

CENTRO SUPERIOR DE ESTUDIOS DE LA DEFENSA NACIONAL



**CUADERNOS
de
ESTRATEGIA**

57

INSTITUTO ESPAÑOL DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS

Estudios de investigación realizados por
el Seminario de: «Tecnologías para la Defensa»

**SIMULACIÓN EN LAS FUERZAS
ARMADAS ESPAÑOLAS,
PRESENTE Y FUTURO**

MINISTERIO DE DEFENSA



CENTRO SUPERIOR DE ESTUDIOS DE LA DEFENSA NACIONAL



**CUADERNOS
de
ESTRATEGIA**

57

INSTITUTO ESPAÑOL DE ESTUDIOS ESTRATÉGICOS

Estudios de investigación realizados por
el Seminario de: «Tecnologías para la Defensa»

**LA SIMULACIÓN EN LAS FUERZAS
ARMADAS ESPAÑOLAS,
PRESENTE Y FUTURO**

Noviembre, 1992



CATALOGACION DEL CENTRO DE DOCUMENTACION DEL MINISTERIO DE DEFENSA

La SIMULACION en las Fuerzas Armadas españolas, presente y futuro / Instituto Español de Estudios Estratégicos, estudios de investigación realizados por el Seminario de «Tecnologías para la Defensa». — [Madrid] : Ministerio de Defensa, Secretaría General Técnica, 1992. — 108 p. ; 24 cm. — (Cuadernos de estrategia ; 57)

Precede al tit. : Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional

NIPO 076-92-088-5. — D.L. M. 12476-1993

ISBN 84-7823-237-0

I. Instituto Español de Estudios Estratégicos. Seminario de Tecnologías para la Defensa II. Centro Superior de Estudios de la Defensa Nacional (Madrid) III. España. Ministerio de Defensa. Secretaría General Técnica, ed. IV. Serie

CENTRO DE DOCUMENTACION DEL MINISTERIO DE LA DEFENSA	
REGISTRO	9054
SIGNATURA
TEM N°

Edita: **MINISTERIO DE DEFENSA**
Secretaría General Técnica

NIPO: 076-92-088-5

ISBN: 84-7823-237-0

Depósito Legal: M-12476-1993

IMPRIME: Imprenta Ministerio de Defensa

C E S E D E N

**Instituto Español de Estudios
Estratégicos**

SEMINARIO NÚM. 06: «TECNOLOGÍAS PARA LA DEFENSA»
Grupo de Trabajo «L» Telecomunicaciones

**SIMULACIÓN EN LAS FUERZAS ARMADAS ESPAÑOLAS,
PRESENTE Y FUTURO**

ÍNDICE

Página

Capítulo I

LA SIMULACIÓN COMO BASE PARA EL DISEÑO SISTEMAS- EQUIPOS	11
<i>Por Julio Martínez Tormo</i>	
Antecedentes	13
Sistema	13
Modelos	14
Clasificación de los modelos	16
Simulación	20

Capítulo II

SIMULADOR DE COMBATE TERRESTRES	23
<i>Por Fernando Bueno Sevilla</i>	
Generalidades	25
El pasado (período anterior al año 1980)	26
El presente (década de los años ochenta y parte de los años noventa)	28
El futuro (perfeccionándose lo más posible)	29
Conclusiones	33

Capítulo III

SIMULADOR DE COMBATE NAVAL	35
<i>Por José L. del Hierro Alcántara</i>	
La simulación en las Marinas militares	37
Los avances de la técnica aplicados a la simulación	38
Antecedentes y presente del empleo de simuladores en la Armada	38
Algunas consecuencias de la reducción del servicio militar obligatorio.	
Empleo de simuladores en la formación acelerada	39
Ventajas políticas y económicas del empleo de simuladores	40
Ventajas e inconvenientes del uso de simuladores	41
Reducción de costes y gastos	42
El último escalón en la simulación militar	42
Simuladores en la Armada española	43

Capítulo IV

SIMULADOR DE COMBATE AÉREO	47
<i>Por Francisco J. Bautista Jiménez y Miguel A. González Pérez</i>	
Generalidades	49
Orígenes y evolución de los simuladores de vuelo	50
El combate aéreo	51
Constitución de los simuladores de combate aéreo	53
Utilidad del simulador de combate aéreo	57

Capítulo V

LA SIMULACIÓN PARA EL ENTRENAMIENTO DE LOS MANDOS Y EL EJERCICIO DEL CONTROL. PRESENTE Y FUTURO	59
<i>Por Diego Jayme Biondi</i>	
Introducción	61
El Ejército de Tierra	61
La Armada	68
El Ejército del Aire	70
Conclusiones	71

Capítulo VI

EL FACTOR COSTE-EFICACIA EN EL EMPLEO DE SIMULADORES PARA LA DEFENSA	75
-------------------------------------------------------------------------	----

Por José Luis de Blas Gamboa

Introducción	77
El factor coste-eficacia en la defensa	78
La búsqueda de la eficacia en los ejércitos	81
El empleo de los simuladores en defensa	85
Conclusiones	87

Capítulo VII

SOFTWARE Y LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN	89
--------------------------------------------	----

Por Ignacio Soret de los Santos

Programación en Inteligencia Artificial (IA)	91
Procesador de listas: LISP (LIST procesador)	92
Otros lenguajes de programación en IA	93
PROLOG (programación lógica)	94
Representación del conocimiento y lógica	94
Redes semánticas y heurística	94
Máquinas LISP	96
Tecnología avanzada por ordenadores	98

Capítulo VIII

LA SIMULACIÓN Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL	101
--------------------------------------------------	-----

Por Juan Granados Sanguinetti

Primera definición de IA	103
Segunda definición de IA	104
Resolución de problemas. Toma de decisiones	104
Investigación y desarrollo de sistemas productivos	105
COMPOSICIÓN DEL SEMINARIO	107

CAPÍTULO PRIMERO

LA SIMULACIÓN COMO BASE PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS-EQUIPOS

LA SIMULACIÓN COMO BASE PARA EL DISEÑO DE SISTEMAS-EQUIPOS

Por JULIO MARTÍNEZ TORMO

Antecedentes

Desde tiempo inmemorial, el ser humano, que ha vivido inmerso en una naturaleza compleja y generalmente peligrosa, ha venido observándola con intención de conocer sus reglas de funcionamiento, quizás con intención de poder dominarla. Durante todo este tiempo, el hombre ha ido creando explicaciones, representaciones, o modelos de funcionamiento, unas veces físicos, otras veces abstractos, que el tiempo se ha encargado de mantener o modificar según las nuevas observaciones o tendencias de pensamiento. Los mitos cosmogónicos representan un modelo de funcionamiento que explicaban los fenómenos del mundo o del universo en forma mágica o religiosa, mientras que el modelo del sistema planetario de Tolomeo, en la que expone la hipótesis acerca de los movimientos celestes, derivado de un modelo más antiguo de Hiparco de Nicea, representan intentos de explicar el funcionamiento de los cielos y la tierra.

Este proceso de modelización de la realidad observada ha seguido hasta nuestros días dando origen en su sistematización a la teoría de la modelización y que, brevemente, pasamos a explicar a continuación, con ideas obtenidas en las referencias situadas al final del capítulo.

Sistema

Se conoce como sistema a un conjunto de elementos, físicos o abstractos, interrelacionados y articulados armónicamente entre sí, de forma que

modificaciones o alteraciones en determinadas magnitudes que algún elemento puede influir o puede ser influido por los demás elementos del sistema. A las magnitudes que definen el comportamiento de un sistema se les denomina variables de un sistema y según su naturaleza configuran el carácter del mismo. Si las variables de un sistema son del tipo físico, se tendrá un sistema físico; de un modo semejante pueden configurarse sistemas económicos, biológicos, sociológicos, fisiológicos, etc.

En las ciencias experimentales se define como sistema sólo aquel sistema relativamente cerrado, es decir, un sistema cuyas interacciones con el entorno están perfectamente definidas, y cuyo objetivo es investigar una parte de la naturaleza en la que concentramos nuestro interés, llamado objeto. Un sistema no sometido a acciones exteriores se denomina sistema aislado.

Algunos fenómenos, naturales o no, tienen sus variables que cambian de una forma continua en todo su margen de actividad, como por ejemplo, el movimiento de los planetas. Los sistemas que poseen estas características se llaman sistemas continuos.

Cuando un sistema tiene unas variables cuyas cantidades (internas y externas) toman un número de valores discretos y que sólo se conocen en instantes discretos del tiempo, por ejemplo, el paso de vehículos automóviles por un puente, se denomina sistema discreto.

Cuando se tiene un sistema cuyas cantidades se consideran variables continuas, pero sus valores sólo se miden en instantes discretos del tiempo, como por ejemplo, el crecimiento de un niño, del que periódicamente se mide su estatura, se llama sistema muestreado (o pulsado).

Modelos

Cuando intentamos representar la realidad, es decir los sistemas y su funcionamiento utilizamos lo que denominamos modelo. Diferentes autores han ido definiendo el modelo de formas muy diversas. A continuación exponemos algunas de estas definiciones:

- Estructuración física o conceptual de las relaciones espacio-temporales entre entidades físicas (G. Mihram).
- Representación del sistema en estudio que conduce a predecir la efectividad de posibles cambios del sistema (Churchman).
- Representación de un objeto, sistema o idea de alguna forma diferente del ente en sí.
- Sistema que puede servir como sustituto de otro.

En un sentido muy amplio, el modelo puede ser descrito como representación de la realidad sin la presencia de la propia realidad. Con este objeto, el modelo ha sido utilizado por el hombre a través del tiempo.

La pintura, el dibujo y más modernamente, la fotografía son representaciones a escala bidimensional de la realidad retratada.

Una grabación de sonido puede proporcionar con su sensación acústica el resultado de un modelo a escala tridimensional de una representación operística.

Las funciones que puede cumplir un modelo son las siguientes y se justifican a continuación:

- Comunicativa.
- Descriptiva.
- Explicativa.
- Predictoria.
- Decisoria.
- De diagnóstico.
- De control.
- De sistematización.
- De entrenamiento.

Las funciones comunicativa, descriptiva y explicativa nos permiten mostrar la propia realidad. Los modelos han sido tradicionalmente utilizados para expresar ideas o para describir objetos, desde las pinturas murales o esculturas, hasta los sistemas de ecuaciones que explican y descubren el funcionamiento de los sistemas. Los modelos pueden representar la realidad con la precisión adecuada a nuestras necesidades.

Una análisis detallado del modelo nos permite obtener funciones predictorias, decisorias, de diagnóstico y de control. Un sistema complejo está formado por muchos elementos y con relaciones generalmente complejas entre ellos, con aspectos diversos de comportamiento. Diferentes modelos, contemplando cada uno un aspecto distinto, permiten concentrar la atención sucesivamente en subconjuntos de elementos y relaciones, ayudando así al análisis de las partes, en principio, y posteriormente del conjunto. El esfuerzo de análisis que es preciso realizar para elaborar un modelo constituye un medio riguroso (sistemático), explícito y eficiente para enfocar el juicio y la intuición y dirigir el conocimiento. El progreso del conocimiento, en general, y la ciencia y la ingeniería en particular, queda reflejado con precisión en el progreso de la capacidad humana para desarrollar modelos de fenómenos naturales, ideas y objetos. Y es evidente que el modelo puede realizar funciones de entrenamiento.

Por ello los campos de aplicación de la modelación son amplísimos. De acuerdo con Hussey y Shannon podemos resumirlo de la forma siguiente:

- Para la experimentación: se utilizarán principalmente en los casos en que la experimentación directa sobre el objeto real es muy costosa o imposible, y en el desarrollo o diseño de un nuevo sistema, partiendo el modelo de un sistema anterior, en cuyo modelo pueden introducirse modificaciones más fácilmente que en propio sistema.
- Para la predicción: el modelo puede servir para predecir el comportamiento del sistema real frente a la variación de ciertos estímulos.
- Para la enseñanza y entrenamiento.

Clasificación de los modelos

Existe una gran variedad de formas de representar la realidad con un modelo. Para poder clasificarlos tendremos que intentar tener en cuenta todas estas diferentes formas, lo que ha originado varias clasificaciones, como vamos a ver a continuación.

Rosembueth y Wiener, en el año 1945, fueron los primeros en formalizar y generalizar el concepto del modelo y en establecer un esquema de clasificación, según el cual existían:

- Modelos formales (el modelo es un sistema de símbolos relacionados por algún tipo de conectores lógicos).
- Modelos materiales (el modelo es un objeto que representa de algún modo al objeto a estudiar, como la maqueta de un edificio o como el circuito eléctrico de un transmisor).

Otra forma de clasificar los modelos los divide en cinco grupos tal como sigue:

- 1.^a clasificación. Forma de representar al sistema:
 - Icónico.
 - Simbólico.
 - Analógico.
- 2.^a clasificación. Objeto del modelo:
 - Descriptivo.
 - Normativo.
- 3.^a clasificación. De acuerdo con el comportamiento:
 - Estático.
 - Dinámico.
- 4.^a clasificación. De acuerdo como se influye el sistema:
 - Determinista.
 - Probabilístico o estocástico.
- 5.^a clasificación. En función del tiempo:
 - Discreto.
 - Continuo.

En primer lugar, vemos que considerando la forma en que un modelo representa a la realidad o un sistema, puede ser icónico, analógico o simbólico:

- La propiedad común de los modelos icónico, es la reproducción de las características físicas de la entidad modelada. Es decir, un modelo icónico tiene la forma y apariencia de la realidad que se ha modelado.
- Los modelos analógicos, tienen como distintivo común la de reemplazar las propiedades físicas del sistema por un sustituto apropiado en el modelo.
- Las características que distinguen el modelo simbólico consisten en el reemplazo de las propiedades del sistema físico por símbolos y comprende a los modelos de simulación y matemáticos.

Un modelo puede ser clasificado de acuerdo con el objeto para el que se ha desarrollado. En este contexto un modelo puede ser descriptivo y normativo:

- Un modelo descriptivo es aquel que describe (valga la redundancia) el comportamiento de las propiedades del sistema modelado. La salida de un modelo descriptivo no intenta recomendar el curso de la acción a tomar, simplemente describe que sucede.
- Un modelo normativo es aquel en el que se intenta que se obtengan recomendaciones de las acciones que se deben seguir. Es muy frecuente que se obtenga un modelo normativo manipulando u operando un modelo descriptivo.

También puede ser clasificado un modelo de acuerdo que caracterice o no, el comportamiento del modelo con el tiempo:

- A un modelo que describa el comportamiento de un sistema durante un intervalo de tiempo, más o menos grande, se le denomina modelo dinámico.
- Un modelo que representa el comportamiento de un sistema en un momento determinado, será un modelo estático.

Veamos los siguientes ejemplos: consideremos un modelo de un sistema que calcule el costo medio de producción por unidad manufacturada:

- Si el modelo refleja la fluctuación del costo medio del producto manufacturado a través de diferentes períodos de producción sería un modelo dinámico.
- Si el modelo produjese solamente el valor medio de un período completo de producción entonces el modelo sería estático.

Podemos considerar una cuarta clasificación de los modelos, en función de que en estos se reconozca la presencia de variaciones aleatorias en el

sistema modelado. Muy pocos sistemas reales, si es que existe alguno, estarán libres de comportamiento no predecibles o aleatorios en los elementos del sistema o en su entorno:

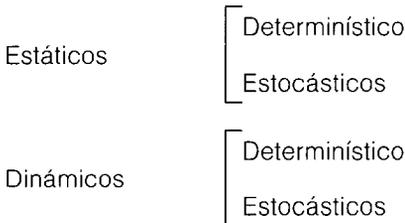
- Un modelo determinista es aquel que no reconoce la aleatoriedad en el comportamiento del sistema. Cuando en un sistema el comportamiento aleatorio de sus elementos es suficientemente reducido para el uso práctico para el que se diseña el modelo, puede ser completamente apropiado la utilización de un modelo determinista.
- Un modelo que explícitamente considere el comportamiento aleatorio de los elementos del sistema es llamado un modelo probabilístico o estocástico.

La quinta manera de clasificar los modelos considera la forma en que el modelo representa cambios en el sistema modelado:

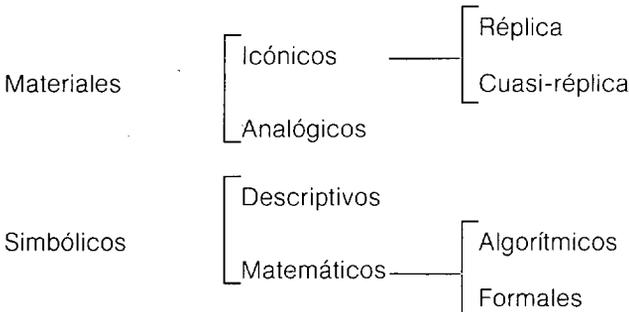
- Si el modelo describe cambios aislados en el *status* o la situación en tiempo del sistema modelado, el modelo se denomina discreto.
- Si el modelo considera que los fenómenos de cambios se producen de forma continua, entonces se denomina modelo continuo.

Cuadro 1.—*Clasificación de los modelos según Mihram (197 b).*

a) *Por su carácter de sistemas*



b) *Por su relación con el prototipo*



Por último, consideremos otra forma de clasificar los modelos, quizá las más completa, propuesta por Mihram, en el año 1972 y cuya explicación ya hemos efectuado anteriormente, sobre pequeñas variaciones que efectuamos a continuación y resumimos en los cuadros 1 y 2:

Cuadro 2.—*Clasificación y ejemplos de modelos. (Adaptado de Mihram, 1972 b.)*

	<i>Materiales</i>				
	<i>Réplicas</i>	<i>Cuasi réplicas</i>	<i>Analógicos</i>		
<i>Estáticos</i>					
Determinísticos	Estatua del general Franco	Mapa de carreteras	Curvas de un transistor	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">Mayor generalidad</div> 	
Estocásticos	Ruleta reducida	Mapa meteorológico	Dado en vez de ruleta rusa		
<i>Dinámicos</i>					
Determinísticos	Modelo de tren a escala	Modelo plano sistema solar	Circuito equivalente de un sistema mecánico.		
Estocásticos	Experimentos genéricos de laboratorio	Filmación movimiento browniano	Generador de ruido blanco		
<i>Simbólicos</i>					
	<i>Descriptivos</i>	<i>Algorítmicos</i>	<i>Formales</i>		
<i>Estáticos</i>					
Determinísticos	Los diez mandamientos	Tablas de decisión	Ley de Ohm		
Estocásticos	Informe meteorológico	Programa números aleatorios	Distribuciones de probabilidad		
<i>Dinámicos</i>					
Determinísticos	Plan estudios E.T.S.I.T.M.	Receta de cocina	Ecuaciones de Maxwell		
Estocásticos	Libro sobre evolución natural	Algoritmo simulación tráfico urbano	Ecuación de Schorödinger		
Mayor abstracción Mayor facilidad de inferencia Menor correspondencia con realidad					

- Dependiendo de que sus características varíen o no con el tiempo; modelos dinámicos y estáticos.
- Si contienen, o no elementos o entradas aleatorias que afecten la salida o respuesta del modelo; estocástico y determinista.
- Según su relación con el sistema modelado, modelo icónicos (los que gráfica o visualmente reproducen estos aspectos del sistema; aquí podemos distinguir entre réplicas y cuasi réplicas; caracterizándose estos últimos por las ausencias de una o más dimensiones del sistema modelado), y modelo analógicos (los que sin tener un parecido directo con la realidad poseen unas propiedades esenciales que pueden ponerse en correspondencia directa con las del sistema modelado).
- Dependiendo de su forma simbólica de presentación o modelos simbólicos: modelos descriptivos (modelos que expresados en términos de un lenguaje natural, sólo pueden manipularse y transformarse por medio de reglas gramaticales aceptadas).
- Modelos matemáticos (eliminan la ambigüedad o redundancia). Los modelos formales son modelos matemáticos que recurren a símbolos manipulados por una disciplina matemática bien elaborada, tal como el cálculo integral, álgebra, análisis numéricas o lógicas matemáticas. También podemos considerar modelos matemáticos a los modelos que valiéndose de un lenguaje natural o artificial (por ejemplo, un lenguaje de programación), expresan sin ningún tipo de ambigüedad un conjunto o sucesión de operaciones bien definidas que determinan el comportamiento del sistema; estos son los modelos algorítmicos, utilizados, sobre todo, para simulación.

Simulación

De acuerdo con el diccionario de la Academia «simular es representar una cosa, fingiendo o imitando lo que no es».

O sea que en el fondo todo modelo es una forma de simulación, pero la simulación tiene interés desde el punto de poder analizar la actividad de un modelo o en el estudio de su comportamiento. Por ello se considera como un simulador a un modelo específico cuyo fin es poder observar, como hemos dicho, los aspectos dinámicos del modelo y como hemos visto para los modelos, existen varias definiciones para la palabra «simulación».

La simulación es el empleo de un modelo de sistema real con el propósito de acumular experiencias sobre el sistema a efectos de entretamiento, toma de decisiones o control de éste.

De acuerdo con Gordan «simulación de sistemas es la técnica de resolución de problemas siguiendo en el tiempo los cambios de un modelo dinámico del sistema».

Para Shannon la simulación incluye tanto la modelación como el uso del modelo para estudiar el original; «simulación es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real y realizar experimentos con este modelo con el propósito de comprender el funcionamiento del sistema o evaluar diferentes estrategias para la operación del sistema».

El estudio de un sistema no requiere, como hemos visto anteriormente, el uso de la simulación. Las condiciones adecuadas para utilizar un modelo de simulación fueron definidas por Shannon en el año 1975:

- a) No existe una formulación matemática del problema.
- b) Existe un modelo matemático, pero no métodos analíticos de resolución del mismo.
- c) Existen el modelo y los métodos, pero los procedimientos son tan arduos y laboriosos que resulta más sencilla y menos costosa la simulación.
- d) Se desea observar en el tiempo una historia simulada del sistema. Por ejemplo, avión a escala en túnel aerodinámico.
- f) Es imposible experimentar sobre el sistema. Por ejemplo, sistema solar.
- g) Puede experimentarse sobre el sistema, pero motivos éticos lo impiden. Por ejemplo, sistemas biológicos humanos.
- h) Se quiere observar un sistema de evolución muy lenta, reduciendo la escala del tiempo. Por ejemplo, análisis de sistemas ecológicos.

El uso de la simulación presenta algunos inconvenientes que es preciso tener siempre en cuenta para evitar el riesgo de conclusiones equivocadas:

- El desarrollo de un modelo de un sistema complejo es caro y requiere mucho tiempo. Por ejemplo, según Forrester (1961), un sistema socioeconómico puede requerir de tres a diez años de trabajo de un equipo interdisciplinario.

Simplificando, podemos decir que la simulación tiene las siguientes ventajas:

- 1) Reduce el coste de equipos e instalaciones.
- 2) Reduce el coste de riesgo de personas y bienes.
- 3) Incrementa la protección del medio ambiente:
 - Reduciendo cierto tipo de experimentos.
 - Análisis en supuestos de experimentos difíciles de realizar y observación de los fenómenos en el ambiente real.

- 4) Incrementa la eficacia del entrenamiento por:
 - Intensificación.
 - Independencia de las condiciones reales ambientales.
 - Reducción del tiempo de aprendizaje.
- 5) Y existen las evidentes razones pedagógicas:
 - Ajuste de la velocidad de ejecución.
 - Repetición total o parcial.
 - Análisis.

CAPÍTULO SEGUNDO

SIMULADOR DE COMBATE TERRESTRE

SIMULADOR DE COMBATE TERRESTRE

Por FERNANDO BUENO SEVILLA

Generalidades

Hoy en día la simulación es uno de los instrumentos más ricos que las Fuerzas Armadas pueden usar para alcanzar un alto nivel de entrenamiento. La creciente complejidad del nuevo armamento, el mayor porcentaje de coste de vidas que supone su uso y la necesidad de sus usuarios de obtener una respuesta completa y clara en caso de una situación real, son las tres principales razones para desarrollar un sistema de entrenamiento por simulación.

Para describir la actual posición española y sus posibilidades en el futuro, tanto de las Fuerzas Armadas como de la industria en sus puntos de vista, distinguiremos entre el presente con un uso reducido pero selecto de la simulación y el futuro cercano, donde por una parte habrá más seguidores entre los militares que conocerán la eficacia de este instrumento y por otra parte esperamos que la industria española, habrá alcanzado la necesaria base tecnológica para comenzar nuevas y más extensas actividades.

Admitiendo una creciente motivación debida al «desarme estructural» como ha sido ya anunciado, y teniendo en cuenta el curso de los acontecimientos con la previsible reducción de armamento convencional, en el futuro tendremos que añadir una cuarta razón para el desarrollo de un sistema de entrenamiento por simulación. La simulación se hará esencial para conseguir un entrenamiento efectivo en tiempo de paz y lograr eficacia ante la posibilidad de un conflicto.

Este capítulo refleja solamente nuestro punto de vista sobre la simulación en España, y expone una impresión y algunas previsiones, más que material y

planes reales. De este modo, es conveniente tener en cuenta que si en la línea tradicional se pensaba que las armas debían ser conjugadas con sus usuarios mediante procedimientos de operación, ahora este papel debería ser desempeñado por un sistema de entrenamiento específico. En un caso particular (simulador de unidades especializadas) hemos pasado a considerar un plan global para entrenar todas las personas relacionadas con el arma (simuladores de sistema); el armamento tendrá que ser diseñado de forma que los usuarios medios puedan recibir el entrenamiento adecuado con el mejor coste en el nivel de eficiencia. En consecuencia, las dos necesidades de operación y entrenamiento deberían ser consideradas juntas. El uso generalizado de los simuladores llegará a ser indispensable en las escuelas militares existentes.

El pasado (período anterior al año 1980)

Con la excepción de la simulación usada por compañías para diseñar, probar y mejorar sistemas complejos, el más importante uso era para ayudar a lograr entrenamientos en escenarios muy cerrados a la realidad, pero sin gasto de equipo real.

Antes de los años ochenta, esta simulación incluía muchas partes físicas reales y sólo los diferentes componentes activos son cambiados para adaptarse a las situaciones simuladas. Los componentes analógicos jugaban el papel de calcular los efectos. En los entrenamientos era posible dirigir los controles y se obtenían resultados parecidos a la realidad. Con esto era posible para el usuario conocer la respuesta tras la acción, pero este entrenamiento era bastante cerrado y el procedimiento requería un método repetitivo. Las aplicaciones de la simulación estaban reducidas y limitadas a los primeros pasos del entrenamiento (uso general) y para equipos muy específicos (entrenamiento de unidades especializadas).

Normalmente los simuladores estaban situados en escuelas o centros donde las personas recibían su entrenamiento o en el mismo sitio real (avión, barco, carro...) para sistemas particulares. En el caso de entrenamiento fuera de las escuelas, los simuladores eran siempre comprados complementariamente al sistema, después de darse cuenta de su necesidad, y nunca antes de recibir las armas y prepararlas para su puesta en acción.

No había una política general que recomendara un uso más amplio de este instrumento. Su reducida capacidad de entrenamiento, tanto como su ineficacia para responder a situaciones que representaban alguna dificultad relacionadas con el mundo real, significaban que los simuladores sólo

representaban un pequeño porcentaje del gasto total destinado a material de entrenamiento. La misma situación ocurría con los simuladores especializados usados para mejorar el entrenamiento de usuarios de los sistemas de armas ya probados en la realidad. El resultado final era que muy poca cantidad de dinero se gastaba en estas actividades y consecuentemente la gente no estaba de acuerdo con promocionar su uso. Esto es parecido a una escena popular española donde un torero principiante maneja un capote ante un carro con dos cuernos. Este se mueve por un compañero simulando el comportamiento del toro. Nunca puede esta situación representar el mundo real del toreo, y por tanto esta pobre simulación sólo es usada por principiantes que están empezando a torear.

Durante este primer uso de la simulación algunos de los más notables equipos que se pusieron en funcionamiento fueron los siguientes:

Ejército

AMX-30, simulador de conducción del vehículo blindado, para entrenamiento de los conductores del tanque, evitando así el daño o el desgaste de las unidades de combate.

Armada

Simulador táctico para las fragatas de la clase *Baleares* para reproducir la guerra antisubmarina entrenando en tiempo real, al igual que para tiro contra aviación y fuerzas navales de superficie.

Simulador de «juegos de la guerra», primero analógicos y luego cambiado a una configuración digital. Para entrenar muchas tripulaciones al mismo tiempo.

Fuerzas Aéreas

Simulador del *Phanton* F4 para el uso por pilotos destinados a este tipo de avión.

Simulador móvil del *Mirage* F1, aunque fue instalado como fijo en la base aérea de Los Llanos y es un complemento, al entrenamiento de vuelo.

Estos son algunos ejemplos. La participación de la industria española fue casi nula. Había más simuladores o sistemas de entrenamiento pero no queremos dar una lista completa de ellos, ya que este capítulo tendría sólo un interés histórico.

El presente (década de los años ochenta y parte de los años noventa)

Más recientemente, en los años ochenta y actualmente en los años noventa, las Fuerzas Armadas españolas evidencian un importante y creciente uso de la simulación. Quizás hay una razón principal para el origen de este crecimiento: al comienzo de la década de los años ochenta, algunas industrias se dieron cuenta de los beneficios futuros para este sector tecnológico, y de que eran muy pocos competidores potenciales nacionales. El mercado nacional, aunque escaso, aumentó, lo que pudo permitir encaminarse a una provechosa actividad industrial.

Para aceptar el reto, la industria nacional asumió que el competidor extranjero tenía pocas oportunidades de penetrar, porque el mercado de la simulación requiere una muy estrecha relación cliente-diseñador. Contrariamente a la opinión común en el entrenamiento, creemos que es muy difícil vender proyectos especializados a países distintos sin haber establecido previamente los requisitos particulares de sus ejércitos.

Los años ochenta han visto el claro impacto de los microordenadores que mandaron los ingenios tradicionales a los museos. La velocidad y capacidad de las nuevas computadoras llevó a un aumento del realismo de la simulación, al mismo tiempo que multiplicó la complejidad de las situaciones simuladas. Desde ese momento estamos en una posición de obtener un alto nivel de fidelidad en la reproducción de las armas reales.

Ahora, las respuestas a los movimientos de los controles por el usuario del simulador, junto a sensaciones, incluyen que el simulador da una idea completa del comportamiento del sistema. Los usuarios reciben más que un detalle detrás de otro; ven una película completa de escenas totales que se mueven en lugar de fotografías pequeñas y fijas; es lo mismo que cambiar de una fotografía a un cine estéreo.

No hay duda de que cada cuerpo tiene requisitos específicos para ofrecer a las personas un entrenamiento adecuado. De acuerdo con las diferentes funciones y categorías del equipo, ha habido una tendencia natural en las Fuerzas Aéreas y la Armada a usar simuladores más sofisticados que en el Ejército. Ahora, unos diez años después, hay muchos medios que facilitan mejorar el conocimiento y la habilidad del personal involucrado. La siguiente es una breve descripción de algunos de los más importantes sistemas puestos en operación en esta década.

Armada

Simulador del *Harrier* AV-8B en el que los pilotos de la Armada pueden realizar ejercicios de entrenamiento de vuelo básico, misiones tácticas, disparo del armamento, emergencias. Dado que tiene una pantalla esférica permite la simulación de combate aire-aire y la practica del despegue y aterrizaje del suelo y transporte de aviones. Este simulador está instalado en la base aeronaval de Rota.

Simulador táctico naval, similar al bien conocido «juego de la guerra», para uso de los oficiales de Marina en la Escuela Naval Militar. Consta de una posición de control donde los instructores dirigen la operación y 20 unidades con una consola táctica, cada una representando mucho más centros de combate (barcos, aviones, helicópteros, submarinos).

Fuerzas Aéreas

Simulador del C-101, fue diseñado y construido de acuerdo con las necesidades de las Fuerzas Aéreas después de que este avión de entrenamiento fuera emplazado en la Escuela Aérea de San Javier. Los dos simuladores no tienen un sistema visual pero proporcionan un entrenamiento completo en situación normal y de emergencia, tanto como el vuelo.

Simulador táctico de vuelo del F-18, posibilita el entrenamiento de los pilotos y su familiarización con la cabina del avión. El entrenamiento incluye procedimientos, vuelo, combate aéreo, misiones tácticas y disparo del armamento. Hay dos simuladores en operación en las bases aéreas de Zaragoza y Torrejón. La decisión de su adquisición fue tomada al mismo tiempo que el contrato para construir las 72 aeronaves.

Simulador de defensa aérea está operando en la Escuela de Electrónica de Cuatro Vientos.

El futuro (perfeccionándose lo más posible)

Hemos expuesto tres fases describiendo el uso de la simulación en España; pasado, presente y futuro, y de este modo hemos centrado nuestros esfuerzos en dar una idea paralela de progreso: los simuladores están alcanzando un más alto nivel tecnológico y capacidad para reproducir el mundo real, y también el Ministerio de Defensa español está aumentando el uso de estos sistemas para reducir gastos de entrenamiento y mejorar la eficiencia del personal militar.

Las figuras 1 y 2, pp. 31-32, muestran este progreso paralelo y al mismo tiempo las inversiones y eficiencia teóricas que la simulación puede alcanzar en las Fuerzas Armadas españolas. Por otro lado estamos sentando las bases de la capacidad industrial nacional.

Los simuladores tendrán que responder a situaciones cambiantes durante el entrenamiento; tendrán que comportarse casi como los sistemas que representan. Por esta razón habrá una interacción continua entre el escenario global donde se mueve el arma y los múltiples parámetros que determinan su comportamiento. La Inteligencia Artificial (IA) tendrá que ser usada intensivamente.

Cuando hallamos llegado a este punto, la eficiencia del simulador será tan alta como sea posible para cubrir más del 80 % de las situaciones posibles. Esto es lo mismo que decir que los simuladores podrán ser usados durante más de las 4/5 partes del entrenamiento total. De acuerdo con la complejidad del arma del coste creciente del simulador para obtener fidelidad más alta es fácil llegar a la conclusión: cuanto más sofisticada y cara es el arma, es más conveniente gastar en el simulador.

Aunque nuestro límite superior para la fidelidad de la simulación esté cerca del ciento por ciento si considerásemos el sistema completo de entrenamiento para un arma particular deberíamos dividirlo en partes. Después estas partes tendrían que ser analizadas para encontrar la forma más eficiente de ofrecer un entrenamiento de acuerdo con el coste correspondiente. En muchas ocasiones será posible encontrar un bajo coste de los procedimientos con una relación mejor de coste-efectividad: los más caros no son siempre los mejores.

Este proceso lógico nos sugiere el introducir todavía otra razón que hace interesantes a los simuladores, la quinta de ellas. Si en ciertos casos los sistemas de simuladores pueden sustituir a los sistemas de armamento, éstos podrían ser usados cuando el medio ambiente es amenazado por ellos. Estamos pensando en el ruido producido por la aviación durante el vuelo nocturno y bajo, el tráfico aéreo y naval saturado en áreas específicas, el peligro cerca de los campos de maniobras. En el futuro las armas reales sólo serán usadas para rellenar el pequeño vacío no cubierto por los simuladores. Incluso de esta manera, el uso forzoso y extenso de los simuladores no descartará la necesidad de tener material real para entrenamiento y por tanto para usar en tales situaciones en que el medio ambiente pueda ser alterado. Estas situaciones esenciales podrán ser reducidas pero nunca excluidas.

Con todo, siempre tendremos que completar el entrenamiento de simulación con el real. Es posible que podamos representar el mundo real, estamos listos para obtener el modelo adecuado, pero habrá siempre una pequeña parte carente que nos impida alcanzar el ciento por ciento imposible. De acuerdo con la complejidad del arma y el escenario donde desempeña su actividad, el restado 10 ó 25 % requerirá material operacional. Por ejemplo, la sensación que un piloto principiante siente cuando vuela solo por primera vez será siempre imposible de obtener en una cabina simulada.

Este incremento en la parte del entrenamiento, que puede ser cubierta por la simulación está suponiendo que por una parte las principales empresas de

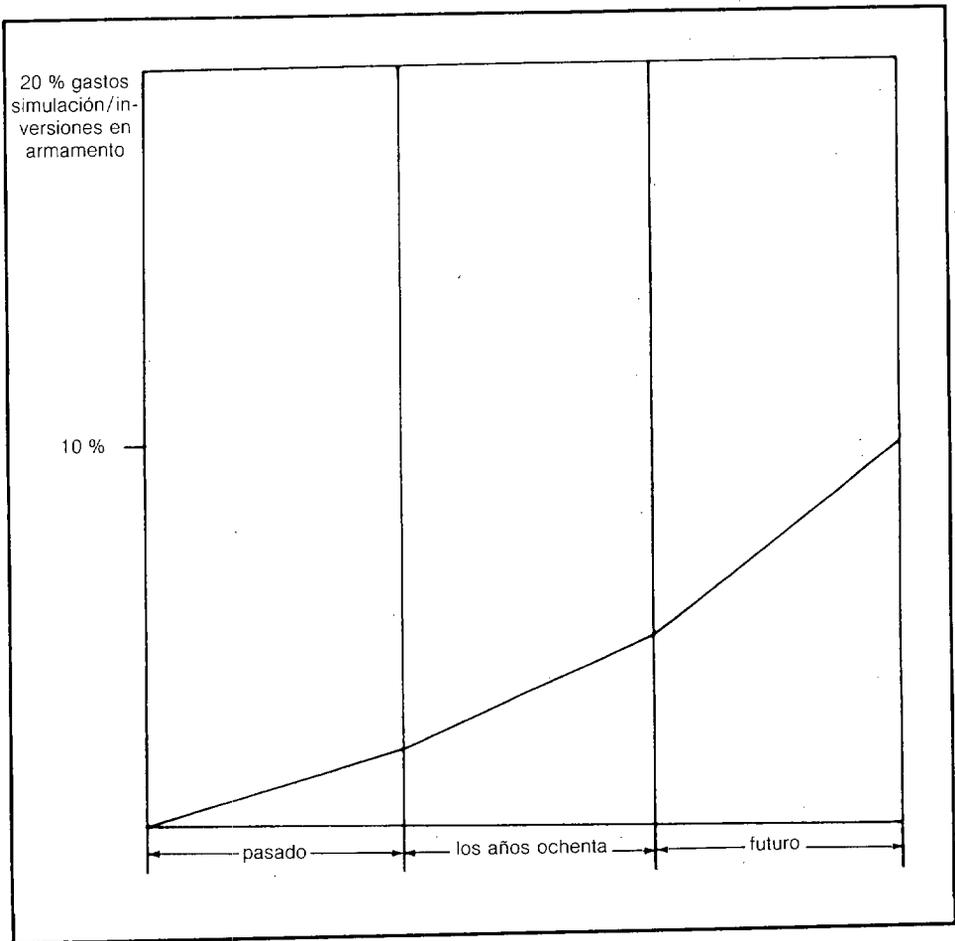


Figura 1.—Porcentaje de gastos en simuladores respecto a las inversiones en sistemas de armamento.

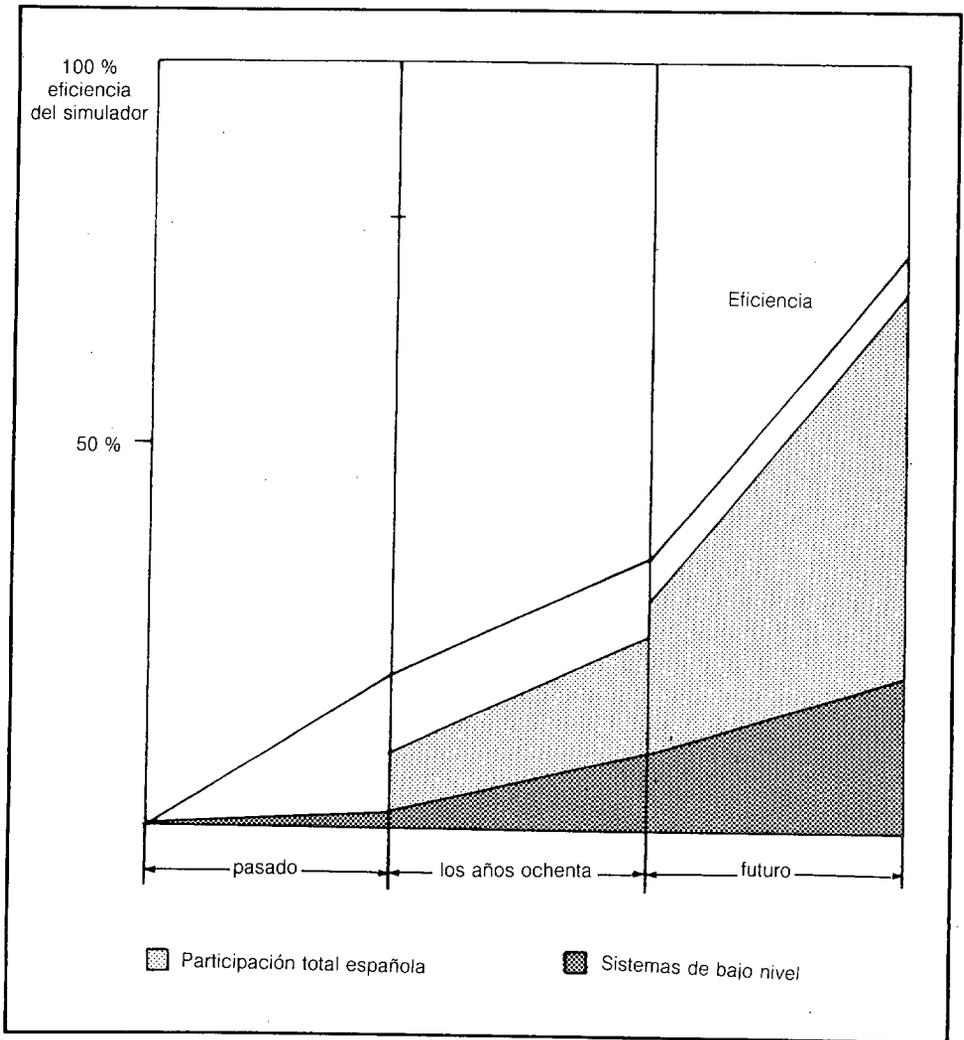


Figura 2.—Capacidad de entrenamiento y participación industrial española en el mercado nacional.

defensa están intentando alcanzar nuevas metas, y por otra parte los Ministerios de Defensa están gastando más dinero. En el futuro cercano en España tendremos que hacer lo mismo.

Hay una buena base industrial y está creciendo nuestra confianza en este instrumento. Por tanto creemos que los años noventa traerán más inversiones en simulacros de defensa y la industria española será capaz de tratar la mayoría de esta nueva demanda.

Si miramos el presupuesto de Defensa actual para adquisiciones de material nuevo, será fácil calcular sin ser demasiado optimistas que de 5.000 a 10.000 millones de pesetas (50 a 100 millones de dólares) cada año podrán ser gastados en el entrenamiento por simulación. Estas cifras representan alrededor del 3,5 % de las compras de nuevo material.

Teniendo en cuenta que los diseñadores de simuladores y el personal militar tendrán que trabajar juntos para producir sistemas más eficientes y muy completos es posible confirmar que la aportación española a este mercado será importante, no sólo en baja y media tecnología sino también en sistemas de alta técnica. Otro aspecto que consideramos conveniente pronosticar es el procedimiento que el personal militar usará para el entrenamiento. Es muy difícil comprender que esta actividad pueda ser efectuada por empresas privadas como ocurre en otros países. Por tanto, si los militares profesionales tuvieran que entrenar personas desde la propia organización para usar sistemas ya existentes, usando en parte material real y la mayoría con armas simuladas, es fácil suponer que este material de entrenamiento será planeado ya al adquirir el arma real que será simulada. Una creciente parte del dinero invertido para el arma será guardada para este fin.

Hay dos consideraciones últimas que para acabar nos gustaría exponer. La primera es la posibilidad de usar la información obtenida en el funcionamiento real del arma para ser introducida en los medios de simulación. De esta manera varios alumnos pueden asistir juntos a la actividad de entrenamiento. Esto requiere que seamos capaces de incorporar dispositivos en el arma real que recojan los datos necesarios para el simulador.

La segunda consideración se refiere al uso de la simulación distribuida en varios sistemas. Si el medio ambiente real es complejo y las personas que toman las decisiones necesitan recibir esa información generada en los diferentes sistemas, hemos de pensar en la unión de los simuladores involucrados. Es en el presente éste el último nivel que podemos alcanzar para mejorar la efectividad del entrenamiento.

Conclusiones

Hay cinco razones para el origen del amplio uso actual y futuro de los simuladores:

- 1) Coste reducido de operación en comparación con el arma.
- 2) Creciente complejidad del armamento.

- 3) Exactitud de su respuesta.
- 4) El desarme estructural y las reducciones de armamento convencional.
- 5) Daños en el medio ambiente producido por las armas reales.

En el caso de España es apropiado añadir dos razones particulares:

- 1) Las necesidades de Defensa en tono con las capacidades de la industria.
- 2) La creciente constatación de sus ventajas por sus usuarios.

La situación presente implica que podemos ser muy optimistas pensando en el futuro. Hay muchos sectores donde la simulación es muy activa:

- Aviones.
- Barcos.
- Operaciones navales.
- Defensa aérea.

Y otros con capacidad para cambiar de una tendencia pasiva a activa:

- Helicópteros.
- Guerra electrónica.
- Operaciones tácticas.
- Control de tráfico.
- Mando, control y comunicación (C3).
- Misiles.
- Artillería.

El siguiente paso es usar instrumentación incorporada para obtener entrenamiento simultáneo. En este momento es ya urgente para iniciar los estudios de simulación en tiempo real trabajando conjuntamente con un objetivo principal: proveer distintos recursos computados entre múltiples usuarios. Las Fuerzas Aéreas y la Armada están demandando esta posibilidad.

Junto a esto, tan pronto como hay una creciente y eficiente actividad en la simulación de defensa y su industria, hay por añadidura el potencial de ésta de acelerar el desarrollo de la simulación civil con ella.

CAPÍTULO TERCERO
SIMULADOR DE COMBATE NAVAL

SIMULADOR DE COMBATE NAVAL

Por JOSÉ L. DEL HIERRO ALCÁNTARA

La simulación en las Marinas militares

Los simuladores tienen múltiples aplicaciones en las Marinas militares tanto en los centros docentes, de instrucción o adiestramiento como en las unidades de las fuerzas navales propiamente dichas.

Hoy en día todas las Marinas de guerra, desde las recientes de Arabia Saudí o la Real Marina de Malasia hasta las más poderosas cuentan con simuladores. Es evidente que estos ingenios son el procedimiento más sencillo y barato para la formación individual y el adiestramiento del personal que maneja cualquier tipo de arma, máquina, sensor o equipos específicamente naval, así como también para la enseñanza del pilotaje de aviones y helicópteros, o del manejo de armas terrestres, que interesa a aquellas Marinas que disponen de aviación naval e infantería como es el caso de la Armada española.

Superada la fase inicial, la formación del personal con simuladores es el procedimiento más adecuado y utilizado para el adiestramiento colectivo del conjunto de personas que manejan determinados sistemas de armas o tripulan submarinos, en los que la coordinación de todas las acciones individuales son la base de la eficacia y seguridad.

Finalmente en instalaciones más complejas denominamos «juegos de la guerra», se simulan flotas enteras amigas, enemigas o neutrales, compuestas por variedad de buques, aviones o submarinos en inmersión, que utilizando todo tipo de armas, sensores o comunicaciones, se mueven en amplios teatros de operaciones. Esta facultad, permite adiestrar simultáneamente, a

un almirante en la toma de decisiones y a un especialista en el manejo de las armas y equipos sin que sea preciso sacar un solo buque de puerto, con el consiguiente ahorro.

En los «juegos de la guerra» se registra, almacena y reproduce con facilidad y fidelidad, cuantas veces se necesite, las acciones bélicas ficticias realizadas, de gran utilidad para el análisis, el estudio y la adopción de nuevas tácticas y de empleo de armas.

Los avances de la técnica aplicados a la simulación

La microelectrónica y la informática posibilitan la fabricación de armamento de alta tecnología cuyos resultados se han podido comprobar en la guerra del Golfo, y al mismo tiempo permiten reproducir el comportamiento de dicho armamento con toda fidelidad en simuladores *ad hoc* en situaciones ambientales ficticias, que en la realidad sería difícil, caro y peligroso encontrar.

La maquinaria naval, encargada de propulsar y controlar la navegación de los buques se ha perfeccionado y automatizado requiriendo menos personal pero más especializado. Las turbinas de gas son el sistema de propulsión que se está imponiendo en los buques de combate de tamaño medio como es el caso de las fragatas y portaaviones *Príncipe de Asturias* del grupo de combate. Las turbinas de gas son más delicadas y susceptibles de sufrir graves averías por manejo incorrecto que las antiguas plantas de vapor o los motores de combustión. Los simuladores resultan imprescindibles para la formación del personal que tendrá que maniobrar esta maquinaria en la mar en condiciones difíciles.

Antecedentes y presente del empleo de simuladores en la Armada

En el pasado era frecuente encontrar en los centros de instrucción y formación de especialistas, algunos artilugios, generalmente maquinaria o armamento seccionado provisto a veces de movimiento, pero que no eran realmente simuladores.

En la década de los años cincuenta a raíz de los acuerdos entre España y Estados Unidos, se montaron varios centros de instrucción y adiestramiento, se modernizaron las escuelas de las especialidades, instalándose en todos ellos algún tipo de simulador de procedencia americana. Especialmente en la creación del Centro de Instrucción y Adiestramiento a

Flote (CIAF), en Cartagena se puede decir que la Armada abandonó el procedimiento tradicional de enseñanza teórica y adoptó el eminentemente práctico de la Navy.

Por el CIAF han pasado todas las dotaciones de buques de guerra para recibir un ciclo de aprendizaje en tierra mediante simuladores previo al adiestramiento práctico en la mar.

Desde entonces la Armada española ha venido adquiriendo e instalando, siempre, que las circunstancias lo han aconsejado y las disponibilidades económicas lo han permitido, diversos tipos de simuladores entre los que citaremos, el «juego de la guerra» de la Escuela de Aplicación de la Infantería de Marina, San Fernando; simuladores de los submarinos tipo *Daphne* y *Agosta* en la Escuela de submarinos, Cartagena; varias plantas de propulsión de fragatas, corbetas y patrulleros en la Escuela de Energía y Propulsión, El Ferrol; simuladores de los Centros de Información y Combate (CIC) de las fragatas FFG y *Príncipe de Asturias*, y avión AV-8B en la base naval de Rota; etc., que más adelante describiremos sucintamente.

Algunas consecuencias de la reducción del servicio militar obligatorio. Empleo de simuladores en la formación acelerada

A partir del año 1992 la duración del servicio militar obligatorio se ha reducido a nueve meses, lo que sin duda afectará a la operatividad de la Armada, ya que en este Ejército de mar los marineros de reemplazo ocupan por imperativos de la organización aunque sea sólo en ciertos casos, puestos de responsabilidad para los que resulta imprescindible contar con unos conocimientos y una preparación imposible de dar y adquirir en el corto período de instrucción de un mes previo al embarque. Por otra parte la solución del voluntariado especial con el que se pretendía obtener personal con una mayor permanencia en filas ha fracasado. En cualquiera de las dos alternativas, servicio militar obligatorio y voluntariado especial, con vistas a obtener una rentabilidad y garantía del personal, es preciso darles una formación básica acelerada y específica en los cometidos que ejercerán a continuación.

Para el lector profano en estos temas aclararemos que los buques de guerra están organizados para funcionar las 24 horas del día, por períodos prolongados de tiempo. Es obvio que por las aquilatadas condiciones de habitabilidad las tripulaciones son reducidas al menos en comparación con los servicios que tienen que funcionar continua y exactamente para cubrir todos los puestos en situaciones clave como el «zafarrancho de combate».

Normalmente el personal de inferior categoría, los marineros del servicio militar obligatorio, desempeñan además de su función habitual, la de timonel, apuntador, señalero, etc. para lo que se precisan unos conocimientos mínimos y una práctica. Para la formación acelerada del personal que sin experiencia está llamado a embarcar es recomendable la enseñanza por los procedimientos didácticos modernos entre los que desempeñan un papel importante los simuladores. Pero para que los simuladores resulten rentables sería bueno reducir al mínimo el número de armas, equipos y máquinas diversas existentes, en una palabra alcanzar una mayor normalización en el material naval. Pero este es un problema que se sale del tema central que nos ocupa.

Ventajas políticas y económicas del empleo de simuladores

Los ejercicios incluidos en cualquier programa de adiestramiento o maniobras navales entrañan cierto riesgo. Para evitar daños a las personas y pérdidas de material, que son tan impopulares y mal comprendidos, se limita intencionadamente el verismo necesario para formar al combatiente.

Otros ejercicios por su alto coste, sólo se realizan en contadas ocasiones, participando directamente en ellos muy pocos operadores, tal es el caso del lanzamiento de ciertos misiles como el *Harpoon* o el *Stadard*, normalmente uno por año.

Los simuladores al evitar riesgos impopulares y ahorrar dinero son doblemente imprescindibles para iniciar el adiestramiento en ciertos vehículos en los que resulta costoso disponer de unidades provistas de doble mando. Los simuladores de aviones de combate monoplazas reducen drásticamente los accidentes fatales y las pérdidas del material, cuestión importante habida cuenta que un *Harrier* cuesta entre 3.000 y 4.000 millones de pesetas.

En estos simuladores, los futuros pilotos van adquiriendo con serenidad, los conocimientos básicos y la destreza imprescindibles para afrontar la siempre difícil prueba del vuelo sólo, y pasar después gradualmente a los vuelos operativos y a las tácticas de combate y empleo de armas, ayudados también por el uso alternativo del mismo simulador.

Dentro de la misma filosofía, aunque por supuesto no tan sofisticados, son los simuladores para el adiestramiento de timoneles de submarinos modernos, que de gran velocidad y capacidad de maniobra, tienen un comportamiento en inmersión más parecido al de un avión que al de un

buque de superficie. Los submarinos nucleares pueden alcanzar velocidades en inmersión de 50 nudos, equivalentes a 92 km/hora y cambiar de cota con gran facilidad.

Los simuladores de aviones y submarinos antes descritos que son absolutamente necesarios para la formación inicial de pilotos y timoneles, son muy útiles para mantener las aptitudes de aquellos profesionales que por vicisitudes profesionales de la carrera se apartan temporalmente de sus destinos operativos.

Los simuladores juegan una función en la formación de oficiales y suboficiales de complemento, personas lógicamente dotadas de una buena base intelectual y habituadas a trabajar con equipos informatizados en muchos casos, lo cual les permite adquirir rápidamente la destreza necesaria para manejar material militar si se cuenta con los medios adecuados.

Ventajas e inconvenientes del uso de simuladores

Es frecuente que un complejo ejercicio naval con el que se pretende adiestrar simultáneamente a muchas unidades y numerosos hombres se suspenda por el fallo de uno de los participantes, por ejemplo del avión encargado de remolcar la manga en un ejercicio de tiro antiaéreo. Otras veces muy frecuentes en la mar las condiciones meteorológicas adversas obligan a suspender las maniobras.

Los simuladores, que se instalan normalmente en tierra en locales acondicionados expresamente, de ambientes no agresivos, son más fiables y se ven por lo tanto menos amenazados de averías que los elementos reales, lo cual permite programar y realizar planes objetivos y analizar los resultados con fines didácticos y operativos.

Sin embargo los simuladores no sustituyen absolutamente la práctica con los equipos y armas auténticas, utilizados en las condiciones más parecidas a las reales. Las sensaciones de riesgo, cansancio físico, mareo, etc... son difíciles de provocar artificialmente. Una solución intermedia podría ser la instalación de simuladores a bordo de buque escuela expresamente concebidos para este fin. El abuso de simuladores en tierra puede crear el vicio de formar combatientes de salón, incapaces de realizar sus habilidades cuando tengan que trabajar en la mar, lejos del confort de las aulas.

Reducción de costes y gastos

Como consecuencia inmediata de la distensión mundial y por la necesidad de atender con prioridad a otras obligaciones del Estado se han visto recortados los gastos destinados a Defensa, reducida las construcciones de nuevos buques de guerra, el mantenimiento de los existentes y los ejercicios navales. Aunque estas restricciones puedan levantarse en el futuro, la tendencia política y el sentimiento popular en España es de ahorrar todo lo posible en gastos militares, quizás porque políticos y pueblo no comprenden bien el papel que la defensa y en concreto el poder naval tienen en el bienestar individual y la prosperidad del país.

El procedimiento tradicional de formar al combatiente, ya sea soldado, aviador o marino, consiste en —tras un período de instrucción básico—, hacerle participar en maniobras reales lo que supone un elevado número de horas de funcionamiento del material, con el consiguiente desgaste del mismo, que puede estar agotado cuando se necesite en un conflicto armado real. El compromiso entre el óptimo adiestramiento de los hombres y el buen estado del material, puede resolverse de dos maneras: o tener gran abundancia de medios en reserva (los cuales suelen quedarse obsoletos sin haber sido empleados) o bien sostener un prudente desgaste del material en maniobras reales complementado por el uso rutinario y masivo de simuladores.

El último escalón en la simulación militar

Hasta aquí hemos hecho una descripción superficial de los escalones del adiestramiento y formación del personal naval millitar en que los simuladores tienen aplicación. Que resumiendo son:

- a) Formación individual del personal que maneja armas y equipos: operadores de consolas de radar y sonar, de guerra electrónica, pilotos de aviones y helicópteros, timoneles de submarinos, apuntadores de armas, etc., en simuladores específicos.
- b) Adiestramiento colectivo del personal encuadrado dentro de un servicio o una unidad como pueden ser: el CIC, cámara de maniobra de submarino, cámara de máquinas de buque, central de seguridad interior, etc... en instalaciones de simulación más complejas.
- c) Formación de mandos y Estados Mayores en tácticas y procedimientos de guerra naval así como para servir de bancos de pruebas de dichas tácticas, en los «juegos de la guerra».

Actualmente la US Navy está desarrollando un simulador que podríamos ubicar en un escalón superior, y llamar simulador de combate, que se instalará a bordo de portaaviones con la finalidad de reproducir lo más exactamente posible las situaciones reales que los pilotos se encontrarán al realizar una misión real de vuelo y/o combate. Este simulador se denomina CVWST (*Aircraft Carrier Weapon System Trainer*) y se prevé estará operativo en el plazo de cuatro años. La idea que está en fase de proyecto, necesita resolver todavía muchos problemas técnicos para que sea operativo. El problema consiste en como introducir rápidamente en el sistema la multiplicidad de datos de información que adquiridos por los sensores de flota o por otros medios de información, tienen que transformarse inmediatamente en una base de datos visuales del simulador, de forma tal que puedan ser representados en forma verídica y creíble para los pilotos.

Este sistema embarcado en principio sólo en grandes portaaviones, se pretende, que por el alejamiento frecuente y prolongado del apoyo logístico de sus bases, tengan muy pocas necesidades de mantenimiento. Unas 3.000 horas de funcionamiento continuo sin fallos cuando lo normal en los simuladores instalados en tierra es de 800 horas entre mantenimientos preventivos.

La US Navy ya ha instalado un sistema experimental sencillo en el portaaviones US *Ranger*, diseñado exclusivamente para el avión naval A-6 *Intruder* equipado con misiles de ataque a tierra (*Sandoff Land Attack Missile*). Esta experiencia consiste simplemente en instalar a bordo de un buque un simulador de tierra, que difiere notablemente de lo que se pretende con el CVWST antes descrito, que es un proyecto mucho más innovador y ambicioso.

Simuladores en la Armada española

Durante casi tres siglos la Armada española distribuyó la fuerza naval en la metrópoli de forma más o menos equilibrada entre tres bases principales, El Ferrol, Cádiz y Cartagena. Hoy las circunstancias geopolíticas y la evolución de las propias armas han aconsejado establecer el mando de la Flota y concentrar las unidades más modernas, en la base naval de Rota.

Entre las instalaciones creadas en Rota para apoyar la fuerza naval, el Centro de Programas Tácticos (CPT) y Centro de Instrucción y Adiestramiento (CIA) cuenta con un simulador que reproduce un CIC, similar al de las fragatas tipo FFG y el portaaviones *Príncipe de Asturias*. En él se puede practicar la guerra electrónica (Sistema Neptunal), la guerra antisubmarina

(Sistema TACTAS de sonar remolcado y helicóptero LAMPS), o la guerra de superficie en el amplio abanico de posibilidades del grupo de combate. Dada la proximidad entre las instalaciones del CPT-CIA y la flotilla de aeronaves, ubicada en la misma base de Rota, es frecuente que trabajen el simulador con aviones y helicópteros en vuelo, cubriendo así dos aspectos indispensables del adiestramiento con un ahorro de medios.

Para completar las instalaciones del CPT-CIA se espera contar próximamente con una sala independiente dedicada a simuladores de las consolas que montan las fragatas DEG tipo *Baleares*.

Estas instalaciones diseñadas para adiestrar al conjunto de personas con puesto en combate en el CIC especialmente a los operadores de consolas, no son simuladores para juegos tácticos más complejos.

Dentro de la misma base naval de Rota, en edificio expresamente construido, está instalado un simulador táctico y de vuelo del avión AV-8B, más popularmente conocido como el *Harrier*, concebido para dar a los pilotos y futuros pilotos, instrucción y adiestramiento en los tres niveles exigidos en concepto de un moderno avión de combate naval, el entrenamiento básico de vuelo, el vuelo operativo y el empleo de tácticas y armas. Este simulador ha sido construido por la empresa nacional CESELSA en estrecha colaboración con la Armada española. Basado lógicamente en diseño extranjero se han introducido modificaciones importantes españolas que demuestran la capacidad de nuestra industria y la oportunidad de obtener resultados cuando la cooperación industrial y Fuerzas Armadas es acertada.

En San Fernando (Cádiz) el Tercio de Armada, principal unidad de la Infantería de Marina, dependiente de la Flota, para cubrir algunas de las necesidades más importantes ha adquirido simuladores para el adiestramiento en la utilización y tiro de los misiles TOW, contra blancos reales fijos o móviles, o bien contra blancos ficticios generados por el propio simulador.

La Escuela de Aplicación de la Infantería de Marina, también en San Fernando dispone de un «juego de la guerra» terrestre que permite la simulación de una acción militar en las que las formaciones antagonistas se enfrentan según las reglas de combate con la doble finalidad del adiestramiento de los mandos y los órganos de mando y la docente de los alumnos de la Escuela. El programa permite automatizar y despersonalizar la gestión y el arbitraje si bien en algunos aspectos de dicho arbitraje continúan realizándose de manera personal.

En el Centro de Instrucción y Adiestramiento de Tiro y Artillería Naval (CIATAN) igualmente en San Fernando, hay algunos simuladores de armas así como una escuadrilla de aviones blanco teledirigidos.

En El Ferrol, la Escuela de Energía y Propulsión, antigua Escuela de Máquinas, dispone de tres simuladores de las plantas propulsoras completas de las fragatas FFG clase *Victoria*, corbetas tipo *Descubierta* y patrulleros *Lazaga* y un simulador de control de combustión de las fragatas DEG tipo *Baleares*.

Está programada la adquisición de dos simuladores más, uno para control de averías y otro para control de incendios, similares a los que tiene la Marina norteamericana en Mayport, que sustituirán a las instalaciones de simulación actuales en estos temas, que se consideran anticuadas y peligrosas.

En la base de submarinos de Cartagena están montados dos simuladores de las cámaras de maniobra de los submarinos tipo *Agosta* y *Daphne*.

Finalmente en Madrid, la Escuela de Guerra Naval dispone de un «juego de la guerra» fundamentalmente naval construido hace 15 años por la empresa nacional SAINCO, mejorado a lo largo de este período. Consta fundamentalmente de un puesto de control, un puesto de dirección de cabinas y de 20 cabinas que pueden simular otros tantos, buques, submarinos, aviones o helicópteros, indistintamente. En una amplia sala con capacidad para 40 personas sentadas se puede representar en una gran pantalla las evoluciones del ejercicio y reproducirlas después si se desea, para su análisis. El sistema está regido por dos ordenadores uno de ellos con capacidad de 32 megakas.

Este «juego de la guerra» se emplea principalmente en los diversos cursos que imparte la Escuela de Guerra Naval bien sean de mandos superiores, de Estado Mayor o de táctico para oficiales a nivel teniente de navío. También suele utilizarse para el planeamiento y adiestramiento previo de maniobras reales.

CAPÍTULO CUARTO

SIMULADOR DE COMBATE AÉREO

SIMULADOR DE COMBATE AÉREO

Por FRANCISCO J. BAUTISTA JIMÉNEZ
y MIGUEL A. GONZÁLEZ PÉREZ

Generalidades

Una vez analizadas la constitución, características y empleo de los simuladores de combate terrestre y naval, al iniciar la exposición de las peculiaridades de los simuladores de combate aéreo nos encontramos con un abanico de posibilidades de simulación que será necesario delimitar. En primer lugar, así como los simuladores de combate de superficie, en su concepción más genérica, como simuladores de combate en sí, se constituyen con plena independencia de las características propias de los carros, vehículos, buques, artillería y armas empleadas, y puede llegar a definir con exactitud el entorno de combate en estos medios, para el simulador de combate aéreo es imprescindible considerar el tipo de arma empleada, sus prestaciones, estado de funcionamiento, destreza de los hombres que las manejan y tácticas empleadas en el combate mismo.

Una visión completa de un entorno de combate aéreo nos obligaría a considerar un escenario común en el que se desplegaría un simulador específico para cada tipo de avión inmerso en el combate, resultando tal concepción de simulador tan costosa como ineficaz.

Estas consideraciones nos obligan a apartarnos de la filosofía general de simulación del combate en los medios de superficie para considerar que en el aire el protagonista no es el escenario de combate en sí, sino el avión combatiente, sus prestaciones y municionamiento, y la destreza del piloto que lo controla. No consideraremos por tanto la simulación del combate

aéreo como un todo, ya que nos obligaría a modelar un sin número de aviones, sino las actuaciones de una avión en un medio aéreo hostil, su capacidad de maniobra, supervivencia y fuego, y su utilidad para entrenar al combatiente en la utilización de cada avión específico, sus armas, prestaciones y tácticas frente a otras armas aéreas y de superficie en la batalla.

Por estas razones, en adelante consideraremos al simulador de combate aéreo constituido, para cada caso particular, por un simulador de vuelo del avión específico cuyo comportamiento en el escenario de combate aéreo se simula, dotado de medios capaces de instruir, entrenar y capacitar al piloto en el combate frente a todo tipo de armas, ya sean aéreas o de superficie. Empezaremos, por tanto justificando su existencia y utilidad con un poco de historia, repasando sus orígenes y evolución en el tiempo.

Orígenes y evolución de los simuladores de vuelo

El origen de los simuladores de vuelo se remonta a mediados del presente siglo, cuando las compañías aéreas consideraron primordial para el entrenamiento de sus pilotos la utilización de simuladores, a fin de rentabilizar el coste de la hora de vuelo. Los simuladores primitivos estaban constituidos esencialmente por una réplica fiel de la cabina del avión que simulaban, y estaban orientados principalmente a la realización de vuelo instrumental y a la práctica de las operaciones de despegue y aterrizaje. El entrenamiento consistía en la ejecución de un plan de vuelo instrumental, y para ello se sumergía al piloto en una cabina totalmente aislada del espacio exterior. El piloto navegaba sin visión directa y debía aprender a interpretar exactamente las indicaciones de los instrumentos de cabina. Las actuaciones del piloto y sus consecuencias para la navegación y el vuelo eran registradas gráficamente en papel continuo, y una vez finalizado el vuelo simulado se procedía a su interpretación, y corrección de los errores en que el piloto había incurrido.

Tan rudimentarios simuladores sirvieron para la formación y entrenamiento eficaz de un gran número de pilotos comerciales, y el éxito alcanzado en las líneas aéreas fue tan grande que en poco tiempo fue transferida la misma filosofía a los aviones militares de transporte, primero, y bombarderos pesados y cazabombarderos después.

Los resultados obtenidos mediante el entrenamiento en vuelo con simuladores ha crecido tan espectacularmente que ha dado lugar al florecimiento de una

industria mundial de vanguardia, actualmente capacitada para el desarrollo de los simuladores con entorno real de combate que en este apartado queremos analizar.

Sin pretender ser exhaustivos, consideramos de interés examinar, aunque sólo sea superficialmente, como se desarrolla una misión de combate aéreo, para deducir de ella los dispositivos y sistemas que han de integrarse en un simulador de combate aéreo para conseguir el mayor realismo posible en las sensaciones que el piloto perciba, y así poder imbuirle en el entorno de combate, haciéndole olvidar que se encuentra realizando un vuelo simulado.

El combate aéreo

Toda misión de combate aéreo tiene dos componentes importantes. El primero está relacionado íntimamente con las actuaciones propias del avión como plataforma aérea. Incluye el comportamiento de instrumentos y sistemas que integran el avión. El segundo componente se refiere al comportamiento del avión en el combate en sí, cuando el piloto tiene que coordinar las actuaciones del avión con la realización de maniobras evasivas y de captura, y con la utilización efectiva de sus sistemas de armas.

Estos dos componentes se encuentran completamente diferenciados y constituyen la más importante diferencia existente entre un simulador de combate aéreo y un simulador de vuelo, que sólo contemplaría la primera de las componentes. Vamos por ello a considerar por separado cada una de ellas para aproximarnos a la comprensión de los requisitos operativos que podrían servir de base para el establecimiento de las especificaciones técnicas del simulador, que nos facilitarán la comprensión del conjunto total de sistemas y equipos que constituyen un moderno simulador de combate aéreo.

Acontecimientos en el vuelo de un avión

Dejando a un lado las acciones previas al vuelo, tales como las inspecciones prevuelo, encendido, arranque y prueba de motores, sistemas y equipos del avión, y de la rodadura hasta la pista de vuelo, vamos a describir someramente lo que podría ser un vuelo de reconocimiento sin incidentes bélicos de un avión de combate, y las sensaciones que el piloto percibiría durante la realización de la misión asignada. Comenzaremos con el despegue.

En el punto de espera de la pista de vuelo, una vez autorizado el despegue, el piloto mete motores para conseguir la potencia necesaria para realizarlo.

En este instante suelta frenos y el avión comienza la carrera de despegue a lo largo de la pista. En el momento oportuno, cuando el avión ha alcanzado la velocidad suficiente, el piloto tira de la palanca accionando las superficies de vuelo del avión, y el avión se levanta del suelo siendo aerodinámicamente sustentado por sus alas, para ganar después altura hasta llegar a la altitud prevista en el plan de vuelos.

Una vez alcanzada la altitud de vuelo establecida, el piloto tiene que poner el avión en rumbo al objetivo. Esta acción la ejecuta moviendo la palanca en la dirección precisa mientras comprueba las indicaciones de los instrumentos, moviendo alerones y timones de dirección y de profundidad de forma coordinada. Una vez alcanzado el rumbo a seguir se coloca el avión en vuelo horizontal y se cuida de no desviarse del rumbo previsto, contrarrestando la acción del viento, caso de existir, con la correspondiente corrección de la deriva. Durante el resto del vuelo, hasta alcanzar el objetivo, podrían aparecer imprevistos tales como averías en los sistemas del avión, vibraciones, sacudidas, pérdidas de indicaciones de instrumentos, etc. ante las que el piloto deberá reaccionar de forma conveniente para ejercer la acción correctora precisa, o la maniobra necesaria para su neutralización, si existe. En caso contrario tendría que optar por el salto en paracaídas en el momento y situación oportuna del avión.

Con el objetivo a la vista, el piloto realizará las acciones programadas para conseguirlo, activando las cámaras fotográficas caso de poseerlas, o efectuando el reconocimiento visual del terreno e instalaciones y la observación de los cambios últimamente realizados en el escenario.

Una vez conseguido el objetivo, el avión volverá a su base, será autorizado a tomar tierra, aterrizará y rodará por la pista hasta llegar a su aparcamiento.

Durante la realización del vuelo las percepciones corporales del piloto han sido múltiples, empezando por un ensordecedor ruido en aumento al meter motores, para seguir con una sensación de lanzamiento en catapulta al soltar los frenos para iniciar el despegue, y un aplastamiento en el asiento en el momento de despegar, sensación de presión en oídos, etc.

El resto del vuelo, si no ha tenido incidentes se ha desarrollado para el piloto por un escenario variado según la altitud elegida y condiciones meteorológicas de la ruta, en el que las indicaciones de los instrumentos han respondido puntualmente a su solicitud.

Acontecimientos en el vuelo de combate

En el caso de vuelo de combate además de las situaciones descritas en el caso anterior tenemos que contemplar las específicas, programadas o

imprevistas, propias del tipo de misión que se realice. Tendremos que hacer una distinción, por tanto entre las misiones de:

- Ataque al suelo.
- Defensa aérea.
- Combate aéreo.

Teniendo además en cuenta si la visión del enemigo es directa o electromagnética, y si la misión se realiza:

- Individualmente.
- En pareja.
- En equipo.

Frente a otras tantas situaciones del adversario. Además, hemos de considerar tanto las armas con que el piloto pretende entrar en combate, sus actuaciones, letalidad, alcance y municionamiento y combustible disponibles en todo instante durante el curso del combate, como las aportaciones por el adversario, para evitar ser detectado, bloqueado y abatido por él.

Una exposición exhaustiva de todas las percepciones sensoriales del piloto en una cualquiera de las posibles combinaciones tácticas y de armas que pudiera ser elegida se sale fuera del contexto de esta exposición, en la que solamente pretendemos aproximarnos conceptualmente a la necesidad de simularlas con fines de entrenamiento.

Constitución de los simuladores de combate aéreo

Los elementos físicos constitutivos de un simulador de combate aéreo son básicamente los mismos que constituyen cualquier tipo de simulador de vuelo, y vienen representados por un elemento de cabina, fiel reproducción del avión que se simula, por los sistemas de control y activación de las percepciones sensoriales, y por un elemento de programación de situaciones, concebidas en dos puestos diferenciados:

- Puesto del piloto.
- Puesto del instructor.

Vamos a revisar ligeramente los componentes constitutivos de cada uno.

Puesto del piloto

El puesto del piloto está constituido por la unidad de cabina, equipada con los mismos instrumentos, controles, mandos y accesorios que la cabina del avión simulado, colocados de forma idéntica a las ubicaciones en el avión real.

La misión de los instrumentos de cabina se centra por un lado, en la creación de un entorno realístico del simulador y por otro, más importante si cabe, en proporcionar al piloto las mismas indicaciones que recibiría en los instrumentos durante la realización de un vuelo real.

Las percepciones sensoriales del piloto durante el combate se consiguen por medio del sistema de control del asiento, constituido por un sofisticado conjunto de subsistemas de control que permiten al piloto las sensaciones que percibiría durante el vuelo real. La figura 1 muestra el diagrama de bloques de uno de los sistemas más utilizados en el mundo de la simulación.

Los asientos G con cinco grados de libertad proporcionan aún una significativa mejora frente a los anteriores sistemas, simulando rápidas velocidades de alabeo y aceleraciones que permiten reaccionar rápidamente ante condiciones de ataque variables, con una aproximación instrumental para realizar todas las acciones implicadas en la maniobra, con pequeñas o sin distracciones o sensaciones artificiales.

Los simuladores actuales combinan las técnicas hidráulicas que proporcionan el control de las sensaciones iniciales del asiento con las técnicas automáticas que proporcionan las sensaciones sostenidas. Con esta combinación, el piloto adquiere una rápida experiencia y alta respuesta ante las sensaciones percibidas de alta frecuencia. También experimenta las suficientes excursiones vestibulares (oído interno) para sentir sensaciones reales del movimiento en cinco grados de libertad: cabeceo, alabeo, guiñada, longitudinal y vertical. El cuerpo del piloto nunca se mueve más de cinco centímetros durante la realización del ejercicio de simulación.

Los componentes principales del asiento del piloto son el platillo del asiento hidráulico, el respaldo y el cinturón de solapa, y un sistema neumático que acciona los cojines del platillo del asiento multicompartimento y del respaldo.

— Estos componentes activos se utilizan, junto con el traje anti G, así como con los platillos modelados pasivos y cuñas incorporadas en el cojín del asiento. Los platillos y cuñas hacen al piloto guardarse subconscientemente de los empujes laterales, aún a sabiendas de que el simulador no tiene movimiento lateral.

Los simuladores de seis grados de libertad ocupan más espacio y requieren un equipo de apoyo más complejo y mayor mantenimiento, para dar prácticamente las mismas prestaciones.

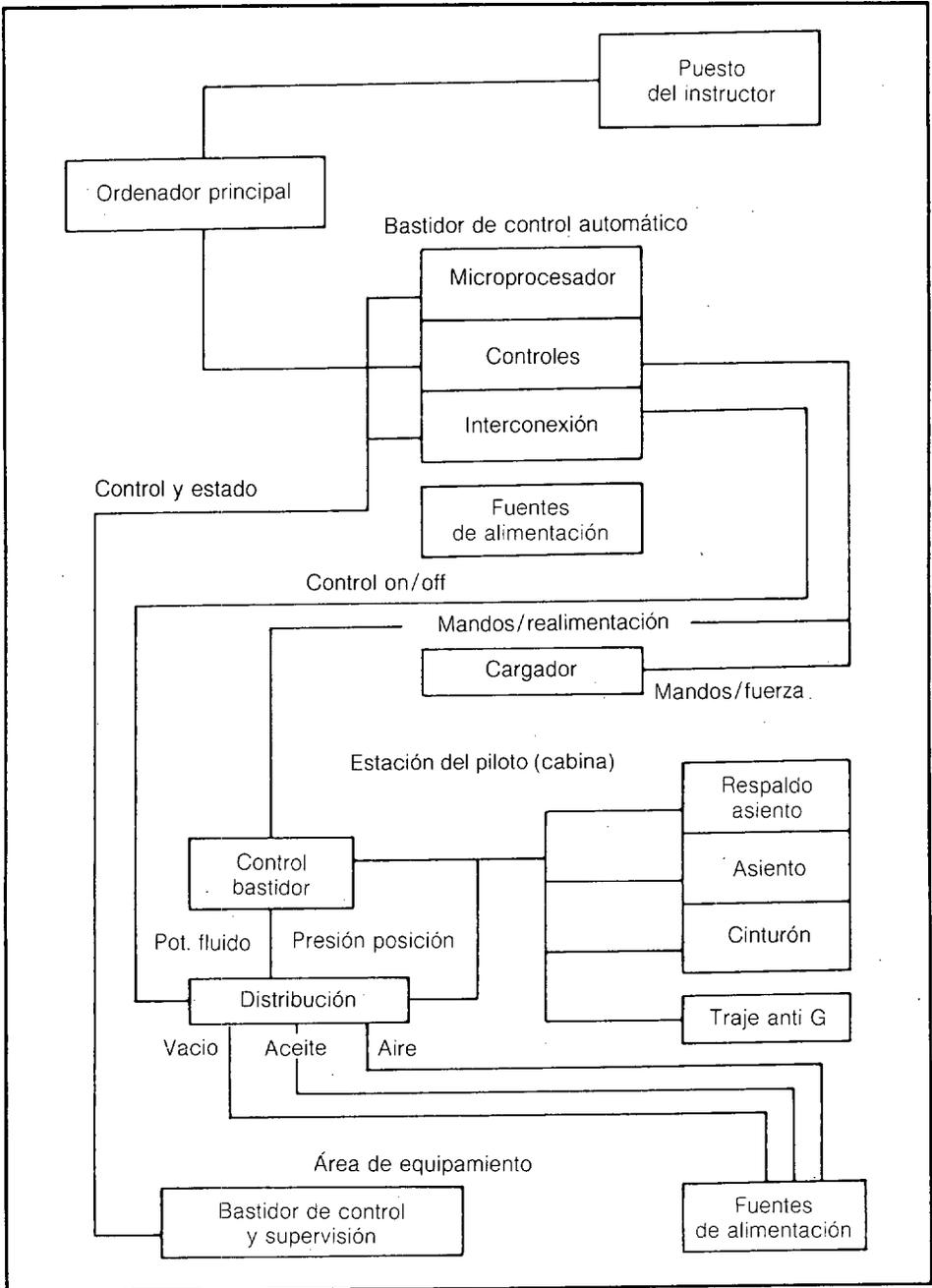


Figura 1.—Diagrama de bloques del subsistema de control

La adición de un sistema visual al simulador de combate aéreo permite estimular al piloto ante percepciones visuales tales como la visión de un misil cruzado por el aire después de haber identificado a un enemigo, del accionamiento de un cañón instalado a bordo de un bote fluvial, o de un enemigo aéreo protegido por misiles superficie-aire.

Estas y otras imágenes reales, generadas por *software* proporcionan un fiel retrato de los escenarios aire-tierra y aire-aire al piloto. Por ejemplo, actualmente los sistemas visuales ofrecen las siguientes representaciones:

- Adquisición visual de cañones y misiles hostiles.
- Adversarios preprogramados o pilotados por el instructor.
- Transición de presentación de sistemas de armas a adquisición visual.
- Escenarios nocturnos, tiempo severo, y baja altitud.
- Hasta quince blancos activos, con más de siete móviles simultáneamente.
- Percepción visual de patrones de tráfico.
- Entrenamiento en vuelo de formación.

El sistema visual, con su campo de visión de alta resolución, junto con el simulador tienen capacidad de duplicación del entorno total de entrenamiento con la vista, sonido y percepción del avión en vuelo.

Una gran pantalla que rodea al piloto, y proyectores internos de alta resolución funden las imágenes generadas por ordenador del avión, misiles y núcleos de explosión, y muchos otros tipos más de efectos especiales para proporcionar la sensación de combate real al piloto en un medio libre de riesgo.

El sistema visual proporciona un campo de visión que se extiende vertical y horizontalmente al campo de visión del ojo humano. Este campo de visión puede sesgarse a derecha o izquierda para la conducción de tareas tales como una formación en línea frontal, aproximación en círculo y otro tipo de maniobras.

Además el campo de visión efectivo se extiende aún más allá con proyectores láser que automáticamente indican posiciones de blancos migratorios fuera del campo de visión.

La base de datos que soporta el sistema visual tiene capacidad ilimitada para producir terrenos e imágenes reales. La disposición de imágenes del mundo real permite al piloto navegar con cartas aeronáuticas normalizadas, y el alto nivel de detalle dedicado al paisaje real también se recrea en paisajes de terrenos complementarios. Este sistema además, es adaptable al campo para la aceptación de futuras mejoras de las tecnologías informáticas y aeronáuticas.

Puesto del instructor

El puesto del instructor es el núcleo del simulador, y es en el que se proporciona el control de todos los aspectos del entrenamiento del piloto, y donde se definen y modifican los parámetros que conforman la simulación. Las funciones que desde este puesto se controlan son, entre otras las siguientes:

- Control de la simulación.
- Selección de condiciones iniciales.
- Supervisión de las actuaciones del piloto.
- Instrucción del piloto por medio de ejercicios.
- Verificación de las actuaciones y fallos del piloto.
- Definición de misiones específicas.
- Evaluación de las misiones simuladas.

El subsistema central de proceso

Este sistema se encarga de proporcionar los medios físicos y lógicos necesarios para controlar todas las funciones y operaciones de los diferentes módulos que constituyen el simulador. Está constituido por el ordenador central y sus periféricos, y los módulos lógicos que soportan todo el programa de simulación, modelado de las prestaciones del avión, control de instrumentación, elementos de cabina, y subsistemas visual y sensorial.

Utilidad del simulador de combate aéreo

La utilidad de los simuladores de combate aéreo, concebidos como simuladores de aviones de combate específicos, se encuentra íntimamente ligada a su concepción operativa original, poco a poco incrementada con los nuevos adelantos tecnológicos con aditamentos que los convierten en entrenadores de combate con recreación de situaciones cuasi reales.

La capacidad de simulación se extiende desde las operaciones básicas relativas a la familiarización del piloto con el avión, y su utilización como un simple simulador de vuelo, hasta las que permiten su utilización en un entorno de combate simulado, frente a otros aviones cuyas capacidades de maniobra, capacidad de fuego y tácticas de empleo han sido caracterizadas y están disponibles en el puesto del instructor para su uso en ejercicios de entrenamiento en combate. Con estos medios a disposición del piloto en todo tiempo, el programa de entrenamiento de las unidades de combate puede pasar por una etapa previa de entrenamiento en el simulador, que facilitará la familiarización del piloto con el avión, paso a paso, proporcionán-

dole seguridad en situaciones esporádicas de riesgo cuya resolución ya le ha sido simulada y entrenada, previa a la utilización del sistema real, con el consiguiente ahorro de material y tiempo que ello conlleva.

Una vez lograda la familiarización real del piloto con su avión, emergencias, prestaciones, maniobras y tácticas de empleo, mediante el uso del simulador puede pasarse al entrenamiento en combate, visual primero frente a un solo enemigo, que será manejado por el instructor. Será aquí donde aprenderá a utilizar las armas propias y evadir las enemigas, para pasar a situaciones de combate en pareja frente a enemigo múltiple, utilizando escenarios simulados semejantes a los reales potencialmente utilizables en caso de conflicto con lo cual el medio también se irá poco a poco haciendo familiar al combatiente, proporcionándole con ello cada vez más confianza y acoplamiento con su avión.

Para terminar no queremos pasar por alto, dentro de las capacidades de simulación de posibles escenarios, la utilización de medios simulados de guerra electrónica como etapa final del entrenamiento, por ser posiblemente el único medio en que el piloto de combate podrá adquirir la destreza previa necesaria en la utilización de estas armas, antes de pasar el entrenamiento real en los costosos polígonos específicos.

CAPÍTULO QUINTO

LA SIMULACIÓN PARA EL ENTRENAMIENTO DE LOS MANDOS Y EL EJERCICIO DEL CONTROL. PRESENTE Y FUTURO



LA SIMULACIÓN PARA EL ENTRENAMIENTO DE LOS MANDOS Y EL EJERCICIO DEL CONTROL. PRESENTE Y FUTURO

POR DIEGO JAYME BIONDI

Introducción

En la actualidad no puede desconocerse la importancia que ha adquirido la simulación de alta tecnología en sus variados aspectos. Uno de los más destacados de estos aspectos es precisamente el de servir para el entrenamiento de los mandos.

En esta era de presupuestos ajustados y armamentos cada vez más complejos, las municiones resultan más costosas, lo que conlleva que los ejercicios con fuego real se hagan con usura. Las plataformas de las armas resultan también más onerosas e imprescindibles y, por contra, los terrenos disponibles para maniobras o ejercicios con fuego real son más escasos.

Estos factores restrictivos empiezan a ser superados mediante el uso de simuladores que pasan a constituir una eficaz herramienta para el entrenamiento individual, en misiones militares. El ideal sería disponer del número suficiente de simuladores para llevar a cabo el entrenamiento colectivo. A ellos se opone —de nuevo— el elevado coste de los simuladores y, sobre todo, el estado de desarrollo de la tecnología que aún no ha llegado a hacer trabajar a los simuladores en un sistema integrado, si bien algunas innovaciones interesantes, empiezan a aparecer por el horizonte futuro.

El Ejército de Tierra

Necesidad de la simulación

A medida que la rápida evolución de la tecnología altera el campo de batalla del futuro, se hace sentir una mayor necesidad de aumento de simulación.

La mayor eficacia de las armas inteligentes traerá como consecuencia desarrollos del campo de batalla más dinámicos y los comandantes en jefe tendrán que responder más rápidamente y con mayor decisión. El resultado es que los comandantes en jefe deberán estar preparados para enfrentarse a un número cada vez mayor de posibles escenarios con menos margen de error. La simulación ofrece un medio de entrenar a los oficiales en las particularidades del Mando y Control (C2), con el mínimo gasto y la máxima flexibilidad.

En el Ejército de Estados Unidos se ha empezado a usar para entrenamientos el Simulador de Red (SIMNET). Resulta interesante porque es el que presenta una tecnología más acorde para actuar con la fuerza real, mediante la fuerza de entrenamiento. Cada participante es un jugador y recibe un entrenamiento altamente beneficioso, tanto si es un mando de carro de combate como un mando de batallón.

El SIMNET es un proyecto de investigación patrocinado por la Agencia de Proyectos de Investigación de Defensa Avanzada (DARPA) en combinación con el Ejército de Estados Unidos. La finalidad del programa es desarrollar tecnología para construir unas variadas redes de simulación interactivas. Esta batalla simulada proporcionará, en primer lugar, una oportunidad para que unidades ligeras tales como el pelotón, compañía y batallón puedan luchar debidamente enlazadas contra una Fuerza Oponente Real (OPFOR). Además, trasciende también al campo de las armas combinadas. Todos los elementos que pueden afectar al desarrollo de la batalla están representados y la victoria se incluirá del lado de aquel planeamiento, sincronización y ejecución llevado a cabo con mayor habilidad que el oponente.

El combate próximo-instrucción táctica

A fin de poder simular el combate próximo y ofrecer un entrenamiento táctico, la industria americana ha realizado una investigación profunda para desarrollar lo que se conoce como «combate próximo-instrucción táctica».

A tal fin ha preparado un CCTT que es una red interactiva de simuladores activados que opera con un ordenador que genera datos básicos del terreno. Los simuladores activados representan varios tipos de vehículos de combate y de sistemas de armas. Los elementos de la batalla que no están representados por simuladores activados, son puestos de manifiesto mediante el empleo de emuladores, que permiten a una sola persona proporcionar apoyo normal a un sistema operativo completo de campaña, tal

como el apoyo por el fuego. Una red de comunicaciones proporciona al C2 una estructura para dirigir las operaciones de combate.

Los módulos de los simuladores activados del CCTT, en principio se limitan a los carros ML, vehículos de combate *Bradley M-2/3* y *Fist-V*. Los emuladores incluyen artillería, apoyo aéreo-táctico, morteros, municionamiento, carburantes y mantenimiento. Los planes se orientan a incluir en el sistema la gama completa de la Infantería, del Arma Acorazada, Aviación, Artillería, Defensa Aérea, Apoyo al Combate y Servicio de Combate para apoyo de vehículos y armas. Estos deseos se concretarán mediante simuladores activos o bien, con emuladores, dependiendo de cómo se definan las exigencias de la instrucción.

Las fuerzas enemigas son generadas por dos métodos. El menos apto consiste en dividir a los entrenadores presentes en dos partes para que luchen la una contra la otra. El método preferible es que luchen las fuerzas amigas contra unas Fuerzas Enemigas Semiautomatizadas (SAOPFOR). El SAOPFOR es un ordenador que genera fuerzas enemigas manipuladas por muy poco personal. Es capaz de llevar a cabo con verismo, amenazas tácticas, doctrina y equipamiento, de tal forma que las fuerza amigas no puedan distinguir a SAOPFOR de una fuerza de simuladores activos.

La Red Aérea Local (LAN) del CCTT en cada posición es conectada a una Red de Larga Distancia (LHN) para permitir a los participantes de un bando entrenarse con o contra los participantes de uno de más de un bando de la otra parte.

La estructura del sistema CCTT permite la captura electrónica de todos los acontecimientos que puedan ocurrir en un ejercicio de entrenamiento. El reportaje electrónico obtenido puede proyectarse más tarde para obtener una visión general de la batalla, con acompañamiento de audio. El mando puede utilizar esta posibilidad de proyectar nuevamente los hechos para examinar la batalla, como fase de preparación para su posterior análisis. También puede utilizarse durante la Acción de Revisión (AAR) para mostrar lo que realmente ocurrió.

Como se desprende, se ha llevado prácticamente la batalla táctica al campo de la simulación. Esto permite a los mandos adquirir un conocimiento y una experiencia sobre el desarrollo de los acontecimientos que, pese a ser teórica, se acerca tanto a la realidad que se confunde prácticamente con ella. Naturalmente, el costo de la instrucción se limita al del mantenimiento y uso de los simuladores, emulador y ordenadores correspondientes. Pero se ha podido plasmas la batalla con pérdida simulada de materiales y

medios enemigos, al tiempo que se ha posibilitado el uso de los medios propios y la concepción de una maniobra para llegar al desenlace final de la batalla.

Ejercicios de demostración realizados en Estados Unidos

Cara al futuro, los proyectos se presentan con buenas perspectivas, DARPA está desarrollando una investigación sobre la simulación de la batalla avanzada en apoyo de los Centros de Armas Combinados (CAC,s), mediante un Programa de Integración de los Mandos de la Batalla (BCCP). El objetivo es emplear LHN con Fuerzas Semiautomatizadas (SAF) de tal modo que las grandes distancias, la multilocalización, la fuerza desplegada y una amplia gama de ejercicios puedan ser dirigidos concentrando todas las fuerzas en una única batalla virtual, por medio de comunicaciones digitales. Se hizo la primera fase de la prueba de demostración en el año 1989.

El ejercicio consistió en un juego de batalla sobre la base de una agrupación compuesta por un batallón azul de Fort-Knox (Tennessee) y un regimiento de carros de combate rojo (Massachusetts). La XVI Agrupación de Infantería de la 1.ª División de Infantería jugaba con la fuerza azul y el Mando de Combate del Programa de Entrenamiento (BCTP) con la roja. El apoyo de helicópteros del bando rojo lo proporcionó el fuerte Rae-Ker, de Alabama.

La diferencia significativa entre este ejercicio y los tradicionales simulados estribaba en que todos los vehículos de combate y las fuerzas de apoyo podían ser vistos en el campo de batalla. Un mando podría salir de su puesto de mando, subir a un helicóptero (simulador activo) y volar y observar la batalla.

La segunda fase tuvo lugar en el mes de febrero del año 1990 y enfrentó a una división azul contra un ejército combinado de armas. Este ejercicio permitía un asesoramiento sobre el personal de la batalla avanzada simulada, mediante la aplicación de un BCTP a nivel de división. Este asesoramiento requeriría una capacidad de computerización aún más elevada y múltiples asentamientos de LHN en ultramar. De esta última fase no se tienen noticias acerca de su desarrollo.

Estos ejercicios presentan muchas posibilidades. Sin embargo, pese a los enormes progresos obtenidos en el entrenamiento por simulación durante los recientes últimos años. Aún queda un amplio espectro por investigar para obtener mejores y oportunidades extraordinarias:

El entrenamiento para mandos mediante el empleo de la simulación

Cada gran unidad o Cuerpo de Ejército (CE) posee un centro de simulación de la batalla donde la audiencia se practica en un ambiente de Centro de Operaciones Tácticas (TOC). Cada uno de los ejercicios, aunque sea en un escenario dado, se establece en un ámbito de libertad del juego. El objeto es entrenar a los comandantes y EM,s en el uso de las órdenes de alerta, actualización de situaciones, planeamiento anticipado (posicionamiento de las fuerzas), despliegue de las fuerzas y prácticas de EM. Las simulaciones pueden conducirse en diferentes niveles, desde escalones superiores al CE, hasta nivel compañía aunque normalmente no pueden conjuntarse entre sí.

Las actividades del Ejército de Estados Unidos en simulación de C2 son conducidas por el Mando de Entrenamiento y Doctrina (TRADOC) en su Cuartel General de Fort Monroe, Virginia. El TRADOC define sus enseñanzas de simulación como «destinadas a proporcionar a los comandantes y a sus EM,s una alternativa en el entrenamiento de gran calidad y una buena relación coste-eficacia».

No obstante, en la práctica, el entrenamiento formal de las unidades ordinarias no es tan asequible como se desearía que fuera. Un batallón puede considerarse afortunado si accede al Centro Nacional de Entrenamiento (NTC) en Fort Irwin (California), al Centro de Entrenamiento Conjunto (JRTC) en Fort Chafee (Arkansas) o al centro de entrenamiento de maniobras para el combate en Hohemfels (República Federal Alemana), cada dos años. Un mando de batallón tendrá suerte si consigue asistir al Centro de Desarrollo de Táctica para Mandos (TCDC) y aún más, si es seleccionado para el mando de brigada. Un mando de división o de CE, participará en un BCTP cada dos años.

Estos programas no están diseñados para el entrenamiento del Ejército, sino que proporcionan estándares y enfoques para elaborar programas de entrenamiento de unidades. Proporcionan, también, orientaciones para la investigación y el modelo de desarrollo más conveniente. En suma, permiten al Ejército convalidar su doctrina, organización, materiales, conceptos de entrenamiento y dirección y practicar el sistema táctico C2. También ha demostrado su utilidad para otros fines. La exigencia final es que proporcionen una calidad de experiencia de entrenamiento comparable a la del Ejército en campaña, mediante su entrenamiento día tras día.

A este fin, el Ejército lo que necesita en primer lugar es de herramientas: las simulaciones. El TRADOC ya citado ha sido elaborado durante varios años programas y ha dedicado los mayores esfuerzos para producir una Familia

de Simuladores los FAMSIM. Consisten en una serie de Simuladores de batalla: de Pelotón (PLEBS), Compañía (COLTSIM), Batallón y Brigada (BBS), División (DPS/DBIT) y CE.

Aunque se realizaron algunos intentos de desarrollo de una simulación computarizada a nivel batallón y compañía no se obtuvo un coste eficaz, aparte de que el Ejército estaba más interesado en la creación de Simuladores Activos tales como el del Entrenamiento para la Dirección de Tiro (COFT). Con los simuladores activos para campaña y la promesa del SIMNET de producir un programa a base de una red de bajo costo para manejar los simuladores, el interés por un simulador computerizado ha pasado al dominio de otros escalones. Y si resultan positivos los análisis de la efectividad de entrenamiento con CCTT, es probable que el SIMNET colme las necesidades de simulación requeridas en todo momento a nivel pelotón y compañía.

La simulación a nivel batallón

Por lo que respecta a la simulación a nivel batallón ha constituido una constante prioridad durante muchos años. Se examinaron muchos modelos hasta que se adoptó la decisión sobre el ART-BASS. Cuando dicho modelo estaba semiterminado, los requerimientos de la simulación se duplicaron y entonces se decidió buscar una solución menos costosa. Fue seleccionado el modelo COMBATSIM. La idea era presentar el COMBATSIM como una Simulación Interna del Batallón y Brigada (IBBS) y llevar a la industria el PM-TRADE como un sistema objetivo que podría proporcionar un nivel más sólido para la brigada y el apoyo al servicio de combate. El sistema interno (tal como el COMBATSIM) se presentó a fines del calendario para este año.

Mientras tanto, el Mando de Análisis TRADOC (TRAC) ha estado revalorizando el COMBATSIM internamente. Recientes innovaciones en el *software* han producido un nuevo sistema-menú que requiere aproximadamente dos horas de instrucción para obtener aprovechamiento.

La simulación a nivel división y CE

Por lo que se refiere al DBS/DBIT los trabajos no han comenzado aún. Hay que meditar la decisión en espera de ver si los sistemas de Apoyo a los Ejércitos Conjuntos (JESS), designados como CBS, resultan satisfactorios. El BCTP está en realidad utilizando el JESS para jugar a la vez a nivel división y CE. El JESS 1.1 fue presentado al centro de guerra conjunto y a cinco centros de simulación de CE. El JESS 1.2 se encuentra en fase de

desarrollo. Desgraciadamente el Ejército no controla el desarrollo del JESS que es una iniciativa del Mando Preparado de Combate (REDCOM) y el trabajo se ha contratado con el Laboratorio de Propulsión (JPL).

Ante la supresión del REDCOM el centro de guerra conjunto se ha encargado del desarrollo del JPL, juntamente con el Ejército y la Fuerza Aérea de Estados Unidos que han provisto los fondos necesarios. El JESS en la actualidad representa un 60 % de la solución que satisface los requerimientos del DBS/CBS. Su gran limitación consiste en que está basado en el empleo de la imaginación. El BCTP ha desarrollado los trabajos preliminares para subsanar muchas de sus deficiencias y en el futuro tratarán de resolver otras imperfecciones. Pero el hecho en sí es que funciona y es mejor que cualquier otro modelo disponible.

Ante la complejidad del C2 a nivel división, la necesaria especialización del personal actuante y las dificultades para desarrollar una compenetración cuasi intuitiva con el equipo a través de la acción del mando, se deduce fácilmente que una división debería participar en ejercicios cinco o seis veces al año. BCTP ha demostrado que este procedimiento utilizaría un tiempo bien aprovechado. Desgraciadamente, la mayoría de las divisiones no participan en más de dos o tres ejercicios, a causa de que es necesario disponer de una gran cantidad de tiempo, contar con la decisión de los directivos y disponer de grandes recursos. JESS necesita aproximadamente de unos 400 trabajadores permanentes para un ejercicio de división, lo que exige una semana de entrenamiento hasta que aprenden sus tareas. Hay que tener en cuenta que en un ejercicio BCTP hay mandos de batallón y de EM y en la mayoría de los ejercicios de división hay mandos de compañía y oficiales ejecutivos de batallón u operativos. Incluyendo el desarrollo del ejercicio, éste representa a falta de disponibilidad de personas importantes durante dos semanas, aproximadamente.

Los asesores que ha de proporcionar inteligencia plantean un problema acerca de su disponibilidad por el mando. La calidad del ejercicio depende significativamente del número y de la calidad de personal empleado. Por ello parece lo mejor extraerlo de una unidad de juego tal como la de la inteligencia del batallón. Pero en este supuesto, su ausencia rebaja la capacidad de la unidad, con lo que se resta beneficios a la instrucción. Para evitarlo se precisa de un modelo de inteligencia tal como el TASCIM, un asesor automático como el modelo colector del centro de inteligencia de preparación para la guerra, el SAF u otro sistema experto que reduzca la participación humana y aumente la capacidad de juego.

La Armada

La simulación en la Armada

La necesidad de la simulación en la Armada obedece a idénticas razones que las expuestas para el entrenamiento del Ejército de Tierra. Sólo que en este caso particular, la Armada pone mayor énfasis en la alta tecnología y en la guerra electrónica.

Consecuentemente, en vez de establecer centros de simulación dotados de equipos electrónicos y ordenadores de última tecnología —según el modelo del Ejército de Tierra, la Armada emplea sus buques de alta tecnología como simuladores, en muchos casos controlados por unidades móviles en tierra—.

La Armada de Estados Unidos, o sea, la Navy emplea tres tipos diferentes de sistemas de combate como entrenadores: el SPH-1, entrenador en tierra (de muelle de atraque); el entrenador 20 B-4, para equipos de combate móviles y el entrenador 20 B-5 para equipos de sistemas de combate móviles de las fragatas FFG-7.

El SPH-1, aparecido a principios de los años setenta se inició como un simulador radar bidimensional (2-D). La siguiente versión, el 2-B-4, se desarrolló posteriormente, hacia finales de los años setenta, para los cruceros existentes de la clase *Leahy* (CG-16) y *Belknap* (CG-26), los destructores de la clase *Charles F. Adams* (DDG-2) y los nuevos destructores de la clase *Spruance* (DDG-963). El 20-B-5 constituyó un modelo posterior para las fragatas de la clase *Cliver Hazard Ferry* (FFG-7) que empezaron a entrar en servicio en el año 1977. La Navy actualmente está operando con doce SHP-1, cuatro 20 B-4 y cuatro 20 B-5, cada uno de cuyos tipos está distribuido por igual en ambas costas americanas.

Para desarrollar una simulación en tierra, el mando de enseñanza asignará al buque una unidad de entrenamiento, adecuada al tiempo que el buque esté en su propio puesto nodriza, en una u otra de las costas, en el océano Pacífico o en el Atlántico. El personal de buques designará el área en la que desean el entrenamiento y el comandante director del entrenamiento dispondrá los ejercicios, empezando con esfuerzos de apoyo y elevando el tono hasta problemas de máxima complejidad de la batalla. Las áreas a cubrir pueden incluir cualquier nivel de personal, hasta el equipo del Cuartel General, equipos de vigilancia y otros. La única condición es que todo el equipo se encuentre al completo, ya que los individuos por separado no pueden ser entrenados.

En la simulación del combate a través de la simulación directa de los sensores del buque, el simulador en tierra permite una comprobación completa de los sistemas de combate del buque, incluyendo las comunicaciones internas. Las señales de amenaza pasan a través de todo el procesado electrónico y de integración del buque antes de aparecer en las pantallas. De esta forma, un régimen de entrenamiento adecuado sirve también para evaluar los sistemas de combate del buque.

Paradójicamente, el éxito de los simuladores de muelle en tierra, anuncia su declive. Para la simulación del combate naval de superficie, los buques poseen ya su propio entrenador instalado a bordo, como ocurre con los cruceros AEGIS de la clase *Ticonderoga*. El entrenador a bordo es el ACTS y los nuevos buques tendrán el modelo SQQ-89. Actualmente, los 20 B-5 están siendo mejorados para alcanzar con el entrenador sonar a bordo SQQ-89. Algunos buques están recibiendo el SLQ-32 y está en fase de perfeccionamiento el radar de abordó APQ-12.

De esta forma, puede decirse que los entrenadores móviles de muelle en tierra fueron en realidad una fase intermedia que permitió la tecnología en los años setenta y ochenta. En la actualidad, la tecnología de los microprocesadores permitirá llevar entrenadores a bordo mediante ordenadores muy reducidos que pueden prestar el servicio en los propios buques.

La Navy ha estado trabajando en el entrenamiento de una fuerza en batalla, donde varios entrenadores a bordo de los buques, se enlazan entre sí usando las comunicaciones por radio. Hasta la fecha, estos esfuerzos se han orientado hacia la guerra antiaérea y antisuperficie, pero los estudios se orientan a conseguir que los entrenadores a bordo AQQ-89 pueden estimular las consolas del sonar de buques de otros grupos de batalla. Los esfuerzos en este sentido es probable que duren 20 años, por lo que subsistirá la necesidad de contar con los entrenadores sobre ruedas en los muelles en tierra, por lo menos hasta la baja de los DDG-963.

Según el comandante Steve Johus USN, oficial del programa de requisitos del personal y entrenamiento de la guerra de superficie. Armas principales del sistema de combate, ya se puede simular una batalla para entrenamiento de grupo, a lo largo de las dos costas. En el futuro, seguramente, podremos enlazar fuerzas de batalla de entrenamiento de costa a costa, vía red de datos de la defensa y vía satélite a lugares como Pearl Harbour. Las posibilidades de las comunicaciones lo permiten, sólo es preciso mejorar la capacidad de entrenamiento a bordo, de modo que se puedan hacer simulaciones de los sensores.

Ésta es la estrategia de entrenamiento actual de la Navy en guerra de superficie: situar lo más posible el entrenamiento a bordo de los buques para reducir la dependencia de las instalaciones de entrenamiento en tierra y llegar a entrenarse de la misma forma que se vaya a luchar en la batalla, sobre los propios barcos.

El Ejército del Aire

La simulación para los mandos de la Fuerza Aérea

La USAF presenta ligeras diferencias en el enfoque, en relación con sus compañeros de otros Ejércitos. Hay que tener en cuenta que el medio o donde realizan todas sus misiones tácticas, el espacio, les hace sentirse aislados y por ello tienden a iniciar el contacto más que a reaccionar contra él. La iniciativa del piloto tiene lugar después de haberse realizado el planeamiento de la misión. No obstante, siendo el elemento tiempo el que se hace más crucial en la moderna batalla aire-tierra, la USAF ha puesto un énfasis especial en la simulación de las variables en el planeamiento de la misión y ha incorporado métodos de simulación tales como los del Ejército de Tierra y la Navy.

La USAF dispone de un equipo de simulación denominado Módulo de Ejercicios de Entrenamiento de Sistema (STEM). Sirve para probar y operar con el nuevo sistema de C3 y funciona como entrenador, conjuntamente con el sistema de control aéreo-táctico. Está en uno de los Centros y Puestos de Control y de Información (CRS,s/CPR,s). El STEM simula el vuelo de los aviones que desarrollan el apoyo aéreo cercano, la defensa aérea, el transporte aéreo, el reabastecimiento aéreo y la búsqueda y rescate. El sistema proporciona información de vídeo presentada en las posiciones de consola y permite a las tripulaciones de los CRP/CRC responder adecuadamente.

El STEM tiene una capacidad de almacenamiento de 2.000 vuelos programados, que pueden ser conectados a lo largo del desarrollo del ejercicio de entrenamiento, pudiendo simular hasta 200 vuelos activos simultáneamente, dentro del alcance de vigilancia del radar en prueba. Estas simulaciones pueden incluir modelos reales de metas, terreno, Contramedidas Electrónicas (ECM), efecto «chaff» e Identificación Amigo/Enemigo Electivo (IFF/SIF).

La USAF también ofrece simulaciones exhaustivas sobre Mando, Control, Comunicaciones e Inteligencia (C3I), destinadas a instruir a los comandantes

del Mando Aéreo Táctico (TAC) y a sus EM,s para responder a las contingencias que puedan presentarse en cualquier parte del mundo; las actividades proporcionadas por la simulación incluyen los ejercicios de la Escuela de Operaciones Aeroterrestres y del Centro de Guerra Aerotáctica, conocido como BLUE-FLAG.

En Hulburt Fiel (Florida), el BLUE-FLAG durante cuatro veces al año, hace uso extensivo de la simulación automática para entrenar el personal del TAC, desde teniente general a sargento.

En suma el BLUE-FLAG emplea tres simulaciones principales para un ejercicio. La primera, la Simulación de Defensa Aérea (ADSIM), representa el cuadro aéreo enemigo y permite el ataque enemigo contra blancos enemigos.

La segunda simulación se refiere al centro de operaciones de la automatizada, que reproduce las bases aéreas para la batalla aire-tierra.

La tercera y más importante simulación es el Simulador Táctico ya tratado (TACSIM), que es una base de datos inteligente, compuesta de fuerzas de tierra enemigas con personal, despliegue y situación.

Cada ejercicio BLUE-FLAG se programa para una semana, aproximadamente.

Conclusiones

Si como es de esperar, las decisiones políticas y económicas se adoptan siempre con el criterio de mejorar la eficacia de los Ejércitos, entonces, puede argumentarse que la simulación, en todas sus formas, constituirá una industria en crecimiento. A este fin coadyuva también el continuo desarrollo de la tecnología de los computadores en el campo civil, dado que muchas de sus mejoras y gráficos pueden aprovecharse para su aplicación al campo de la defensa.

La simulación permite la instrucción-evaluación-maniobra sobre un campo de batalla real, contra la habilidad y astucia de un enemigo dispuesto a ganar. En todo momento se es asesorado por observadores táctica y técnicamente competentes que proporcionan renovada información a la unidad y enseñanzas a tener en cuenta por la fuerza. De esta manera vuelve a recobrar mayor importancia la decisión de adoptar, por encima incluso de la correlación de fuerzas, y que será la que determine la calidad de la instrucción y el desenlace de la batalla.

Significado de las siglas empleadas

EJÉRCITO DE TIERRA

AAR	Acción de Revisión (de ejercicios o maniobras).
BBS	Simulador de Batallón y Brigada.
BCCP	Programa de Integración de los Mandos de Batalla.
BCTP	Mando de Combate del Programa de Entrenamiento.
C2	Centro de Mando Control y Telecomunicaciones.
CAC,s	Centros de Armas Combinadas.
CCTT	Red Interactiva de Simuladores Activados que Genera Datos Básicos del Terreno.
COFT	Simulador para el Entrenamiento de la Dirección de Tiro.
COLTSIM	Simulador de Compañía.
COMBATSIM	Simulador de Combate.
DARPA	Agencia de Proyectos de Investigación de Defensa Avanzada.
DPS/DBIT	Simulador de División y de Cuerpo de Ejército.
FAMSIM	Familia de Simuladores.
IBBS	Simulador de Combate para Batallón y Brigada.
JESS	Sistemas de Apoyo a los Ejércitos Conjuntos.
JPL	Laboratorio de Propulsión (de Proyectos).
JRCT	Centro de Entrenamiento Conjunto.
LAN	Red de Área Local.
LHN	Red de Larga Distancia.
NTC	Centro Nacional de Entrenamiento.
OPFOR	Fuerza Oponente Real.
PLBS	Simulador de Pelotón.
REDCOM	Mando Preparado de Combate.
SAF	Modelo Colector del Centro de Inteligencia para la Guerra.
SAOPFOR	Fuerzas Enemigas Semiautomatizadas.
SIMMET	Simulador de RED.
TACSIM	Modelo Simulador de Inteligencia.
TCDC	Centro de Desarrollo Táctico para los Mandos.
TOC	Centro de Operaciones Tácticas.
TRAC	Mando de Análisis del TRADOC.
TRADOC	Mando de Entrenamiento y Doctrina.

ARMADA

ACTS	Modelo de entrenamiento a bordo de los buques.
APQ-12	Radar de a bordo.
SLQ-32	Modelo de entrenamiento sonar de a bordo, moderno.

SPH-1	Entrenador en tierra (en muelle de atraque).
SQQ-89	Modelo de entrenador sonar de a bordo.
20 B-4	Entrenador para equipos de combate móviles.
20 B-5	Entrenador para equipos de sistemas de combate móviles de las fragatas FFG-7.

EJÉRCITO DEL AIRE

ADSIM	Simulador de Defensa Aérea.
BLUE-FLAG	Escuela de Operaciones Aeroterrestres y Centro de Guerra Aerotáctica.
C3	Centro de Control, Comunicaciones e Inteligencia.
CRS,s/CPR,s	Centro y Puesto de Control y de Información.
ECM	Contramedidas Electrónicas.
IFF/SIF	Identificación Amigo/Enemigo.
STEM	Módulo de Ejercicios de Entrenamiento de Sistema.
TAC	Mando Aerotático.
TACSIM	Simulador de Mando Aerotático.

CAPÍTULO SEXTO

EL FACTOR COSTE-EFICACIA EN EL EMPLEO DE LOS SIMULADORES PARA LA DEFENSA

EL FACTOR COSTE-EFICACIA EN EL EMPLEO DE SIMULADORES PARA LA DEFENSA

Por JOSÉ LUIS DE BLAS GAMBOA

Introducción

Nos encontramos hoy en día con una sorprendente proliferación de equipos de simulación en el seno de los Ejércitos. Hay una gama variadísima de simuladores, pero en general, su precio es elevado. Ante la escasa disponibilidad presupuestaria de siempre, cabría preguntarnos si no sería más rentable, al menos en algunos casos, dejar de gastar dinero en simuladores, y en su lugar, adquirir armas «de verdad» u otro equipamiento necesario para el combate real...

Hay detractores acérrimos de los simuladores; y también entusiastas defensores. ¿Quién tiene razón? ¿Es, realmente, un gasto superfluo, que podría emplearse mejor en otro material de guerra? O dicho de otra manera: ¿es suficientemente bueno el factor coste-eficacia de los simuladores, como para justificar su empleo en las Fuerzas Armadas...?

No vamos a intentar en este reducido espacio, un análisis profundo de esta cuestión que requeriría una mayor amplitud. Trataremos únicamente de hacernos algunas consideraciones generales, que nos pueden ayudar a enforcar mejor un futuro estudio del tema.

Partiendo del factor coste-eficacia, tan esclarecedor en el ámbito empresarial, comentaremos cuál puede ser su aplicación general en los temas relativos a Defensa, contemplando todo ello a la luz de la misión encomendada a las Fuerzas Armadas. Posteriormente, echaremos una breve ojeada sobre el papel que están desempeñando los simuladores en los Ejércitos, para finalmente, intentar una valoración global de la rentabilidad coste-eficacia de su empleo.

El factor coste-eficacia en la defensa

Cuando nos interesamos por el factor coste-eficacia está claro que nos estamos preocupando por la utilidad final de un gasto que hayamos hecho en algo. Se trata, en definitiva, de «no tirar el dinero», sino por el contrario, sacar el mayor fruto posible de él. Y todo ello, naturalmente, ante un objetivo propuesto previamente, de cuyo logro final nos queremos asegurar con las mayores garantías posibles.

Si en una fábrica sustituimos una vieja máquina por otra más moderna, más capaz y más rápida, que nos haga mejorar y aumentar la producción, quizá también podríamos aumentar nuestras ventas y, así, mejorar nuestros beneficios. En tal caso, los costes de la nueva máquina quedarían rápidamente amortizados, nuestras ganancias aumentarían, y habría quedado demostrado la utilidad del gasto realizado. Es decir: el factor coste-eficacia habría resultado satisfactorio si, con aquel esfuerzo económico, hubiéramos logrado el pretendido objetivo de mejorar los beneficios.

Ahora bien; si en el mismo ejemplo anterior, una vez comprada la nueva máquina y mejorada con ella la producción, no consiguiéramos vender más —si por ejemplo, estuviese saturado el mercado—, significaría que el esfuerzo económico realizado no nos ha servido para nada y por lo tanto, el factor coste-eficacia resultaría desastroso. Habríamos hecho un gasto inútil.

Pues bien y si en el ejemplo que, de manera tan simplificada, acabamos de exponer, se hace evidente la conveniencia de buscar un factor coste-eficacia válido cuando efectuamos algún gasto, puede ocurrir en cambio, que el cálculo de este factor no sea tan fácil de hacer cuando intentemos aplicarlo a temas relativos a Defensa. En estos casos, la utilidad final, o eficacia, del gasto realizado, sólo se puede comprobar con verdadera seguridad, cuando se ha llegado a una situación de guerra, y según se logre, o no, una victoria satisfactoria. En tiempo de paz, la eficacia de la defensa es difícil de valorar, y rara vez se puede cuantificar en números. La eficacia, en nuestro caso, se basa en factores de probabilidades y de incertidumbres, sin modelos concretos que puedan servir de referencia directa, y normalmente resultan difíciles de materializar. Por ello hay que recurrir a soluciones aproximadas, buscando modelos suficientemente adecuados, que nos sirvan para analizar el binomio coste-eficacia mediante estudios comparativos con otras alternativas a cada caso concreto.

Nos detendremos brevemente en comentar algunos aspectos de ello porque, en efecto, analizar el coste-eficacia en los gastos de Defensa puede

resultar una ardua labor en la mayoría de los casos. Claro está que no por ello debemos renunciar a tal análisis, sino todo lo contrario: debe ser preocupación constante de los administradores del presupuesto de Defensa, que deben ajustar el gasto, en cada caso, al más útil de sus empleos. No sólo lo exigen así razones elementales de orden y sentido común económico, sino que además es preciso tener en cuenta la transcendencia que para toda la nación tiene el contar, o no, con unas Fuerzas Armadas eficaces y bien dotadas, lo que se puede conseguir administrando correctamente el presupuesto, siempre mucho más corto de lo deseable.

Es sobradamente conocido que el coste de mantener actualmente un ejército moderno es elevadísimo, y que se encarece día a día de manera imparable. Las necesidades aumentan, y la carestía también. Ello ocurre, no sólo por la complejidad, alta tecnología y sofisticación del armamento actual, sino también por la necesidad de contar con un personal cada vez más cualificado, con mayores conocimientos y más profesional.

Paradójicamente, al mismo tiempo que contemplamos con preocupación este rápido encarecimiento, asistimos hoy a unos drásticos recortes presupuestarios en los Gabinetes de Defensa de todo el mundo occidental, justificados aparentemente por la sensación generalizada de que no «existe posible enemigo» tras el derrumbamiento de la Unión Soviética. En realidad, se estaba necesitando un alivio, pues los gastos de Defensa se habían disparado.

Frenar la carrera de armamentos fue un logro notable para la historia de los pueblos. Pero desgraciadamente aún no ha llegado el momento de que las naciones puedan prescindir de sus ejércitos, aunque hayan desaparecido la tensión bipolar que encabezaban la Unión Soviética y Estados Unidos. Por eso, las importantes mermas actuales en los presupuestos de Defensa, obligan a hacer malabarismos económicos con objeto de que las consiguientes reducciones de efectivos y unidades, resten la menor eficacia posible a los ejércitos. El problema que se presenta ahora a los responsables de Defensa, es el de acomodarse a unas nuevas disponibilidades presupuestarias, mucho más cortas que en los años anteriores, precisamente cuando la carestía del armamento se ha multiplicado. En resumen, se trata de «hacer más, con menos dinero», procurando mantener el más alto grado de eficacia en la fuerza. O lo que es lo mismo, gastarse el presupuesto con un factor coste-eficacia óptimo.

La guerra, cuando llega, es cara. Pero si se pierde, resulta inaceptablemente cara. Por eso hay que prepararla desde tiempos de paz, porque, al final, será

menos cara. Lo que importa, es que el esfuerzo económico que supone mantener un ejército eficaz en tiempo de paz, compense. Y si se tiene la fortuna de no entrar en guerra, mejor: sería la mejor «compensación» de los gastos de Defensa, pues la eficacia del ejército, también está en la disuasión. El viejo adagio «si quieres la paz, prepara la guerra», sigue siendo válido, aunque parezca no estar de moda cuando una sociedad pierde la sensación de tener un «posible» enemigo. Lo malo de semejante situación, es que se vuelve peligrosa cuando al mantenimiento de un ejército nacional llega a parecer innecesario. Los gastos de Defensa, son entonces muy difíciles de aceptar, pues queda oscurecida, aún más, la posible eficacia de los costes correspondientes. Y toda excusa es buena para recortar el presupuesto.

Existen también otros muchos aspectos de la sociedad que camuflan aún más el rendimiento posible de los gastos de Defensa. Son repercusiones indirectas en otros ámbitos, como por ejemplo, los efectos beneficiosos del desarrollo de las industrias de Defensa, incluyendo el mantenimiento de unos puestos de trabajo; o el impulso en desarrollo tecnológico, especialmente dado por los capítulos de Investigación y Desarrollo (I+D); o el apoyo argumental que un Ejército potente y entrenado puede proporcionar en crisis diplomáticas, a la hora de defender los intereses nacionales en una mesa de negociación internacional.

No obstante, por difícil que resulte una valoración cuantitativa del factor coste-eficacia en los gastos de Defensa, lo que sí parece obvio es que, una vez aprobado un presupuesto, hay que gastárselo de forma más útil posible para esa necesaria defensa.

¿Cómo conseguirlo?

Por supuesto que la respuesta no es fácil, y no vamos a tratar aquí de buscarla. Lo que sí podemos decir a grandes rasgos, es que el sistema utilizado empieza, lógicamente, por una determinación de las «necesidades» de Defensa, a la vista de la situación estratégica, política, económica y social, tanto nacional como internacional. Así, una vez definidos los «posibles enemigos», su capacidad para agredirnos y las probabilidades de que esto ocurra, puede fijarse un plan previo de la defensa más eficaz, y en consecuencia, determinar las necesidades de material, personal y logísticas imprescindibles para tener el ejército que se necesita.

Para ello se redacta periódicamente el Plan Estratégico Conjunto (PEC), se determinan unos objetivos de fuerza, y se elaboran una serie de planes logísticos, de adquisiciones, de nuevas construcciones, así como de

enseñanza, de adiestramiento, maniobras, etc., que emanen de los Cuarteles Generales y de los distintos EM,s. Después, cuando se aprueban los presupuestos anuales, siempre resultan cortos, por lo que es preciso abandonar todos aquellos proyectos de baja prioridad para los que no alcance el dinero presupuestado... Esto, normalmente, obliga a tomar difíciles decisiones para preservar, a pesar de todo, la eficacia de la fuerza. Y es que, en realidad, en los temas de Defensa Nacional, el binomio coste-eficacia debería considerarse al revés; es decir: buscar primero la eficacia, y después, procurar abaratar el coste...

La búsqueda de la eficacia en los ejércitos

Las consideraciones de carácter general en las que hasta aquí nos hemos extendido, pueden situarnos de manera global en el ámbito donde debemos enfocar el estudio del factor coste-eficacia cuando queremos aplicarlo a cualquier gasto de Defensa.

Hemos visto a grandes rasgos algunas de las dificultades que entreaña contemplar los gastos de Defensa a la luz de dicho factor, sobre todo porque, en nuestro caso, la eficacia no es mensurable ni numérica ni económicamente, como sí ocurre, efectivamente, en el mundo empresarial. Tampoco el coste puede medirse tan fácilmente como parece a primera vista, pues, si profundizásemos en ello, encontraríamos repercusiones en otros campos, que si no se tienen en cuenta, falsean los costes exactos.

Limitándonos a la eficacia, conviene recordar primero qué entendemos por Defensa Nacional. Ésta, quedó claramente definida en el artículo 2 de la Ley Orgánica 6/80, donde dice:

«La Defensa Nacional es la disposición; integración y acción coordinada de todas las energías y fuerzas morales de la Nación ante cualquier agresión...». Y sigue:

«...debiendo todos los españoles participar en el logro de tal fin. Tiene por finalidad garantizar de modo permanente la unidad, soberanía e independencia de España, su integridad territorial y el ordenamiento constitucional protegiendo la vida de la población y los intereses de la Patria, en el marco de lo dispuesto en el artículo 97 de la Constitución».

Subrayaremos dos aspectos concretos de esta definición: por un lado menciona expresamente a «todas las energías» y a todas «las fuerzas morales» de la Nación. Y por otro lado, establece directamente la «finalidad» de la Defensa Nacional.

Pues bien, podremos de todo ello sacar la consecuencia de que la Defensa Nacional será eficaz únicamente cuando logre alcanzar plenamente la «finalidad» para la que ha sido creada. Será entonces cuando el empleo de todas aquellas «energías» (políticas, sociales, económicas y, en su caso, militares) habrán supuesto un coste útil y eficaz. El binomio coste-eficacia habrá obtenido un valor del todo satisfactorio.

Pero... ¿pueden en realidad medirse todos estos valores de alguna forma matemática, que puedan plasmarse en fórmulas numéricas, o cuantificarse en cantidades contables? Creemos objetivamente que no.

Aún tenemos muy reciente la experiencia de la guerra del Golfo, de la que apenas han transcurrido unos meses y a la que parece obligado hacer referencia. En ella se empleó armamento convencional de la más avanzada tecnología existente en aquel momento. Los costes económicos de la guerra han sido verdaderamente importantes. Pero en líneas generales, los objetivos militares planteados por las fuerzas aliadas, se alcanzaron con enorme eficacia y en brevísimo tiempo. Las bajas aliadas fueron mínimas, y en el terreno político y económico, se recuperó la soberanía de Kuwait, liberando la disponibilidad de los pozos de petróleo.

Sin embargo, los objetivos últimos, no ya militares, sino globales desde el punto de vista de la Defensa Nacional de los países aliados, aún no han sido logrados por completo, persistiendo las tensiones y la inestabilidad de la zona, no habiéndose resuelto el problema palestino, y habiéndose recrudecido la inquietante efervescencia del fundamentalismo islámico... El nuevo orden mundial, tan deseado para lograr definitivamente una humanidad en paz, y que pareció por un momento que podía alcanzarse ya, se contempla nuevamente escurridizo y lejano, a pesar del fracaso del mundo comunista.

Puede decirse, en resumen, que el esfuerzo realizado por la coalición de la ONU en el Golfo, mereció la pena, sin duda. Pero ¿hasta qué punto la eficacia ha sido proporcional al coste? ¿Cómo podríamos medirlo?

En cualquier caso, evidentemente, es de la mayor importancia siempre, que los gastos de Defensa redunden en la máxima eficacia posible. Y en esto, las Fuerzas Armadas, aunque no sólo ellas, tienen una parte importante de la responsabilidad, utilizar con la mayor eficacia los medios puestos a su disposición para que pueda alcanzar sus fines.

Sobre cómo afrontar esta responsabilidad, también podemos encontrar algún punto de referencia en la guerra del Golfo, donde hemos visto a un soldado estadounidense muy distinto de aquél del Vietnam, que acabó

humillado, sin moral profesional y rechazado, además, por sus compatriotas que no lo comprendían. El sensible cambio de aquel soldado, no ha sido casual. Por el contrario, es el resultado de un esfuerzo decidido y consciente, dentro de los objetivos de la defensa estadounidense, que desde hace aproximadamente unos diez años inició un serio programa de recuperación de la moral militar en sus Ejércitos, de la motivación profesional, así como de su preparación para el combate. En Israel, y también en Gran Bretaña, se habían adoptado iguales medidas, y así fue que la eficacia de los británicos en las Malvinas se puso claramente de manifiesto.

En las Fuerzas Armadas de Estados Unidos no sólo se llevó a cabo un costoso, como siempre, programa de armamento, sino que también se hizo especial hincapié en una adecuada instrucción y adiestramiento del personal, y en el fomento de una conciencia ciudadana solidaria con sus Fuerzas Armadas. Producto de este considerable esfuerzo de todos esos años, ha sido el espectacular y eficaz resultado que recientemente hemos observado en el Golfo.

Ocurre que, cuando se viven tiempos de paz duraderos, es fácil que se reduzca la necesaria preparación para el combate del personal militar, lo que puede ser gravísimo, ya que en el momento crítico es muy difícil, si no imposible, improvisarla. De ahí que al esfuerzo en actividades adiestramiento sea una prioridad permanente de la defensa, por mucho que, desde luego, tenga un coste elevado.

Todos los ejércitos del mundo, a lo largo de la Historia, han buscado alguna manera de ejercitarse para la guerra durante la paz. Indudablemente, la experiencia de guerra, sólo se adquiere durante la propia guerra, y su estudio teórico, aunque no deje de ser importante, resulta del todo insuficiente. Ahora bien: entre la guerra real, y la teoría de la guerra, existe un término medio que es el «simulacro» de las situaciones de guerra, donde se intenta reproducir del modo más apropiado posible las circunstancias bélicas, para que el futuro combatiente se adiestre en el manejo del armamento y en las diversas tácticas del combate real, lo que incluye desde la manera de utilizar los equipos, hasta la toma de decisiones en los niveles de mando.

Con este propósito de «imitar» la realidad del combate, han ido apareciendo a lo largo de los tiempos un sin fin de variadísimos sistemas y artulugios dedicados al adiestramiento de la fuerza, desde el simple saco de arena para ensayar el ataque a la bayoneta, las «pistas de fuego», los «burros» de carga para los sirvientes de Artillería, las estructuras simuladas donde se

hacen ejercicios de contraincendios... hasta las grandes maniobras por cielo, mar y tierra.

Desde hace años, el desarrollo de la electrónica, ha permitido el empleo, con los mismos fines, de equipos de simulación cada vez más completos y más variados, que han venido a constituir una poderosa ayuda, insustituible en muchos casos, para una gran cantidad de actividades tanto de enseñanza, como de instrucción, adiestramiento, experimentación, etc. Como ejemplo podemos mencionar, los blancos artificiales en pantallas de radar para ejercicio de los operadores, así como sistemas eléctrico-hidráulicos controlados por amplificadores para reproducir vehículos y plataformas diversas, o los aviones radio-dirigidos para blanco artillero.

Hoy día, con la incorporación del ordenador, proliferan los simuladores de todo tipo en las escuelas y centros de adiestramiento de las Fuerzas Armadas. En realidad, la inclusión del ordenador en estos sistemas, fue lo que marcó la aparición de lo que ahora conocemos como «simuladores», propiamente dichos. Y así podemos hablar de simuladores de vuelo para adiestramiento de pilotos, o simuladores de carros de combate para ejercicios con su dotación, o simuladores de submarinos, tácticos, de guerra electrónica, «juegos de la guerra», y así un largo etc...

Ni que decir tiene que todos estos sistemas resultan utilísimos para mantener, en el más alto grado posible, la preparación para el combate de las fuerzas, cosa que o sería posible de no contar con ellos, pues ¿cómo podríamos lanzar todos los días unas decenas de misiles sólo para ejercicio? o ¿seríamos capaces de tener siempre en la mar un par de agrupaciones aeronavales dedicadas exclusivamente al adiestramiento de las dotaciones? Una actividad semejante agotaría en pocas semanas el presupuesto de todo el año... y sin embargo, es lo que tendría que hacerse, para mantener el nivel actual de la fuerza si no contáramos con los simuladores actuales.

Que los ejércitos estén preparados para entrar en acción cuando sea necesario, supone —aparte de otras muchísimas previsiones de carácter operativo, orgánico, logístico, administrativo, etc.—, fundamentalmente que los futuros posibles combatientes estén bien adiestrados. En tiempo de paz ésta es la responsabilidad de las autoridades de Defensa, ya que el adiestramiento es básico y está directamente ligado a esa eficacia que los ejércitos deben aportar a los costes de su mantenimiento, y sobre todo, si estalla la guerra, estaremos en condiciones de alcanzar con éxito los objetivos militares propuestos.

El empleo de simuladores en defensa

Hemos visto las dificultades que existen para hacer un cálculo serio del factor coste-eficacia en los gastos de Defensa, debido, sobre todo, a la imposibilidad práctica de valorar numéricamente la eficacia de los ejércitos, no sólo en tiempo de paz, sino incluso una vez terminada la guerra y alcanzada la victoria.

También hemos señalado que la responsabilidad de los ejércitos en su colaboración con la Defensa Nacional, es la de aportar el elemento de eficacia militar, esforzándose en tiempo de paz, en mantener el más alto grado posible de preparación para el combate; y en tiempo de guerra, alcanzando los objetivos militares.

Y, finalmente, hemos indicado que para mantener ese grado de preparación para el combate, los simuladores actuales constituyen una valiosa herramienta. El «porque» es así, quizá merezca la pena que nos paremos a considerar brevemente algunos aspectos del empleo de estos simuladores en los ejércitos.

No hace falta decir, que la gama de aplicaciones de los simuladores, es variadísima. Pero si nos atenemos exclusivamente a aquellas más características y propias de la milicia, directamente relacionadas con el combate podremos ver que los simuladores son especialmente útiles en los ejércitos:

- El estudio, análisis, planeamiento y desarrollo de las tácticas de combate y del empleo de los sistemas de armas.
- El apoyo al adiestramiento operativo de la fuerza y de los responsables de su conducción en la toma de decisiones.
- El adiestramiento individual y en equipo de los combatientes en el mejor empleo de los medios.

En los dos primeros casos, los simuladores empleados son los de tipo «juegos de la guerra» (*war games*), y en el tercer caso, nos encontramos toda la inmensa variedad de simuladores de vuelos, simuladores de carros de combate, de vehículos de distintas clases, de direcciones de tiro y lanzamiento, etc.

Entre las ventajas que proporcionan los simuladores en las tareas anteriormente señaladas, podemos citar, entre otras, las siguientes:

- Ahorro de costes, y ahorro de riesgos para el personal y para el material.
- Posibilidad de «ensayarlos», sin exponer el secreto de los planes de operaciones, ni desvelar las tácticas.
- Posibilidad de experimentar, y observar reiteradamente, fenómenos que en la realidad no podrían ser provocados.

- Capacidad de simular circunstancias complejas de situaciones bélicas, no practicables en la realidad.
- Independencia de las condiciones reales ambientales para poder efectuar toda clase de ejercicios.
- Graduación y dosificación de la intensidad y dificultad de los ejercicios de adiestramiento.
- Reducción de los tiempos de enseñanza.
- Capacidad de repetición ilimitada de ejercicios y situaciones operativas.
- Posibilidad de utilizar unidades y sistemas de armas nuevas, antes de su implantación.
- Posibilidad de hacer estudios comparativos y repetitivos de soluciones, para buscar la más adecuada.

Naturalmente que los simuladores también tienen sus limitaciones y desventajas, como por ejemplo:

- Restan sentido de responsabilidad en la toma de decisiones y en las reacciones.
- Es imposible reproducir con exactitud todo el entorno y circunstancias del combate real.
- Las limitaciones, o mala simulación, pueden crear hábitos defectuosos, sumamente peligrosos.

Es necesario hacer hincapié en que la simulación no puede sustituir ni anular a los ejercicios y maniobras de adiestramiento con las unidades y sistemas reales, que siguen siendo imprescindibles. Pero no deja de ser cierto que los simuladores permiten una serie de realizaciones operativas que no serían factibles de ninguna otra manera, salvo que se produjeran en circunstancias de guerra.

Es decir, los simuladores, por un lado, permiten crear artificialmente circunstancias de combate que no podrían estudiarse, analizarse e investigarse de ninguna otra manera.

También, esas circunstancias artificiales sirven para que los futuros combatientes adquieran destreza en el manejo de las armas, en su mejor empleo táctico, y en la toma de decisiones.

Por otro lado, los simuladores proporcionan un ventajoso e importante aprovechamiento del tiempo disponible para el adiestramiento de la fuerza.

Y por último, como ya hemos indicado y es evidente, consiguen un sustancioso ahorro económico, al evitar consumos importantes, desgastes de material, averías, etc. que inevitablemente tendríamos que soportar si los ejercicios los hiciéramos con las unidades y armas auténticas, en lugar de

Simularlas. Además, ahorra igualmente, riesgos para el personal, que puede ejercitarse en situaciones peligrosas sin posibilidad de accidentes ni de bajas.

Conclusiones

De las reflexiones y comentarios que hemos ido haciendo a lo largo de estas líneas, podemos extraer algunas ideas que, a modo de resumen, centren la cuestión de si es rentable, en las Fuerzas Armadas, el empleo de simuladores.

Cabría decirnos que, si los ejércitos conseguían una buena preparación para el combate cuando no existían los simuladores, porque tendrían que resultar ahora tan necesarios. Pero lo cierto es, que dada la avanzada tecnología de los sistemas de armas con que contamos hoy, y la complejidad en el planeamiento de las operaciones de la guerra actual, los simuladores resultan imprescindibles, y juegan un papel irremplazable en la búsqueda de la eficacia por los ejércitos, y en su preparación para el combate.

El factor coste-eficacia de los simuladores, es a todas luces, óptimo, aunque no se pueda hacer con precisión un cálculo numérico global. En el caso de cada simulador concreto y particular, podría hacerse una estimación comparativa de los costes que, a igualdad de resultados, tendrían que afrontarse si en lugar del simulador, se emplease armamento y unidades reales. Pero nos serviría únicamente como una referencia no excesivamente exacta ni aprovechable.

Debemos recordar que, en muchos casos, los simuladores se adquieren, no para sustituir otras posibilidades de adiestramiento o de investigación, sino por sí mismos, para solucionar problemas y cubrir necesidades, que no se pueden resolver de ninguna otra manera.

De todas formas, será necesario tener siempre presente, que los simuladores exigen un empleo apropiado, con un fin concreto y adecuado, sin esperar de ellos otros resultados superiores a aquéllos para los que fueron diseñados, y teniendo en cuenta las limitaciones que puedan tener en cada caso en su imitación de la realidad.

Concluiremos diciendo que, dentro de las posibilidades y prioridades presupuestarias, el coste de un simulador no debe ser obstáculo para su adquisición, siempre que nos aseguremos de poder obtener de él toda la utilidad que sea capaz de proporcionarnos en esa permanente búsqueda de la eficacia en los ejércitos y en la Defensa Nacional.

CAPÍTULO SÉPTIMO

**SOFTWARE Y LENGUAJES
DE PROGRAMACIÓN**

SOFTWARE Y LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN

Por IGNACIO SORET DE LOS SANTOS

Programación en Inteligencia Artificial (IA)

A los lenguajes diseñados para la programación en Inteligencia Artificial (IA) se les suele denominar lenguajes de programación de procesamiento simbólico, concebido para manipular símbolos y no algoritmos matemáticos. El primero desarrollado con este propósito en los años cincuenta fue el Lenguaje de Procesamiento de Información (IPL). Sin embargo éste es un lenguaje de bajo nivel y por tanto difícil de usar, por lo que pronto fue sustituido por otro de alto nivel más adecuado LISP.

Un programa inteligente es capaz de establecer asociaciones entre símbolos en lugar de almacenarlos únicamente como datos sin relacionar. La técnica usada para representar asociaciones es una estructura llamada lista, figuras 1, 2 y 3, por ello también a los lenguajes de procesamiento simbólico en general se les llama lenguajes de procesamiento de listas.

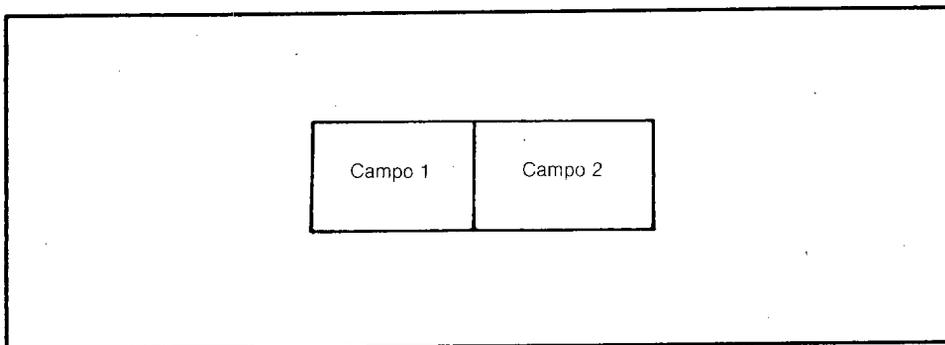


Figura 1.—Una celda.

Una lista se representa en la memoria de un ordenador como una serie de celdas y cada una de ellas contiene dos partes o campos. En la lista más simple un campo contiene un símbolo y el otro contiene un puntero que apunta a un símbolo o a la siguiente celda. Una lista puede ser dinámica y apuntar a otras celdas, y su tamaño y forma puede variar continuamente durante la ejecución del programa.

Procesador de listas: LIST (LIST procesador)

Un programa LIST es en realidad una lista LIST, y por tanto puede ser tratado como datos por otro programa LIST o por sí mismo. De este modo, puede modificar sus propias instrucciones de programa o añadirse a sí mismo instrucciones nuevas. Y lo que es más curioso, un programa LISP dado puede escribir un programa LISP completamente nuevo. Los programas LISP se interpretan según van siendo ejecutados. Eso ayuda al desarrollo del *software* de inteligencia artificial, ya que la programación IA es un proceso de ensayo y error.

Una ventaja de LISP frente a otros lenguajes simbólicos es que ha sido utilizado durante mucho tiempo y en muchos laboratorios de investigación. Esto ha dado como resultado el desarrollo de entornos de programación (grupo de programas que facilitan el desarrollo y ejecución del programa) que no encuentran paralelismo en ningún otro lenguaje de IA.

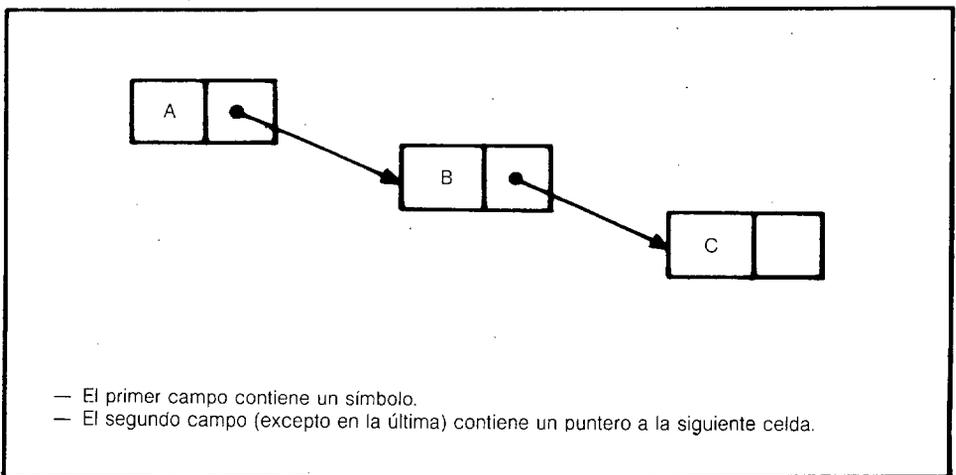


Figura 2.—Lista simple.

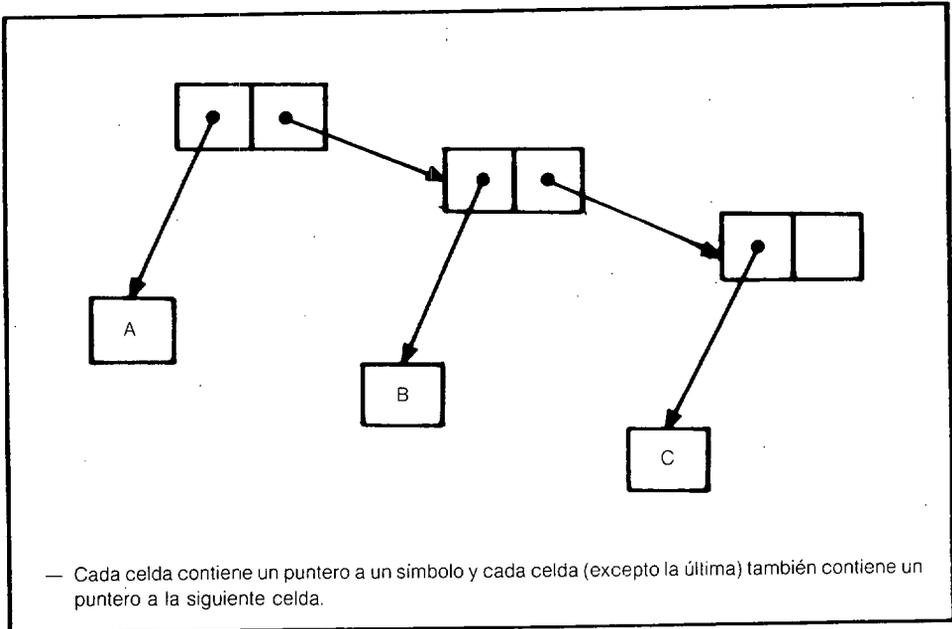


Figura 3.—Una lista más completa.

Las características de un entorno son herramientas *software*, con un editor de textos (para introducir instrucciones de programa), un depurador (para ayudar a encontrar y corregir errores) y un sistema de ventanas (para visualizar distintos aspectos del programa en el mismo instante).

El lenguaje LISP está siendo revisado y mejorado continuamente, dando lugar a diferentes versiones LISP que en la actualidad tienen amplio uso (dialectos).

Otros lenguajes de programación en IA

Se han desarrollado varios lenguajes para implementar técnicas específicas de resolución de problemas:

- POP-2. Universidad de Edimburgo.
- PROLOG. Universidad de Marsella.
- SAIL. Universidad de Stanford.
- SMALLTALK, de la Xerox PARC.

De todos éstos, el único que, junto con el LISP tiene uso extendido, es el PROLOG.

PROLOG (programación lógica)

Desarrollado en Francia en el año 1973, su uso está extendido en Europa y en Japón, donde ha sido adoptado como lenguaje oficial de programación de IA para el proyecto de quinta generación.

Se basa en la utilización de la lógica para resolver problemas y usa la técnica de la lógica formal llamada cálculo de predicados para demostrar la verdad de las proposiciones a partir de un conjunto de axiomas. PROLOG es más sencillo que LISP pero quizá no ofrezca su enorme flexibilidad.

Representación del conocimiento y lógica

Los dos tipos de conocimiento que se necesita representar en un ordenador son:

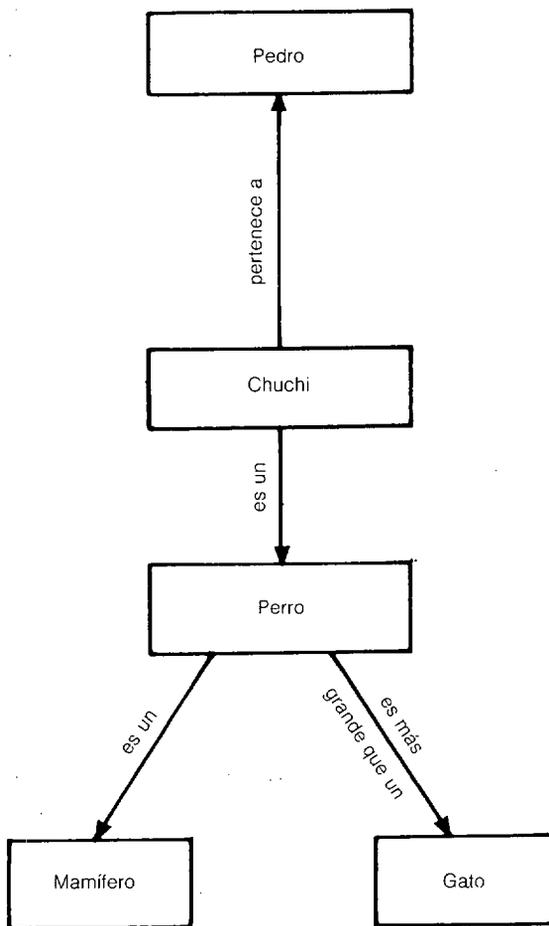
- Conocimiento declarativo. Conocemos los hechos de los objetos y como se relacionan entre sí.
- Conocimiento procedimental. Sabemos cómo hacer las cosas y cómo usar nuestro conocimiento declarativo.

Los sistemas lógicos formales usados para representar el conocimiento declarativo en IA con el cálculo proposicional y el cálculo de predicados. Esencialmente un programa de IA que usa la lógica para representar el conocimiento ve su dominio como un conjunto de fórmulas lógicas. Aplicando un grupo de reglas de inferencia (motor de inferencia) a su base de conocimientos, el programa es capaz de sacar las conclusiones deseadas.

También se utilizan sistemas lógicos menos formales, como es el caso de la lógica difusa que está diseñada para mejorar conceptos relativos y aproximados como alto, caro o normal. La lógica difusa permite construcciones como «alto alto» o «moderadamente caro», descripciones que resultarían intolerables para la lógica formal, pero que resultan análogas al pensamiento humano.

Redes semánticas y heurística

Cuando se trata de definir relaciones complejas en una base de conocimiento, la manera más clara de representarlas es dibujar una red semántica, figura 4, en la que los hechos que tienen relación entre sí están conectados por enlaces de la red. Un dominio que posea una gran cantidad de conocimiento



Por cálculo de predicados:

Proposición 1: Chuchi es un perro.

Proposición 2: Todos los perros son más grandes que los gatos. Si estas proposiciones son verdaderas:

Conclusión: Chuchi es más grande que todos los gatos.

Figura 4.—Red semántica sencilla.

con interrelaciones complejas tendrá la posibilidad de establecer la base de un sistema de inferencia sofisticado mediante una red semántica. Estas se han usado para la representación del conocimiento en sistemas expertos como el prospector del SRI, que ha demostrado su utilidad en la predicción de depósitos minerales.

En un programa de IA no existe algo semejante al proceso de planificación informal. La simulación de cualquier acto inteligente, aún el que parece más sencillo para un ser humano, necesita la definición de un procedimiento formal para determinar el curso de acción. El proceso de examen de las posibles soluciones alternativas para llegar desde un estado inicial al final (objetivo) se designa como búsqueda, y el conjunto de los posibles caminos de exploración es el espacio de búsqueda. La mayor parte de la historia de la investigación en IA está dedicada al descubrimiento de técnicas de búsqueda más eficientes.

La búsqueda heurística es uno de los fundamentos de IA. Entendemos por heurística la estrategia, truco simplificación o cualquier otra clase de estratagema que limita y simplifica drásticamente la búsqueda de soluciones en grandes espacios problemas. La heurística no garantiza soluciones óptimas; de hecho, no garantiza el que haya una solución. Todo lo que se puede decir para que una heurística sea útil es que ofrece soluciones que son suficientemente buenas la mayoría de las veces.

Máquinas LISP

Se entiende por máquina LISP un ordenador de un único usuario diseñados fundamentalmente para el desarrollo de programas de IA. Además, hay ciertos tipos de *hard* y *software* que se han convertido en estándar para las máquinas LISP.

Características hardware

Procesador de alta velocidad. Pueden dar tiempos de ejecución de diez a veinte veces superiores a otros ordenadores.

Gran memoria. Los programas de IA necesitan más Memoria de Acceso Aleatoria (RAM) y más espacio de almacenamiento de disco que otros programas. Además, la memoria está disponible en cualquier instante para el único usuario de la máquina, en contraposición a lo que sucede en otros ordenadores (tiempo compartido).

En el cuadro 1 se presentan tamaños típicos de memoria de distintos ordenadores. Si comparamos las capacidades de disco y de RAM de una máquina LISP, como *Symbolics* con las de un ordenador típico de tiempo compartido, como el VAX-11/785, puede parecer que aquélla es la mitad de potente que ésta. Sin embargo, debe recordarse que toda la memoria de una LISP se encuentra disponible para cada programador individual, mientras que uno que esté utilizando un ordenador de tiempo compartido debe compartir los recursos de memoria con los otros usuarios del ordenador.

Cuadro 1.— *Tamaño típico de memoria de distintos ordenadores.*

<i>Ordenador</i>	<i>RAM</i>	<i>Memoria de disco</i>
Ordenadores personales PC,s	640 Kbytes	18 Mbytes
Ordenadores personales «tecnología avanzada»	1 a 2 Mbytes	20 a 30 Mbytes
Máquina LISP (Symbolics 3670)	30 Mbytes	474 Mbytes
Minordenadores de tiempo impartido (DEC VAX-11/787)	64 Mbytes	1 Gbytes

- 1 Kb = 1.000 caracteres (tres ceros).

- 1 Mb = 1.000.000 de caracteres (seis ceros).

1 Gb = 1.000.000.000 de caracteres (nueve ceros).

Visualización de mapas de bits. La visualización en una máquina LISP es de alta resolución, pudiendo representar en pantalla muchos más caracteres al mismo tiempo, pudiendo además encender o apagar cada *pixel* individualmente. Esta capacidad es lo que se conoce como visualización de mapas de *bits*.

Teclado especializado. Poseen teclas de función especiales para programación en IA.

Ratón. Un ratón permite usar un ordenador simplemente apuntando a elementos que están en la pantalla en lugar de estar escribiendo sobre el teclado.

Comunicación. Las máquinas LISP suelen comunicarse con otros ordenadores usando redes locales o con un sistema de telecomunicaciones.

Características software

Las máquinas LISP disponen de muchas herramientas *software* para simplificar y agilizar la escritura de programas de IA. Citaremos, entre ellas:

— Lenguajes especializados, LISP y/o PROLOG.

- Editores, para introducir y/o modificar un programa.
- Depuradores, para ayudar a identificar y corregir errores en el programa.
- Herramientas de desarrollo de sistemas expertos.
- Herramientas de desarrollo de *software* inteligente, para ayudar en las distintas fases de proceso de programación, como por ejemplo las ventanas de la pantalla.

Algunas máquinas LISP

- LMI Lambda.
- Symbolics serie 3600 (3460 y 3670).
- Xeron, serie 1100 (1108 y 1132).

Tecnología avanzada por ordenadores

Los programas de IA necesitan más recursos informáticos que otros. La mayor parte de la investigación en IA está dedicada a optimizar los ordenadores para emplearlos en aplicaciones de IA. Mencionaremos a continuación dos grandes áreas de investigación.

Integración a escala muy grande: VLSI

La integración es el proceso de combinar componentes electrónicos en un único dispositivo compacto: *chip*. La técnica VLSI permite integrar cientos de miles de componentes en un único *chip*, dotando a los ordenadores de memoria suficientemente grande y de altas velocidades de procesamiento. Por ejemplo, el proyecto japonés de quinta generación espera desarrollar ordenadores con memorias de 1.000 gigabytes (1.000.000.000.000 de caracteres) y velocidades de mil millones de inferencias lógicas por segundo. Cada inferencia lógica contiene de 100 a 1.000 instrucciones de ordenador.

Procesamiento paralelo

Los ordenadores, que parece que están haciendo muchas cosas al mismo tiempo, en realidad realizan las acciones en secuencia, de una en una (procesamiento secuencial). Uno de los objetivos de investigación en ordenadores es incrementar las velocidades de cálculo, y uno de los métodos para lograrlo es ejecutar más de un proceso al mismo tiempo (procesamiento paralelo). Este camino es posible hoy día, dado que el coste de las técnicas VLSI han hecho de los procesadores uno de los componentes más baratos de un ordenador.

El proyecto de arquitectura avanzada de ordenadores de la Compañía de Tecnología de Ordenadores y Microelectrónica (MCC), consorcio de 21 compañías americanas, está investigando formas de representar el conocimiento humano para mejorar el almacenamiento y recuperación de una información en una base de datos, para incorporar las tecnologías de IA al diseño de ordenadores y para mejorar el procesamiento paralelo. Este proyecto durará diez años y se centra en los siguientes puntos:

- Sistemas basados en conocimiento/IA.
- Gestión de sistemas de base de datos.
- Tecnología de factores humanos.
- Procesamiento paralelo.

CAPÍTULO OCTAVO

LA SIMULACIÓN Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

LA SIMULACIÓN Y LA INTELIGENCIA ARTIFICIAL

Por JUAN GRANADOS SANGUINETTI

La Inteligencia Artificial (IA), no tiene una definición que ponga de acuerdo a los investigadores que dedican su vida a trabajar en esta disciplina. Generalmente hay grupos de investigadores que no son considerados por sus colegas como desarrolladores de IA pero ellos creen todo lo contrario.

Primera definición de IA

Los computadores de propósito general han sido considerados como IA durante algún tiempo debido a propiedades intrínsecas que mejoraban ciertas capacidades de la mente humana.

Los computadores almacenan información, realizan cálculo numérico y desarrollan operaciones repetitivas de forma más eficiente y rápida que la mente humana.

Sin embargo, progresivamente las facetas de los computadores que eran consideradas IA han ido pasando a formar parte del conjunto de prestaciones consideradas como normales.

En un principio se consideraba IA a cualquier actividad de un computador que simulara actividades humanas pero al hecho de imprimir una carta por una impresora nadie lo consideraba IA y la captura de una imagen si estuvo considerada como IA durante algún tiempo.

Esto dio lugar a un estudio profundo de los mecanismos de la inteligencia humana dentro de las posibilidades de la ciencia disponible en el último medio siglo.

Segunda definición de IA

De estos estudios se llega a una constatación de los distintos mecanismos de la mente humana orientados a la realización de dos actividades que los humanos realizan «bien».

Resolución de problemas. Toma de decisiones

Los ordenadores pueden ser programados para que simulen la inteligencia humana en alguno de sus aspectos y que se comporten ante situaciones de forma inteligente. Para ello el programador deberá introducir de alguna manera diferentes modelos de conducta humana inteligente en la memoria del ordenador. Deberá darle la experiencia en forma de conocimientos y las normas de conducta. Entonces el computador deberá actuar de forma que simule la actuación humana frente a nuevos estímulos. Esa actuación humana puede consistir en alguna o varias de las siguientes acciones:

- Respuesta flexible a problemas idénticos.
- Dar sentido a mensajes contradictorios.
- Reconocer la importancia relativa de la información.
- Encontrar semejanzas a situaciones diferentes.
- Extraer diferencias entre situaciones aparentemente iguales.

La ciencia que permite el desarrollo de esos modelos es llamada «ciencia cognitiva».

El proceso de desarrollo de modelos es un proceso realimentado. De las teorías de la inteligencia humana se extraen modelos que se consiguen introducir en un ordenador y que, tras el proceso de la simulación, nos da unos resultados que tras compararlos con los resultados deseados dan mayor validez a la teoría de la inteligencia o se la quitan.

El avance de estas técnicas irá incrementada progresivamente al número de actividades de la mente humana que es capaz de simularse en una máquina. Esto dará lugar a una situación en la que el concepto de biomáquina (como persona que piensa) y el de máquinas de IA que parecen inteligentes puede llegar a ser indiferenciable por sus respuestas a estímulos exteriores.

El estado actual de este proceso está todavía muy lejos de lo comentado en el párrafo anterior pero hoy en día hay algunas herramientas obtenidas como resultado de la generación de modelos que ya han sido probadas con grandes resultados a la par que productivos en numerosas empresas públicas y privadas y organismos de Administraciones públicas. Son los sistemas expertos.

Un sistema experto, como dice la palabra, pretende ser experto en un campo restringido de actuación llamado dominio en el que se conocen un conjunto de hechos y reglas que se han obtenido de forma experimental (heurísticos). Los estímulos que recibe el sistema experto sirven tanto para presentarle situaciones o problemas a resolver como para que aprenda ante nuevas situaciones tras comprobar los resultados obtenidos a una sugerencia extraída de su experiencia. Su forma de aprender consiste en hacer trabajar el motor de inferencias con los estímulos nuevos. Las reglas previas y los hechos previos para dar lugar a hechos nuevos y nuevas reglas.

Investigación y desarrollo de sistemas productivos

El campo de actuación de IA es enorme y creciente. Hoy en día se investiga y se desarrollan sistemas productivos en los siguientes temas:

- Sistemas expertos.
- Lenguaje natural.
- Reconocimiento de patrones para simulación de sentidos humanos y no humanos (por ejemplo visión artificial de infrarrojos o ultravioletas).
- Robótica.
- Enseñanza asistida por computador.
- Programación automática.
- Planificación.
- Soporte de decisiones.

COMPOSICIÓN DEL SEMINARIO

Presidente: D. ISIDORO GONZÁLEZ COSTILLA .
Doctor Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos.

Secretario: D. AMADOR L. CALAFAT TERRASA
Coronel de Artillería (DEM).

Grupo de Trabajo «L» Telecomunicaciones

Presidente: D. JULIO MARTÍNEZ TORMO
Ingeniero Técnico de Telecomunicaciones.

Vocales: D. FRANCISCO BAUTISTA JIMÉNEZ
General de división de Aviación (DEM).

D. JOSÉ LUIS DE BLAS GAMBOA
Capitán de navío.

D. FERNANDO BUENO SEVILLA
Coronel de Ingenieros. Diplomado en Transmisiones.

D. MIGUEL A. GONZÁLEZ PÉREZ
Ingeniero Técnico Aeronáutico.

D. JUAN GRANADOS SANGUINETTI
Doctor Ingeniero de Telecomunicaciones.

D. JOSÉ LUIS DEL HIERRO ALCÁNTARA
Capitán de navío (G).

- D. LORENZO HORTIGÜELA HORTIGÜELA
Coronel de la Guardia Civil.
- D. DIEGO JAYME BIONDI
Coronel de Artillería (DEM).
- D. JESÚS MARTÍNEZ ARNÁIZ
Coronel de Ingenieros. Diplomado en Transmisiones.
- D. IGNACIO SORET DE LOS SANTOS
Ingeniero Superior de Telecomunicaciones.

Las ideas contenidas en este trabajo son de responsabilidad de sus autores, sin que reflejen necesariamente el pensamiento del IEEE, que patrocina su publicación.

CUADERNOS DE ESTRATEGIA DEL CESEDEN

N.º	TÍTULO
01	La industria alimentaria civil como administradora de las FAS y su capacidad para la defensa estratégica.
02	La ingeniería militar de España ante el reto de la investigación y el desarrollo en la Defensa Nacional.
03	La industria española de interés para la defensa ante la entrada en vigor del Acta Única.
04	Túnez: su realidad y su influencia en el entorno internacional.
05	La Unión Europea Occidental.
06	Estrategia regional en el Mediterráneo Occidental.
07	Los transportes en la raya de Portugal.
08	Estado actual y evaluación económica del triángulo España-Portugal-Marruecos.
09	<i>Perestroika</i> y nacionalismos periféricos en la Unión Soviética.
10	La batalla del año 2000 (las operaciones en el espacio estratégico de interés nacional).
11	La gestión de los programas de tecnologías avanzadas.
12	La batalla del año 2000 en el espacio (II).
13	Cobertura de la demanda tecnológica de las necesidades de la defensa nacional.
14	Ideas y tendencias en la economía internacional y en la española.
15	Identidad y solidaridad nacional.
16	Implicaciones económicas del Acta Única 1992.
17	Investigación de fenómenos belígenos. Método analítico factorial.
18	Las telecomunicaciones en Europa en la década de los 90.
19	La profesión militar desde la perspectiva social y ética.
20	El equilibrio de fuerzas en el espacio sur europeo y mediterráneo.
21	Efectos económicos de la unificación alemana y sus implicaciones estratégicas.

N.º

TÍTULO

- 22 La política española de armamento frente a la nueva situación internacional.
- 23 Estrategia finisecular española. Méjico y Centroamérica.
- 24 La Ley Reguladora del Régimen del Militar Profesional.
- 25 Consecuencias de la reducción de los arsenales militares negociada en Viena.
- 26 Estrategia en el área iberoamericana del Atlántico sur.
- 27 El espacio económico europeo. Fin de la guerra fría.
- 28 Sistemas ofensivos y defensivos del espacio.
- 29 Sugerencias a la Ley y Reglamento de Ordenación de las Telecomunicaciones (LOT).
- 30 La configuración de Europa en el umbral del siglo XXI.
- 31 Estudio de inteligencia operacional.
- 32 Cambios y evolución de los hábitos alimenticios de la población española.
- 33 Repercusiones en la estrategia naval española de aceptarse las propuestas del este en la CSBM.
- 34 La energía y el medio ambiente.
- 35 Influencia de las economías de los países mediterráneos del norte de África en su política de defensa.
- 36 La evolución de la seguridad europea en la década de los 90.
- 37 Análisis crítico de una bibliografía básica de sociología militar en España. 1980-1990.
- 38 Recensiones de diversos libros de autores españoles editados entre 1980-1990 relacionados con las FAS.
- 39 Las fronteras del mundo hispánico.
- 40 Los transportes y la barrera pirenaica.
- 41 Estructura tecnológica e industrial de Defensa ante la evolución estratégica del fin del siglo XX.
- 42 Las expectativas de la I+D de Defensa en el nuevo marco estratégico.

N.º

TÍTULO

- 43 Costes de un ejército profesional de reclutamiento voluntario. Estudio sobre el Ejército profesional del Reino Unido y (III).
- 44 Sistemas ofensivos y defensivos del espacio (II).
- 45 Desequilibrios militares en el Mediterráneo Occidental.
- 46 Seguimiento comparativo del presupuesto de gastos en la década 1982-1991 y su relación con el de Defensa.
- 47 Factores de riesgo en el área mediterránea.
- 48 Las Fuerzas Armadas en los procesos iberoamericanos de cambio democrático (1980-1990).
- 49 Factores de la estructura de seguridad europea.
- 50 Algunos aspectos del régimen jurídico-económico de las FAS.
- 51 Los transportes combinados.
- 52 Presente y futuro de la conciencia nacional.
- 53 Las corrientes fundamentalistas en el Magreb y su influencia en la política de Defensa.
- 54 Evolución y cambio del este europeo.
- 55 Iberoamérica desde su propio sur.
- 56 La función de las Fuerzas Armadas ante el panorama internacional de conflictos.



Colección Cuadernos de Estrategia

