OTAN
NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION
S&T organization

NATO M&S Standardization

PROMULGATED STANDARDIZATION DOCUMENTS:

- **STANAG 4603 – "High Level Architecture"**
- **STANAG 4662 – "SEDRIS*: Environmental Data Coding Specification (EDCS)"**
- **STANAG 4663 – "SEDRIS: Spatial Reference Model (SRM)"**
- **STANAG 4664 – "SEDRIS: Functional Specification And Transmittal Format"**
- **AMSP-01(D) – "NATO M&S Standards Profile"**
- **AMSP-04 – "NETN FEDERATION ARCHITECTURE AND FOM DESIGN" (STANREC 4800)**

NEW STANDARDIZATION PRODUCTS COMING UP:

- **AMSP-02 – "NATO MSaaS Governance and Policies" (STANREC 4794)**
- **AMSP-03 – "Guidance for M&S Standards in CAX with Distributed Simulation" (STANREC 4799)**
- **AMSP-05 – "NATO CAX Handbook" (STANAG 4801)**
- **AMSP-06 – "Guidance for M&S Standards for Next Generation of NATO Reference Mobility Model" (STANAG 4813)**

EXCELLENT COOPERATION WITH SISO: **Production of Standards of interest for NATO (C-BML, GM V&V, UCATT, etc.)**

**Synthetic Environment Data Representation and Interchange Specification*

USMOS– Nov 2017 Slide 11

NATO OTAN
NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION
S&T organization

NATO M&S Standards Profile

- **The M&S standards profile is a so-called NATO "Allied Publication" (reference AMSP-01)**
  - Identify standards of interests for NATO M&S;
  - **Include all relevant STANAGs and underpin mandatory use**
  - Advice on 'good practice' standards (and not impose);
  - Provide basic information on standards of interest;
  - Identify gaps and propose new initiatives

NATO STANDARD

AMSP-01

NATO MODELLING AND SIMULATION STANDARDS PROFILE

Edition C Version 1

MARCH 2015

NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION

ALLIED MODELLING AND SIMULATION PUBLICATION

Published by the NATO STANDARDIZATION OFFICE (NSO) © NATO/OTAN

SISO Simulation Interoperability Standards Organization

USMOS– Nov 2017 Slide 12

NATO OTAN NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION S&T organization

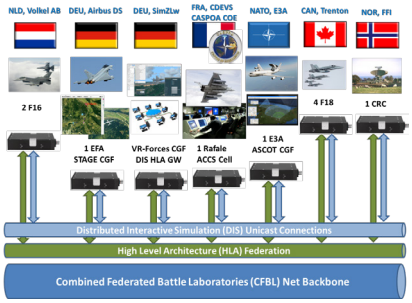
Mission Training through Distributed Simulation Operations

1. MILITARY RELEVANCE

- Implement a persistent air combined and joint collective tactical training capability to support operational readiness of NATO collective and National air warfare capabilities.
- CAN, FRA, DEU, NLD, NOR, ESP, TUR, USA, **NIAG**, Air Operations COE

2. ACCOMPLISHMENTS:

- 4 experiments: AWACS and fighter simulators.
- NIAG
- NAFAG



USMOS– Nov 2017 Slide 13

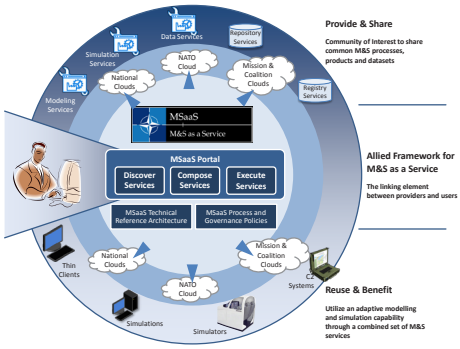
NATO OTAN NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION S&T organization

Modelling and Simulation as a Service (MSaaS)

1. MILITARY RELEVANCE

MSaaS delivers simulation whenever needed, brings simulation to wherever it is needed, with independence of location (class room, ship, theatre, etc.) and independence of device (PC, laptop, smartphone, C2/MC system, etc.) and with on-demand start of exercises.

- I/ITSEC 2017: Demos at the NATO booth. Also, some companies will show MSG-136 experimentation activities (Lockheed, Thales).
- AUS, CAN, CZE, **DEU**, DNK, ESP, FRA, GBR, ITA, **NLD**, NOR, SWE, TUR, ACT, JFTC, JWC, M&S CoE



USMOS– Nov 2017 Slide 14

NATO OTAN NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION
S&T organization

Urban Combat Advanced Training Technology (UCATT)

1. MILITARY RELEVANCE

- Multinational instrumented live training is becoming more important to conduct training exercises with a "train as you fight" philosophy with appropriate fidelity and interoperability of the live simulation training equipment.
- AUS, AUT, DNK, FIN, FRA, **DEU**, NLD, NOR, SLV, SWE, CHE, GBR, USA

2. ACCOMPLISHMENTS

- SISO Standard for UCATT Laser Engagement
- SISO Guide for UCATT Live Simulation Standards and Architecture
- SISO Reference for UCATT Ammunition Table
- UCATT SISO Team members awarded for standard development

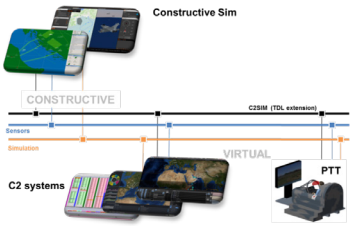
USMOS– Nov 2017 Slide 15

NATO OTAN NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION
S&T organization

C2 and Simulation systems (C2SIM) interoperability

1. MILITARY RELEVANCE

C2SIM sandbox will be a persistent Virtual Private Network environment to test and demonstrate C2 and simulation systems implementing C--BML (Coalition Battle Management Language), MSDL (Military Scenario Definition Language) and (when available) the new C2SIM draft standard for maneuver warfare.



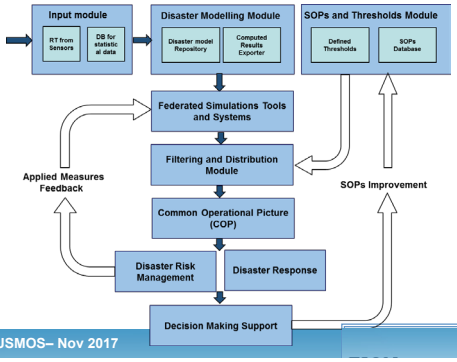
- I/ITSEC 2017 (OBW – Viking team): C2SIM Tactical Data Link use case in using OBW data (e.g. terrain and units) and SandBox use case demonstration to outreach C2SIM standard under development
- 2018: CWIX, Viking (SWE), I/ITSEC (OBW).
- DEU, **FRA**, **GBR**, ITA, NLD, NOR, USA

USMOS– Nov 2017 Slide 16

NATO OTAN NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION S&T organization

Crisis and Disaster Management Response

As military action alone is insufficient to prevent or manage crises, success in operations requires enhanced interaction amongst the military and civil actors. In order to improve that interrelationship a technical platform that enables prompt, reasonable and effective tests of Crisis/Disaster Response plans should enable to provide a distributed simulation environment to train the military in tasks they are not prepared.



- I/ITSEC 2017: Demonstration.
- LOE 2: Sofia (BGR), March 2018
- LOE 3: Sofia (BGR), Feb 2019
- AUT, **BGR**, CZE, DEU, GRC, ITA, ROU, SLV, USA, ACT, CMDR CoE, JCBRN CoE, JFTC

USMOS– Nov 2017 Slide 17

NATO OTAN NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION S&T organization

NATO Modelling and Simulation Professional Corps Development

1. MILITARY RELEVANCE

- The outlined process of collection and sharing the M&S educational opportunities within Nations and NATO together with the NATO and National M&S E&T Catalogue allows to increase the awareness on M&S and to demonstrate its potential to become a military discipline. Established NATO M&S E&T Roadmap defines the track and General and NATO M&S competencies needed for being certified as the NATO M&S Professional.
- AUS, CAN, CZE, DEU, GBR, NLD, ROU, TUR,USA, **M&S COE**

USMOS– Nov 2017 Slide 18

NATO OTAN
NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION
S&T organization

Low Slow Small Threats M&S

1. MILITARY RELEVANCE

- Small and mini drones have the greatest potential to impact national security, because they can be easily acquired, transported anytime and anywhere and can be almost undetectable when they fly due to having a very low signature. As technology continues to advance, it will become easier and less expensive to build ever smaller drones.
- The LSS can be modelled with respect to the behaviour during the fly, the signature against different type of detectors, and the defence tactics to be simulated .
- CAN, CZE, DEU, GBR, **ITA**, POL, SVK, TUR,USA

USMOS– Nov 2017 Slide 19

NATO OTAN
NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION
S&T organization

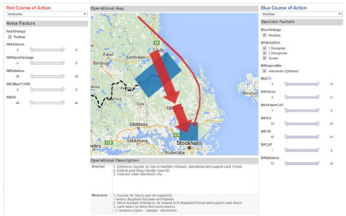
Data Farming Services for Analysis and Simulation-based Decision Support

1. MILITARY RELEVANCE

- Data farming allows for the consideration of uncertainties that may lead to findings that allow NATO military decision makers in the domains of defence planning, operations, training and capability development.
- Extend data farming capability and accessibility through developing Data Farming Services (DFS) for analysis, wargaming, other simulation-based decision support, and training.
- AUS, CAN, FIN, **DEU**, GRE, ITA, NLD, SVE, **USA**

2. ACCOMPLISHMENTS

- DFTOP (Data Farming Decision Support Tool for Operation Planning)
- DACDAM (Data-farmable Actionable Cyber Defense Agent-based Model)



USMOS– Nov 2017 Slide 20

NATO OTAN NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION

Emerging Emphasis Topics

- **NMSG is Addressing all M&S Application Domains**
  - M&S for Acquisition – ET-041, Follow-on RTG 2018
  - Cyber Defense – Cyber Effects Simulation RWS Jul 2017
  - Artificial Intelligence in Support of Military Decision Making - STB Thematic Approach
  - Joint Distributed Tactical Training - endorsed in Fall NMSG BM 2017
  - Human Social Behavior – endorsed in Fall NMSG BM 2017
  - M&S as a Service – as a backbone for some activities and national simulation demands.

USMOS– Nov 2017 Slide 21

NATO OTAN NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION

TECHNOLOGY WATCH

S&T Technology Trends:

1. **Cross Domain Security/Multi-Level Security**
2. **Mixed Reality / Augmented Reality**
3. **Social Media**
4. **Training on Demand**
5. Man-Machine Teams
6. Mobile Platforms
7. Deep Learning
8. Non-lethal Weapons
9. Cyber Attacks
10. Artificial Intelligence Avatars

USMOS– Nov 2017 Slide 22

NATO OTAN NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION S&T organization

Closing Thoughts

- **Modelling & Simulation is a critical technology for supporting Current and Future Operations**
- **M&S Architecture and Standardisation activities are fundamental to manage complexity and exploit national and NATOs M&S potential.**

Modelling and Simulation contributes to saving lives, saving time and money and preparing the warfighter better, faster and cheaper.

USMOS– Nov 2017 Slide 23

NATO OTAN NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION S&T organization

Questions?

More information about STO in our web:

https://www.sto.nato.int/Pages/default.aspx

msg@cso.nato.int

Contactos en España:

- **Representante en la Junta Directiva de la STO**: Jose R. Sala Trigueros
- **Oficina de Coordinación Nacional STO**: Fernando Iñigo Villacorta (finivil@ext.mde.es)
- **Representante español en NMSG**: Comte. Mario de la Fuente Martin (mariodlf@et.mde.es)

USMOS– Nov 2017 Slide 24

NATO OTAN
NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION
S&T organization

REPRESENTATION

24 NATO Member Nations:

Belgium	Estonia	Latvia	Slovakia
Bulgaria	France	Netherlands	Slovenia
Canada	Germany	Norway	Spain
Croatia	Greece	Poland	Turkey
Czech	Hungary	Portugal	U.K.
Denmark	Italy	Romania	U.S.A.

9 Partner Nations:

Australia, New Zealand, Austria, Belarus, Finland, Rep of Korea, Switzerland, Sweden, Ukraine

11 Associated Members:

ACT, JFTC, JWC, NCIA, NIAG, CMRE, M&S CoE, CASPOA CoE, JCBRN CoE, CCD CoE, CMDR CoE

USMOS– Nov 2017 Slide 25

NATO OTAN
NORTH ATLANTIC TREATY ORGANIZATION
SCIENCE AND TECHNOLOGY ORGANIZATION
S&T organization

Why Collaborative S&T in NATO?

- **It federates and strengthens the Alliance by:**
  - Fostering the collective address of the common S&T needs of the Alliance and its Member Nations, demonstrating solidarity
  - Forging very profound professional relationships based on trust and confidence resulting in increased efficiencies
  - Providing commonly agreed advice to National and NATO decision makers
- **It leverages scarce resources while providing synergies and interoperability by:**
  - Enabling cost avoidance and cost sharing
  - Finding (common) solutions for increasingly complex problems
  - Benefiting from the best (specialised) resources in the Nations
  - Allowing shorter delays in reaching conclusions

Specialisation is a reality: no one has it all

USMOS– Nov 2017 Slide 26

4.3. Simulación en ciberdefensa (Tcol. Carlos Herrero)

ESTADO MAYOR DE LA DEFENSA

Agenda

MANDO CONJUNTO DE CIBERDEFENSA

1. Introducción.
2. Situación actual de la simulación de redes y sistemas de Información en el MCCD.
3. Principales proyectos relacionados con la simulación en el *Cyber Range* del MCCD.
4. Prospectiva de necesidades futuras en cuanto a simulación.
5. Tendencias futuras en simulación enfocada a la ciberdefensa.
6. Conclusiones.

- 1 -

ESTADO MAYOR DE LA DEFENSA

MANDO CONJUNTO DE CIBERDEFENSA

Introducción

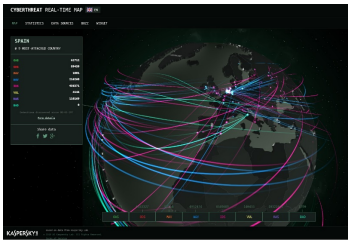
- 2 -

ESTADO MAYOR DE LA DEFENSA

Introducción

MANDO CONJUNTO DE CIBERDEFENSA

- Miles de ataques diarios sobre las redes, sistemas y la información que contienen, en todo el mundo.
- El personal encargado de la ciberdefensa precisa obtener y mantener competencias técnicas y operativas muy específicas.
- Existen herramientas útiles para lograrlo:
  - Simulación como técnica.
    - Cyber Ranges como campos de maniobras informáticos.
      - Ciberejercicios, a modo de maniobras de ciberdefensa.



- 3 -

ESTADO MAYOR DE LA DEFENSA

MANDO CONJUNTO DE CIBERDEFENSA

Situación actual de la simulación de redes y S.I. en el MCCD.

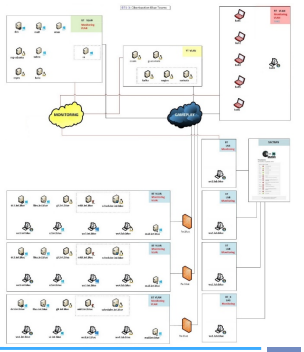
- 4 -

ESTADO MAYOR DE LA DEFENSA

Situación actual de la simulación de redes y S.I. en el MCCD.

MANDO CONJUNTO DE CIBERDEFENSA

- La simulación ha sido ampliamente utilizada desde hace décadas:
  - Para el adiestramiento.
  - Análisis de impacto de escenarios de decisión.
- La construcción de maquetas de redes y S.I. para simulación supone:
  - Ahorro de costes y flexibilidad (virtualización).
  - No es disruptivo con la operación del sistema real.



- 5 -

ESTADO MAYOR DE LA DEFENSA

Situación actual de la simulación de redes y S.I. en el MCCD.

MANDO CONJUNTO DE CIBERDEFENSA

- Fines de la simulación de redes y S.I. enfocada a ciberdefensa:
  - Formación y adiestramiento en ciberdefensa.
  - Descubrimiento de estrategias y vectores de ataque.
  - Proporcionar mecanismos de decepción contra ciberataques.
  - Realización de pruebas y experiencias.

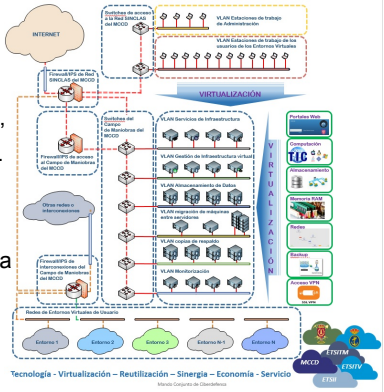
- 6 -

ESTADO MAYOR DE LA DEFENSA

Situación actual de la simulación de redes y S.I. en el MCCD.

MANDO CONJUNTO DE CIBERDEFENSA

- **Cyber Range del MCCD:**
  - Sistema que da soporte a la simulación de redes y S.I. enfocada a ciberdefensa.
    - Proporciona IaaS, tecnologías especificas, procesos repetibles y personal cualificado.
    - Permite generar entornos simulados para apoyar las misiones en el ciberespacio.
    - Permite la integración e interconexión de la infraestructura simulada con aquellos elementos y actores que se precisen.



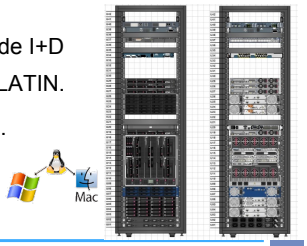
- 7 -

ESTADO MAYOR DE LA DEFENSA

Situación actual de la simulación de redes y S.I. en el MCCD.

MANDO CONJUNTO DE CIBERDEFENSA

- El Cyber Range del MCCD persigue los siguientes objetivos:
  - Fomentar la concienciación en ciberdefensa del personal militar.
  - Favorecer el adiestramiento del personal y la realización de ciberejercicios.
  - Realizar experiencias relacionadas con nuevas tecnologías de aplicación en ciberdefensa.
  - Constituir una plataforma del MCCD para proyectos de I+D sobre ciberdefensa, de la mano de la DGAM/SDG PLATIN.
  - Apoyar el planeamiento operativo de la ciberdefensa.



USO OFICIAL

- 8 -

ESTADO MAYOR DE LA DEFENSA

MANDO CONJUNTO DE CIBERDEFENSA

Principales proyectos relacionados con la simulación en el *Cyber Range* del MCCD.

- 9 -

ESTADO MAYOR DE LA DEFENSA

Principales proyectos de simulación en el MCCD/Cyber Range.

MANDO CONJUNTO DE CIBERDEFENSA

- El Cyber Range del MCCD es objeto y da soporte a varios proyectos.
  - Para mejorar sus propias capacidades de simulación.
  - Relacionados con capacidades de Ciberdefensa de otros usuarios de la comunidad de ciberdefensa.

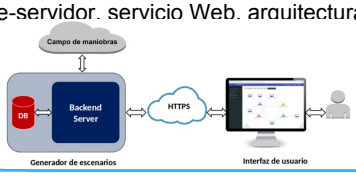
- 10 -

ESTADO MAYOR DE LA DEFENSA

Principales proyectos de simulación en el MCCD/Cyber Range.

MANDO CONJUNTO DE CIBERDEFENSA

- **Herramienta gráfica de configuración de escenarios virtuales.**
  - Cyber Defence Canvas (CYDECAN).
    - Fruto de un Convenio específico del Ministerio de Defensa (MINISDEF) con la Universidad Politécnica de Madrid (UPM).
    - Implementa una interfaz gráfica amigable para generación y explotación de entornos virtuales.
    - Modelo cliente-servidor, servicio Web, arquitectura modular y escalable.



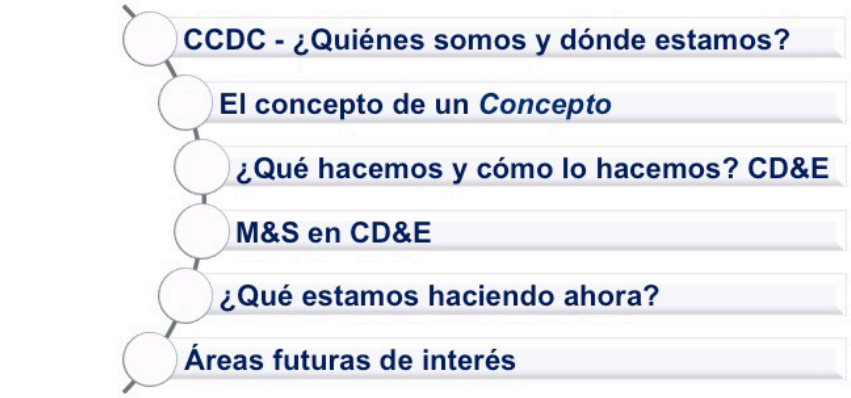
- 11 -

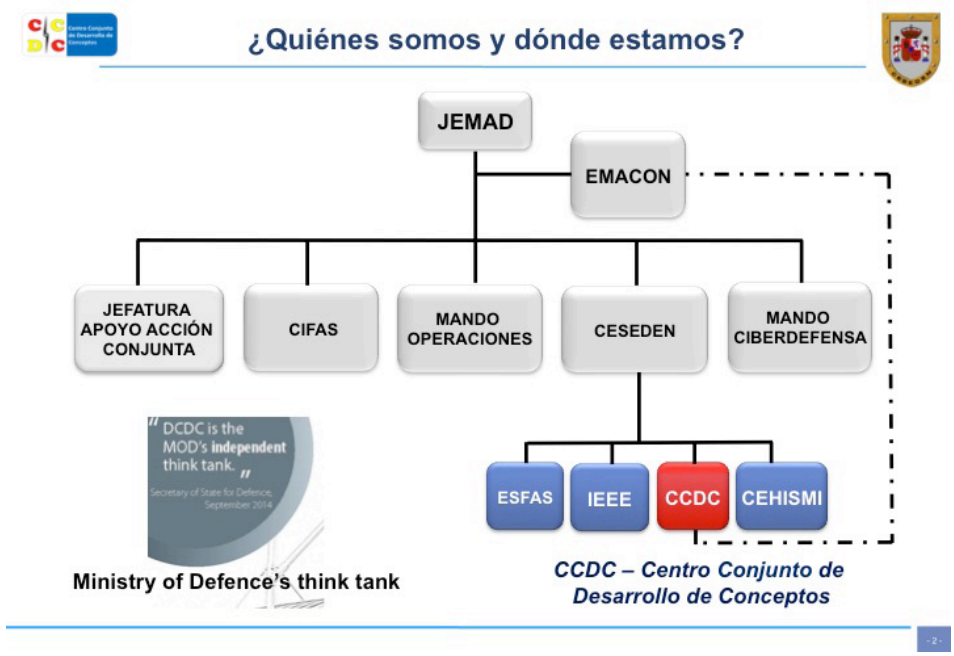
4.4. Desarrollo de conceptos y experimentación (CF Santiago Fernández Dapena)

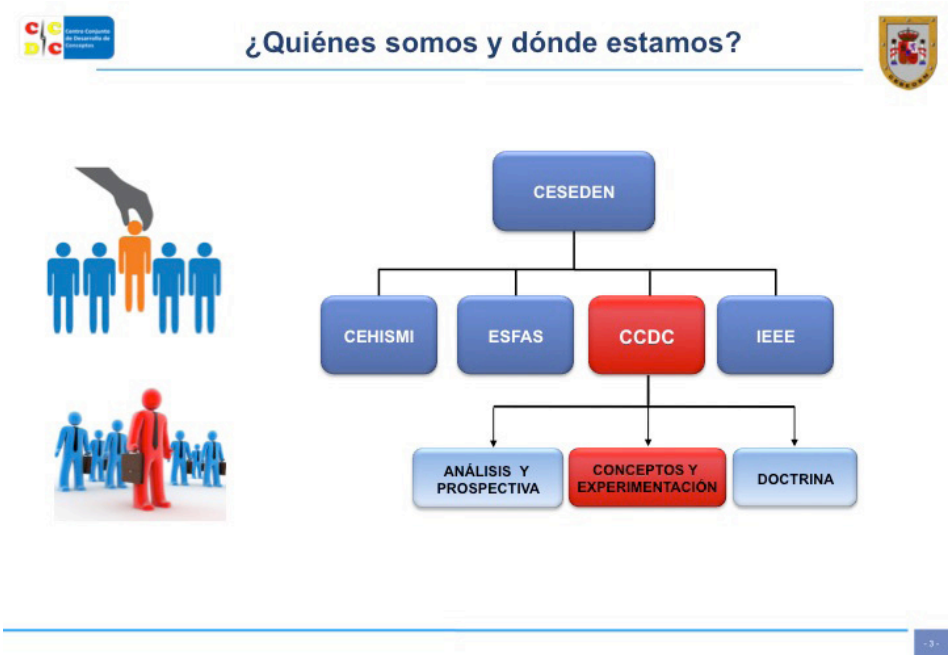
Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos

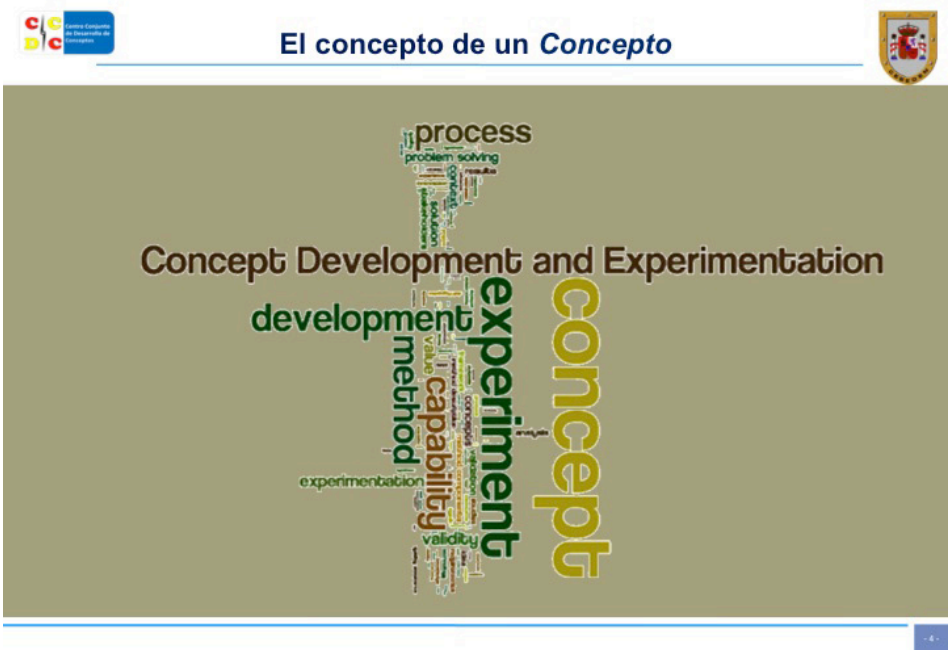
- CCDC - ¿Quiénes somos y dónde estamos?
- El concepto de un *Concepto*
- ¿Qué hacemos y cómo lo hacemos? CD&E
- M&S en CD&E
- ¿Qué estamos haciendo ahora?
- Áreas futuras de interés

- 1 -


CCDC - ¿Quiénes somos y dónde estamos?
El concepto de un *Concepto*
¿Qué hacemos y cómo lo hacemos? CD&E
M&S en CD&E
¿Qué estamos haciendo ahora?
Áreas futuras de interés


¿Quiénes somos y dónde estamos?
JEMAD
EMACON
JEFATURA APOYO ACCIÓN CONJUNTA
CIFAS
MANDO OPERACIONES
CESEDEN
MANDO CIBERDEFENSA
ESFAS
IEEE
CCDC
CEHISMI
"DCDC is the MOD's independent think tank."
Secretary of State for Defence, September 2014
Ministry of Defence's think tank
CCDC – Centro Conjunto de Desarrollo de Conceptos


¿Quiénes somos y dónde estamos?
CESEDEN
CEHISMI
ESFAS
CCDC
IEEE
ANÁLISIS Y PROSPECTIVA
CONCEPTOS Y EXPERIMENTACIÓN
DOCTRINA
- 3 -


El concepto de un Concepto
process
problem solving
Concept Development and Experimentation
development
experiment
concept
method
capability
experimentation
validity
- 4 -

El concepto de un *Concepto*

CCDC: Proporcionar la "capacity" de diseñar nuestras propias "capabilities"

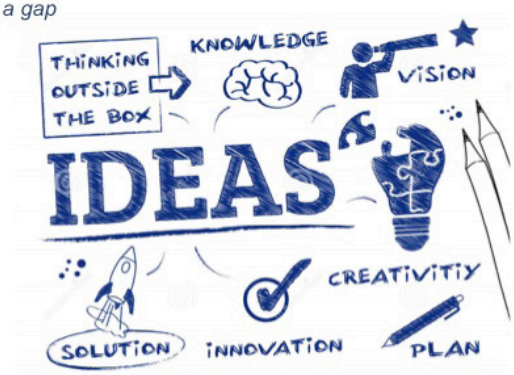
Carencia o disfunción: PROBLEMA MILITAR OPERATIVO → **Solución: CONCEPTO** Operativo / Funcional / (Exploratorio) → **Implantación**: Desarrollo de capacidades, doctrina, formación, etc....

LIDERA EMACON | **LIDERA CCDC** | **LIDERA EMACON**

- 5 -

El concepto de un *Concepto*

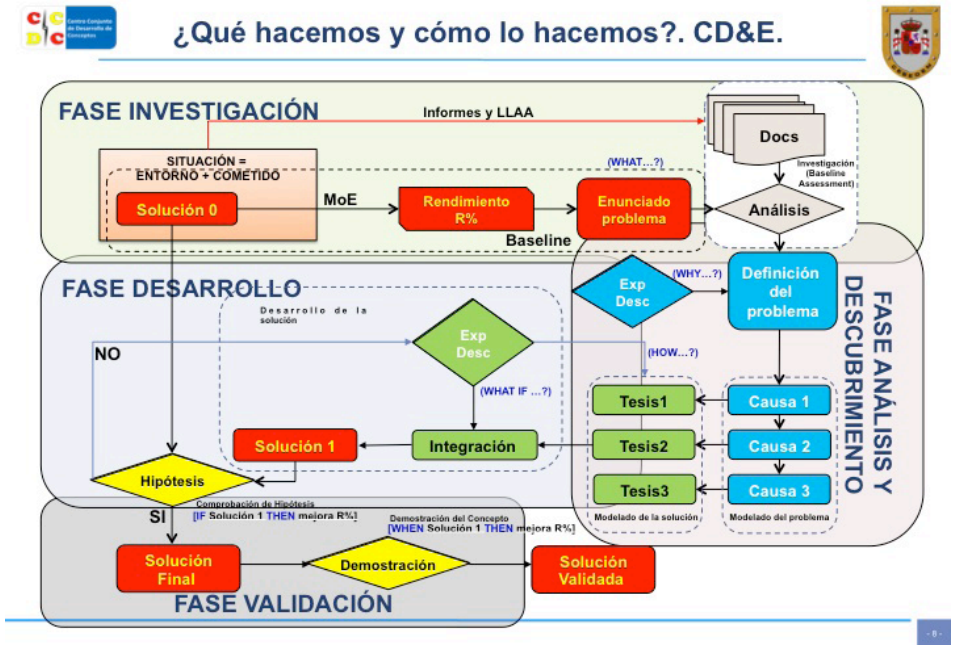
a solution-oriented transformational idea that addresses a capability shortfall or a gap

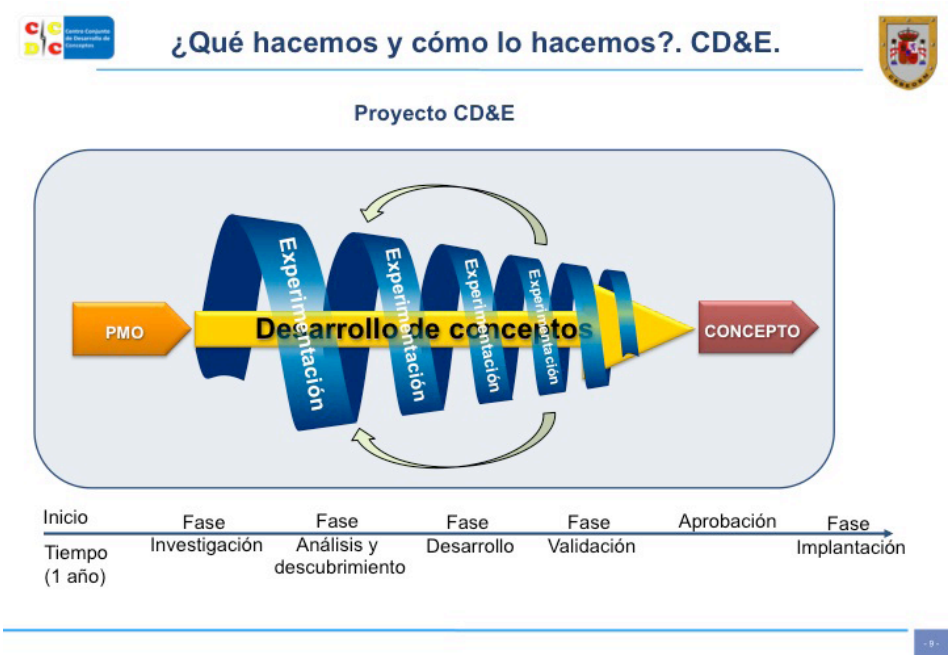


Una solución a un PMO, actual o futuro, que describe como la Fuerza Conjunta empleará ciertas capacidades para operar en un entorno operativo existente o previsto.

- 6 -

¿Qué hacemos y cómo lo hacemos? CD&E
CCDC
EMAD
EJÉRCITOS
CD&E
MdD
AAPP
ACADEMIA
INDUSTRIA
- 7 -


¿Qué hacemos y cómo lo hacemos?. CD&E.
FASE INVESTIGACIÓN
Informes y LLAA
Docs
Investigación (Baseline Assessment)
SITUACIÓN = ENTORNO + COMETIDO
Solución 0
MoE
Rendimiento R%
Baseline
(WHAT...?)
Enunciado problema
Análisis
FASE DESARROLLO
Desarrollo de la solución
Exp Desc
(WHY...?)
Definición del problema
FASE ANÁLISIS Y DESCUBRIMIENTO
NO
(WHAT IF ...?)
(HOW...?)
Tesis1
Tesis2
Tesis3
Causa 1
Causa 2
Causa 3
Solución 1
Integración
Hipótesis
Modelado de la solución
Modelado del problema
Comprobación de Hipótesis
[IF Solución 1 THEN mejora R%]
SI
Demostración del Concepto
[WHEN Solución 1 THEN mejora R%]
Solución Final
Demostración
Solución Validada
FASE VALIDACIÓN
- 8 -


¿Qué hacemos y cómo lo hacemos?. CD&E.
Proyecto CD&E
PMO
Desarrollo de conceptos
Experimentación
Experimentación
Experimentación
Experimentación
CONCEPTO
Inicio
Tiempo (1 año)
Fase Investigación
Fase Análisis y descubrimiento
Fase Desarrollo
Fase Validación
Aprobación
Fase Implantación
- 9 -

¿Qué hacemos y cómo lo hacemos?. CD&E.
Tipos de Experimentos:
• Experimentos de descubrimiento
• Comprobación de hipótesis
• Validación
Document Analysis
DTAG
Base lining
Constructive Simulations
Interviews
Group Creativity Techniques
Focus groups
Group Decision Making
Observations
Scenario Based Discussions
Wargames
Facilitated Workshops
Questionnaires and surveys
Context Diagrams
CDAG
Virtual Simulations
- 10 -

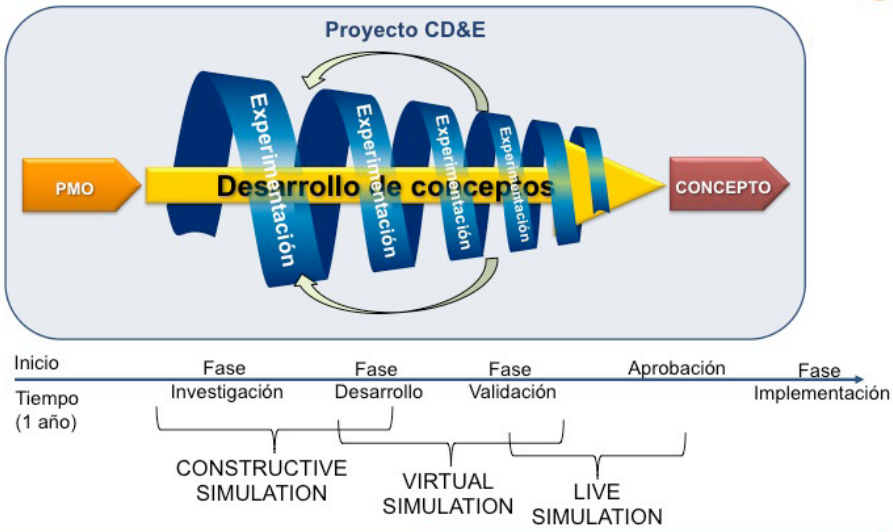
M&S en CD&E

NATO CD&E Handbook:

- **Constructive Simulation:** personas simuladas/ sistemas simulados/ manipulación de variables/ n repeticiones/ inputs estocásticos/ -> Detectar cambios y aislar causas.
- **Analytic Wargames:** personas reales/ sistemas simulados/ Equipos Blue y Red/ manipulación capacidades u organizaciones/ -> Comparación de resultados.
- **Human in the Loop (HITL):** personas reales/ sistemas simulados/ Interacción en tiempo real con fuerzas o equipos simulados/ -> comprensión comportamiento humano.
- **Live Simulation:** personas reales/ sistemas reales/ entorno real/ armas y efectos simulados.

- 11 -

M&S en CD&E



- 12 -

¿Qué estamos haciendo?. M&S en CD&E.

Concepto Nacional JISR (F)

Concepto de Ciberdefensa

Concepto C – UAS

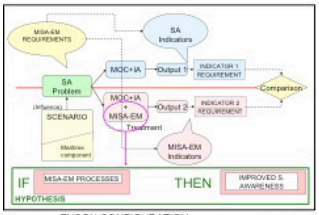
Conceptos en OTAN, UE, MCDC

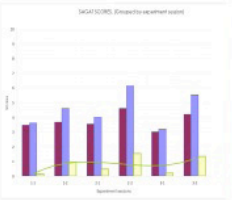
MNE6 Multinational Experiment 6

MCDC Multinational Capability Development Campaign

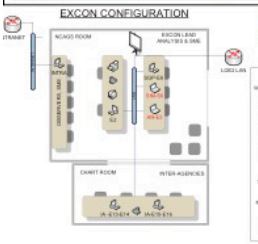
- 13 -

¿Qué estamos haciendo?. Experimento MNE6.

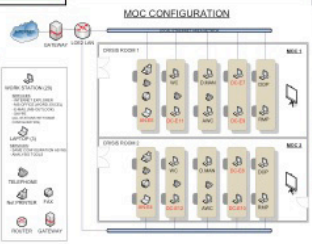




EXCON CONFIGURATION



MOC CONFIGURATION



Analytic Wargame - Virtual Simulation

- 14 -

¿Qué estamos haciendo?. Experimento JISR.
Analytic Wargame + Constructive Simulation
- 15 -

¿Qué estamos haciendo?. C-UAS
Constructive Simulation
- 16 -

¿Qué haremos mañana? M&S en CD&E.

AREAS FUTURAS DE INTERÉS:

- Cyberdefensa.
- Mando y Control.
- Sistemas autónomos/ Inteligencia artificial.
- Guerra hibrida.
- Logística.
- Integración de capacidades Médicas.
- Recuperacion de personal (Personnel recovery).
- Resiliencia (colaborativa).
- Additive Manufacturing
- Entorno urbano.

- 17 -

Ideas principales

Un **CONCEPTO** es una IDEA que resuelve un problema y orienta el desarrollo de una capacidad.

Proceso CD&E:

- Motor de transformación.
- Desarrollo de conceptos.
- Experimentación.

- 18 -

4.5. Simulación en el Ejército de Tierra (Col. José Martín Llamas)

USO OFICIAL

MADOC

La simulación en el ámbito del
Ejército de Tierra

Col. José Martín Llamas

Jefe de la Sección de Simulación
Madrid, 24 de abril de 2018

USO OFICIAL

1

USO OFICIAL

Indice de la exposición

- Normativa ET
  - Definición
  - Tipos
- Catálogo
  - Real
  - Virtual
  - Serious Games
  - Constructivos
- Pirámide de empleo
- Futuro

USO OFICIAL

2

USO OFICIAL

Indice de la exposición

- Normativa ET
  - Definición
  - Tipos
- Catálogo
  - Real
  - Virtual
  - Serious Games
  - Constructivos
- Pirámide de empleo
- Futuro

USO OFICIAL

3

USO OFICIAL

Normativa ET

- NG 08/2013
  Subsistema de Apoyo a la Instrucción, Adiestramiento y Evaluación en el ET. (SUIAE)

  –Anexo V “Plan Director de la Simulación del ET”. (20ENE2017)

USO OFICIAL

4

USO OFICIAL

Plan Director de la Simulación

USO OFICIAL

5

USO OFICIAL

Plan Director de la Simulación

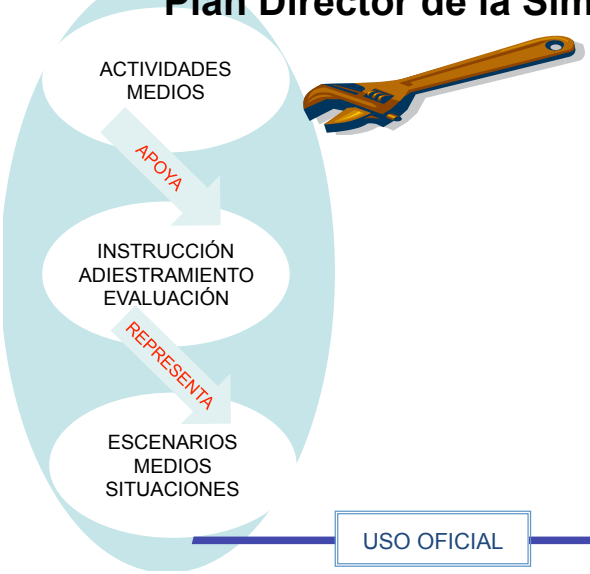
- Ámbitos de actuación de la simulación.
  1. Como apoyo a la Instrucción y Adiestramiento.
  2. Como apoyo a la enseñanza.
  3. Como apoyo a la evaluación.
  4. Como medio para la obtención de lecciones aprendidas.
  5. Como medio para definir y actualizar las Tácticas, Técnicas y Procedimientos.

USO OFICIAL

6

USO OFICIAL

Plan Director de la Simulación



USO OFICIAL

7

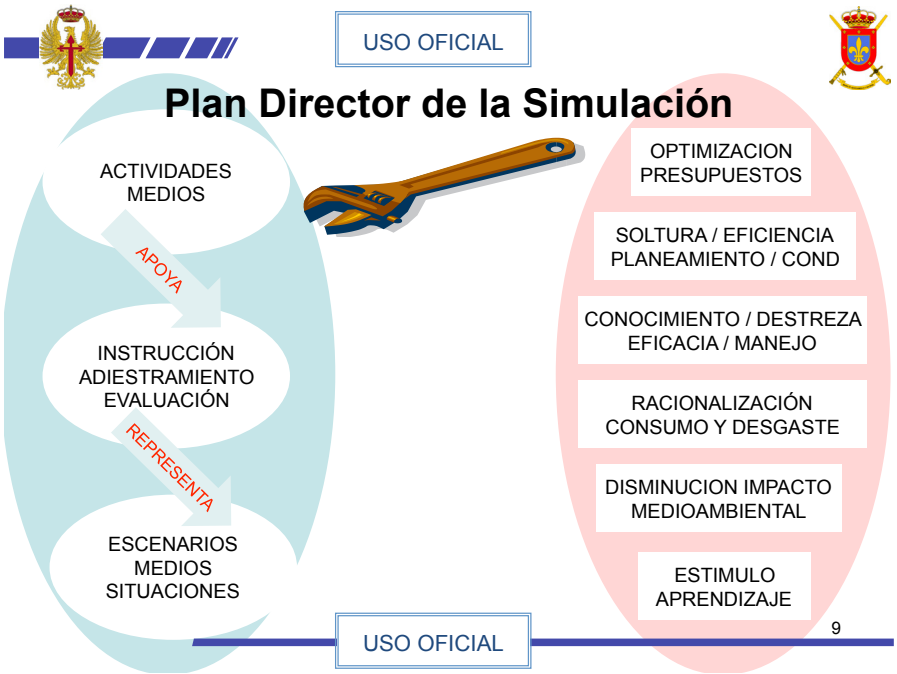
USO OFICIAL

Plan Director de la Simulación

- En apoyo de la Enseñanza, la Instrucción, Adiestramiento y Evaluación, la simulación permite:
  - Facilitar el conocimiento del armamento y material.
  - Mejorar el planeamiento, preparación y ejecución de operaciones.
  - Reducir el impacto económico.
  - Racionalizar el empleo de los medios, su deterioro y desgaste.
  - Racionalizar el consumo de clase V.
  - Reducir el impacto medioambiental.
  - Incrementar la protección de la fuerza.
  - Incrementar la variedad y el estímulo en el aprendizaje.
  - Complementar/preparar la ejecución de ejercicios LIVEX.
  - Reiterar ejercicios.

USO OFICIAL

8


USO OFICIAL
Plan Director de la Simulación
ACTIVIDADES
MEDIOS
APOYA
INSTRUCCIÓN
ADIESTRAMIENTO
EVALUACIÓN
REPRESENTA
ESCENARIOS
MEDIOS
SITUACIONES
OPTIMIZACION
PRESUPUESTOS
SOLTURA / EFICIENCIA
PLANEAMIENTO / COND
CONOCIMIENTO / DESTREZA
EFICACIA / MANEJO
RACIONALIZACIÓN
CONSUMO Y DESGASTE
DISMINUCION IMPACTO
MEDIOAMBIENTAL
ESTIMULO
APRENDIZAJE
9
USO OFICIAL

USO OFICIAL
Plan Director de la Simulación
ACTIVIDADES
MEDIOS
APOYA
INSTRUCCIÓN
ADIESTRAMIENTO
EVALUACIÓN
REPRESENTA
ESCENARIOS
MEDIOS
SITUACIONES
FACIL
EFICAZ
RENDIMIENTO
ECONOMIA
REAL
OPTIMIZACION
PRESUPUESTOS
SOLTURA / EFICIENCIA
PLANEAMIENTO / COND
CONOCIMIENTO / DESTREZA
EFICACIA / MANEJO
RACIONALIZACIÓN
CONSUMO Y DESGASTE
DISMINUCION IMPACTO
MEDIOAMBIENTAL
ESTIMULO
APRENDIZAJE
10
USO OFICIAL

USO OFICIAL

Plan Director de la Simulación

- Clasificación de los simuladores.
  1. Según su finalidad.
  2. Según su naturaleza.
  3. Otros materiales.

USO OFICIAL

11

USO OFICIAL

Plan Director de la Simulación

- Clasificación de los simuladores.
  1. Según su finalidad.
     - Simuladores de apoyo a la enseñanza y a la instrucción.
     - Simuladores de apoyo al adiestramiento y evaluación.
  2. Según su naturaleza.
  3. Otros materiales.

USO OFICIAL

12

USO OFICIAL

Plan Director de la Simulación

- Clasificación de los simuladores.
  1. Según su finalidad.
     - Simuladores de apoyo a la enseñanza y a la instrucción.
     - Simuladores de apoyo al adiestramiento y evaluación.
  2. Según su naturaleza.
     - Reales o Simulación en Vivo.
     - Virtuales.
     - Serious Games.
     - Constructivos.
  3. Otros materiales.

USO OFICIAL

13

USO OFICIAL

Plan Director de la Simulación

- Clasificación de los simuladores.
  1. Según su finalidad.
     - Simuladores de apoyo a la enseñanza y a la instrucción.
     - Simuladores de apoyo al adiestramiento y evaluación.
  2. Según su naturaleza.
     - Reales o Simulación en Vivo.
     - Virtuales.
     - Serious Games.
     - Constructivos.
  3. Otros materiales.
     - Entrenadores
     - Ayudas a la instrucción/enseñanza.

USO OFICIAL

14

USO OFICIAL

Indice de la exposición

- Normativa ET
  - Definición
  - Tipos
- Catálogo
  - Real
  - Virtual
  - Serious Games
  - Constructivos
- Pirámide de empleo
- Futuro

USO OFICIAL

15

USO OFICIAL

Indice de la exposición

- Normativa ET
  - Definición
  - Tipos
- Catálogo
  - Real
  - Virtual
  - Serious Games
  - Constructivos
- Problemática
- Futuro

USO OFICIAL

16

USO OFICIAL

Simuladores reales o en vivo

Personas reales operan sistemas reales.

Simulan los resultados de enfrentamientos.

USO OFICIAL

17

USO OFICIAL

Simuladores reales o en vivo

BLANCOS:
BLANCOS SAAB
SISTEMA LOMAH

DUELO:
DUELO/ INDIVIDUAL
DUELO/ CC. LEOPARDO
DUELO/ VCI. PIZARRO
DUELO/ P. ARBITRO
DUELO/ E. ANÁLISIS
DUELO/ E. SEGUIMIENTO
DUELO/ SIB
DUELO/ AGDUS

TIRO:
NOPTEL
VICTRIX
TIRADOR DE PRECISIÓN. STS
TIRADOR DE PRECISIÓN. NOPTEL

NBQ:
NBQ/CAMSIM
NBQ/ AN/PDR-77

IED:
KIT IED
C-IED

USO OFICIAL

18

USO OFICIAL

Simuladores reales o en vivo

BLANCOS:
BLANCOS SAAB

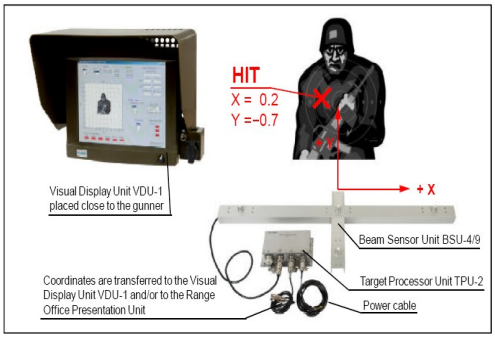
19

USO OFICIAL

USO OFICIAL

Simuladores reales o en vivo

BLANCOS:
SISTEMA LOMAH



20

USO OFICIAL

USO OFICIAL

Simuladores reales o en vivo

TIRO:
NOPTEL

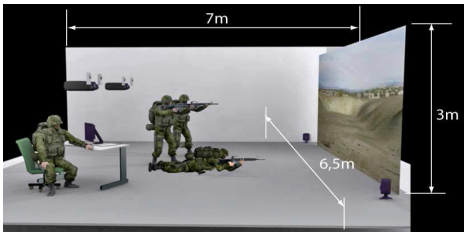
21

USO OFICIAL

USO OFICIAL

Simuladores reales o en vivo

TIRO:
VICTRIX



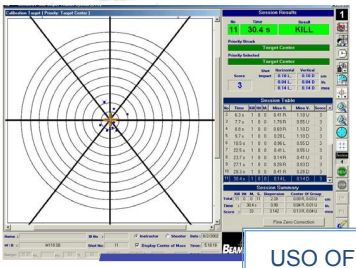
22

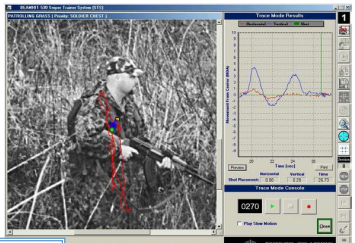
USO OFICIAL

USO OFICIAL

Simuladores reales o en vivo

TIRO:
TIRADOR DE PRECISIÓN. STS





USO OFICIAL

23

USO OFICIAL

Simuladores reales o en vivo

TIRO:
TIRADOR DE PRECISIÓN. NOPTEL

USO OFICIAL

24

USO OFICIAL

Simuladores reales o en vivo

DUELO:
DUELO/ INDIVIDUAL

USO OFICIAL

25

USO OFICIAL

Simuladores reales o en vivo

DUELO:
DUELO/ CC. LEOPARDO

USO OFICIAL

26

USO OFICIAL

Simuladores reales o en vivo

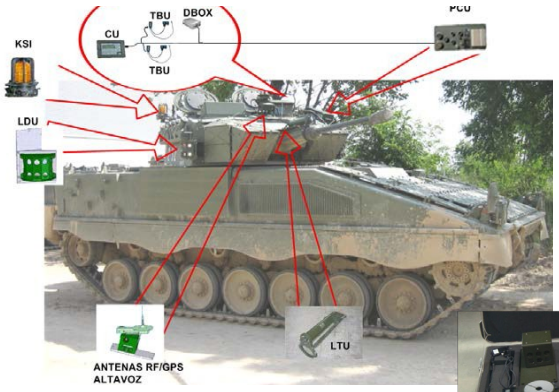
DUELO:
DUELO/ AGDUS

USO OFICIAL

27

USO OFICIAL

Simuladores reales o en vivo



DUELO:
DUELO/ VCI. PIZARRO

USO OFICIAL

28

USO OFICIAL

Simuladores reales o en vivo

DUELO:
DUELO/ SIB

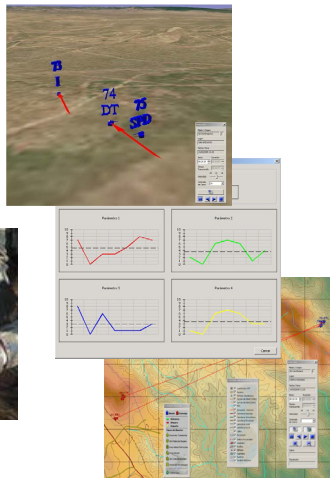
USO OFICIAL

29

USO OFICIAL

Simuladores reales o en vivo

DUELO:
DUELO/ P. ARBITRO
DUELO/ E. ANÁLISIS
DUELO/ E. SEGUIMIENTO



USO OFICIAL

30

USO OFICIAL

Simuladores reales o en vivo

NBQ:
NBQ/CAMSIM

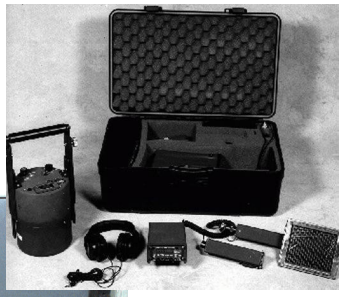
USO OFICIAL

31

USO OFICIAL

Simuladores reales o en vivo

NBQ:
NBQ/ AN/PDR-77



USO OFICIAL

32

USO OFICIAL

Simuladores reales o en vivo

IED:
KIT IED
C-IED

USO OFICIAL

33

USO OFICIAL

Indice de la exposición

- Normativa ET
  - Definición
  - Tipos
- Catálogo
  - Real
  - Virtual
  - Serious Games
  - Constructivos
- Pirámide de empleo
- Futuro

USO OFICIAL

34

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

Personas reales operan sistemas simulados.

Simulan los resultados de acciones o enfrentamientos.

USO OFICIAL

35

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

HELICOPTEROS:
HELICOPTEROS / FBMS
HELICOPTEROS / FMS

CARROS Y VEHICULOS DE COMBATE:
AULA EAO
CC LEOPARD 2A4 / SCA
CC LEOPARD 2A4 / STO
CC LEOPARDO 2E / SCA
CC LEOPARDO 2E / SCO
CC LEOPARDO 2E / STO
CC LEOPARDO 2E / SPT

ESCUELA CONDUCTORES:
CONDUCCION
GRUA / RETROPALA

ARTILLERIA:
CAÑON 35/90
ENTRENADOR BIA SIMACA
SIMACA

MISILES:
AULA COAAAS-L/M
C-100/C-90 (SAARA)
EUMP
EUMP/MILAN EUMP/
TOW EUMP/SPIKE
EUMP/MISTRAL
MILAN DX-143
TOW PGTS
MISTRAL SALA
ROLAND
SPIKE IDT
SPIKE ODT
SPIKE MT

UAV:
UAV PASI

USO OFICIAL

36

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

HELICOPTEROS:
HELICOPTEROS / FBMS

37

USO OFICIAL

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

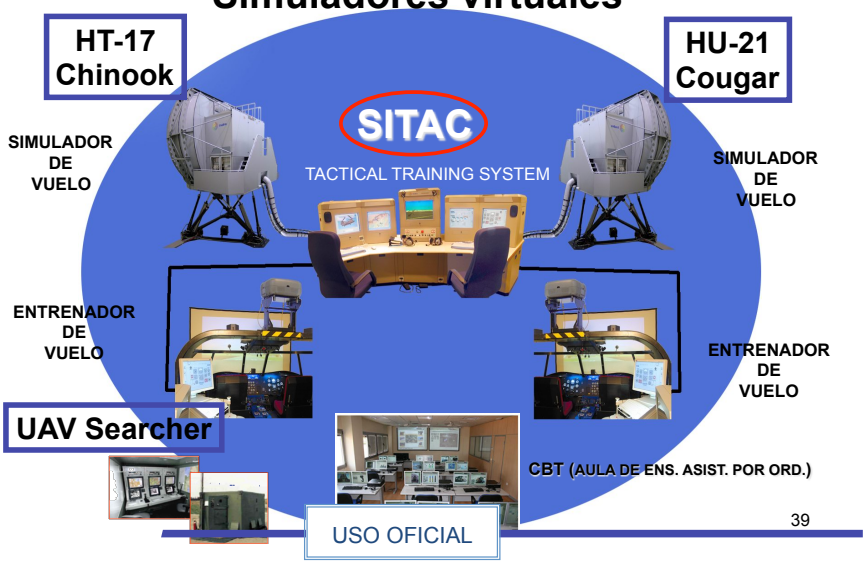
HELICOPTEROS:
HELICOPTEROS / FMS

38

USO OFICIAL

USO OFICIAL

Simuladores virtuales



USO OFICIAL

39

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

CARROS Y VEHICULOS DE COMBATE:
AULA EAO

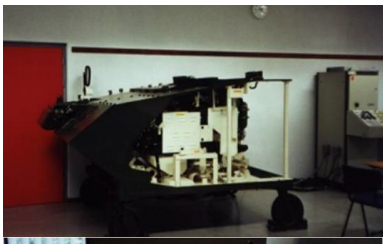
USO OFICIAL

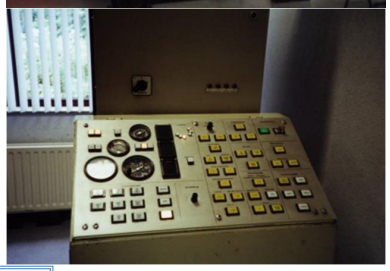
40

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

CARROS Y VEHICULOS DE COMBATE:
CC LEOPARD 2A4 / SCA





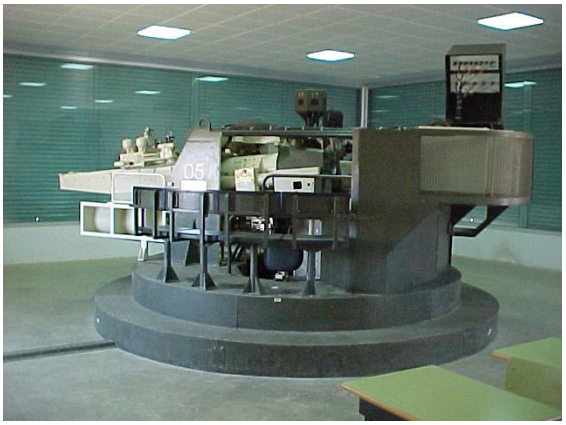
USO OFICIAL

41

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

CARROS Y VEHICULOS DE COMBATE:
CC LEOPARD 2A4 / STO



USO OFICIAL

42

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

CARROS Y VEHICULOS DE COMBATE:
CC LEOPARDO 2E / SCA

USO OFICIAL

43

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

CARROS Y VEHICULOS DE COMBATE:
CC LEOPARDO 2E / SCO

USO OFICIAL

44

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

CARROS Y VEHICULOS DE COMBATE:
CC LEOPARDO 2E / STO

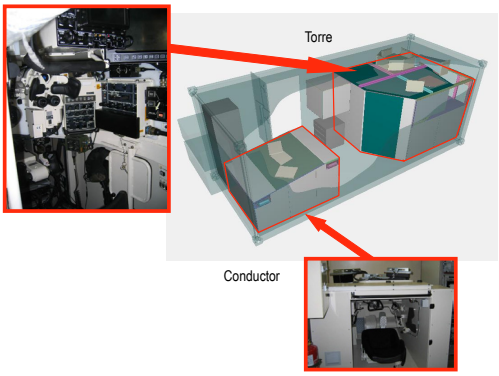
USO OFICIAL

45

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

CARROS Y VEHICULOS DE COMBATE:
CC LEOPARDO 2E / SPT



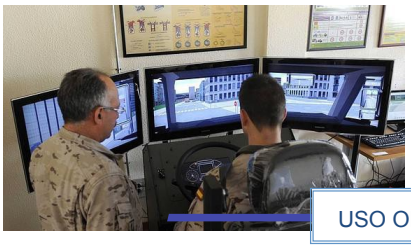
USO OFICIAL

46

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

ESCUELA CONDUCTORES:
CONDUCCION PMC B/C
GRUA / RETROPALA



USO OFICIAL

47

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

ARTILLERIA:
CAÑON 35/90

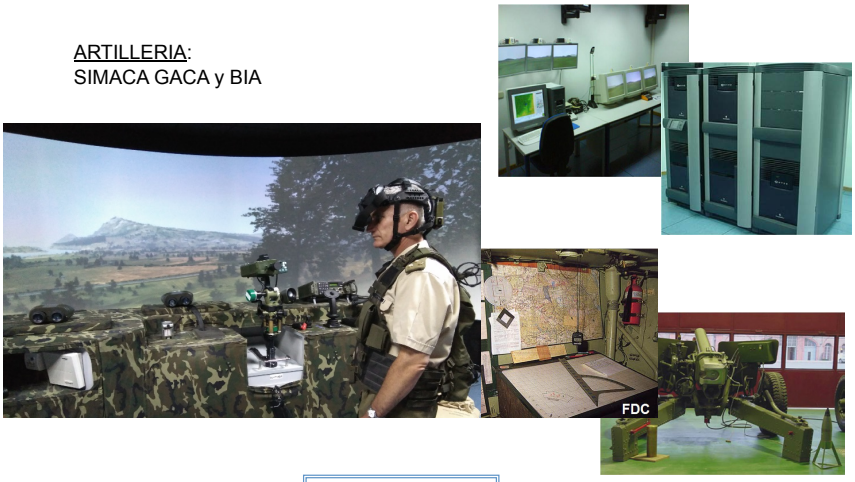
USO OFICIAL

48

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

ARTILLERIA:
SIMACA GACA y BIA



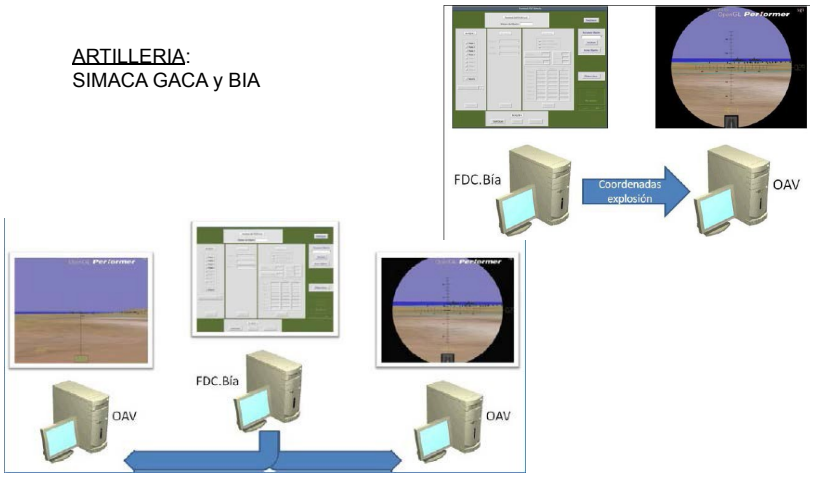
USO OFICIAL

49

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

ARTILLERIA:
SIMACA GACA y BIA



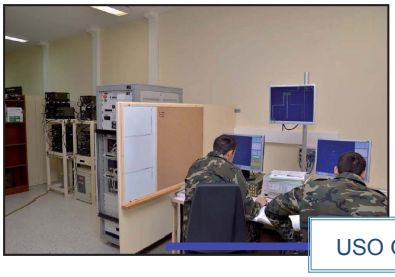
USO OFICIAL

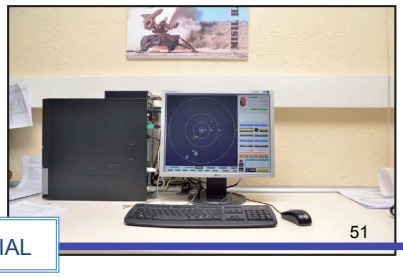
50

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

MISILES:
AULA COAAAS-L/M





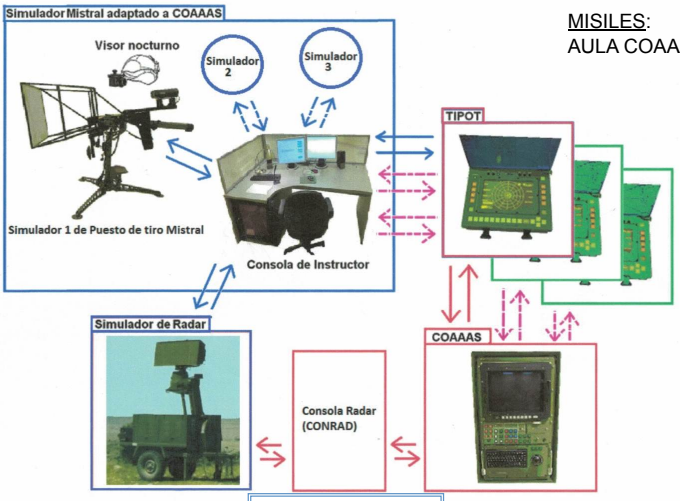
USO OFICIAL

51

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

MISILES:
AULA COAAAS-L/M



52

USO OFICIAL

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

MISILES:
EUMP/MISTRAL

USO OFICIAL

53

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

MISILES:
C-100/C-90 (SAARA)

USO OFICIAL

54

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

MISILES:
EUMP TOW

USO OFICIAL

55

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

MISILES:
SPIKE IDT
SPIKE ODT
SPIKE MT
EUMP/SPIKE

USO OFICIAL

56

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

MISILES:
SPIKE IDT
SPIKE ODT
SPIKE MT
EUMP/SPIKE

USO OFICIAL

57

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

UAV:
UAV PASI

USO OFICIAL

58

USO OFICIAL

Simuladores virtuales

SIMULACIÓN SANITARIA:

USO OFICIAL

59

USO OFICIAL

Indice de la exposición

- Normativa ET
  - Definición
  - Tipos
- Catálogo
  - Real
  - Virtual
  - Serious Games
  - Constructivos
- Pirámide de empleo
- Futuro

USO OFICIAL

60

USO OFICIAL

Serious games

JUEGOS COMERCIALES DE APLICACIÓN MILITAR

USO OFICIAL

61

USO OFICIAL

Serious games

USO OFICIAL

62

USO OFICIAL

Serious games

USO OFICIAL

63

USO OFICIAL

Serious Games

- Entorno Virtual.

USO OFICIAL

64

USO OFICIAL

Serious Games

- Entidad Virtual.

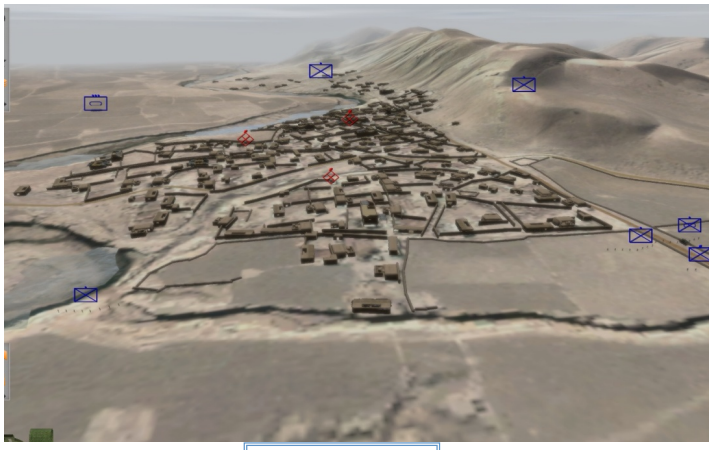
USO OFICIAL

65

USO OFICIAL

Serious Games

- Escenario.



USO OFICIAL

66

USO OFICIAL

Serious Games

- Instrucción de Jefe de PU

USO OFICIAL

67

USO OFICIAL

Serious Games

- Instrucción de Jefe de pelotón.

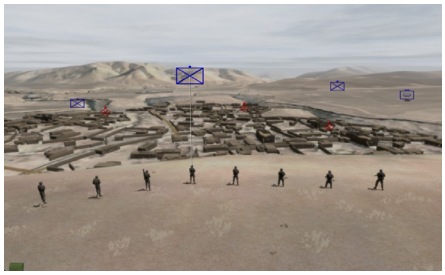
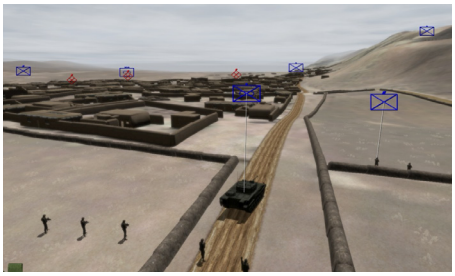
USO OFICIAL

68

USO OFICIAL

Serious Games

- Cajón de arena.

USO OFICIAL

69

USO OFICIAL

Serious Games

- Reconocimiento del área de operaciones

USO OFICIAL

70

USO OFICIAL

Serious Games

- Medios disponibles.

USO OFICIAL

71

USO OFICIAL

Serious Games

- Medios disponibles.

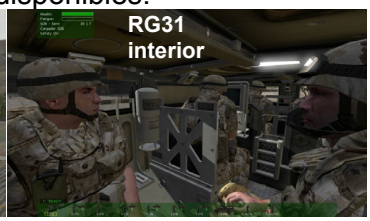
USO OFICIAL

72

USO OFICIAL

Serious Games

- Medios disponibles.



USO OFICIAL

73

USO OFICIAL

Serious Games

- Medios disponibles.

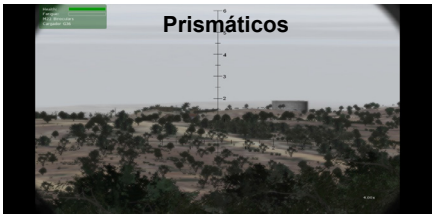
USO OFICIAL

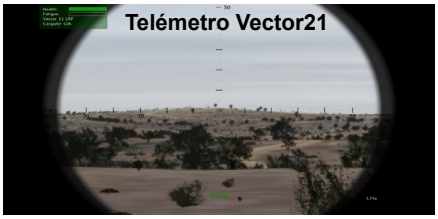
74

USO OFICIAL

Serious Games

- Medios disponibles.





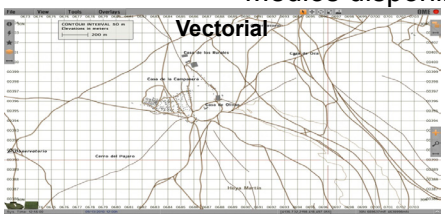
USO OFICIAL

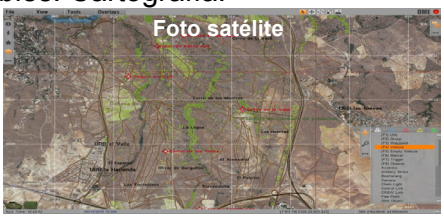
75

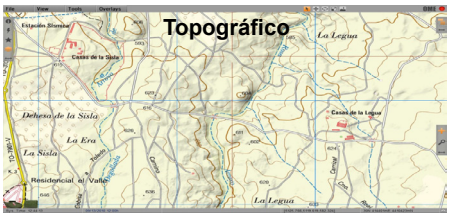
USO OFICIAL

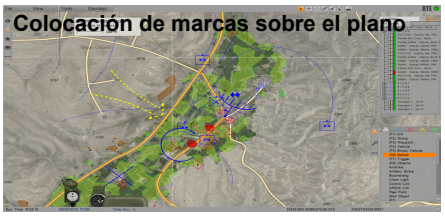
Serious Games

- Medios disponibles. Cartografía.









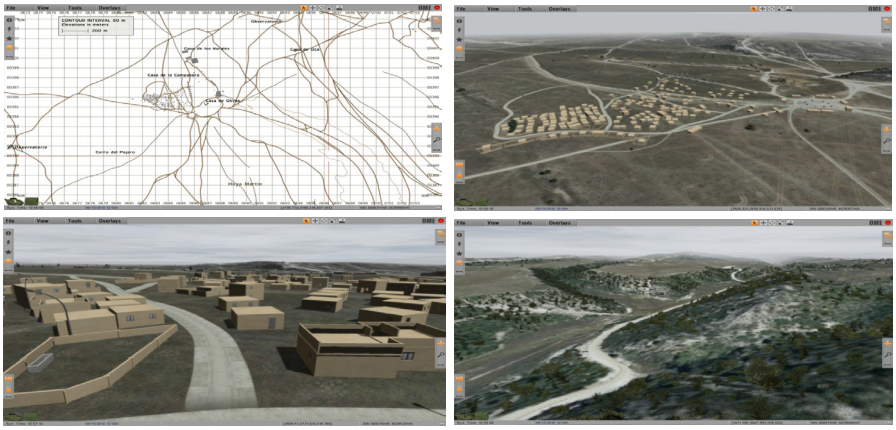
USO OFICIAL

76

USO OFICIAL

Serious Games

- Cartografía disponible. San Gregorio.



USO OFICIAL

77

USO OFICIAL

Serious Games

- Cartografía disponible. Alijares.

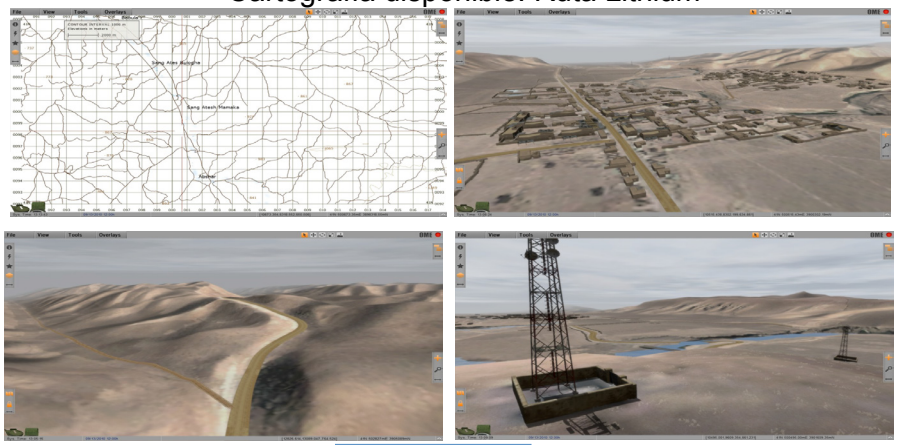
USO OFICIAL

78

USO OFICIAL

Serious Games

- Cartografía disponible. Ruta Lithium



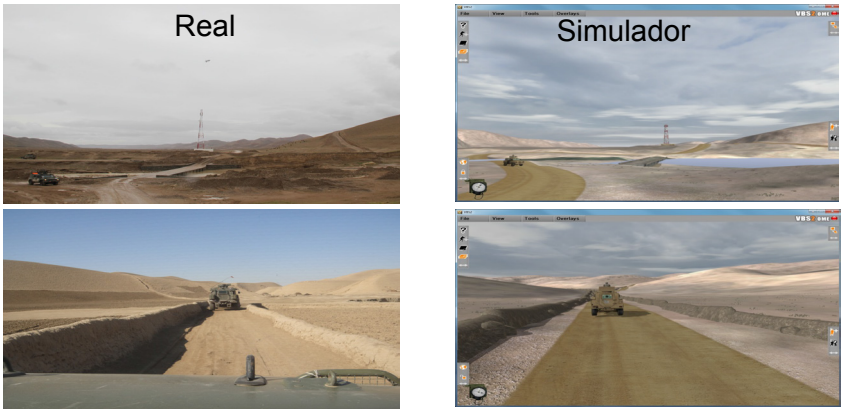
USO OFICIAL

79

USO OFICIAL

Serious Games

- Cartografía disponible. Ruta Lithium



USO OFICIAL

80

USO OFICIAL

Indice de la exposición

- Normativa ET
  - Definición
  - Tipos
- Catálogo
  - Real
  - Virtual
  - Serious Games
  - Constructivos
- Pirámide de empleo
- Futuro

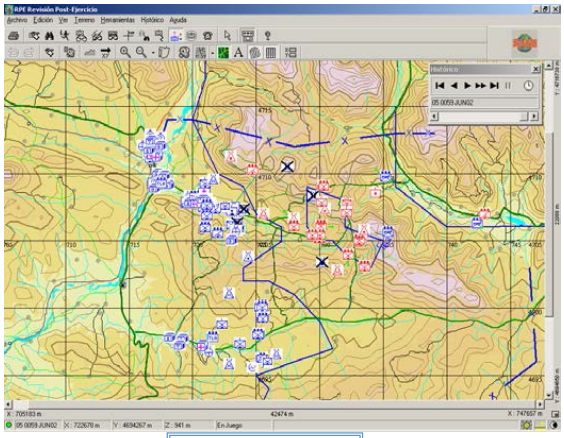
USO OFICIAL

81

USO OFICIAL

Simuladores constructivos

Unidades simuladas operan sobre teatros simulados

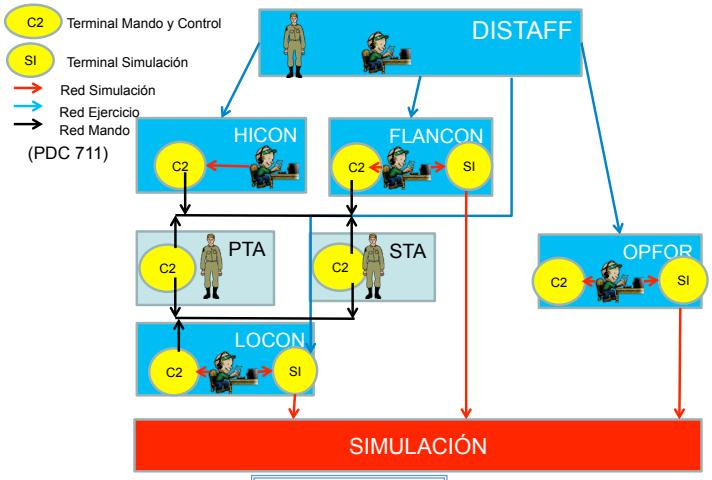


USO OFICIAL

82

USO OFICIAL

Simuladores constructivos



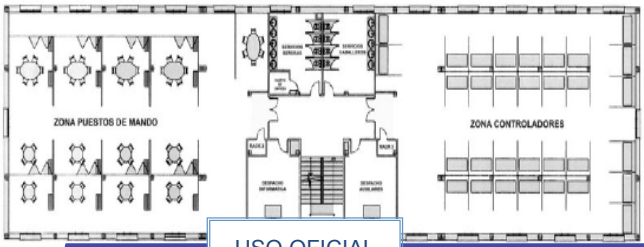
83

USO OFICIAL

USO OFICIAL

Simuladores constructivos

1ª PLANTA



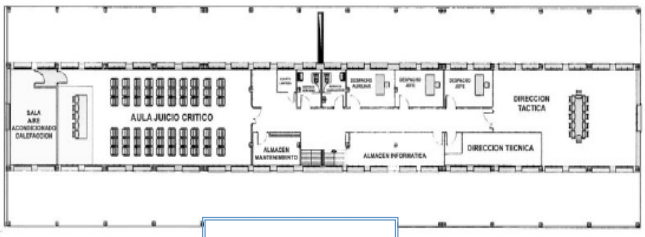
84

USO OFICIAL

USO OFICIAL

Simuladores constructivos

2ª PLANTA



USO OFICIAL

USO OFICIAL

Indice de la exposición

- Normativa ET
  - Definición
  - Tipos
- Catálogo
  - Real
  - Virtual
  - Serious Games
  - Constructivos
- Pirámide de empleo
- Futuro

USO OFICIAL

USO OFICIAL

Pirámide de empleo

USO OFICIAL

87

4.6. Simulación en el Ejército del Aire (Tcol. Eduardo Sánchez Pintado)

USO OFICIAL

SIMULACIÓN EN EL EJÉRCITO DEL AIRE

Tcol Eduardo Sánchez Pintado
EMA/DPL/SEPRO

USO OFICIAL

AGENDA

- Situación actual.
- Posibilidades para el medio plazo.
- Retos para el largo plazo.

USO OFICIAL

MÁXIMA

- Objetivo final:

"Conseguir el mejor entrenamiento posible de las tripulaciones para que puedan cumplir la misión encomendada al Ejército del Aire."

"Train as you fight, fight as you train."

USO OFICIAL

BÁSICOS

- Es cierto que la hora de vuelo es cara.
  - ✓ La simulación puede ofrecer una opción de entrenamiento más económica entendida como un complemento.

- Pero no se puede reemplazar todo el entrenamiento real por simulación.

USO OFICIAL

SITUACIÓN ACTUAL

USO OFICIAL

SITUACIÓN ACTUAL: SIMULADORES

- Cazas:
  - ✓F-18: 2 Simuladores para entrenamiento básico de tácticas y emergencias. En proceso de actualización: Nuevo visual de 120º.
    - ❖En la Bases de Zaragoza y Torrejón.
  - ✓ 2 Simuladores Full Mission Simulators (FMS) en la Base Aérea de Morón.
    - ❖2 Cockpit Trainers (ASTA CT), 1 en Morón y 1 en Albacete.
- Otros:
  - ✓ Simuladores para C-295, C-101, F5M, etc.
  - ✓RTTD/IMRIT (MALE RPA ISR Training) (simulador operacional) en Salamanca para la escuela de UAS.
  - ✓ Simulador del A-400M, NH 90, nuevo RPA.

USO OFICIAL

SITUACIÓN ACTUAL: SIMULADORES

- Sistemas muy costosos.

- O no.

USO OFICIAL

SITUACIÓN ACTUAL: SIMULADORES

- Conexión entre simuladores:
  - ✓Se ha intentado. Por ejemplo, se han conectado los simuladores de F18. (Mantenimiento)
  - ✓Necesidades para la conexión de hardware, software, etc…
  - ✓Distintas arquitecturas DIS y HLA.
  - ✓Distintos visuales.
  - ✓Retrasos en la imagen presentada.
  - ✓Ancho de banda necesaria.
  - ✓Necesidad de una red de simulación: Simulation NETWORK.
  - ✓Concurrencia con el avión
  - ✓Protección datos clasificados
  - ✓PERSONAL.

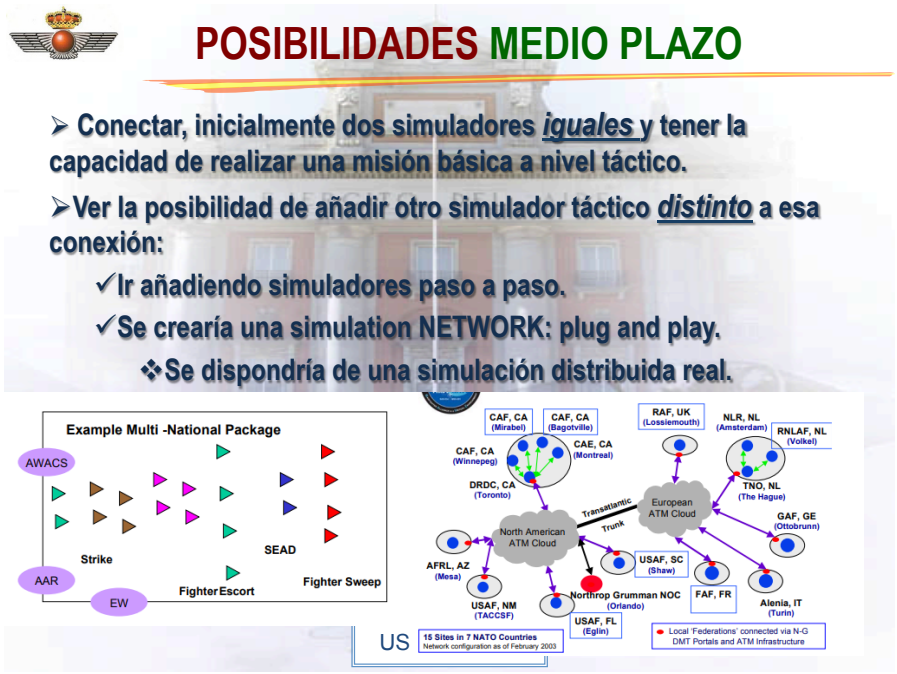
USO OF

SITUACIÓN ACTUAL: OTROS PAÍSES

- Reunión en marzo para integración plataformas 4ª y 5ª Generación.
  - ✓ En el European Air Group (EAG), High Wycombe.
  - ✓ Englobado en el Combined Air Interoperability program. (CAIP).
  - ✓ De mom a idea es conectar lo que se tiene.
  - ✓ Francia:
    - ❖ Tienen un departamento/sección de simulación.
    - ❖ Busc iones de simulación a bajo coste.
  - ✓ Italia:
    - ❖ Dispo n centro de excelencia de simulación.
  - ✓ Alemania:
    - ❖ Han creac TWORK para simulación.
  - ✓ Reino Unido:
    - ❖ Disponen de un centro, el Air Battlespace Training Centre.

USO OFICIAL

POSIBILIDADES MEDIO PLAZO
UNIDADES DE COMBATE
EF-18 A M
EF-2000
Ala 15
BA de Zaragoza
Ala 12
Grupo 47
BA de Torrejón
Ala 14
BA de Albacete
Ala 11
BA de Morón
EZAPAC
BA de Alcantarilla
USO OFICIAL


POSIBILIDADES MEDIO PLAZO
➢ Conectar, inicialmente dos simuladores iguales y tener la capacidad de realizar una misión básica a nivel táctico.
➢Ver la posibilidad de añadir otro simulador táctico distinto a esa conexión:
✓Ir añadiendo simuladores paso a paso.
✓Se crearía una simulation NETWORK: plug and play.
❖Se dispondría de una simulación distribuida real.
Example Multi -National Package
AWACS
Strike
SEAD
AAR
EW
Fighter Escort
Fighter Sweep
CAF, CA (Mirabel)
CAF, CA (Bagotville)
CAF, CA (Winnepeg)
CAE, CA (Montreal)
DRDC, CA (Toronto)
RAF, UK (Lossiemouth)
NLR, NL (Amsterdam)
RNLAF, NL (Volkel)
TNO, NL (The Hague)
GAF, GE (Ottobrunn)
European ATM Cloud
Transatlantic Trunk
North American ATM Cloud
AFRL, AZ (Mesa)
USAF, SC (Shaw)
FAF, FR
Alenia, IT (Turin)
USAF, NM (TACCSF)
Northrop Grumman NOC (Orlando)
USAF, FL (Eglin)
US
15 Sites in 7 NATO Countries
Network configuration as of February 2003
Local 'Federations' connected via N-G DMT Portals and ATM Infrastructure

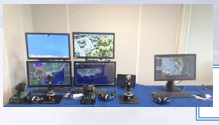
POSIBILIDADES MEDIO PLAZO

- Concepto actual:
  - ✓ Es cierto que se plantean escenarios que cada vez son más complicados de replicar
  - ✓ Live, Virtual and Constructive: LVC.
    - ❖ Live: formado por personal (pilotos) volando sistemas reales.
    - ❖ Virtual: Personal en sistemas simulados.
    - ❖ Constructive: Personal y sistemas son simulados. Un programa de ordenador.

LIVE

VIRTUAL

ENTRENAMIENTO



CONSTRUCTIVE

USO OFICIAL

POSIBILIDADES MEDIO PLAZO

- Dentro de las posibilidades del LVC, se engloba:
  - ✓ Posibilidad de entrenamiento compartido por más personal, es decir, posibilidad de realizar un seguimiento de la misión por pilotos en instrucción.
  - ✓ En la rama Constructive del LVC se plantea introducir blancos o escenarios en aviones en Vuelo, por ejemplo via Link 16.
  - ✓ En cualquier caso, se sigue trabajando en la construcción de simuladores cada vez más realistas y capaces (Fidelity).

USO OFICIAL

POSIBILIDADES MEDIO PLAZO

- Factores clave en siguientes desarrollos:
  - ✓ Seguridad cyber, análisis de datos (Big Data), cloud computing y realidad virtual…
  - ✓ Arquitecturas abiertas.

- Pero existen a la vez muchas barreras:
  - ✓ Necesidad de que los datos estén seguros en todo momento.
  - ✓ Enorme cantidad de datos a procesar en tiempo real.
  - ✓ Posibilidad real de que sistemas simulados puedan interoperar en conjunción con sistemas reales.

RETOS LARGO PLAZO

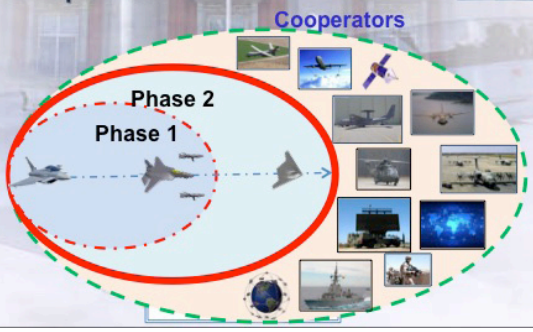
- Entrada de los aviones de 5ª Generación en escena.

- El salto tecnológico es "demasiado grande".
- La replicación de escenarios se complica en gran medida.
  - ✓ Escenarios A2AD o Contested: *"A series of interrelated missile, sensor, guidance, and other technologies designed to deny freedom of movement"*

RETOS LARGO PLAZO

- CAIP.
  - ✓ De momento poder conectar lo que tenemos.
- Las posibilidades que se plantean son muchas y "apasionantes"

- Concepto de empleo del 5ª Gen:



RESUMEN

- El fin último de la simulación es el entrenamiento de las tripulaciones.
- Se debe entender como un complemento.
- Los simuladores son sistemas costosos.
- En el medio plazo sería interesante poder conectar simuladores en tiempo real con capacidad de entrenar escenarios tácticos.
- A largo plazo, la integración de 4ª y 5ª ofrece muchas posibilidades.

4.7. Simulación en la Armada (CF Eduardo Gómez Quijano)

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

Uso de la simulación

- Enseñanza, instrucción y adiestramiento
- Apoyo a la decisión
- Análisis
- Experimentación
- Logística adquisición

USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

Ventajas

- Flexibilidad
- Economía
- Predicción
- Control de la variable tiempo

USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

Distribución

GIMOE AGRUMAD

ESCAÑO
ESENGRA
ENM
TERNOR

TEAR
CIA
CASI
CEVACO
FLOAN

EBA
EIMGAF
CAZAMINAS
FLOSUB

AGRUCAN

USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

1.- Navegación y Táctica

SIMNAV. Simulador de maniobra y navegación (TELVENT)

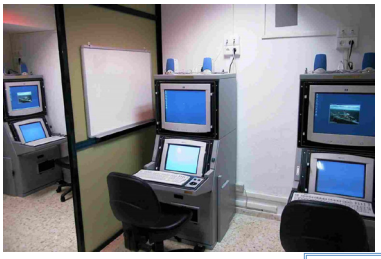
ENM y ESENGRA

SIMULADOR ULISES

USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

GALEÓN
(SAINSEL)
ENM-
CIAFLOT

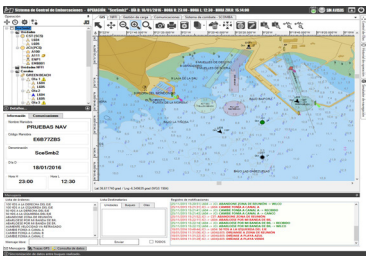


USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

SCOMBA-T
ENM-
CIAFLOT

SCE (Sistema de Control de Embarcaciones)
CIAFLOT



USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

SACAZ
CAZAMINAS

USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

SATS (s-70)
FLOSUB

SIMTAC (s-80)
Simulador para adiestramiento táctico.

SERIE S-80

USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

TALOS
EIMGAF

USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

2.- Simulador de Plataforma

SISMA (s-70) (ESUBMAR)
Seguridad en inmersión. Simulación Cámara Central de submarinos. Adiestramiento en el manejo de la plataforma ante posibles emergencias, vías de agua, avería en timones, fallos planta hidráulica, fallos de energía eléctrica, fallos de propulsión
SIMPRA (s-70) (ESUBMAR)
Simulación de propulsión de submarinos. Adiestramiento de los operarios de la cámara de propulsión en el manejo de los equipos de propulsión y generadores. Simulación de emergencias.
SIFAS (s-70) (ESUBMAR)
Seguridad en inmersión. Simulador para adiestramiento en fugas y vías de agua.
SIMPLAT (S-80) (ESUBMAR)
Simulador de Plataforma. Adiestramiento en los puestos de control de la plataforma.

USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

SIMPLAT (S-80)
Simulador de plataforma, seguridad en inmersión

USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

CASI
B.N. de ROTA

USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

Simulador del control de plataforma fragatas clase "Santa María" (ESCAÑO)
Instalado en el año 1988, permite el adiestramiento de los operadores de control de plataforma de las fragatas. Son consolas idénticas a las que llevan los buques en los sistemas de control. Consola de propulsión, planta eléctrica, auxiliares, puente de gobierno y local de propulsión. Posibilidad de simular averías y fallos.

Simulador SICP "Patiño" y LPD clase "Galicia" de control de plataforma (ESCAÑO)
Fabricación española Navantia, instalado en los años 1997 y 1998. Primer simulador integrado de control de plataforma. Autómatas conectados a una red con los PC's de las consolas. Consolas individuales, con capacidad para asimilar el control de los sistemas

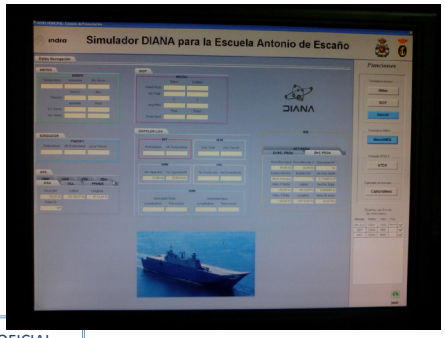
Simulador SICP fragatas clase "Alvaro de Bazán" (ESCAÑO)
Instalado en el 2007 Navantia. Autómatas conectados a una red con los PC's de las consolas. Consolas individuales, con capacidad para asimilar el control de los sistemas. Capacidad de creación de distintos escenarios, grabación y reproducción de adiestramiento. Simulación de averías.

Simulador SICP COMPLEX (Cantabria, JC1, BAM, F-105)
Instalado en el año 2014.

USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

DIANA. (ESCAÑO)
Instalado en 2010. Fabricado por INDRA, simula el funcionamiento del sistema DIANA (Sistema de distribución avanzada de datos de navegación: Giroscópica, corredera, GPS, meteorológico….) en los sistemas de la F-100, LHD, BAC y BAM
Impartir información para que la dotación adquiera los conocimientos necesarios para el mantenimiento y la operación del sistema.
Integración de datos para interactuar con el operador y generar mensajes.



USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

EDAN-FLOAN

Simulador de vuelo SOTV-EAV8B Plus
Simulador de vuelo SOTV-ESH60B LAMPS

USO OFICIAL

USO OFICIAL

3.- Adiestramiento del combatiente

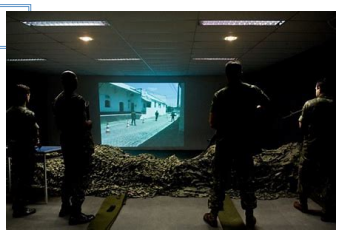
VBS3 THE FUTURE VIRTUAL BATTLESPACE

EIMGAF, TERNOR, AGRUMAD, AGRUCAN

USO OFICIAL

USO OFICIAL

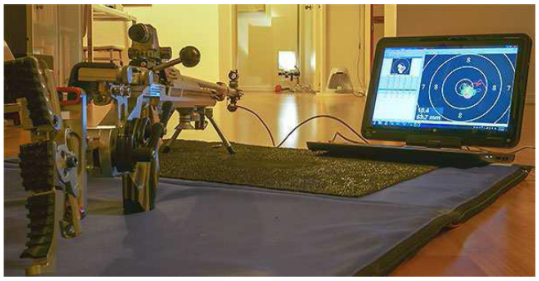
VICTRIX
EIMGAF, ENM



USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

SCATT
EIMGAF,
ESENGRA



USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

4.- Sistemas de Comunicaciones

GMDSS (Sistema de salvamento y seguridad marítima) (ESCAÑO)
Software de 4 licencias para simular todas las comunicaciones del GMDSS

ICCS-5 (Sistema integrado de control de comunicaciones) (ESCAÑO)
Fabricante portugués, red informática de 16 puestos, permite interactuar con el sistema de control de comunicaciones de los buques de la Armada.

USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

SECOMSAT (ESCAÑO)
Empresa Indra, red informática de 16 puestos, permite interactuar los tipos de terminales satélites.

SACOMAR (ESCAÑO)
Red informática de 18 puestos con el software de la aplicación SACOMAR.

HF (ESCAÑO)
Empresa equipos R&S Rohde Schawarz (Alemania)
1 Transceptor de R&S serie 2000 con capacidad ALE
1 Transceptor de R&S serie 4100 con capacidad ALE
3 Receptores R&S EK-896 (VLF/LF/MF/HF)

Simulador Sonar AN/SQS-56 (ESCAÑO)
Fabricante RAYTHEON, de las mismas características que el instalado a bordo, adiestramiento de operadores y mantenedores.

USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

SIMULADORES DE INMERSIÓN

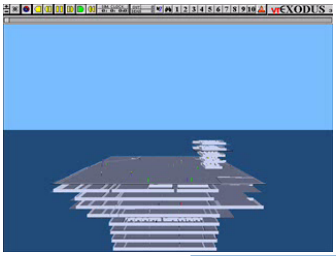
- ✓ Simulador de inmersión a gran profundidad con aire (50 mts) (EBA)
- ✓ Simulador de inmersión a gran profundidad con mezclas respirables (90 mts) (EBA)
- ✓ El BSR Neptuno dispone de un simulador de ventilación y entrega de contenedores estancos para submarinos accidentados

USO OFICIAL

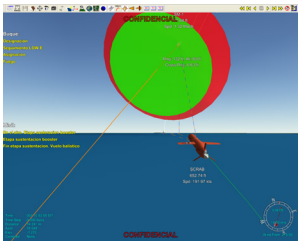
GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

Simuladores para análisis y toma de decisiones

EXODUS
Análisis evacuación buques de nueva construcción



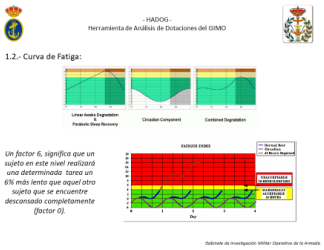
SIMDIS
Análisis lanzamiento misiles



USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

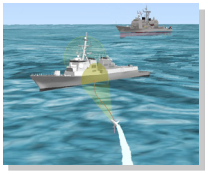
HADOG
Optimización de dotaciones



USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

DEFENSA ANTIMISIL
ALSA (GIMO)



USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

Necesidades

- **Grupo coordinación de simulación en la Armada**
  - ✓ Coordinar requerimientos operativos
  - ✓ Coordinar adquisiciones
  - ✓ Conocer entorno (empresas civiles, Fuerzas Armadas de otros países y OTAN)
  - ✓ Conocer estándares y tendencias
- **Interoperabilidad**
  - ✓ Mejora de la interoperabilidad entre simuladores. Capacidad de integrar simuladores de terceros. Interconexión simuladores tácticos de distintas localidades Ferrol, Marín y Rota
- **Modernización**
  - ✓ Submarinos. Modernización de los simuladores de la S-70.
    Instalación simuladores s-80
  - ✓ EBA. Renovación Simuladores de inmersión.
  - ✓ SACAZ. Modernización (tarjetas, SO, etc…)
  - ✓ CASI. Simulador de Control de Averías (inundación y apuntalamiento). Solicitado a falta de recursos.
  - ✓ CISI (ESCAÑO). Modernización, nuevo simulador de averías con capacidad de balance.

USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

Necesidades

- **Modernización**
  - ✓ Actualización de licencias
  - ✓ Completar la Instalación de simuladores en las Escuelas para tener cubiertas áreas de navegación, táctica y seguridad interior

USO OFICIAL

GABINETE DE INVESTIGACIÓN MILITAR OPERATIVA Y ESTADÍSTICA
JEFATURA DE SERVICIOS GENERALES ASISTENCIA TÉCNICA Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN Y TELECOMUNICACIONES

Hacia donde vamos….

- Proceso de digitalización.
- Apoyo Logístico 4.0
- Desarrollo del CESADAR
- Maqueta Digital (Entorno de apoyo a la simulación en los proyectos F-110, S-80 y BAM).

USO OFICIAL

4.8. I+D en el ámbito de la simulación (Cte. Mario de la Fuente Martín)

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

Actividades de I+D en el ámbito de la simulación.

LABORATORIO DE MODELADO Y SIMULACIÓN

SGSISTER INTA

JORNADA TECNOLÓGICA DE SIMULACIÓN EN EL ÁMBITO DE LA DEFENSA 24/04/2018

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

INTRODUCCION | **PERSPECTIVA DE LA PRESENTACION**

- Jefe del Laboratorio de Modelado y Simulación SGSISTER INTA.
- Representante nacional en el Nato Modeling and Simulation Group (NMSG).

Visión actividades internacionales:

- Visibilidad de lo que se está realizando en otros países.
- Acceso a documentación de interés, a su disposición
- Conocimiento de los desarrollos NMSG.
- Conocimiento de las necesidades de OTAN en cuanto a simulación.

Visión actividades nacionales:

- Contacto con unidades de distintos ejércitos (JCISAT, MADOC, JAL, etc).
- Contacto con DGAM.
  - I+D PLATIN y Observatorios.
  - Adquisiciones (GESPRO)
- Contacto con Empresas y Universidades.

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

INDICE

- INTRODUCCION
- RECURSOS DISPONIBLES
- ACTIVIDADES A CORTO PLAZO
- ACTIVIDADES Y LINEAS DE INVESTIGACION MEDIO PLAZO

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

INTRODUCCION | **ANTECEDENTES: ITM**

Instituto Tecnológico de la Marañosa (ITM):

- Se pone en marcha finales 2008.
- Se inauguró en 2011
- Perteneció a DGAM,
- Recibía el 100% de su presupuesto.
- Dedicado a Investigación.

Se integra en el INTA en 2014

ITM >> **SUBDIRECCIÓN DE SISTEMAS TERRESTES DEL INTA**

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

INTRODUCCION | **QUE ES EL INTA**

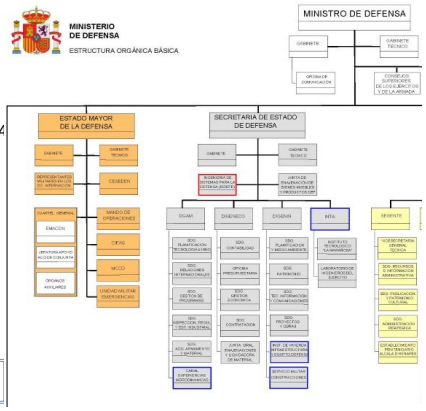
INSTITUTO NACIONAL TÉCNICA AEROESPACIAL.

Organismo Publico de Investigación (OPI):

- Depende de la Secretaria de Estado de Defensa.
- Recibe el 53% de su Presupuesto anual y se autofinancia 4
- No solo Investigación, también proveedor de servicios necesarios para su autofinanciación.

Medio propio de la administración.

- Encomiendas otros organismos de la Administración
- Contratos con empresas.



USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

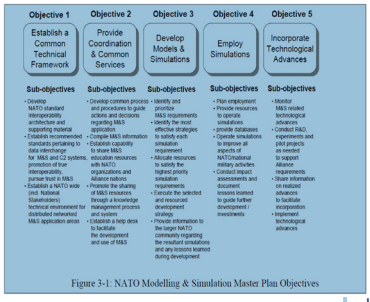
INTA

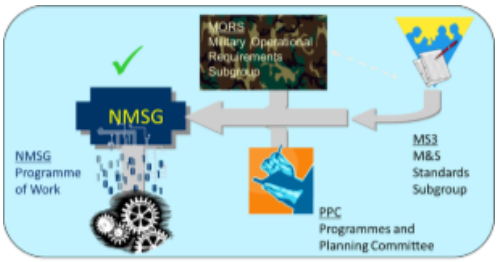
INTRODUCCION | **COMO GESTION OTAN LA SIMULACIÓN:**

UN PLAN Y UNA ORGANIZACIÓN:

Plan maestro: NATO_MS_Master_Plan.

NMSG: NATO MODELING AND SIMULATION GROUP:





USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

INTRODUCCION | **QUE ES SISO**

SISO Simulation Interoperability Standards Organization
"Simulation Interoperability & Reuse through Standards"

- **Es una organización internacional dedicada a la promoción de estándares solo de interoperabilidad de modelado y simulación.**
- **Colabora con otras organizaciones entre ellas NMSG OTAN.**
- **Genera estándares:**
  - Standard for Dynamic Link Compatible HLA API Standard for the HLA Interface Specification (IEEE 1516.1 Version) *(reaffirmed 8 Dec 2014*).
  - Standard for Real-time Platform Reference Federation Object Model (RPR FOM)
  - Standard for Coalition Battle Management Language (C-BML)
  - Standard for Military Scenario Definition Language (MSDL)
  - Standard for UCATT Laser Engagement Interface.

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

INTRODUCCION | **QUÉ: CONCEPTOS DE SIMULACIÓN**

- **Modelo y modelado:**

Un modelo es una abstracción de la realidad, trata de reproducir las características de un sujeto, objeto, o una circunstancia.

Modelar es seleccionar las características más relevantes de ese sujeto, objeto, o una circunstancia con referencia a lo que se pretende estudiar, e intentar reproducirlas en ese modelo por medio de un objeto, ecuaciones, etc.

- **Simulación:**

Proceso de la interacción de un modelo en un determinado espacio y tiempo con la intención de que se comporte como lo haría el sujeto, el objeto o una circunstancia que intenta representar.

- **Validación:**

Proceso de comprobar si los resultados obtenidos responden a los resultados del objeto real y por tanto, validan el comportamiento del modelo.

- **Simulador:**

Entorno que ejecuta simulaciones.

- **Simulación distribuida:**

Cuando la simulación se realiza por medio de la colaboración de varios simuladores de forma concurrente.

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

INTRODUCCION | **QUE: TIPOS DE SIMULADORES**

Real

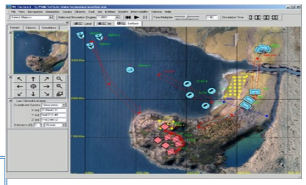
- Ejercicios instrucción de tropas

Virtual

- El usuario esta constantemente interactuando con el objeto que controla.

Constructivo

- Permite diseñar una simulación con múltiples objetos.
- El usuario interacciona con el simulador para modificar el desarrollo de la simulación.



10

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

INTRODUCCION | **TIPOS DE SIMULADORES**

Simuladores Específicos:

- Se entregan con los productos
- Muy caros de mantener
- Pocas actualizaciones

Simuladores No Específicos:

- Económicos
- No tan realistas
- Actualizaciones frecuentes
- API de desarrollo
- Actualmente permiten interacciones con hardware.

11

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

INTRODUCCION | **INTEROPERABILIDAD ENTRE SIMULADORES**

Que es interoperar:

- Compartir los objetos, con sus características y las relaciones entre ellos así como el resultado de sus comportamientos.

ESTANDARES DE INTEROPERABILIDAD permiten interrelacionar a simuladores de distintos fabricantes:

- **DIS:**
  Primer estándar, ha sido ampliamente utilizado, todavía persiste en muchos simuladores.
- **HLA:**
  - Es el estándar actual promovido por OTAN, ratificado por España. Actualmente está en versión 3 y se espera su actualización en 2020 V4.
  - Permite compartir objetos e interacciones.

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

DISPONIBLE | **QUE APORTA LA NMSG**

S&T organization Modelling and Simulation Group

ALLIED MODELLING AND SIMULATION PUBLICATION (AMSP):

- AMSP 01 NATO MODELLING AND SIMULATION STANDARDS PROFILE.
- AMSP 02 Allied Framework for Modelling and Simulation as a Service (MSaaS) Governance Policies
- ASMP 03 Guidance for M&S Standards in NATO and Multinational Computer Assisted Exercises with Distributed Simulation
- ASMP 04 NATO Education and Training Network Federation Architecture and FOM Design (NETN FAFD v2.0)
- ASMP 05 Handbook (Best Practice) for Computer Assisted Exercises (CAX)
- Publicaciones especificas de cada grupo de trabajo.

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

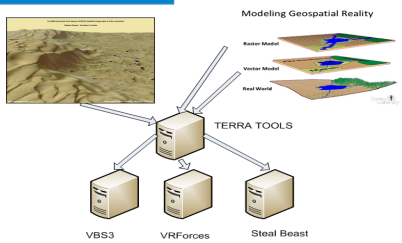
DISPONIBLE

QUE APORTA INTA

SERVICIO DE MODELADO DE ENTORNOS NATURALES SINTETICOS (SNE)

Características:

- Partiendo de datos cartográficos se generan entornos virtuales para diferentes simuladores. Vbs3, VrForces, SteelBeast, Flt….
- Estos entornos son correlados, se parte de una misma BD cartográfica para la generación de los entornos para todos los simuladores.



USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

DISPONIBLE

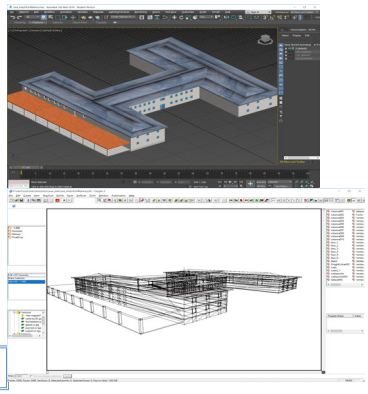
QUE APORTA INTA

SERVICIO DE MODELADO DE OBJETOS

Características:

- Por medio de herramientas de modelado (3Dmax, TerraTools), podemos generar objetos y edificios especificos.
- Integración de los modelos en los terrenos correlados.
- Integratión de los modelos en los simuladores.

  Caracterisiticas: texturas, modelos de colisión y movimientos y acciones.



USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

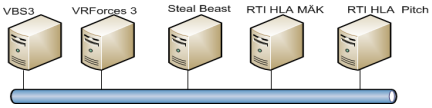
DISPONIBLE

QUE APORTA INTA

SERVICIO DE SOPORTE A High-Level Arquitecture (HLA)

Características:

- Asesoría en el uso del protocolo HLA.



SERVICIO DE MODELADO DE FOM Y CLIENTES HLA

Características:

- Modelización de objetos de la federación (conjunto de simuladores) y generación de clientes HLA para prototipos.

PARTICIPACIÓN EN GRUPOS INTERNACIONALES

- Participación en el grupo NMSG 134, NMSG-135 , MS3.

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

CORTO PLAZO

CAMBIO DE VISION DE LA SIMULACIÓN:

OBJETIVO A CORTO/MEDIO PLAZO:

CREAR ENTORNOS COMPLEJOS DE SIMULACIÓN, a partir de los requisitos operativos generar simulaciones distribuidas en las que se puedan conjuntar elementos reales y simulados concepto LVC: *2018-03-27 LVC-T Concept*

¿COMO?

- 1 Siguiendo procedimientos de desarrollo establecidos.
- 2 Utilizando estándares.
- 3 Usando recursos comunes y estándares de datos.
- 4 Usando un soporte técnico adecuado.
- 5 Con una organización que gestione las necesidades y recurso de simulación.

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

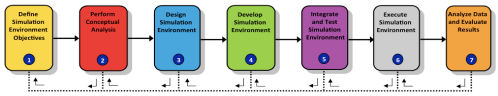
LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

CORTO PLAZO | **Como crear entornos complejos de simulación distribuida**

- **1 Siguiendo procedimientos establecidos:**
  - "IEEE Recommended Practice (IEEE 1730) Distributed Simulation Engineering and Execution Process (DSEEP)".
    - Paso1: **Definir los objetivos** del entorno de simulación.
    - Paso2: Realizar un **análisis conceptual**.
    - Paso3: **Diseñar el entorno** de simulación.
    - Paso4: **Desarrollar el entorno** de simulación.
    - Paso5: **Integrar y probar** el entorno de simulación.
    - Paso6: **Ejecutar la simulación** en el entorno de simulación.
    - Paso7: **Analizar los datos** de la simulación y evaluar los resultados.

SISO Simulation Interoperability Standards Organization "Simulation Interoperability & Reuse through Standards"



- AMSP -03 Guidance for M&S Standards in NATO and Multinational Computer Assisted Exercises with Distributed Simulation.
- AMSP-05 Handbook (Best Practice) for Computer Assisted Exercises (CAX).

S&T organization Modelling and Simulation Group

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

CORTO PLAZO | **Como crear entornos complejos de simulación distribuida**

- **2 Usando estándares:**
  - **AMSP 01.** Formatos de entrada y salida de los simuladores. Obligatorios en los pliegos.
  - **HLA-e 2010.** Interoperabilidad SIM-SIM Estándares. Obligatorio en los pliegos
  - **MSDL Y CBML → C2SIM.** Interoperabilidad SIM-C2.
  - **RPR2, NET-N v2.** Modelos de objetos de la federación Obligatorio en los pliegos

- **3 Repositorios de activos de simulación:**
  - Escenario naturales sintéticos correlados para todos los simuladores.
  - Modelos de objetos (edificios, materiales) para todos los simuladores.
  - Algoritmos y simuladores específicos.

- **4 Usando un soporte técnico adecuado:**
  - Documentación básica. Procedimientos de uso. Lecciones aprendidas.

- **5 Con una organización QUE PROVEA DE REQUISITOS OPERATIVOS, DEFINA LOS ENTORNOS A REALIZAR y provea de recursos de forma efectiva y eficiente.**
  - **Grupo nacional de simulación**

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

CORTO PLAZO

GRUPO NACIONAL DE SIMULACIÓN.

GRUPO NACIONAL DE SIMULACIÓN: Se creo en 2009, actualmente este grupo no esta activo

- **MISIÓN.** Coordinar el desarrollo y uso de la simulación en el ámbito de la Defensa.
- **DEPENDENCIA Y COMPOSICIÓN.** El grupo depende funcionalmente del **EMACON**, que ostenta la presidencia del mismo y participan representantes de **EMACON, DGAM, CMOPS CG Tierra, CG Armada, CG Aire, IGECIS**.
- **OBJETIVOS:**
  - **Objetivo nº 1:** Establecer un marco de intercambio de información y discusión sobre la aplicación de las tecnologías de simulación para la mejora del adiestramiento y operatividad, así como en el ámbito de la experimentación de nuevas capacidades (CD&E)
  - **Objetivo nº 2:** Coordinar las necesidades específicas y conjuntas de adiestramiento, en el ámbito de la simulación, y sus posibles escenarios a efectos de establecer líneas de colaboración tanto técnicas como operativas.
  - **Objetivo nº 3:** Coordinar las iniciativas nacionales e internacionales en el desarrollo y utilización de las tecnologías de simulación, en busca de interoperabilidad y sinergias.
  - **Objetivo nº 4:** Proponer un marco técnico y normativo de referencia que contenga recomendaciones sobre la utilización de estándares, normativas, procedimientos y herramientas en el desarrollo y uso de las tecnologías de simulación.
  - **Objetivo nº 5:** Proponer y coordinar actividades de difusión y divulgación sobre la simulación.

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

CORTO PLAZO

INICIATIVAS 2018

- **Reactivación del grupo nacional de simulación, por sus objetivos.**
- **Repositorio/portal de documentación de simulación (Intranet).**
  - Documentación técnica del NMSG , Estándares SISO y documentación de la European Defense Agency (EDA)
  - Documentación técnica generada por INTA, o por otros organismos que la quieran poner a disposición de la comunidad.
- **Repositorio de recursos de simulación (Intranet):**
  - **Descripción de los recursos que existen en la organización y puntos de contacto.**
    - Entornos sintéticos y modelos
    - Algoritmos
    - Simuladores específicos.

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

MEDIO PLAZO

NUEVAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN OTAN

Lista de carencias detectadas en NMSG 146 (GAPS list_V2.pdf)

- **1 Too many operators needed (1,50).** Relacionado con IA
- **2 Intelligence (Intel) operations (1,50).** Relacionado con IA
- **3 Synthetic OPFOR to live exercises (1,00).** Relacionado con IA.

- **4 Electronic warfare (EW) simulation (1,50).** Nuevos simuladores
- **5 Air assets in Army exercises (1,50).** Nuevos simuladores
- **6 Close technology gaps (simulation vs real weapons) (1,00)** Nuevos simuladores
- **7 Cyber domain for training (1,00).** Nuevos simuladores.

- **8 Navy assets in Army exercises (1,00).** Interoperabilidad.
- **9 Command & Control (C2) systems and simulation connection (1,00).** Interoperabilidad.

- **10 Accurate rapid terrain mapping (of a real place) for sim-systems is needed (1,50**). Repositorio de activos.
- **11 NATO provided Essential services (1,25).** Repositorio de activos.

22

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

MEDIO PLAZO

NUEVAS LINEAS DE INVESTIGACIÓN 2018—20XX

Mejora de los simuladores:

- **Interface: Realidad aumentada y virtual. Nueva línea de investigación INTA / NMSG ET – RX**
- **Comportamiento autónomo: Inteligencia Artificial, para la generación de simulaciones (1, 2, 3)**
- **Funcionalidad: Mejora los modelos para que sean mas realistas y crear modelos nuevos para cubrir las carencias que hay. (4, 5, 6, 7)**

Interoperabilidad :

- **Estandares: (8, 9, 10, 11) HLA 4 / C2-SIM / UCaTT.** **SISO**
- **Procesos de certificación. Integration Verification and Certification Tool (IVCT)** **MSG 134**
- **Nuevo paradigma Simulación: basado en servicios. MSaaS.** **MSG 164**

23

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

RESUMEN

Hay que aprovechar las oportunidades de pertenecer a organizaciones supranacionales:

- **Documentación.**
- **Estandares y procedimientos (tanto actuales como en desarrollo)**
- **Participación en grupos de trabajo, simposios y demás actividades:**
  - **Unidades y organizaciones militares.**
  - **Empresas y Universidades**

Tenemos que articular una comunidad de simulación:

- **Aprovechar sinergias ya que somos pocos y el trabajo por delante es ingente.**
- **Centralizar recursos, para disminuir costes.**
- **Impulsar el uso de la simulación con una nueva vision de entornos complejos de simulación LVC.**

24

USO OFICIAL

MINISTERIO DE DEFENSA

LAB MODELADO Y SIMULACION

INTA

PREGUNTAS

Mario de la Fuente Martín

delfmm@inta.es

25

USO OFICIAL

PUBLICACIONES
Pd
DE DEFENSA

GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE DEFENSA

SECRETARÍA
GENERAL
TÉCNICA

SUBDIRECCIÓN GENERAL
DE PUBLICACIONES
Y PATRIMONIO CULTURAL