

La propulsión convencional del submarino S-80

Colectivo *Contra*

En diciembre de 2013 se publicó un artículo titulado Cambios de régimen del submarino S80, de la autoría de Gerardo Matres¹. Aunque no parece haberse dado importancia alguna, lo juzgamos lo suficientemente revelador de las características dinámicas como para extractar aquí sus aportaciones menos técnicas, menos ‘eléctricas’ y más relacionadas con las prestaciones que se aguardan de dichos submarinos, al margen del aún incógnito desempeño de su sistema de alimentación energética independiente del aire o anaerobio. Dicho trabajo es la única fuente en la que se basa este texto.

El artículo no hace la menor mención a las dificultades de diseño reconocidas en 2013: es posible que, aunque publicado a finales de ese año, se hubiese redactado desconociendo tales deficiencias, y sin duda se hizo antes de decidirse como solución la prolongación de eslora y consiguiente incremento de desplazamiento. En todo caso, el propio texto avisa de que los datos que emplea pudieran modificarse durante el proceso de construcción, y declara sus fuentes: para el motor eléctrico principal, el informe de GAMESA fechado en abril de 2009, y para las baterías el manual de su fabricante, de octubre del 10.

Nuestro desmedido interés sobre el artículo se debe a que proporciona numerosos detalles y datos numéricos sobre la propulsión convencional de los futuros submarinos, exclusivamente en lo referente a su batería: en ningún momento alude a su recarga por *snorkel* ni al desempeño de la planta AIP o anaerobia, que para nosotros continúa siendo un enigma.

INFORMACIÓN SIGNIFICATIVA

¿Qué nos ha revelado, pues, dicho artículo? Lo que consideramos más interesante lo concentra nuestro cuadro 1, que extraemos íntegro de las tablas 3 y 5 del trabajo original, que reelaboramos limitándonos a aquellos datos que juzgamos significativos, prescindiendo de los decimales, que hemos redondeado.

Pues bien, he aquí lo que deseamos resaltar entre esos datos:

- Igual que en las características oficiales publicadas ya hace más de un decenio, la velocidad máxima en inmersión se sigue estableciendo en 19 nudos (entonces se declaraban 19,3), pero esta vez se asocia a la situación operativa de emergencia, de manera que nos parece que debe interpretarse como máxima absoluta e insuperable. Demanda una potencia eléctrica superior a 3750 kW, y sumada a la necesaria para todos los sistemas auxiliares se aproxima a los 4000 kW.
- La rotación de la hélice correspondiente a esa velocidad son unas discretas 150 revoluciones por minuto, que confirman su carácter silencioso, consecuencia del elevado número de palas de gran superficie. Obsérvese en el cuadro la proporcionalidad entre velocidad del barco (en nudos) y de la hélice (rpm), contando con que hemos redondeado esta la última magnitud².

¹ Matres Manso, Gerardo (capitán de navío ingeniero de Armas Navales), *Cambios de régimen del submarino S80*, en el número 5 del *Boletín Técnico de Ingeniería* de la Armada Española, que edita su Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Armas Navales. Puede descargarse libremente en http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/mardigital_revistas/prefLang_es/09_boletin_etsian

² Los incrementos de velocidad corresponden aproximadamente a 8 revoluciones por minuto más por cada nudo, aunque van decreciendo ligera y constantemente al aumentar la velocidad (desde 8,2 rpm por nudo a 4 nudos de velocidad a 7,83 para 18 nudos), de manera que, de asumir que la velocidad máxima se obtenga con 150 rpm exactas, esa será de 19,2 nudos, más próxima de los 19,3 que transcribíamos en 2004. No nos consta que las 150 rpm en hélice constituyan un límite insuperable...

- La velocidad mínima para la que se aportan datos numéricos, 3 nudos, se consigue con una moderadísima potencia de 26 kW, muy inferior a la que demandan los auxiliares, que la triplica.
- La velocidad de patrulla más alta, 6 nudos, solo requiere 153 kW en motor, más otros 173 estimados en auxiliares. No podemos silenciar que los cuadros de características publicados hace más de diez años³, en relación con el sistema AIP (*propulsión independiente del aire*) en fase de investigación y desarrollo, hablaban de una autonomía en inmersión absoluta de 15 días si el *consumo interno* se elevaba a 110 kW, o 21 días si ese consumo de auxiliares se reducía a los 60 kW. En los cálculos actuales, sin duda más aquilatados, se contemplan 73 o 173 kW...
- Tras elegir la pila de combustible definitiva para el AIP se insinuó que la potencia proporcionada superaría los requisitos para alcanzar los 320 kW. Si confiamos en nuestro cuadro 1 cabría esperar velocidades de patrulla AIP de 6 nudos, puesto que, sumando motor de propulsión y necesidad de electricidad auxiliar, según el artículo la potencia necesaria es de 326 kW.
- Contemplando los dos apartados anteriores, en el beatífico supuesto de que el AIP definitivo alcanzase los resultados proyectados, una simplista especulación nos insinuaría una autonomía anaerobia de dos semanas a 6 nudos o tres semanas a 4...
- Aunque puramente teórico e impracticable, pues se refiere a la descarga total de la batería partiendo de un irreal estado de carga al 100 %, nos parece dato de interés el tiempo asociado a cada velocidad, ya que describe la autonomía en inmersión sin dar *snorkel* ni acudir al sistema AIP: oscila entre los 95 minutos a 19 nudos sostenidos (es decir, 30 millas) hasta casi cuatro días a la velocidad mínima de patrulla de 4 nudos; de moverse a la más estricta velocidad económica de 3 nudos la batería aguantaría 5 días y medio, siempre asumiendo el consumo de auxiliares, pero también los antedichos extremos tan teóricos desde el 100 % de carga de la batería a su agotamiento absoluto. Sin embargo, es preceptivo señalar que el cuadro de tiempos es irregular –y dadas las condiciones teóricas no tendría que serlo–, porque los tiempos de descarga que el artículo aporta no se incrementan en medida uniforme con la caída de la velocidad.
- En las mismas condiciones tan teóricas, la gama de velocidades consideradas de ataque, por ejemplo 13, 15 y 18 nudos, en el supuesto de mantenerse permanentes contarán con tiempos de descarga respectivos de 6, 4 y 2 horas.

ALGÚN DETALLE TÉCNICO

El motor eléctrico de propulsión GAMESA serie 1, síncrono de imanes permanentes, recibe la energía de grupos convertidores que transforman la corriente continua procedente de la batería en alterna trifásica, con tensión y frecuencia variables. Los motores auxiliares trabajan igualmente con alterna mediante convertidores. La batería consiste en dos grupos, cada uno con 180 elementos Exide-Tudor de plomo-ácido que, en función de la velocidad requerida, trabajan ya en serie (ataque), ya en paralelo (tránsito, patrulla). Importa resaltar que el cuadro de características de 2004 no anunciaba acumuladores de plomo-ácido, sino de litio...

El consumo eléctrico de auxiliares, es decir, todo aquel no imputable al motor principal, se desglosa entre:

- Seguridad de la inmersión
- Instalaciones en el casco
- Energía auxiliar necesaria para la propulsión
- Redes de corriente alterna * de 220 V a 50 HZ
 * de 115 V a 60 HZ

³ *Todo sobre el S80*, en **Defensa** nº 317, de septiembre de 2004.

* de 115 V a 400 HZ

A la suma de consumos de todos estos elementos auxiliares se agrega una previsión de crecimiento futuro del 10% para estimar las potencias auxiliares computadas en el cuadro 1, cinco diferentes en función de cinco condiciones de velocidad.

UN SUPUESTO OPERATIVO

El trabajo del Sr. Matres contiene en su parte final un supuesto teórico de operación para describir el comportamiento con cambios de régimen. El resultado –en ningún momento se recurre ni a la producción eléctrica AIP ni a recargar la batería– es un ataque a 56 millas del punto de partida y regreso, con dos cambios radicales de régimen de velocidades.

Lo que nos ha llamado la atención en este supuesto son las tasas de descarga y recuperación de la batería, para la cual, en esta ocasión, sí que se proponen circunstancias realistas, pues las premisas de partida hablan de batería nueva, no mermada en sus capacidades por su vejez, iniciando la operación con un 95% de carga para terminarla al 20% de energía.

La travesía de ida se realiza en régimen de economía estricta, 4 nudos: 14 horas, al cabo de las cuales la batería está al 80%. Acelera entonces hasta la velocidad extrema de ataque, 19 nudos, y por el solo hecho de cambiar de régimen el estado de carga de la batería desciende hasta su 61%. El ataque a ese andar durará 35 minutos y la batería bajará al 24% de su carga, pero un nuevo cambio de régimen hasta una velocidad mucho más moderada, de tránsito, la devuelve al 54%, para iniciar la navegación de retorno a 8 nudos durante 7 horas, llegando al punto de partida con el 20% de carga antedicho.

Aunque seguramente tendrá muy poco que ver con el uso operativo del submarino, el supuesto al menos nos consiente hacernos una idea del comportamiento de la batería en lo que se refiere a su recuperación al abandonar las velocidades altas. Finalmente, el artículo en el que nos hemos venido basando constantemente concluye que las curvas de cambio de régimen que ha venido utilizando permiten deducir aproximadamente las variaciones en tensión, intensidad y tiempo de descarga que provocan en la batería los cambios de velocidad. Muy significativamente, termina sugiriendo su utilidad en la gama de velocidades donde *la pila de combustible y la batería trabajen ambas aportando energía a la planta eléctrica*.

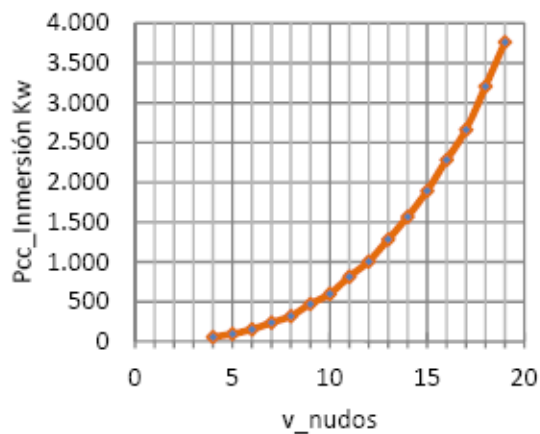
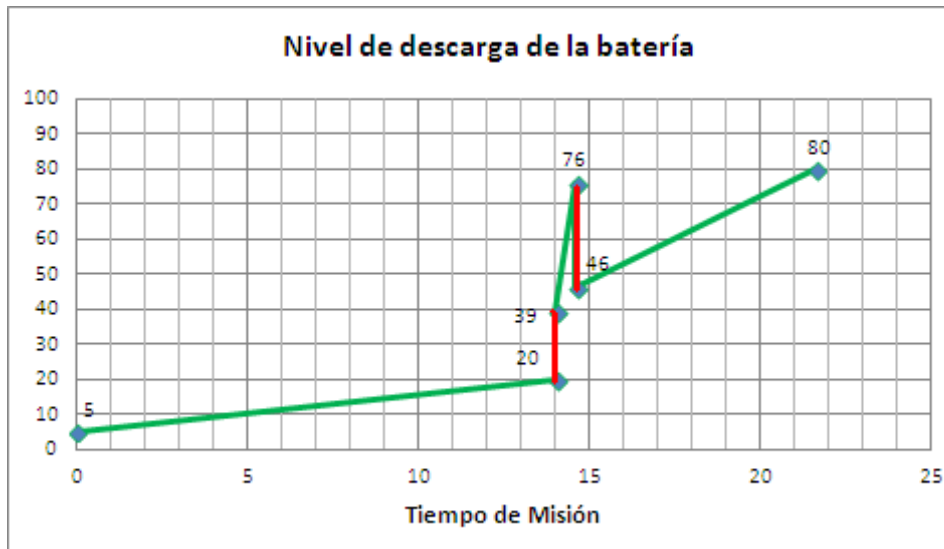
No parece que ese trabajo especulativo haya tenido en absoluto en cuenta las nuevas condiciones del proyecto, alargado en su eslora y con cierto incremento en el desplazamiento. Siendo un submarino en inmersión un objeto en equilibrio, tampoco creemos que el rediseño del casco vaya a tener consecuencias relevantes en sus características dinámicas: apenas una resistencia al avance ligeramente superior, derivada de una mayor superficie mojada.

CUADRO 1

condición	velocidad avante	nudos	revolucio- nes/minuto en la hélice	potencias en kW			tiempo absoluto de descarga de la batería
				motor principal	auxiliares	total	
<i>económica estricta</i>		2	16				
		3	25	26	73	99	131 horas 43 minutos
<i>patrulla</i>	avante 1	4	33	56		173	129
		5	41	95	268		39 horas 47 minutos
	avante 2	6	49	153	326		32 horas 17 minutos
		7	57	238	408		25 horas 22 minutos
<i>tránsito</i>	avante 3	8	64	320	170	490	20 horas 46 minutos
		9	72	471		641	15 horas 25 minutos
	avante 4	10	80	600		770	12 horas 36 minutos
		11	88	814		984	9 horas 34 minutos
		12	95	1006		1176	7 horas 50 minutos

ataque	avante 5	13	103	1283	185	1468	6 horas 5 minutos
	avante 6	14	111	1567		1752	4 horas 56 minutos
		15	118	1894		2079	4 horas 1 minutos
	avante 7	16	126	2284		2469	3 horas 14 minutos
		17	133	2663		2848	2 horas 41 minutos
avante 8	18	141	3206	3391	2 horas 4 minutos		
máxima	emergencia	19	150	3763	168	3931	1 hora 35 minutos

(los dos gráficos adjuntos proceden del artículo original glosado en el texto)



Consumo eléctrico del MEP en inmersión