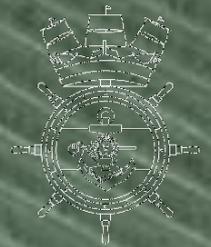


B.OTN

BOLETÍN DEL OBSERVATORIO DE TÁCTICA NAVAL



ESOA

“Misiles en los conflictos actuales” Pág. 04

“Autopiloto de la DGID” Pág. 08 – Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT), ¿cuál es el mejor? Pág. 12 – “Trafalgar II” Pág. 16

» Autoridades

Director General de Educación de la Armada

CL Lic. Contralmirante Gustavo Adolfo Príncipi

Decano de la Facultad de la Armada

CL (RE) VGM Mg. Ing. Juan Carlos Bazán

Director de la Escuela de Oficiales de la Armada

CN Lic. Daniel E. Juárez

Secretario de Extensión de la Escuela de Oficiales de la Armada

CN (RE) Guillermo Martínez

» Equipo Editorial

Director del Observatorio

CN (RE) Prof. Lic. Guillermo Spinelli

Coordinador de Temáticas

CF Sebastián Campi

Responsable del Boletín

Prof. Mg. Eugenio Koutsovitis

Todos los derechos reservados. Distribución gratuita. Prohibida su venta. No se permite la reproducción total o parcial de este libro, su almacenamiento en un sistema informático, su transmisión en cualquier forma, o por cualquier medio, electrónico, mecánico, fotocopia u otros métodos, sin previa autorización de los autores y del Equipo Editorial.

Contenido

» Misiles en los conflictos actuales (<i>Spinelli, S</i>).....	4
» Proyecto de Autopiloto (Alamon, A; Arias, D; Incicco, S.; Sala De Ferraris; F.; et al.)	8
» Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT), ¿cuál es el mejor? (<i>Doe, J.</i>).....	12
» Batalla de Trafalgar II (<i>Spinelli, S.</i>).....	16



» Misiles en los conflictos actuales

Por CN (RE) Prof. Lic. Guillermo Spinelli¹

Estudio numérico sobre el desempeño de drones y misiles en los conflictos actuales

En los conflictos bélicos contemporáneos, el uso de drones y misiles ha transformado profundamente las tácticas militares y las dinámicas en los campos de batalla. Estas tecnologías han demostrado ser herramientas cruciales no solo por su precisión y alcance, sino también por la capacidad de realizar operaciones con menor exposición humana y costos relativos. Este artículo presenta un análisis numérico detallado del desempeño de drones y misiles. A través de datos recientes de lo que se dispone, se busca ofrecer una perspectiva cuantitativa que permita entender el papel que estas herramientas, sus fortalezas y debilidades, así como su posible devenir en los campos de batalla futuros.

Es menester realizar una aclaración sobre este estudio, los datos con que contamos son provisionales e incompletos, no obstante, es posible extraer conclusiones generales sobre estos dos sistemas.

Conflicto Hutí

	Tipo de arma	Total de lanzamientos	Intercepciones	Porcentajes
MISILES	ASBM (Anti-Ship Ballistic Missile)	139	40	28%
	ASCM (Anti-Ship Cruise Missile)	10	6	60%
	LACM (Land attack cruise Missile)	10	10	100%
	UAV (Unmanned Aerial Vehicle)	372	341	91,1%
	USV (Unmanned Surface Vehicle)	26	24	92,3%
	Botes	7	7	100%

¹ Capitán de Navío (RE), profesor y licenciado en historia. Secretario de Extensión y Vinculación Universitaria de la Facultad de la Armada (FadARA).

Este cuadro muestra que:

- Surge claramente que el arma más peligrosa es el ASBM con un porcentaje de superación de las defensas de 72%, mientras que la que le sigue son los ASCM con un 40%
- El caso de los LACM es particular debido a que son lanzados contra territorio de Israel y allí las defensas son mucho más importantes.
- Los drones tanto aéreos y de superficie son sumamente vulnerables a las defensas pero debido bajo costo y masividad se mantienen presentes y permanecen como una amenaza creíble.

	Misiles	Drones
Total de lanzamientos	164	265
Impactos	20 (12%)	7 (3%)
Impactos cercanos	9 (58%)	40 (15%)
interceptados	48 (30%)	218 (82%)

Las conclusiones extraídas de esta tabla son las siguientes:

- El 70 % de los misiles superaron las defensas frente a solo un 18 % de los drones
- Los misiles logran un mayor porcentaje de impactos (12%) que los drones (3%), lo que mostraría que los sistemas de guiado autónomo son superiores en cuanto a la robustez y reacción que los manuales.
- El alto porcentaje de impactos cercanos en los misiles (58 %) es posible que se deba a lo rudimentario de estas armas, su uso inadecuado y al uso de misiles balísticos, que al llegar con una mayor velocidad terminal sobre el blanco vean imposibilitados de correcciones necesarias para impactar el buque.
- El mayor porcentaje de interceptaciones de los drones (82%) se debe a su mayor tiempo de vulnerabilidad, debido a su baja velocidad y a su necesidad de mantener la conexión con la estación de control que lo expone a ser interferido por sistemas de guerra electrónica.

Todas estas conclusiones son provisionales debido a lo acotado de la muestra y a su situación particular en este conflicto.

Conflicto Rusia-Ucrania

Tipo de arma	Total de lanzamientos	intercepciones	Porcentajes
LACM (Land attack cruise Missile)	2942	1960	66%
CM Supersonic	579	16	2%
ASBM (Anti-suf. Ballistic Missile)	4487	109	2%
UAV (Unmanned Aerial Vehicle)	13.9977	9.272	66%

Conclusiones: Las armas más peligrosas son los misiles balísticos y los misiles de crucero con velocidades supersónicas (ambos con el 98% de superación de las defensas). Esto fue variando con el envío de armas occidentales. El LACM es tan vulnerable como lo es el UAV, esto indica que el factor más importante en cuanto a la superación de las defensas es la velocidad. Se confirma lo anterior, al ser el dron capaz de superar las defensas solo en un 34 %.

	Misiles	Drones
Total de lanzamientos	8.008	13.997
impactos	6.221 (77%)	4716(33%)
interceptados	2.085 (23%)	9.272 (69%)

Las conclusiones extraídas de esta tabla son las siguientes:

- El 77 % de los misiles superaron las defensas frente a solo un 33 % de los drones
- Los misiles logran un mayor porcentaje de impactos (77%) que los drones (33%), lo que mostraría que los sistemas de guiado autónomo son superiores en cuanto a la robustez y reacción que los manuales.
- El mayor porcentaje de interceptaciones de los drones (69%) se debe a su mayor tiempo de vulnerabilidad, debido a su baja velocidad y a su necesidad de mantener la conexión con la estación de control que lo expone a ser interferido por sistemas de guerra electrónica.

Todas estas conclusiones son provisionales debido a lo acotado de la muestra y a su situación particular en este conflicto

Tabla comparativa – Ambos Conflictos

Porcentajes de Interceptaciones	Conflicto Huti	Conflicto Ruso-Ucraniano
Misiles de crucero	60/100 %	66%
Misiles balísticos	28%	2%
UAV	91,1%	66%

- En general los números confirman las conclusiones anteriores, los misiles balísticos superan las defensas en mayor número que los misiles de crucero y estos a su vez son menos vulnerables que los UAVs.
- Las diferencias se deben a distintos tipos de escenarios uno naval y otro terrestre con una defensa antiaérea mas dispersa, heterogénea y mayor antigüedad.

	Conflicto Huti	Conflicto Ruso-Ucraniano
Porcentajes de Impactos de misiles	70%	77%
Porcentajes de impactos de drones	18%	33%

- Nuevamente la comparación relativa es procedente y mantiene en ambos conflictos que los misiles son más letales que los drones.
- El mayor porcentaje de impactos de drones obtenido en el caso Ruso Ucraniano es posiblemente motivado por los mismos factores, ya señalados.

Comparación final entre conclusiones en ambos conflictos

- La velocidad del arma es la que determina su capacidad de superar las defensas y por ello aumenta su porcentaje de impactos.

- La defensa es muy efectiva contra armas subsónicas, sean estos misiles o drones.
- El drone se mantiene como amenaza creíble debido al elevado número presente en el campo de batalla.

Estas conclusiones destacan factores clave en la eficacia de drones y misiles en el contexto de los conflictos modernos:

- I. **Velocidad como factor crítico:** La velocidad del arma es un determinante esencial en su capacidad para superar los sistemas de defensa. Armas de alta velocidad, como misiles hipersónicos, tienen una ventaja significativa, ya que reducen el tiempo de reacción de las defensas enemigas, aumentando las probabilidades de impacto exitoso. Esto subraya la importancia de desarrollar tecnologías que optimicen la velocidad y maniobrabilidad de las armas para mantener su efectividad.
- II. **Limitaciones frente a armas subsónicas:** Las defensas actuales son particularmente eficaces contra armas subsónicas, lo que incluye tanto misiles de baja velocidad como drones que operan a velocidades moderadas. Esto implica que, aunque estas armas tienen otras ventajas, como el bajo costo y la capacidad de saturar defensas, están en desventaja frente a sistemas de defensa avanzados diseñados para interceptarlas con mayor facilidad.
- III. **El factor numérico de los drones:** A pesar de las limitaciones en velocidad y vulnerabilidad frente a defensas, los drones siguen siendo una amenaza creíble debido a su número. La estrategia de desplegar grandes cantidades de drones puede saturar y abrumar las defensas enemigas, lo que les permite desempeñar un papel crucial en el campo de batalla. Este enfoque refleja una ventaja asimétrica, ya que los drones pueden ser producidos y desplegados en masa con costos relativamente bajos, maximizando su impacto estratégico.

En conjunto, estas conclusiones subrayan la necesidad de equilibrar velocidad, cantidad y capacidades tecnológicas para maximizar la eficacia de drones y misiles en los conflictos actuales. También reflejan la evolución de las estrategias de defensa y ataque en un entorno militar cada vez más dependiente de tecnología avanzada.



» Proyecto de Autopiloto

Por Ariel Alamon, Daniela Arias, Sebastián Incicco; Facundo Sala De Ferraris²

En el ámbito de los sistemas de navegación, lograr estimaciones precisas y confiables de la posición, velocidad y orientación de un vehículo continúa siendo un desafío.

Las técnicas de Navegación Integrada (IN, por sus siglas en inglés) han surgido como una solución prometedora al combinar múltiples mediciones de sensores, como las obtenidas de Unidades de Medición Inercial (IMU), Sistemas Globales de Navegación por Satélite (GNSS) y sensores basados en visión.

Los enfoques de IN ofrecen ventajas significativas, incluida la robustez, mayor precisión y la capacidad de superar las limitaciones de los sensores individuales.

Desde el año 2011, profesionales del Departamento Técnica de la DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN DE LA ARMADA (DIIV) trabajan en el desarrollo de un autopiloto cuyo objetivo principal fue desarrollar un sistema capaz de estabilizar y guiar vehículos aéreos no tripulados en forma autónoma y proveer mediante un enlace permanente con una estación base terrena, información en tiempo real de los datos de interés para la misión, así como diferentes parámetros de funcionamiento del vehículo.

Con este objetivo y con el propósito de consolidar un grupo de especialistas en Sistemas de Navegación y Control, se presentó el proyecto "AUTOPILOTO ATENEA" en la convocatoria del Programa de Investigación y Desarrollo para la Defensa (PIDDEF) del año 2011, de donde se obtuvieron los fondos para su ejecución (PIDDEF 01/2011).

² Director del Proyecto Atenea: Lic. Ariel Alamon - Codirector del proyecto: Capitán de Fragata Ingeniera Daniela Arias
Director del Proyecto Kalman: Ing. Sebastián Incicco - Codirector del Proyecto: Ing. Facundo Sala De Ferraris.

Se consideró como requisito primordial para este proyecto la integración de materiales y dispositivos de industria nacional, o de naturaleza no clasificada, de fácil obtención en el mercado internacional.

En pos de progresar y ampliar las capacidades alcanzadas en este proyecto, el equipo de trabajo de la DIIV volvió a presentarse en el año 2022 con un nuevo Proyecto "AUTOPILOTO KALMAN" obteniendo fondos otorgados por el Ministerio de Defensa en la misma modalidad (PIDDEF 02/2022).

Gracias a la experiencia adquirida y a los logros obtenidos, se ha observado que, entre las distintas herramientas matemáticas utilizadas en Navegación Inercial, los cuaterniones y los cuaterniones duales han ganado notable atención como método para estimar la actitud (orientación) y posición de un vehículo. Los algoritmos inerciales (INS) calculan la orientación, posición y velocidad a partir de datos de acelerómetros y giroscopios. No obstante, estos sensores son susceptibles a errores de deriva y acumulación de pequeñas imprecisiones, lo cual provoca que los errores integrales en las estimaciones de posición y velocidad crezcan progresivamente con el tiempo.

Para mitigar esta acumulación de errores, el proyecto incorpora un Filtro de Kalman Extendido (EKF) que utiliza datos externos (por ejemplo, de GPS o magnetómetros) y corrige periódicamente las estimaciones de orientación, posición y velocidad. Esto permite mejorar significativamente la precisión del sistema de navegación, minimizando la acumulación de errores característicos de los algoritmos puramente inerciales y logra así una estimación estable y precisa de los parámetros de navegación del vehículo a lo largo del tiempo.

Se llevó a cabo el desarrollo de un panel de visualización en HTML/Javascript. En dicho panel se muestra el estado de actitud del vehículo como también coordenadas de latitud y longitud, velocidad, altitud, y otros parámetros de interés para el operador.



Fig. 1 Panel de visualización

El sistema es compatible con comandos de protocolo MAVLink[1], con lo cual es posible comunicar el dron con distintas aplicaciones de estación terrena de distribución gratuita. Por ejemplo, el MissionPlanner[2] o QGroundControl[3].

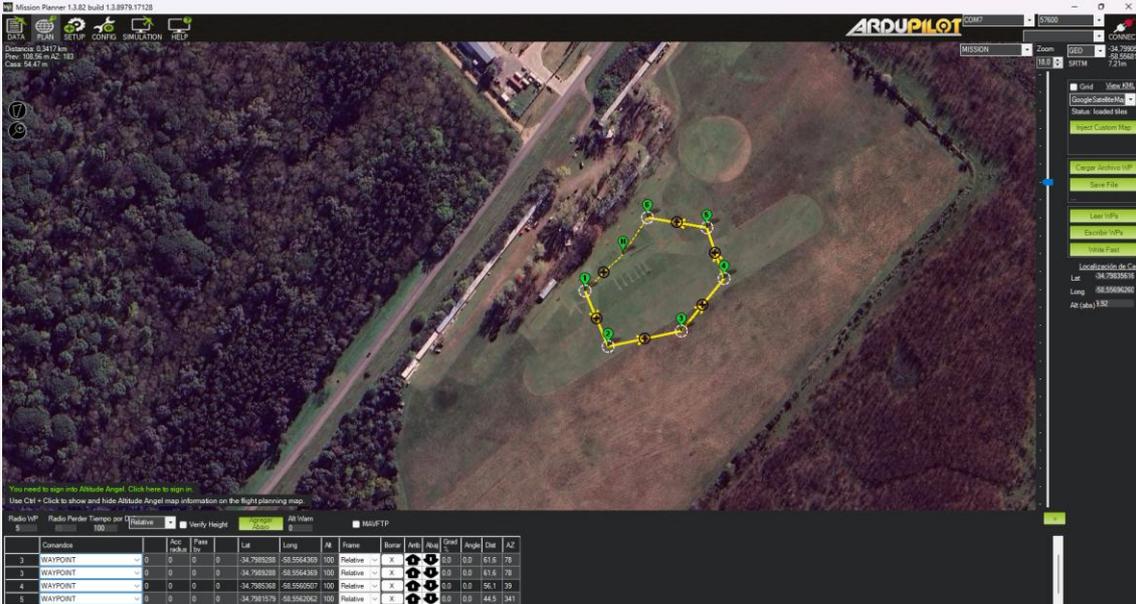


Fig. 2 Representación gráfica de la trayectoria1 del vuelo controlado junto con sus objetivos.

Para realizar una validación experimental del algoritmo presentado, se utilizó un cuadricóptero simétrico en configuración X. Consiste en una estructura de fibra de carbono con una distancia máxima entre motores de 70cm y utiliza motores Multistar 3508 de 268KV con hélices de carbono T-Motor de 14" X 4,8" con ESC Hobbyking de 40A y una batería de 6S de 5000mAh.

El vehículo utiliza un Pixhawk 2.4.8 (sistema de navegación comercial) con GPS y magnetómetro, con el firmware PX4. Básicamente se trata de un sistema de navegación comercial que se utiliza para comparar los resultados obtenidos .

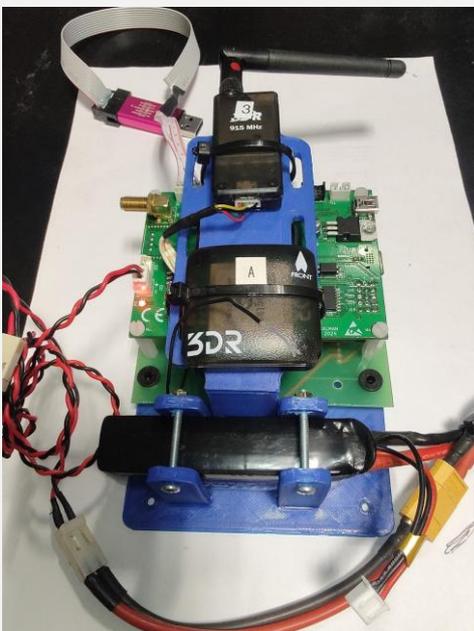


Fig. 3 Placa con sistemas integrados - Fig. 4 Cuadricóptero con autopiloto montado.

En este vehículo se montó la placa diseñada por el equipo de Ingenieros de la DIIV en la cual se encuentra programado el algoritmo desarrollado.

Durante los experimentos en vuelo, se tomaron medidas para mitigar las vibraciones y garantizar una adquisición de datos estable. La IMU se montó sobre una amortiguación para reducir el impacto de las perturbaciones externas.

Se realizaron varios vuelos con el cuadricóptero bajo diversas condiciones, incluyendo vuelo estacionario, maniobras y cambios de altitud. De esta forma se obtuvo un conjunto de datos completo para evaluar el rendimiento y la eficacia del algoritmo en comparación con los resultados del *Pixhawk*.

Conclusiones

Más allá de los logros alcanzados en este proyecto, una de las aspiraciones a futuro que tiene este equipo de trabajo es incluir otros sensores, como los de imagen. Cabe destacar que si bien este tipo de tecnología se puede adquirir en el mercado, la misma queda sujeta a los alcances que brinda el fabricante y las regulaciones que rijan sobre el Estado. Los alcances de este proyecto permiten colocar este autopiloto en cualquier tipo de vehículo aéreo no tripulado, con las correspondientes modificaciones necesarias para controlar cada tipo de vehículo. El desarrollo de este tipo de sistemas no solo permite la actualización en áreas tecnológicas muy específicas, sino también la capacitación y especialización de profesionales argentinos en esta materia.

El presente proyecto fue seleccionado por la Secretaría de Investigación, Política Industrial y Producción para la Defensa para ser presentado en el Primer Congreso de Ciencia Tecnología e Innovación para la Defensa (CTID 2024).



» Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT), ¿cuál es el mejor?

Por John Doe³

Hoy en día en la industria, los sistemas autónomos son imprescindibles para mejorar y eficientar cada uno de los procesos, en la actualidad nadie puede desconocer que en la guerra moderna esta tecnología marca un cambio significativo tanto en su desarrollo como en su resultado. Las hace más dinámicas, más precisas; logrando evitar grandes pérdidas humanas, destruyendo solo el objetivo deseado. Los vehículos aéreos no tripulados (VANT), tienen un gran protagonismo en esta nueva era de la guerra, cumpliendo una innumerable cantidad de tareas, tanto de apoyo a las operaciones como de ataque.

Pero la pregunta sería: ¿cuál es el mejor VANT?, ¿cuál necesito para la guerra?; muchos caen en la idea de un super vehículo aéreo que lleve grandes armamentos, con innumerables sensores, de apariencia intimidatoria, que vuele muchas horas, y que tenga la eficiencia de un tanque, que intercepte aeronaves o que pueda hundir grandes buques en el mar.

Hasta hace algunos años atrás ese parecía ser el único objetivo en su fabricación, pero algo paso y nos hizo repensar todo. Ya los países más experimentados en analizar la guerra y cómo gestionarla, algo intuían, quizás lo pudieron confirmar en los conflictos bélicos actuales, quien hubiese pensado que un drone DJI1, por citar una de la marca más conocidas y actualmente comercial, sería una plataforma bélica y que sus fabricantes son parte de la industria militar.

Debido a su rol estratégico mundial, EE.UU. que es el país que permanente trabaja en cómo gestionar la guerra futura y como hacerla más eficiente, ha entendido que la disuasión, la rapidez en su resolución y la neutralización inmediata de un enemigo disminuye pérdidas humanas y costos innecesarios.

³ El autor utiliza un pseudónimo: "pro4x".

Desde hace algunos años atrás, este país, ya pensó en la guerra desde un enfoque estratégico y táctico que busca integrar y coordinar acciones en múltiples dominios del campo de batalla, como el terrestre, marítimo, aéreo, espacial y ciberespacial, así como también ambientes virtuales y electromagnéticos. Esta nueva visión implicó que las FF.AA. revieran sus estrategias, para enfrentar amenazas en múltiples frentes y utilizar tecnologías más avanzadas para mantener la superioridad operativa. Sin duda se requiere una imprescindible convergencia y sincronización de recursos y capacidades.

Pero no todo quedó ahí, se siguió aprendiendo de los conflictos y como resolver la relación entre los dominios que se establecieron, así surge un concepto nuevo, algunos lo llaman "LEGO WAR", pensando que las unidades de combate son componentes que se pueden ensamblar como el juego LEGO, pero su nombre real se lo conoce como "Guerra Mosaico"², se trata de una teoría surgida en EE.UU. que sugiere hacer que el enemigo luche contra un volumen y una variedad de inesperados y asimétricos armamentos y plataformas, de diferentes clases, tamaños y tipos, como partes de un mosaico.

Esta adecuada combinación, sumándole tecnología avanzada e innovadora, puede dar una ventaja abrumadora dejando desarticulado el modelo clásico de guerra donde el mayor número de armamento y tropa no garantiza el éxito o la superioridad militar.

La guerra mosaica busca crear una imagen más amplia y ostentosa de fuerza, a la vez que dificultar al enemigo la posibilidad de fijar una forma de luchar contra un oponente tan heterogéneo y desconcertante, donde se busca ser ágil y escalable, no dependiendo siempre de la construcción del armamento más potente o preciso, puede ser igual de eficaz utilizando plataformas más sencillas, conectarlas entre sí y hacer que interpreten la batalla a su manera para aprovechar al máximo sus ventajas.

También, se puede sorprender al enemigo en su momento más débil y las innovaciones tecnológicas como los VANT, son una herramienta desestabilizadora a la hora del combate.

Sintetizando, la idea es ser barato, rápido, letal, flexible y extensivo en lugar de construir una munición costosa optimizada para un objetivo particular, la idea es conectar pequeños sistemas no tripulados con capacidades combinadas, creativas, en continua evolución que aproveche las condiciones cambiantes y las vulnerabilidades emergentes.

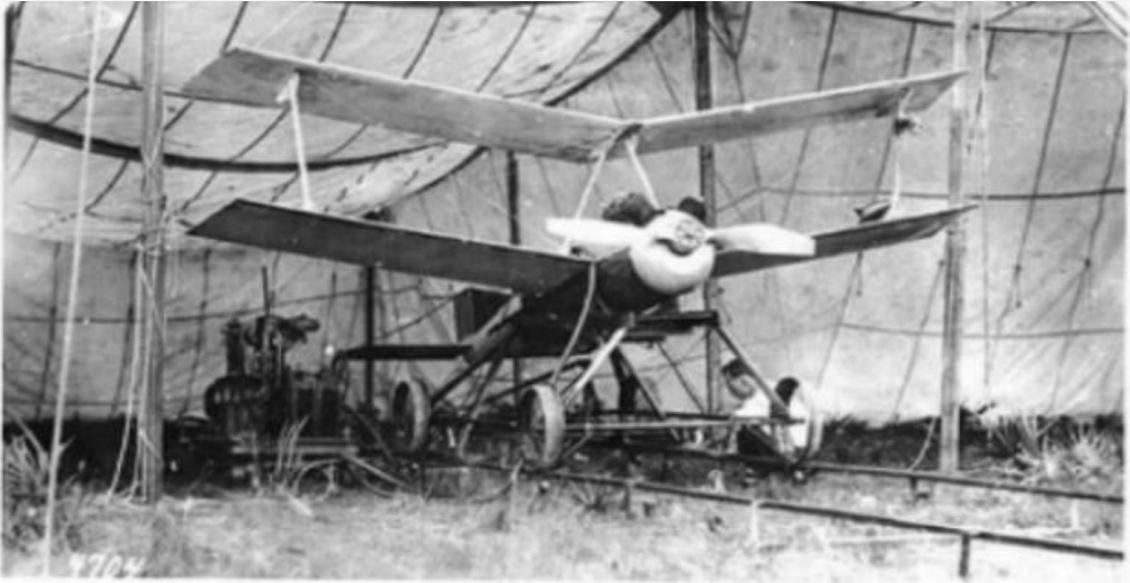
Los VANT han generado en la guerra actual, dado su velocidad cambiante de capacidades operativas, poner a un adversario incapaz de armar una respuesta a tiempo haciendo que se congele ante un ataque desconocido. Estos VANT fundamentalmente cumplen acciones que permiten observar y orientar a fin de contribuir a mejorar el decidir y actuar.

Después de esta rápida introducción, no sería temerario respondernos que el mejor dron es el que mejor se adapta al escenario, que el combate necesita, bajo la premisa de lo que hablamos en la introducción y quizás podamos entender, que todos los desarrollos tecnológicos, son de utilidad para la guerra moderna, porque lo que importa en gran medida e iguala las fuerzas es la mejor capacidad tecnológica desarrollada.

Es en este sentido la idea es conocer algunos de los desarrollos que hoy participan en los conflictos actuales así podemos evaluar y sacar nuestras propias conclusiones y así dar respuesta de lo que hoy nos cuestionamos. ¿Cuál es el mejor?

EMPECEMOS:

Si bien hubo algunos desarrollos anteriores, podríamos decir que así comenzó:



Kettering Bug, primer vuelo 1918, torpedo aéreo de madera y papel. Volaba al objetivo apagaba su motor y caía como una bomba.⁴

Hoy de ese legendario vehículo, lo reemplazan los "kamikaze" Switchblade, de fabricación americana, fueron provistos a Ucrania y se estiman unos 700. Estos están cargados de explosivos. Flotan en el aire hasta que encuentran su objetivo.

Cómo funcionan los drones Switchblade



⁴ <https://historycollection.com/the-story-of-the-kettering-bug-the-worlds-first-aerial-drone/>

Pero también tenemos desarrollos extremadamente novedosos, para brindar apoyo a las operaciones y realizar ataques de precisión.



Ilustración -<https://www.sypaq.com.au/news/sypaq-awarded-logistics-drone-contract-by-army/>

PPDS (Precision Payload Delivery System), es un VANT, de bajo costo y desechable, con capacidad de carga de 3 kg, autonomía entre 40 y 120 km dependiendo del peso de la carga. Si la carga consiste en un explosivo se puede emplear como dron de ataque kamikaze contra un objetivo fijo.

Ucrania empezó a utilizarlos en 2023, en funciones de inteligencia, vigilancia, reconocimiento e incluso ataques letales incorporando mina de fragmentación MON-50 y detonador de radio VP-2 en el ala. Hay informes que reportan de un ataque de 16 PPDS a la base aérea de Vostochny Kursk, en Rusia. Llegando a golpear sus objetivos: cuatro aviones, Su-30 y un MiG-29, un radar de un sistema de defensa aérea S-300 y dos sistemas de defensa aérea.



Estos son algunas de las innovaciones que la tecnología moderna permite alcanzar, en los próximos artículos hablaremos de nuevas innovaciones y ver cómo están los desarrollos nacionales.



» Batalla de Trafalgar II.

Por CN (RE) Prof. Lic. Guillermo Spinelli ⁵

Continuando con la primera parte, expuesta en el Número 1 de este boletín (Septiembre 2024) producidos los antecedentes, explicaciones contextuales y nociones elementales de las tácticas de la época, resulta menester ahora analizar los escenarios matemáticos y probabilísticos producto del modelado táctico de la batalla, la cual nos arrojará certezas sobre las eventuales limitaciones y alternancias de escenarios posibles.

Modelo de la batalla

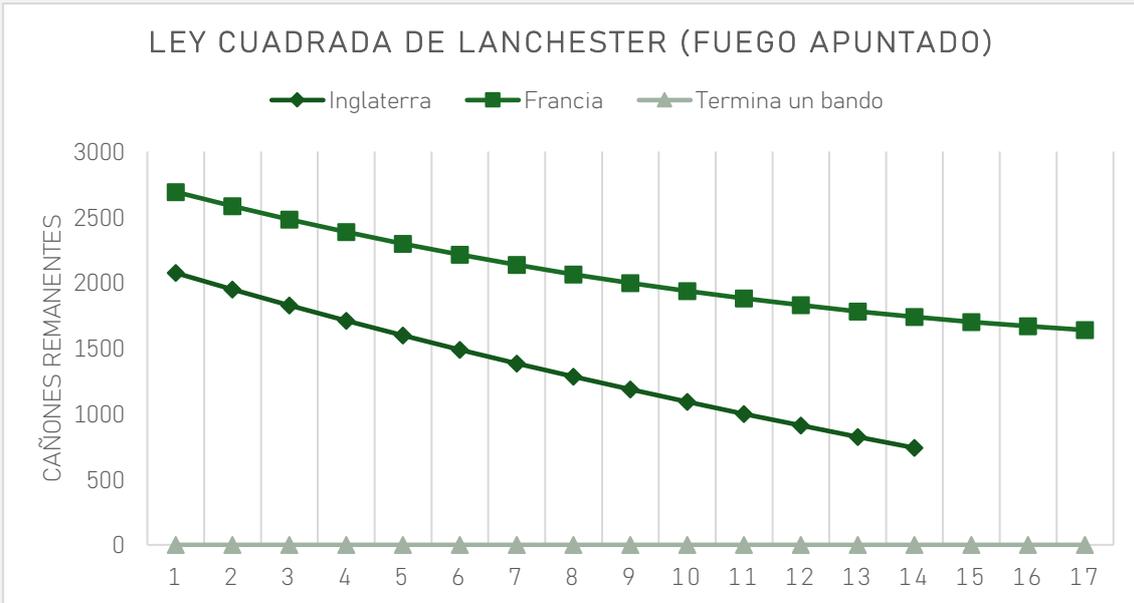
Para poder observar la mecánica del desgaste de las fuerzas enfrentadas se hará uso de las ecuaciones de Frederick Lanchester.

Escenario 01: En la primera imagen vemos el desgaste mutuo en un caso hipotético de enfrentamiento de ambas líneas de batalla, con la totalidad de sus buques en cada bando.

Datos:

- Número de cañones ingleses: 2074
- Número de cañones flota combinada: 2692
- Coeficiente de letalidad Ingles: 0,9
- Coeficiente de letalidad flota combinada: 0,8

⁵ Capitán de Navío (RE), profesor y licenciado en historia. Secretario de Extensión y Vinculación Universitaria de la Facultad de la Armada (FadARA).



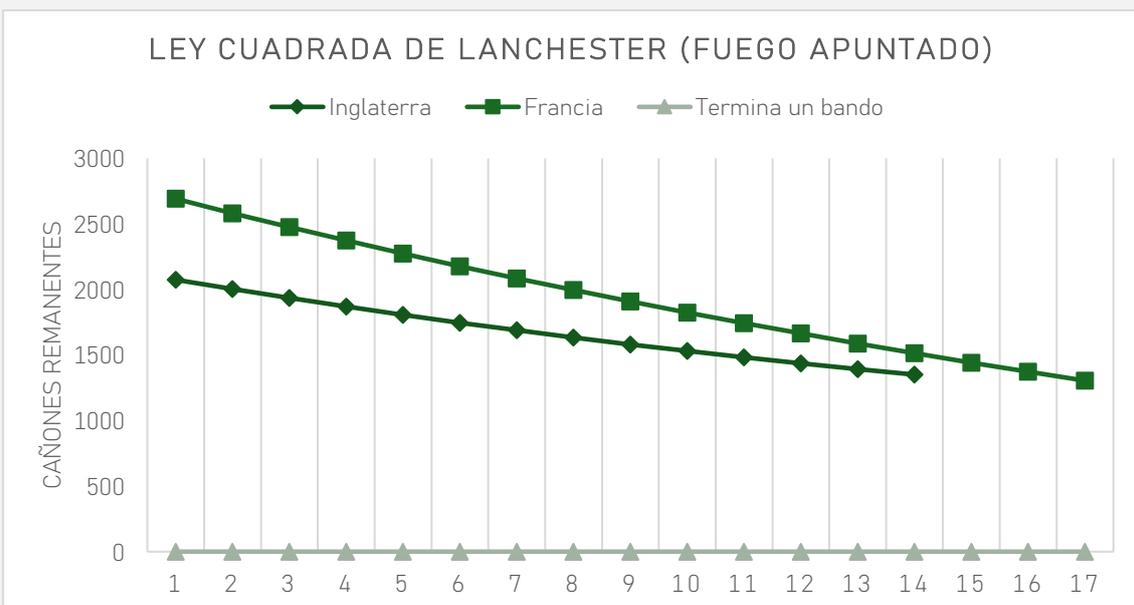
En este primer gráfico se simula el encuentro de las dos flotas banda contra banda navegando en paralelo.

Lo que se observa es que la flota inglesa pierde su poder más rápido que la combinada, a pesar de una leve ventaja en calidad de la flota británica (0,8 la flota combinada y 0,9 la flota inglesa), lo que a la larga la llevaría a una derrota. El factor cantidad se impone sobre la calidad.

Escenario 02: En este segundo caso se varía el factor calidad (factor de letalidad)

Datos:

- Número de cañones ingleses: 2074
- Número de cañones flota combinada: 2692
- Coeficiente de letalidad Ingles: 0,9
- Coeficiente de letalidad flota combinada: 0,45

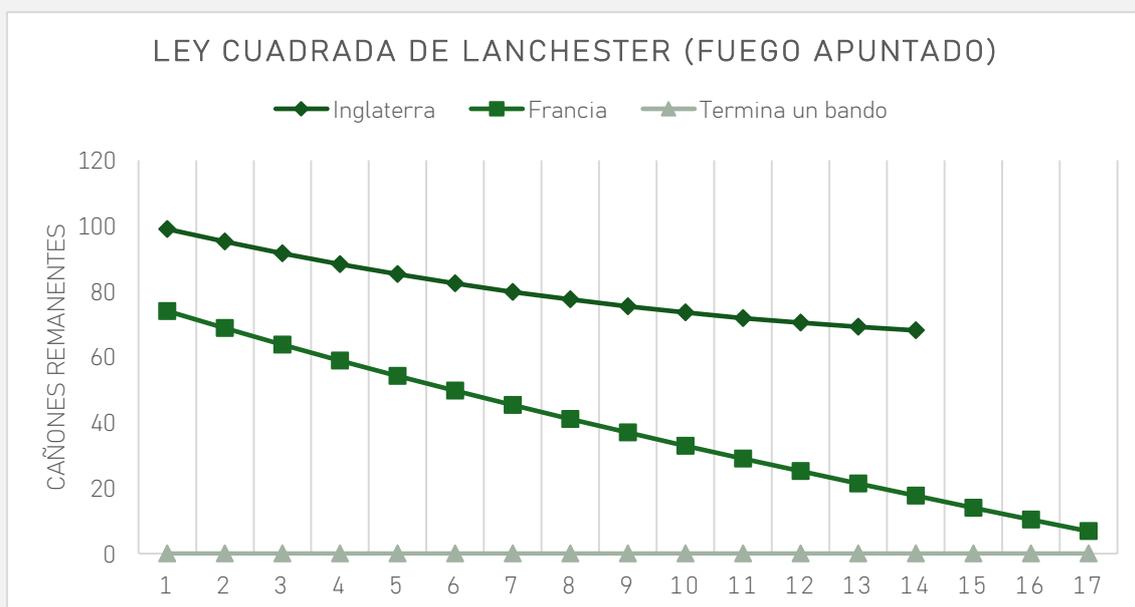


Se observa que la flota inglesa, siendo el doble en cuanto a su calidad (cosa muy poco normal), reduce sus pérdidas pero no llega a superar, en el marco temporal graficado, a la flota combinada.

Entre ambas comparaciones surge que pesa más la cantidad que la calidad. Dado que se ha tomado una calidad del 50% más, siendo la diferencia de un 25% aproximadamente en favor de la flota combinada. Las maniobras del Almirante Nelson lograron cambiar la relación de fuerzas.

Esta representación modela el enfrentamiento entre los buques ingleses HMS *Temeraire* y *Victory* y el *Redoutable* francés

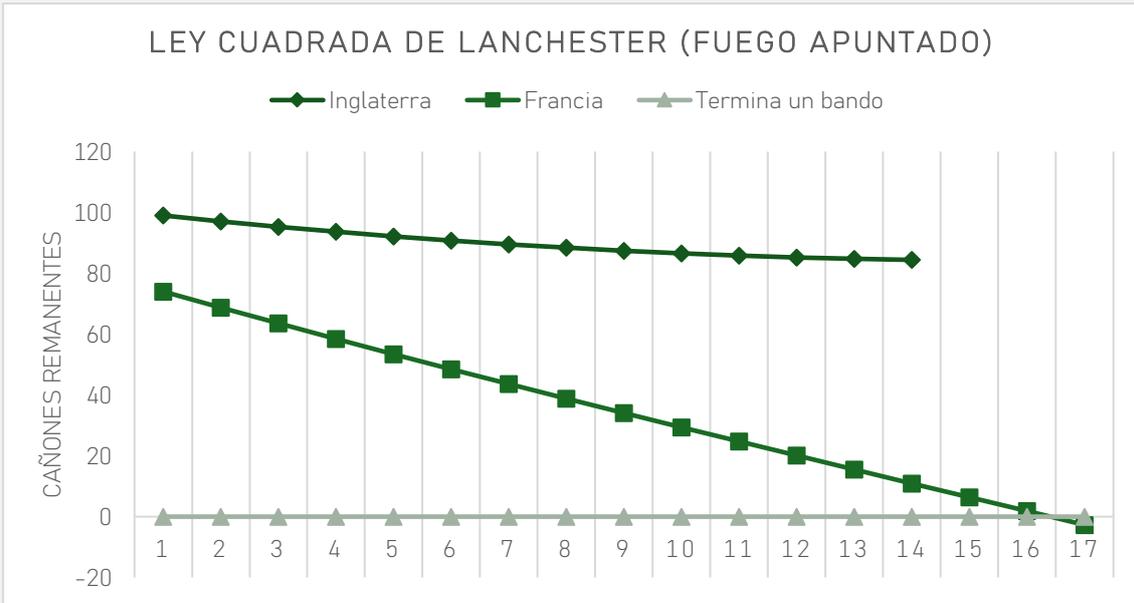
- Número de cañones ingleses: 99 (son una banda de C/ buque)
- Número de cañones flota combinada: 74 (ambas bandas del *Redoutable*)
- Coeficiente de letalidad Ingles: 0,9
- Coeficiente de letalidad flota combinada: 0,9
- Se toma igual letalidad (calidad)



En este caso es visible un rápido deterioro de la fuerza del buque francés a pesar de tener una letalidad igual, cosa que no se ajusta a la batalla. En el desarrollo temporal propuesto podemos observar que cuando el buque francés es llevado a casi la impotencia (le resta solo 10 cañones aproximadamente), los buques ingleses conservan casi 70 cañones. Nuevamente concluimos que la cantidad se impuso a la calidad.

- Número de cañones ingleses: 99 (son una banda de C/ buque)
- Número de cañones flota combinada: 74 (ambas bandas del *Redoutable*)
- Coeficiente de letalidad Ingles: 0,9
- Coeficiente de letalidad flota combinada: 0,45

Se toma distinta letalidad teniendo en cuenta que dos buques ingleses enfrentan a uno solo francés y que las bajas en las dotaciones de los buques ingleses pueden ser cubiertas por los sirvientes de los cañones de las bandas no empeñadas en combate o cambiar los hombres cansados.

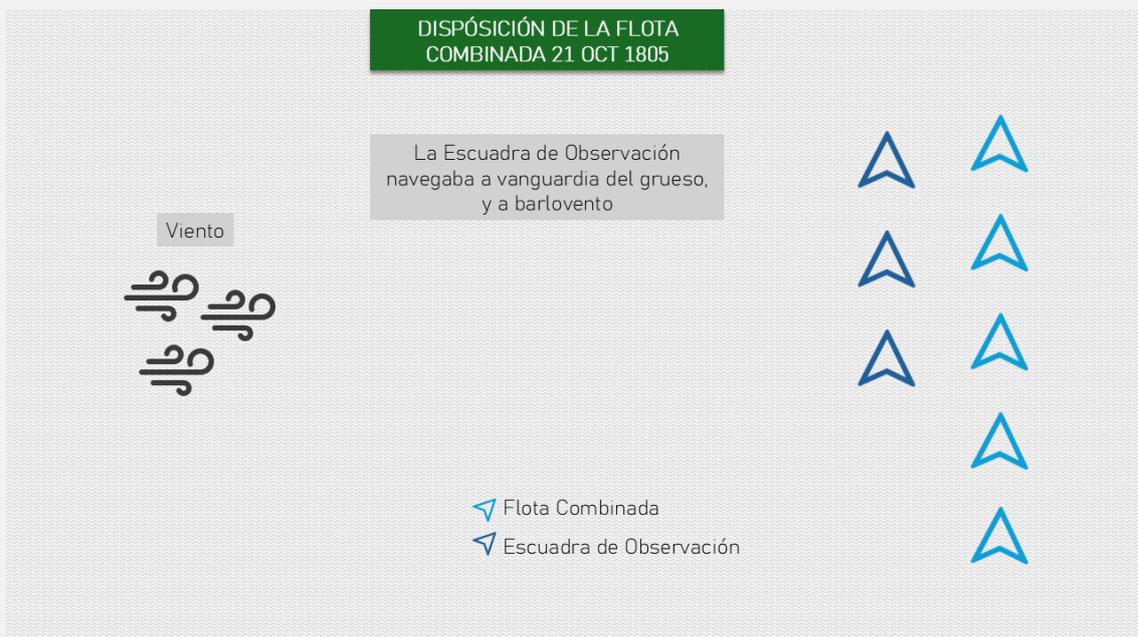


El nivel de destrucción sobre la flota combinada es el mismo y en igual tiempo, pero las bajas propias (inglesas) son más leves aún.

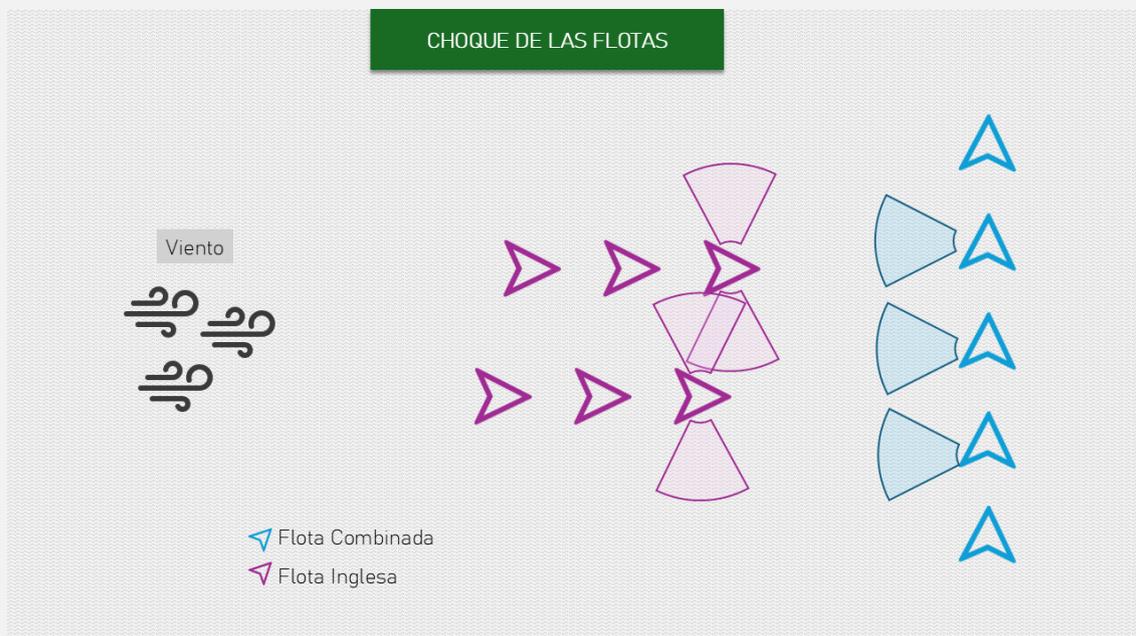
Desarrollo de la batalla

Luego de concentrarse las flotas francesa y española en Cádiz, el almirante Villeneuve, decide hacerse a la mar después de tener noticias de su posible relevo. El almirante Nelson lo aguardaba fuera del puerto, buscando un encuentro. La partida de Cádiz se produce el día 19 de octubre de 1805. La flota combinada comienza a zarpar, terminando de hacerlo el día 20. El 21 de octubre, se encuentran ambas flotas cerca de cabo Trafalgar.

La flota combinada navegaba lentamente con un viento flojo del sudeste hacia el Mediterráneo. Villeneuve esperando el ataque de Nelson, comentó a sus capitanes, acerca de la forma de ataque, pero no dijo de qué manera enfrentarlo. A solicitud del Almirante español Federico de Graviña se formó una fuerza de reserva u observación de doce navíos bajo su mando para apoyar tanto al centro o retaguardia si eran doblados por la flota inglesa.



La flota inglesa se dividió en dos columnas; una bajo el mando de Nelson en el *Victory* y la otra bajo el mando de Collinwood en el *Royal Sovereign*. Nelson buscó el ataque sobre el buque insignia para interrumpir el control de Villeneuve sobre la flota combinada. Para ello inició su aproximación directamente sobre la flota combinada, asumiendo el riesgo de enfrentar el fuego enemigo hasta cortar la línea de batalla enemiga.



La flota combinada recibe la orden de Villeneuve para regresar a Cádiz alrededor de la 1000 Hrs, esto motivó que la flota realizara una virada en redondo con viento suave, lo que llevó mucho tiempo y desorganizó la formación, perdiendo de esta manera cohesión y presentando claros por donde se podían introducir los buques ingleses.

La fuerza de reserva del almirante Graviña quedó a sotavento y en la retaguardia, integrando la línea de batalla sin actuar como estaba previsto. De esta manera no solo dejó a la flota combinada desordenada, sino que quitó la fuerza de reserva y además la dejó con poca velocidad atravesada a un mar cada vez más encrespado.

Durante la aproximación la flota inglesa navegó con todo el aparejo largado, en contra de la costumbre de llevar solo las velas altas en combate, para lograr la arrancada suficiente manteniendo el rumbo y la organización en la formación. El fuego de la flota combinada fue impreciso debido a los bandazos dados por los buques atravesados a la mar y el humo que no se disipaba por ser el viento flojo. Esto, a su vez, produjo un desgaste de los sirvientes de los cañones de la flota combinada que se encontraban ya cansados cuando su línea fue cortada por la flota inglesa, motivando que su cadencia de fuego fuese más lenta que la de la flota británica. El acercamiento de la flota inglesa en dos columnas permitió reducir el tiempo de aproximación de la flota y aumentar la superioridad numérica más rápidamente que navegando en una sola columna.

Una vez que la flota inglesa cortó la línea de la flota combinada el combate se transformó en una serie de encuentros individuales en los cuales los buques franco-españoles llevaron la peor parte al verse obligados a luchar contra un buque inglés por banda⁶.

⁶ Maniobra llamada doblar, quiere decir que el buque se enfrentaba contra dos oponentes uno de cada banda, encontrándose en franca desventaja al tener que servir las piezas de artillería de ambos costados, mientras los oponentes, concentraban sus artilleros en una sola banda, incrementando la cadencia de fuego.

La vanguardia de la flota combinada no participó de la batalla. Una señal enviada por el Alte Villeneuve al comandante de la Vanguardia Alte Domanoir fue demorada en su ejecución y cuando cumplió la orden y llegó al centro ya su participación dejó de ser decisiva, continuando su rumbo fuera de la batalla y no prestando el auxilio requerido.

Resulta interesante el combate entre el "Victory" de Nelson y el "Redoubtable" del capitán francés Jean-Jacques-Étienne Lucas. Este comandante, conociendo la inferioridad de su unidad en combate artillero contra los adiestrados ingleses, preparó a su dotación para combatir en la cubierta superior por medio de armas de mano y granadas. Al aproximarse el buque insignia inglés, cerró las portas de sus cañones para evitar el abordaje por esas entradas y concentró su gente en la cubierta superior, un tirador de esta unidad fue el responsable de la muerte del almirante Nelson. Este episodio demuestra el valor de un comandante inspirado tácticamente. Si bien su buque fue finalmente derrotado, el día hubiese sido mucho más ingrato para la flota inglesa de haberse contado con más comandantes parecidos a este. Con la caída del sol 1800 Hrs, la batalla llega a su fin.

Desarrollo del Ciclo de Boyd en la batalla

Es un modelo que explica la toma de decisiones en el campo de batalla. Fue creado por el Coronel de la Fuerza Aérea Norteamericana John Boyd, como forma de explicar el motivo por el cual una fuerza se impone sobre otra. Su teoría es el desarrollo de este ciclo. Observación, orientación, decisión, acción.

Desarrollaremos sucintamente este modelo, para su comprensión y aplicación en las batallas.

- Observación; es conocer al enemigo, su composición, posición, movimientos, las propias fuerzas y el entorno geográfico.
- Orientación: implica procesar la información recolectada en la observación formando un cuadro mental de la situación y las posibles acciones.
- Decisión: diseñar el cómo para lograr el cuadro mental que se formó en el paso anterior, y seleccionar una acción entre las analizadas en la orientación.
- Acción: implementar la decisión, llevarla a término.

Este ciclo se realiza iterativamente por lo que quien lo realice más rápido logra aventajar a su adversario. Esta ventaja se obtiene debido a que la acción por parte de la fuerza más lenta resulta ineficaz, al haber variado la situación que había observado y estar reaccionando a sucesos pasados.

Observación: en este período histórico el proceso de observación era extenso; sucediendo lapsos tan prolongados en los cuales sucedía que se servía la comida entre el avistaje de la flota enemiga y el comienzo de la batalla. Esta fase duró seis horas en la batalla que nos ocupa. No hay una ventaja clara para ninguno de los contendientes, en este momento de Ciclo.

Orientación: La ventaja inglesa es muy amplia ya que las posibles acciones se conocían de antemano: llevar a cabo el "corte de la T" de la flota combinada. La flota combinada no tiene claro la manera en que va a luchar la batalla, el Almirante Villeneuve realiza el viraje y desorganiza el plan del Almirante español Gravigna que, por su lado, pretende tener la reserva a su mando para incidir en el lugar donde los ingleses corten la T".

Decisión: La ventaja para los británicos aumenta al tener la decisión ya tomada y adecuarse a las posibilidades que tenían, Nelson tenía claro lo que quería y como lograrlo, y lo comunicó a sus comandantes subordinados previamente a la batalla; no era al caso del almirante Villeneuve al mando de la flota combinada.

Acción: Nelson consigue romper el centro de la flota combinada y doblar la popa de la formación. El fuego inglés es más rápido que el franco-español, entre dos y tres veces según testigos de la época, aunque esto sea discutible.

Bajas

Material: Durante la batalla no se perdió ningún buque inglés, pero once buques, el 40% de la fuerza resultó con averías que le impedían continuar con las operaciones, lo que demuestra la tenacidad en el combate de la flota combinada. En cuanto ésta, Francia perdió doce de sus dieciocho buques, donde el *Achille* voló, y España diez de sus quince navíos. Durante la noche se desató una fuerte borrasca lo que terminó hundiendo navíos averiados y presas tomadas por los buques ingleses.

Personal: La flota inglesa tuvo 449 muertos y 1.241 heridos, contra 3.240 muertos y 2.538 heridos de la flota combinada, a los que se agregan 7.000 prisioneros.

Conclusiones

El primer gran resultado fue la cancelación del planificado desembarco en Inglaterra, lo que permitió a esta nación dedicarse a derrotar al Emperador Napoleón, formando nuevas alianzas y coaliciones continentales en lo sucesivo. Inglaterra consagró su rol como potencia marítima, y un reinado en los mares indiscutible por cien años.

Para España la derrota, junto con una desastrosa política naval, impidió la comunicación con sus colonias y provocó indirectamente los movimientos de liberación de las mismas, significando su ocaso como potencia marítima y europea.

Francia vio frustradas sus intenciones de invadir las islas británicas, en lo sucesivo deberá contentarse con la realización del Bloqueo Continental como una forma de acción sobre Inglaterra.

Bibliografía

- Warner Oliver. Great Sea battles. 1973. 5 edición. Italy. The Hamlyn House, Feltham,
- Pertusio, Roberto Luis. Estrategia Operacional. Buenos Aires; Instituto de publicaciones navales; escuela de guerra naval. Argentina.2000. P, 171
- Konstam Angus. British Napoleonic ships of the Line. Osprey. 2001.
- Croudy Terry. French warship crews, From the French revolutions to Trafalgar 1789-1805. Osprey.2005.
- Lavery Brian. The Arming and Fitting of English ships of war, 1600-1815. Naval Institute press.
- Cuadernos Monográficos del Instituto de Historia y Cultura Naval. Nº 47 Antecedentes. Madrid. 2004.
- Cuadernos Monográficos del Instituto de Historia y Cultura Naval. Nº 48 Combate de Trafalgar. Madrid. 2004.
- Ferrer de Couto, José. Combate Naval de Trafalgar. Madrid 1851.
- Fremont-Barnes, Gregory. Trafalgar 1805, Nelson s crowning victory. Osprey. 2005
- Stilwell, Alexander. The Trafalgar Companions. Osprey 2005.
- Fremont-Barnes, Gregory. Victory vs redoubtable, Ships of the Line at Trafalgar 1805. Osprey. 2008.
- Hughes, Wayne P. Táctica de Flota y el Combate Costero. Nueva Edición, Buenos Aires, Instituto de Publicaciones Navales.2001.
- Keegan, John. El rostro de la batalla. Madrid. Turner.2013.
- Masson, Phillipe. Del mar y de su estrategia. Buenos Aires. Instituto de Publicaciones Navales. 1990.
- Fioravanzo, Giuseppe. A History of Naval Tactical Thought. Naval Institute Press. Maryland. EEUU.1979.

» Acerca del Observatorio de Táctica Naval:

Fundado en 2024, en el marco de la Escuela de Oficiales de la Armada, de la Facultad de la Armada, por iniciativa de un grupo de oficiales de la Armada Argentina interesados en profundizar en las novedades sobre los desarrollos tecnológicos y tácticos navales.

» ¡El OTN te está buscando!

Si tenés interés en participar del Observatorio podés escribirnos a extension@fa.undef.edu.ar con tu CV y un tema en el cual deseas realizar tus aportes, relacionado con escenarios donde se manifiesten las innovaciones y cambios en la táctica naval, actuales o en clave histórica.