

UN PASO COMPLICADO

(La Embarrancada de "El Paso Paul Kayser" en Algeciras)

Publicado en la Revista General de Marina de Enero-Febrero de 2018

CF (RNA) Luis Jar Torre



"El Paso Paul Kayser", el metanero cuya embarrancada en 1979 en aguas de Algeciras puso en un brete la industria del gas natural licuado. En esta foto se le ve navegando en lastre y, con toda probabilidad, entrando en Dunkerque para efectuar reparaciones. (Foto de autor desconocido procedente de www.shipsnostalgia.com)

"...the sea is no respecter of reputations. She merely waits for the unwary, and then claims her victim with impartiality"

(Capitán Richard A. Cahill)

Para la prensa española la primera semana de julio de 1979 fue muy intensa, con varios atentados terroristas, un desastre natural y la inminente caída del "Skylab" sobre el cogote de la ciudadanía. También fue intensa para la industria del seguro, que se jugaba indemnizaciones millonarias si un gasero embarrancado volaba llevándose por delante los cristales de varias ciudades. Para no ser menos, la industria del gas natural licuado también sufrió una semana de infarto, porque arriesgaba su viabilidad en el desenlace de un accidente cuya solución exigía procedimientos sin experimentar. Como el gasero y buena parte de la industria amenazada eran propiedad norteamericana el Departamento de Estado tomó cartas en el asunto, y su embajador en el país afectado se involucró hasta que el problema quedó resuelto gracias a un espectacular despliegue de "know-how", sentido común y medios materiales. Visto en retrospectiva el accidente se convirtió en un referente, pero más de un lector se sorprenderá si digo que ocurrió en aguas españolas, y más concretamente en Algeciras.

Indiscutiblemente un gasero "acongoja" bastante más que un petrolero, y considerando el ruido mediático que produjo el "Urquiola" (1976) y el que había de producir el "Prestige" (2002), sorprende la discreción con la que este suceso pasó por las redacciones españolas hace cuatro décadas. Sin duda ayudó la ausencia de vertidos y

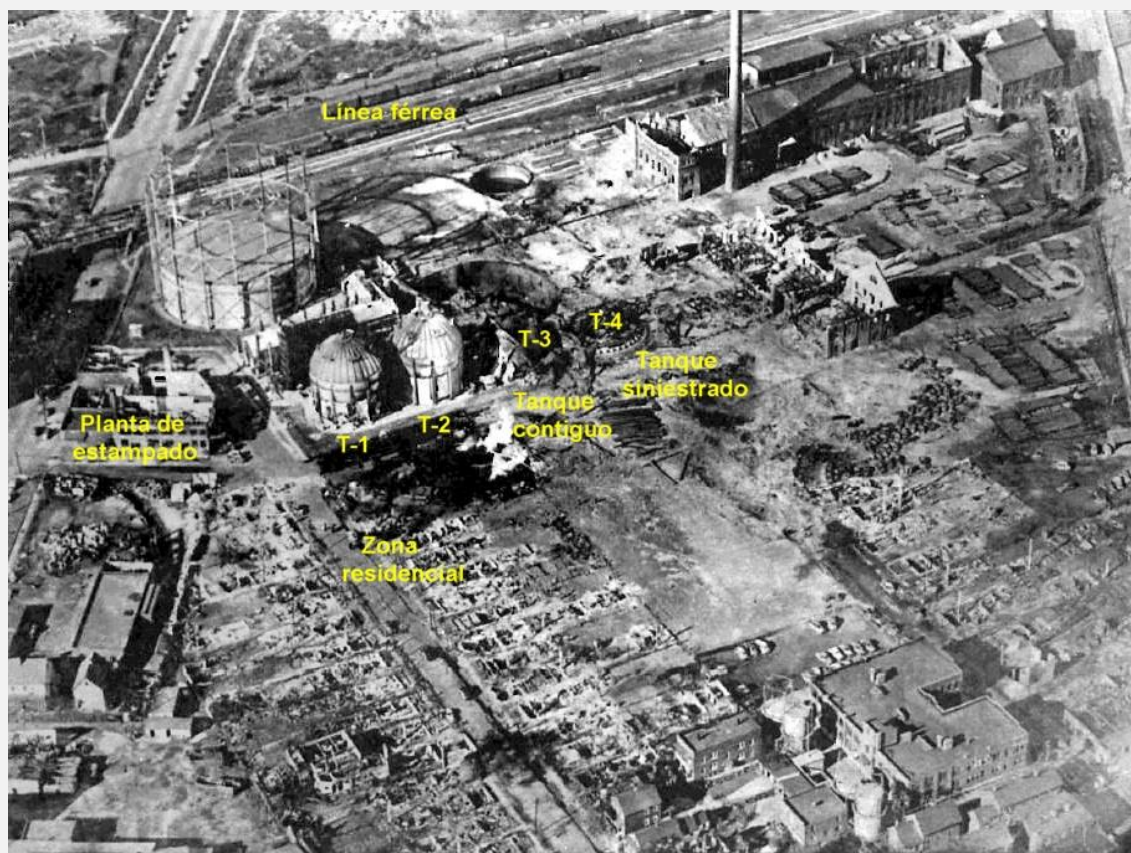
que la Administración no fuera causa del accidente ni lo agravara sobreactuando, pero el hecho de que hoy resulte complicado investigar con detalle sus causas sugiere cierta (comprensible) falta de entusiasmo de la industria del gas por airear sus cuitas. Por eso, y porque en 1979 la Autoridad Marítima periférica era la misma "Empresa" que edita esta Revista, para confeccionar este artículo he utilizado exclusivamente fuentes abiertas. La primera debería haber sido el informe oficial del país de bandera (Liberia), pero es tan "cauto" que apenas se deja ver por Internet; por suerte conseguí varias transcripciones y suficiente información complementaria para intentar reconstruir la historia desde casi todos los puntos de vista, incluyendo el de los "dueños del negocio".

GAS NATURAL

Hasta hace medio siglo el gas natural asociado al petróleo era un subproducto que solía quemarse en el mismo pozo de extracción; la industria petrolera siempre supo que estaba quemando millones de dólares, pero transportarlo al Primer Mundo en estado gaseoso no era rentable, y la tecnología disponible no permitía hacerlo de otra forma. Para captar el problema sería ilustrativo echar un vistazo a la clásica bombona de butano, que contiene una mezcla de gases licuados cuyo punto de ebullición a la presión atmosférica es (digamos) -5°C : si la bombona está en una terraza a esa temperatura el butano permanecerá líquido, apenas habrá presión y se oirán imprecaciones procedentes de la ducha, pero si la pasamos a la cocina la temperatura del líquido subirá por encima del punto de ebullición y el gas se evaporará, acumulando presión hasta que su nuevo punto de ebullición alcance la temperatura de la estancia. Cualquier consumo posterior hará bajar la presión y el punto de ebullición, aumentando la evaporación hasta restablecer el equilibrio, y si la bombona no es capaz de "robar" suficiente calor a su entorno, esta evaporación bajará la temperatura del líquido hasta detener el proceso. El butano y el propano son gases licuados del petróleo (LPG) que a temperatura ambiente alcanzan este equilibrio a unos pocos bares de presión, permitiendo almacenarlos en recipientes de un peso razonable; así, los buques gaseros LPG son poco más que gigantescas bombonas de butano, con los tanques de carga a temperatura ambiente o refrigerados para disminuir la presión y aligerar el casco. En cambio el gas natural es esencialmente metano, y en estado líquido y a presión atmosférica tiene un punto de ebullición de -162°C : por eso, aunque la Física le permitiera seguir en estado líquido en un tanque cerrado a temperatura ambiente, la presión generada obligaría a transportarlo en algo parecido a cámaras acorazadas.

La imposibilidad práctica de transportar gas natural licuado (LNG) no implicaba el desconocimiento del proceso de obtención, y cuando la tecnología de almacenamiento de líquidos criogénicos evolucionó lo suficiente, se planteó usar este producto en la industria del gas. Una de las cualidades más interesantes del LNG es que ocupa 600 veces menos volumen que en estado gaseoso, y en 1941 la East Ohio Gas Co. construyó en Cleveland la primera planta comercial de LNG del mundo: su objetivo era regular picos de consumo licuando y revaporizando, pero increíblemente la situaron contigua a una zona residencial. En origen tenía tres tanques, y cuando en plena Guerra Mundial hubo que añadir otro las restricciones o el desconocimiento hicieron que el acero de su pared interior tuviera menos contenido en níquel de lo recomendable, volviéndose quebradizo en contacto con el líquido criogénico. Las vibraciones de una línea férrea y una planta de estampado cercanas agravaron el problema, y la ausencia de diques de contención adecuados lo remató. El 20 de octubre de 1944 el nuevo tanque sufrió una rotura catastrófica vertiendo todo su contenido en calles y alcantarillas, y tras una serie de incendios y explosiones que afectaron a otro de los tanques y arrasaron 12

hectáreas, el resultado fueron 128 muertos, más de 200 heridos y unas 600 personas sin hogar. Obviamente, la incipiente industria del LNG también resultó herida de gravedad.



Efectos del accidente de 1944 en la planta de LNG de Cleveland; los cuatro tanques de almacenamiento estaban llenos a su máxima capacidad, y el que sufrió la rotura es el situado más a la derecha (T-4), que a diferencia de los otros tres no era esférico sino cilíndrico. El vertido (4.164 m³) fue seguido de un incendio y, pasados unos 20 minutos, las altas temperaturas debilitaron el soporte del tanque contiguo (T-3), que cayó vertiendo su contenido (unos 2.000 m³) y agravando el desastre. Los otros dos tanques y su contenido no sufrieron ningún percance catastrófico, aunque se produjo un incendio en las líneas de purga y también ardió parte del recubrimiento de corcho del tanque más cercano a los afectados (T-2). Obsérvese la proximidad de la zona residencial y la situación de la línea férrea y la planta de estampado, cuyas vibraciones se cree que pudieron precipitar la rotura del tanque cilíndrico. (Rotulación propia sobre una foto del informe del Bureau of Mines)

Sobre el papel el gas natural licuado es relativamente inocuo: se trata de un líquido muy ligero (densidad 0,43-0,47), incoloro e inodoro, aunque nadie con vida puede afirmar que sea insípido. No es tóxico ni corrosivo (si consideramos no corrosivo un producto que se carga en el acto los materiales ordinarios), y tampoco inflamable a menos que se convierta en gas, se mezcle con aire en una proporción del 4-15% y se someta a una temperatura de unos 540° C, un punto de ignición relativamente elevado. La mezcla inflamable no es explosiva salvo que esté en un espacio confinado (como las alcantarillas de Cleveland), y en el peor de los casos cabe esperar que no detone sino que deflagre, limitando las consecuencias de un mal rollo. Además, a temperatura ambiente el gas es más ligero que el aire, y cualquier problema tiende a elevarse sobre los simples y potenciales mortales. El principal inconveniente de este producto es que se "sirve" a -162° C y se distribuye en "termos" de hasta 266.000 m³, por lo que cualquier

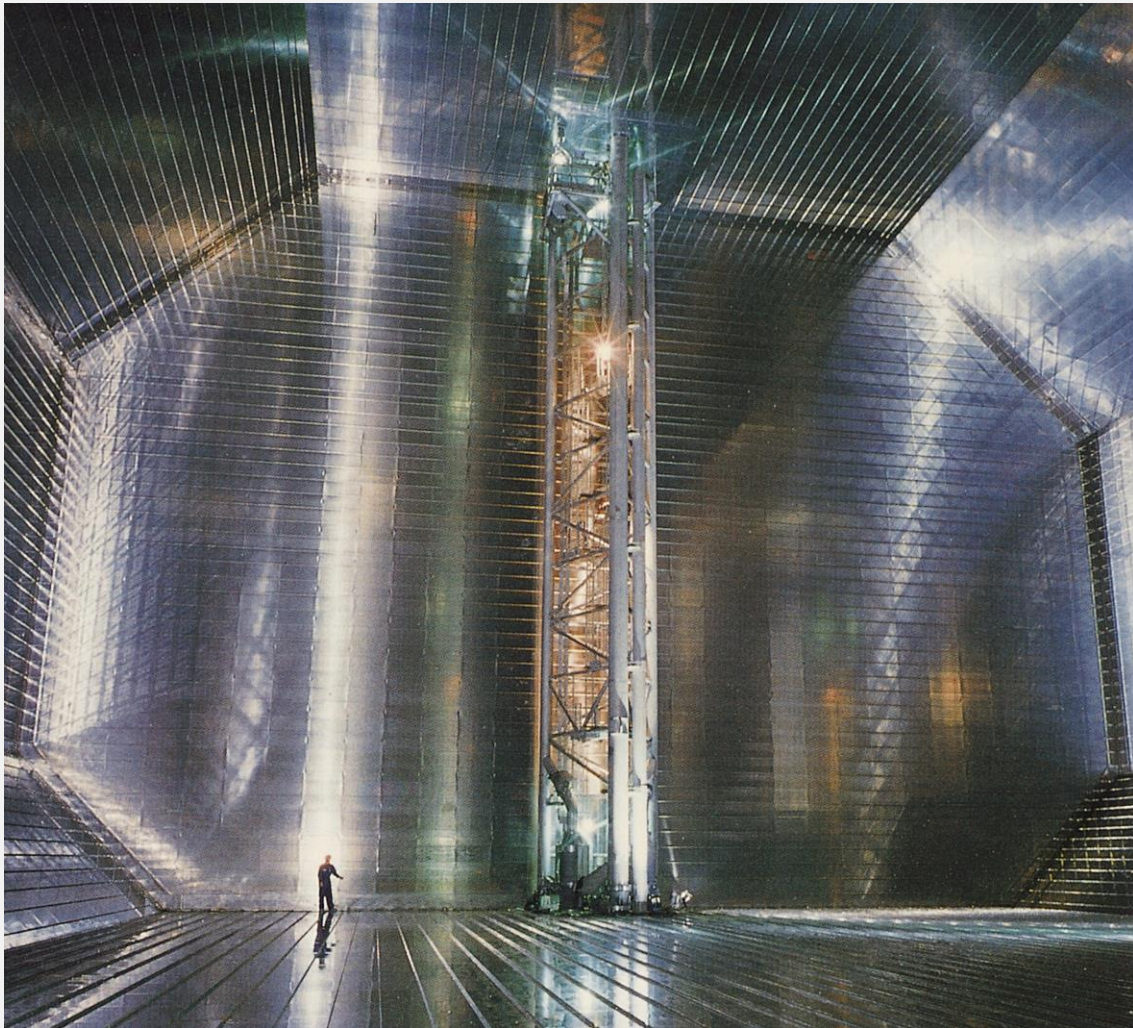
fractura del recipiente es impensable. Con este condicionante y la conveniencia de no seguir quemando un dineral nació la industria del transporte marítimo de LNG, que se jugaba la existencia en su capacidad de ofrecer una seguridad irreproachable.



Gas natural licuado "al natural": este espectáculo corresponde a un vertido ocurrido en el puerto de Barcelona en junio de 2015, durante la descarga del metanero "Fuwairit". El incidente se achacó al fallo consecutivo de una válvula y una alarma de alto nivel del buque, saldándose con cuatro grietas en cubierta que hubieron de ser reparadas en Navantia-Ferrol. En la imagen principal el vertido ha formado una "piscina" flotante de LNG a la altura del tanque nº 1 (proa Br) que, en contacto con el agua de mar, vaporiza produciendo una nube de gas visible por la condensación del vapor de agua de su entorno. Inicialmente la nube es más pesada que el aire y se arrastra por la superficie con el viento (recuadro inferior); de existir corriente, cabe suponer que el reducido tamaño de esta "piscina" no permitiría un desplazamiento significativo en su dirección antes de evaporarse. La parte visible de la nube indica "grosso modo" el límite exterior de la mezcla combustible, aunque su punto de inflamación es bastante alto (unos 540°C) y, una vez alcanzados los -110°C, el gas se volverá más ligero que el aire, elevándose hasta perderse en la atmósfera. (Montaje y edición propios de dos fotos publicadas en Naucher-Global)

Quienes hayan sobrevivido al rollo anterior recordarán que, a menos que hubiera un aporte "extra" de energía, la evaporación del butano en el interior de la bombona enfriaba el líquido hasta detener el proceso, y en este truco se basan los buques LNG (comúnmente llamados "metaneros") para mantener "fresco" su producto. En esencia un metanero es un buque de doble casco que combina las virtudes del termo y el botijo: el casco interior, que está separado del exterior por tanques de lastre, va recubierto de dos capas aislantes y rematado por una lámina metálica que está en contacto con la carga. Esta lámina (sorprendentemente fina) tiene un alto contenido en níquel y constituye la barrera primaria, que va apoyada sobre el aislamiento primario; a continuación va una segunda lámina que se apoya en el aislamiento secundario, que a su vez se apoya en el casco interior, lo que permite hablar de "doble barrera" y "doble aislamiento". Una vez cargado es inevitable que el tanque absorba calor del entorno, y cuando supera los -162° C su contenido comienza a hervir evaporando cierta cantidad de gas, un proceso que mantiene la temperatura a costa de perder diariamente del orden

del 0,15% de la carga. Instalar a bordo una planta de relicuado no suele ser rentable y, como vimos, si cerramos la tapa del "termo" ocurrirán cosas desagradables con la presión, pero nada impide enviar el gas evaporado a la máquina y quemarlo en una caldera, suministrando un combustible limpio a precio de saldo. Este "superávit compulsivo" permite a los metaneros ir por el mundo a veinte nudos y propulsados por turbinas de vapor que, en otro tipo de buque, serían ruinosas. La descripción corresponde a un metanero "de membrana" y puede presentar diferencias de detalle con otros subtipos, pero todos comparten un diseño optimizado para llevar una carga muy ligera, lo que hace que tengan relativamente poco calado, un elevado francobordo y el inconfundible aspecto de una señora embarazada.



Interior de un tanque de carga a bordo de un metanero de membrana; aunque pertenece a un "Q-Max" de unos 345 m de eslora y 266.000 m³ de capacidad, el paisaje es casi idéntico al interior de los tanques de "El Paso Paul Kayser". Obsérvese su forma prismática y el tamaño relativo de la persona situada abajo a la izquierda: el acceso a estos tanques exige una indumentaria especial y un cuidado extremo para no dañar la membrana primaria que los recubre. Paradójicamente, su propia delgadez proporciona a esta capa una capacidad de elongación que, en "El Paso Paul Kayser" (Invar de 0,5 mm), resultó determinante para mantener su integridad. La estructura vertical corresponde a la bomba y las líneas de carga, independientes para cada tanque y que comunican directamente con cubierta; la bomba es eléctrica y trabaja sumergida en un entorno gélido, pero libre de gases. (Foto de autor desconocido procedente de la página www.businesswire.com)

El primer buque metanero se estrenó en 1959, y solo era un asmático C1-M (un mercante estándar de la 2ª GM de 5.032 TPM) al que habían encajado cinco tanques no estructurales sobre un doble casco y un aislamiento de madera de balsa. Su genética y el hecho de que tuviera que ventilar el gas evaporado a la atmósfera sugieren que fue una apuesta arriesgada, pero, como no voló por los aires ni arruinó a sus armadores, en 1964 entraron en servicio los dos primeros metaneros construidos "ex profeso", que tenían 27.400 m³ de capacidad y un diseño más sofisticado; pronto les siguieron otros cada vez mayores, y en 1970 ya había nueve buques de este tipo en servicio. En la primera mitad de los setenta se desarrollaron dos subtipos básicos, el "Moss" (de patente noruega) con tanques esféricos auto-portantes y el de "membrana" (de patente francesa), con tanques prismáticos estructurales menos robustos, pero que acabaría imponiéndose por su mejor aprovechamiento del espacio. La Administración norteamericana no quiso perder el tren de esta tecnología, y a partir de 1970 avaló préstamos a los astilleros nacionales para construir este tipo de buques y permitirles entrar en el juego.



Esta foto recoge la primera carga de LNG en un buque mercante, a finales de enero de 1959 y en Lake Charles (Luisiana): el buque es el "Methane Pioneer", de bandera británica, y la carga asciende a unos 5.000 m³ con destino a Canvey Island (en la desembocadura del Támesis). Quince años después de la explosión de Cleveland la operación ya se efectúa en un descampado, pero hay vehículos de motor en las inmediaciones de la línea de carga y un tendido eléctrico (con transformador incluido) justo encima; el escenario es más desalentador si se considera que, una vez desconectadas las líneas, este "metanero de fortuna" ventilaba sus tanques a la atmósfera. Aunque transformado "ex profeso", se trata de un carguero a motor de tercera mano con 14 años en las cuadernas y poco más de 100 m de eslora, por lo que hacerle atravesar el Atlántico Norte en febrero con una carga experimental implica cierta audacia. Además era un buque relativamente lento (11 nudos en origen), pero el concepto funcionó, sentando las bases del transporte por mar de este producto. (Foto de autor desconocido extraída de una presentación de la SNAME)

GAS LICUADO

Uno de los mayores suministradores de gas norteamericanos era "El Paso Corporation", que en 1969 llevaba 41 años en el sector y tenía la sede en Houston; el

contacto con el gas debió desarrollar el olfato de sus directivos, porque ese mismo año firmaron un contrato de suministro con Sonatrach (la empresa estatal argelina) de una magnitud sin precedentes. El acuerdo final estipulaba que Sonatrach suministraría algo más de 70.000 m³ diarios de gas licuado durante 25 años, que "El Paso" planeaba distribuir en su red de EE.UU. a partir de 1974. Los beneficios potenciales eran enormes, pero la aventura implicaba construir una planta de licuefacción y una terminal de carga en Arzew, dos terminales de descarga en la Costa Este y disponer de una flota de metaneros de unos 125.000 m³ de capacidad unitaria; "El Paso" decidió tener en propiedad y operar nueve de estos buques, y aunque el Gobierno Federal avaló la construcción de dieciséis, esta cifra no incluía los tres de membrana que "El Paso" ya había encargado previamente en Francia. De los construidos en Norteamérica diez eran tipo "Moss", y los seis restantes (que eran para "El Paso") incluían tres de membrana y otros tres con un nuevo sistema que resultó un fiasco e hizo que los buques no llegaran a entregarse. Nuestro protagonista era el cabeza de serie de los tres franceses, y le pusieron la quilla en octubre de 1973; ocho meses después lo botaron, y cuando finalizó su construcción en julio de 1975 se suponía que ya debía llevar casi un año navegando. En realidad el retraso carecía de importancia, porque la planta de licuefacción argelina estaba sin terminar y el buque tuvo que permanecer tres años fondeado en un fiordo.



Según el pie de foto original, esta imagen corresponde a "El Paso Paul Kayser" atracado en la terminal inglesa de Canvey Island en 1975: casi con seguridad, su presencia obedecería a un viaje de prueba previo a la aceptación por el armador tras finalizar su construcción en julio de ese mismo año. Una vez entregado, el metanero permaneció tres años fondeado en el fiordo noruego de Haugesund, a la espera de la finalización de la planta de licuefacción argelina. (Foto de autor desconocido procedente de la página www.aukevisser.nl)

En septiembre de 1978 las agendas encajaron, y el ya no tan flamante metanero pudo entrar en servicio: a estas alturas sus armadores debían sufrir un fuerte dolor de cabeza, pero todavía podían presumir de un buque puntero que proclamaba en sus amuras el nombre de la corporación y el de su fundador. "El Paso Paul Kayser" (1975) y sus gemelos "El Paso Sonatrach" (1976) y "El Paso Consolidated" (1977) habían sido construidos en Dunkerque por la Société des Ateliers et Chantiers de France, y eran un "Paso" en la buena dirección de lo que sería la evolución de estas unidades. El "Kayser" tenía 280,6 m de eslora, 41,6 de manga y unos 11,2 de calado de verano, con un desplazamiento máximo de 94.234 t y 66.680 TPM. La capacidad de un gasero se expresa en volumen, que en este caso eran 125.011 m³ en seis tanques presurizables hasta 0,25 bares con doble membrana de Invar y doble aislamiento de

Perlita. Como a bordo el gas estaba "de oferta", en la sala de máquinas había dos calderas mixtas a fuel/gas Foster-Wheeler y una turbina Stal Laval con reductora a un eje, que le daban 44.380 SHP, una velocidad en pruebas de 20,5 nudos y 18,5 de servicio. También montaba una hélice lateral, y aunque las fuentes no lo mencionan llevaría al menos dos turboalternadores y un grupo diésel, sin contar el de emergencia.

Como "Kayser" había sido construido sin ayuda federal sus operadores no tuvieron problemas para abanderarlo en Liberia y tripularlo con extranjeros, aunque es dudoso que en 1978 hubiera en el mundo un buque mercante mejor equipado ni tripulado. La magnitud de la operación era de vértigo, pero se apoyaba en una tecnología incipiente y un producto "acongojante", y la sombra de otro Cleveland debía ser la pesadilla de los aseguradores; la política de "El Paso" fue dotar a estos buques con *"the best that money could buy"*, y hay razones para pensar que, al menos inicialmente, consiguieron fascinar al sector del seguro. Además de los "gadgets" habituales el puente del "Kayser" tenía corredera Doppler, receptores Omega y Loran C, navegador por satélite Navidyne y una terminal MARISAT para voz y télex. La joya de la corona eran dos radares Sperry asociados a un sistema integrado de navegación y un calculador CAS (Collision Avoidance System) que, en la práctica, era uno de los primeros sistemas ARPA montados en un buque. El mal uso de este equipo hizo que la embarrancada fuera definida como *"CAS radar assisted stranding"*, un sarcasmo que mis colegas de más edad sabrán apreciar en todo su valor. El buque estaba asegurado en unos 150 millones de dólares (unos 700 actuales), y su seguridad pasiva incluía un diseño orientado a facilitar posibles operaciones de salvamento y hasta la combinación de colores del casco, fruto de una investigación para optimizar su avistamiento en diversas condiciones atmosféricas y estados de la mar.



Este es el aspecto que tenía un "ARPA" de mediados de los setenta: la foto es de 1977 y corresponde al puente del VLCC "Chevron Burnaby", de 276.775 TPM., apreciándose los radares de 3 y 10 cm y, entre ambos, un sistema CAS Sperry similar si no idéntico al que llevaba "El Paso Paul Kayser". (Foto de autor desconocido procedente de www.shipsnostalgia.com)

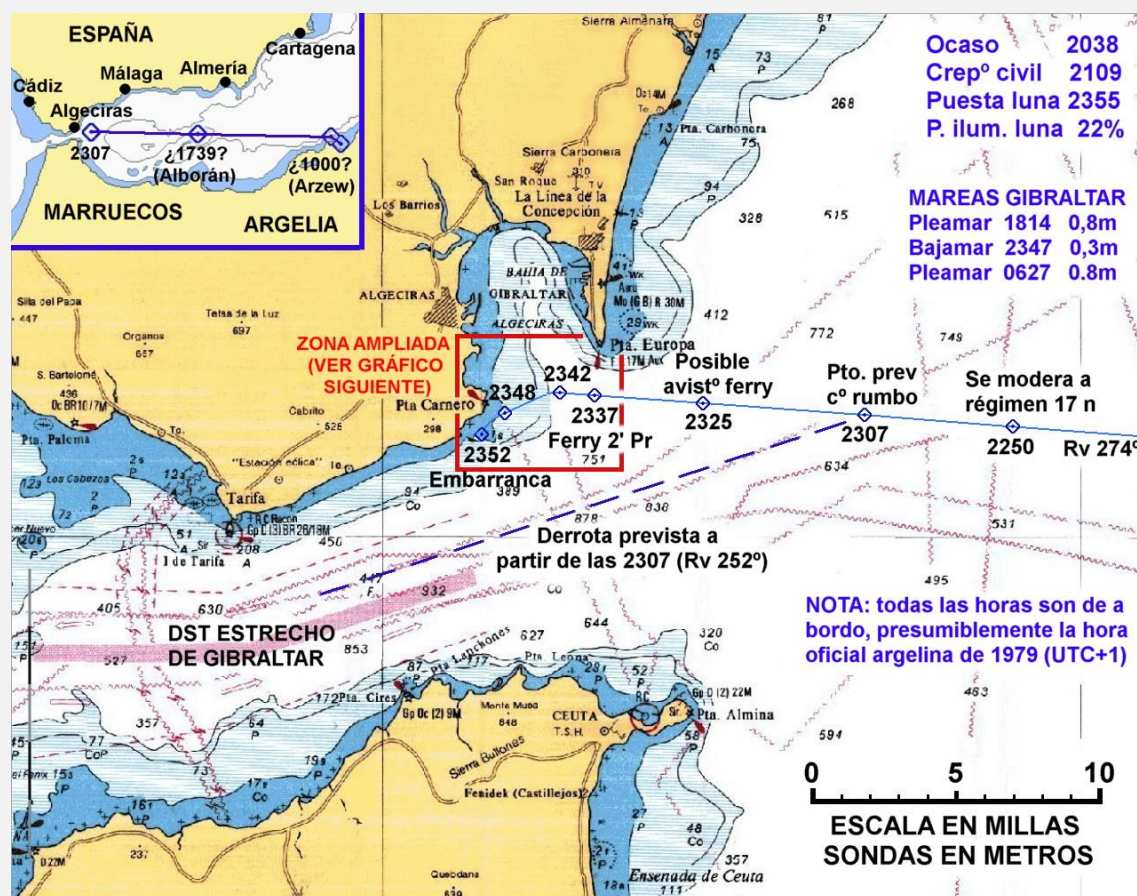
Si algo demuestra el compromiso de "El Paso" con la seguridad de su criatura es el esfuerzo que puso en la selección y formación de sus futuros inquilinos: la corporación invirtió una millonada en cursos y simuladores para la tripulación, y la formación continuaba a bordo con una colección de manuales y planes de contingencia encargados a consultores externos que contemplaba todas las emergencias imaginables e inimaginables, incluyendo la embarrancada. Los mejores oficiales que El Paso pudo "comprar" resultaron ser noruegos, y como el "Kayser" era el primer buque de la serie se llevó el capitán más prestigioso del catálogo; casi todas las fuentes omiten el nombre de los protagonistas, por lo que tampoco los citaré aquí: baste decir que el capitán (que llevaba mandando desde 1971) ha sido descrito como "*conscientious*", "*capable*", "*competent, well-trained and experienced*". Tras limpiar las telarañas del fondeo, a mediados de 1979 el "Kayser" ya había completado doce viajes redondos llevando gas argelino a la Costa Este, y la mañana del viernes 29 de junio le sorprendió terminando de cargar en Arzew para iniciar otro viaje a Cove Point (MD). La tecnología disponible a bordo habría permitido a sus tripulantes esquivar un tifón, pero no servía para conjurar un temible "viaje número 13", y la gafada comenzó cargando 95.000 m³ en lugar de los 125.000 habituales, porque el tanque n° 5 tenía una pérdida (un "tanque pinchado", en el argot) y debía ir vacío. Sin duda lastraron los tanques contiguos, porque salieron con un calado de 11,43 m en aguas iguales.

GAS ESTRESADO

La estima inversa indica que "El Paso Paul Kayser" abandonó Arzew alrededor de las 1000, y que tras doblar Cabo Carbón y aproar a rumbo 270° dejó la Isla de Alborán por el través de Br hacia las 1740; navegaba a unos 19 nudos, que con buen tiempo le permitirían llegar a su destino en algo más de 8 días. A las 1945, cuando todavía estaban a unas 73 millas del Estrecho, el capitán llegó al puente para quedarse, y el hecho de que lo hiciera 15 minutos antes del cambio de guardia invita a pensar que, además de concienzudo, era considerado. El sol se puso a las 2038, y cuando cayó la noche el buque navegaba por el meridiano de Málaga sin viento ni mar significativos y con visibilidad ilimitada; si a algún lector le extraña la hora del ocaso añadiré que es casi seguro que seguían con hora argelina (GMT+1), una menos que en España, y que este horario (el de a bordo) es el que se mantendrá el resto del relato. Hacia las 2100 (minutos antes del crepúsculo) se desconectó el piloto automático, pasando el gobierno a mano y manteniendo el rumbo 274° que llevaban hasta ese momento. Aquella noche la guardia de 2000 a 2400 se componía de un 2do. oficial noruego, un agregado norteamericano, un serviola y un timonel; el oficial llevaba a bordo desde la entrega del buque, pero el hecho de que montara esa guardia sugiere que era el más "moderno" de los disponibles. También es posible que hubiera a bordo un 1er. oficial encargado de la carga y exento de montar guardia de puente, pero nadie lo menciona; de existir, todavía estaría recuperándose de una noche en blanco en el control de carga. Reconozco que son muchas suposiciones, pero con los datos disponibles no se puede ser más preciso.

Las intenciones del capitán eran continuar a rumbo 274° hasta interceptar la prolongación del Dispositivo de Separación de Tráfico (DST) 9,6 millas al 104° de Punta Europa, y en este punto caer a Br para incorporarse al rumbo del Dispositivo (252°), pero el 2do. oficial declaró que él había entendido que la caída sería 5 millas más adelante, lo que sirvió para atribuir al "viejo" un "*Failure to have, and execute, a written passage plan*". Para un marino el acceso oriental del Estrecho de Gibraltar es un embudo que concentra una sobredosis de tráfico, con la emoción añadida de tres puertos en un radio de 7 millas cuyos "inputs" tienden a convertir el deseable régimen "laminar" en "turbulento": por eso, la derrota programada por el capitán implicaba un pequeño

desvío al N para evitar coincidir en la entrada del Dispositivo con los buques que lo usaban para acceder al Mediterráneo y, apenas sobrepasado, caían a Br rumbo a Cabo Gata. Cuando el desarrollo de los acontecimientos aconchó su buque contra la costa española, este desvío (que ya había efectuado en viajes anteriores) fue criticado como *"Failure to select the safest track"*, pero a mi juicio no era un mal plan, y habría sido mucho mejor si hubiera interceptado la prolongación del DST y caído a Br unas millas más al E. En todo caso a las 2250 se puso la máquina a régimen de maniobra (17 nudos), y cuando a las 2307 llegaron al punto previsto para el cambio de rumbo encontraron tráfico cortando su derrota por Br e impidiéndoles caer a esa banda, una situación en la que el Reglamento de Abordajes les obligaba a mantener el rumbo y la velocidad, lo que permitió endosar al "viejo" un *"Failure to take the anticipated action"*.



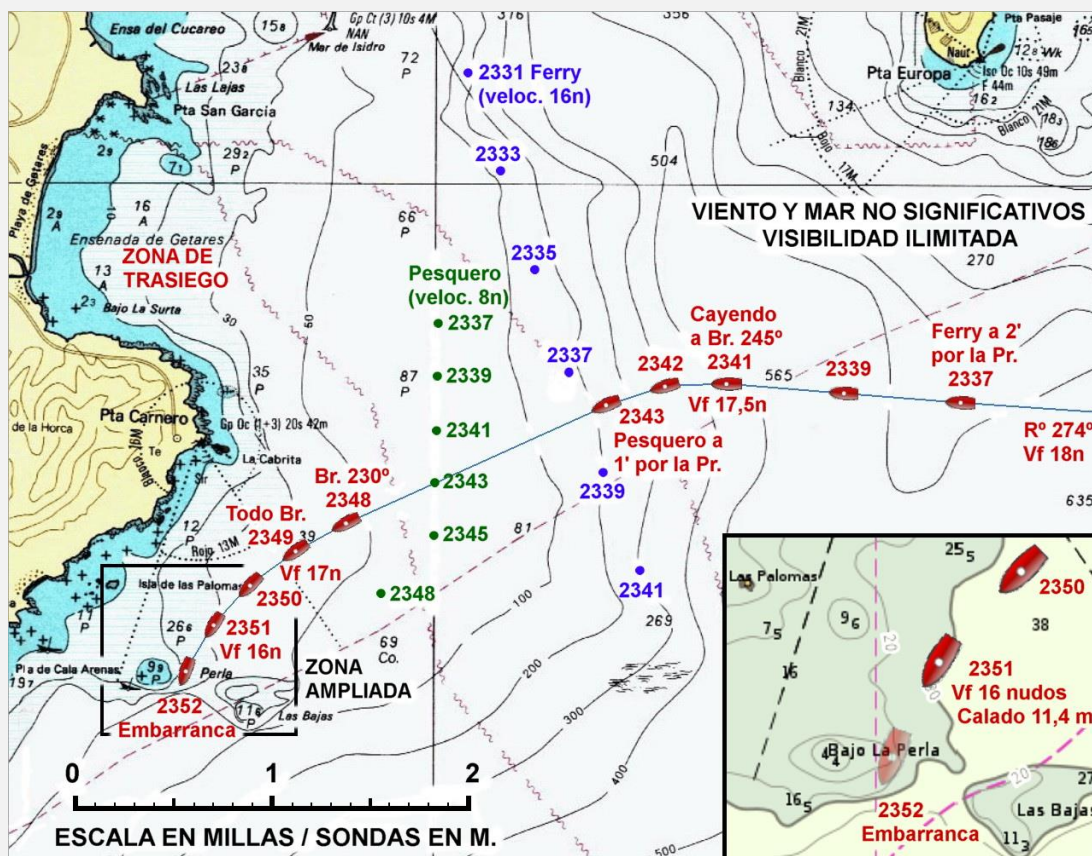
Derrota estimada de "El Paso Paul Kayser" entre Arzew y la recalada al Estrecho (recuadro superior) y ampliación a partir de las 2250, cuando se moderó a régimen de maniobra (gráfico principal). La línea discontinua a partir de las 2307 es la derrota prevista (Rv 252°), que finalmente no pudo seguirse por la imposibilidad de caer a Br a causa del tráfico, y las posiciones posteriores están deducidas con muy poco margen de error de los datos suministrados por el informe. Las efemérides astronómicas están calculadas con el programa ICE (v0.5.1) del US Naval Observatory, y las mareas con el programa WXTide32 (v4.6). La ruta está calculada con un plotter (OpenCPN v4.6.1) y cartografía actual, aunque para respetar su contexto se ha proyectado sobre una carta "de papel" de la época reconvertida a formato raster y corregida de Datum. (Elaboración propia sobre cartografía digital (recuadro) y la carta española n°45 (1979-Ed.1985), con algunos detalles eliminados para facilitar su lectura)

No es descartable que, incluso en un momento tan temprano, los problemas del capitán para caer a Br obedecieran a su fascinación con el calculador

CAS acoplado al radar, que podía programarse para un CPA (Closest Point of Approach) de 0,5, 1 y 2 millas respecto a otros buques y, en un increíble exceso de celo, tenía colocado en 2 millas, lo que no es realista ni siquiera en mar abierto. En la coyuntura que se encontraba el "Kayser" hasta un CPA de 1 milla podía ser excesivo, y 0,5 habría sido razonable siempre que la máquina trabajara apoyando el "ojo mariner" del capitán; por desgracia para el capitán las máquinas suelen carecer de "ojo mariner", y cuando se las alimenta con exigencias poco realistas pueden dar soluciones poco razonables. El comité liberiano llegó a una conclusión parecida, y diagnosticó al "viejo" un "*Failure to appreciate the limitations of a collision avoidance system (CAS)*". Cuando finalmente la banda de Br quedó despejada, apareció por Er un ferry procedente de Algeciras que, con toda probabilidad, se dirigía a Ceuta y según el "cojo-radar" del "Kayser" les iba a cortar la proa a 2 millas; sabiamente el capitán del gasero decidió continuar a rumbo (una caída a Br habría sido antirreglamentaria), pero cometió el error de su vida al no moderar máquina justo en ese momento, y el comité le acusó de "*Violation of Rule 6. Continued at full manoeuvring speed*". La reconstrucción en un plotter (ver gráficos) sugiere que debieron detectar el ferry pasadas las 2325, abierto unos 20° por Er y a unas 7 millas, cuando el gasero ya estaba otras 4 al ESE de Punta Europa y navegando a una velocidad sobre el fondo de unos 18 nudos.

Es cosa sabida que los mercantes odian maniobrar moderando máquina, en parte porque los tiempos de reacción hacen que resulte poco eficiente, pero también es sabido que a la fuerza ahorcan. En ocho años de navegación mercante solo recuerdo haber hecho una maniobra de este tipo, precisamente en el punto donde ahora se encontraba el "Kayser", con un buque de un tamaño comparable, tráfico por Br y un ferry a rumbo de colisión por Er. Como entonces era un imprudente novato armado con un radar, no tuve empacho en pontificar al capitán: "hay que moderar", y como ni el experto (y paciente) capitán ni el imprudente 3er. oficial nos sentíamos capacitados para caer a Er y hacer una excursión por la Bahía de Algeciras con un enorme petrolero a casi 15 nudos, moderamos (bastante), y la cosa se resolvió con una minúscula caída a Er. Es posible que navegáramos lastrados por la consciencia de nuestras limitaciones, pero también lo es que el capitán del "Kayser" lo hiciera condicionado por su prestigio, lo que no deja de ser un lastre. Cuando a las 2337 el ferry pasó 2 millas por su proa, el metanero seguía navegando a rumbo 274° y ya estaba 1,7 millas al S de Punta Europa, con el faro de Punta Carnero a menos de 4 abierto unos 8° por Br; empezaba a ser imperativa una caída a Br de al menos 60°, y alguien menos "seguro" la habría iniciado en ese instante, siguiendo al ferry y manteniéndolo abierto unos pocos grados por Br hasta pasar a media milla, pero la reconstrucción me sugiere que el capitán reajustó su juguete para mantener el CPA en 1 milla. El informe oficial precisa que no inició la caída hasta las 2342, y que cuando lo hizo no pudo pasar del rumbo 245° porque se encontró a una milla por la proa con un pesquero navegando hacia el S que, aparentemente, hasta ese momento había sido ocultado por el ferry.

Una de las especies marinas más imprevisibles es el buque pesquero, pero hay que reconocer que éste navegaba sin meterse con nadie y era el "Kayser" el que, ahora, resultaba imprevisible por estar en un lío mayúsculo. Con Punta Carnero a 2 millas por la amura de Er y lanzado a casi 18 nudos, una solución audaz habría sido dar dos pitadas cortas, meter toda la caña a Br y pasar (digamos) a media milla del pesquero y libre del ferry, pero dos minutos después eso ya no era una solución, y descartando una caída a Er que probablemente les habría metido en otro "jardín", se imponía una reducción drástica de la velocidad o incluso dar "atrás emergencia". En algún momento el capitán llegó a considerar esta idea, pero la descartó, quizá para no comprometer la maniobrabilidad; lo que sí hizo fue echar "*a hurried glance*" a la carta y optar por caer a



Derrota más probable de "El Paso Paul Kayser" a partir de las 2337 (gráfico principal) y ampliación a partir de las 2350 (recuadro inferior): la ruta es la misma del gráfico anterior, y también está proyectada sobre una carta de la época. Los símbolos del metanero (en rojo) tienen la eslora a escala y la manga exagerada para mejorar su visibilidad, y su trayectoria es un compromiso entre los datos disponibles. Cabe significar que el informe recoge una reducción de velocidad a 17 nudos a las 2250, pero también velocidades sobre el fondo posteriores de entre 17,4 y 18,5 nudos; la trayectoria a partir de las 2349 (que no debería tener errores garrafales) tampoco es consistente con una caída con toda la caña a Br. Para este último tramo he considerado una reducción paulatina de velocidad de hasta 2 nudos por efecto del timón. Las posiciones del ferry encajan si se le asigna un rumbo directo a Ceuta y 16 nudos, y al pesquero le he asignado 8 nudos por el mismo motivo. Finalmente, el punto estimado de la embarrancada es consistente con la trayectoria y la posición de descanso del buque (ver gráfico siguiente), pero su proyección en la carta de la época indica una sonda de 20 m; la cartografía actual y una escala más adecuada (recuadro inferior) ponen las cosas en su sitio. (Elaboración propia sobre la carta española nº445 (1983), con algunos detalles eliminados para facilitar su lectura. El recuadro es una captura actual (2017) de la cartografía "online" del Instituto Hidrográfico de la Marina)

Br cuando sobrepasara al pesquero. Habría sido una maniobra emocionante aun saliendo bien, pero con las prisas no vio en la carta el bajo de La Perla (4,4 m), y el 2º oficial, que sí lo había visto, dio por supuesto que el "viejo" también lo había hecho y no le dijo nada, lo que demuestra que a veces la prudencia está reñida con la lealtad. Aunque las cartas de papel son casi piezas de museo procede recordar que, para ahorrarse estos sofocos, los viejos capitanes nos hacían marcar ostensiblemente en rojo las sondas inferiores al calado y en azul las inferiores a 20 m cada vez que estrenábamos una. Al comité tampoco le gustó la maniobra elegida por el capitán, y le cargó una "Violation of

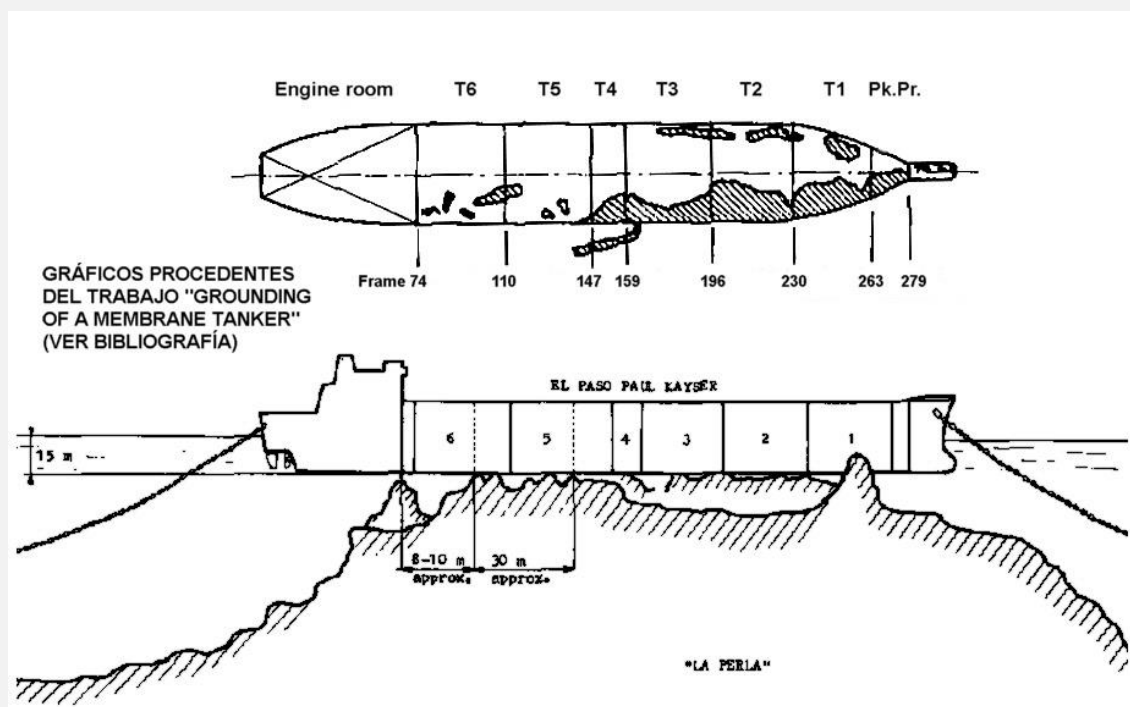
Rule 8. Did not take way off as he was heading to the coast of Spain and sighted the fishing boat. He did not know how his vessel would respond if he had ordered crash stop.", con la propina de un *"Failure to maintain a proper bridge organization"*.

Se ha criticado que, en semejante buque y coyuntura, no hubiera otro oficial reforzando temporalmente el puente, con un senior para ocuparse del tráfico, un junior a cargo de la derrota y el capitán supervisando a los dos, pero esa organización no libró al "Costa Concordia" de irse a las piedras en una situación casi idéntica, con un prestigioso capitán empeñado en meterse por una pared y no dos, sino tres oficiales en respetuoso silencio. Como su colega italiano, el capitán del "Kayser" daba órdenes directamente al timonel desde la consola del radar, aunque en esta ocasión el 2do. oficial y el agregado se situaban continuamente en la carta; consta que el capitán *"tried calling the fishing boat on radio Channel 16"*, lo que sugiere que su reino no era de este mundo porque, como era de temer, *"there was no reply"*. Como también era de temer el pesquero hizo un extraño, y al llegar a su altura *"turned right to a course parallel to the Paul Kayser"*, pero pronto quedó a popa y hacia las 2348, tras preguntar al 2do. oficial la distancia a tierra (*"one mile"*) el capitán ordenó "Br 230°"; un minuto después hizo una nueva consulta (*"0,7 mile"*) y ordenó "todo a Br", o al menos eso dice el informe. Al iniciar la caída no debía estar más preocupado de lo razonable (que no era poco), y según declaró "sentía" que *"would make it without problems"*; la reconstrucción de su trayectoria sugiere que, a despecho del informe, no la hizo con toda la caña a Br, algo que genera malos rollos con el jefe de máquinas si se hace en "avante toda". En mi opinión debió hacer las cuentas para pasar a media milla de la Isla de las Palomas, lo que (sin saberlo) también le habría hecho pasar a unos 400 m de un bajo de 9,6 que entonces no estaría cartografiado. Al desconocer la existencia del bajo de La Perla tampoco lo introdujo en su ecuación hasta que, a las 2352, el bajo se introdujo violentamente en su buque, al que por suerte el uso prolongado del timón ya habría reducido sensiblemente la velocidad.

GAS ESTRELLADO

En 1979 nadie sabía lo que pasaría realmente si un metanero cargado embarrancaba en "avante toda", de la misma forma que hoy solo podemos imaginar lo que ocurriría si un temporal lo deshace contra un acantilado. Para operaciones "near-shore" la guía de referencia contempla accidentes (o actos terroristas) con perforaciones del casco interior de entre 1 y 12 m² y vertidos de LNG de hasta 41.000 m³ que, en contacto con el agua del mar, forman una "piscina" flotante que vaporiza creando una nube; esta vaporización absorbe calor y origina movimientos convectivos que impiden que el agua se congele, pero el proceso exige tanta energía que dista de ser instantáneo. Hasta que no alcanza los -110°C la nube es más pesada que el aire y, de no encontrar un "punto caliente" e inflamarse, se puede extender hasta 1,7 km a sotavento en función de la estabilidad de la atmósfera, aunque hay escenarios intencionales que elevan esta distancia a 3,6 km. Obviamente, si el origen del agujero es un impacto o una explosión externa el "punto caliente" está servido, pero no es previsible una explosión secundaria y, en principio, el incendio estaría limitado al exterior del tanque (el único sitio donde hay mezcla combustible), pudiendo emitir radiación térmica peligrosa para las personas (5 kW/m²) hasta 1,4 km en accidentes operativos y 2,2 en actos intencionados. Las distancias citadas corresponden a la peor hipótesis e incluyen supuestos improbables, como explosiones sin incendio posterior. Aunque no se contempla específicamente, el escenario "barco embarrancado que se rompe" augura un vertido catastrófico y, por comparación, una nube que de no arder podría alcanzar unos 4 km a sotavento.

El "Kayser" no se rompió, pero quedó apoyado por Er sobre un peñasco de unos 15 m de sonda en la zona de los tanques 5 y 6 (entre el puente y el centro de eslora), con un pináculo a 2,5 m de la sala de máquinas, que no resultó afectada; los extremos estaban en aguas libres, y el buque se estabilizó con 5,5 m de asiento aproante y una escora de 5° a Er. Casi todos los daños estaban en la mitad de proa, con el casco exterior destripado a lo largo de 185 m en la banda de Er y 67 en la de Br, y los tanques de lastre afectados en libre comunicación con el mar. El casco interior tampoco salió indemne, y los tanques de carga 1 y 2 (los situados más a proa) sufrieron daños en la membrana secundaria y deformación de la primaria, que fue empujada hacia el interior (sin romperse) hasta un máximo de 110 mm. Inmediatamente después de embarrancar el capitán paró máquina, hizo sonar la alarma general y ordenó alistar los botes; también ordenó comprobar las sondas de los tanques de carga, y pronto fue evidente que no había pérdidas. Un télex del Departamento de Estado a la embajada en Madrid da las



El gráfico inferior refleja la precaria situación del metanero tras la embarrancada, con unos 30 m de eslora (entre los tanques 5 y 6, banda de Er) apoyados en el bajo de La Perla y los extremos en aguas libres; cualquier movimiento posterior podía agravar las averías y desencadenar un vertido, y se aprecia que se han tendido anclas a proa y popa para inmovilizar el casco en lo posible. El gráfico superior aparenta ser el resultado de un reconocimiento en dique, pero en el trabajo de procedencia se dice que el grueso de las averías se produjeron en la banda de Br; como el resto de las fuentes concuerdan en que ocurrieron en Er (lo que también sería más coherente con la batimetría), he considerado que se trata de una errata. El derrotero británico describe el bajo de La Perla como "*a dangerous group of pinnacle rocks*", y a la vista del gráfico lo más probable es que el buque impactara con uno en las inmediaciones del bulbo, destrozara la banda de Er del pantoque hasta la cuaderna 147 y, ya sin arrancada, quedara apoyado sobre el mismo pináculo (ahora sensiblemente "erosionado") en las inmediaciones de la cuaderna 110, donde se aprecian daños de menor magnitud en la banda de Er. (Montaje y edición propios de dos gráficos procedentes del trabajo "*Grounding of a Membrane Tanker; Correlation Between Damage Predictions and Observations*", 1981-SNAME. El gráfico superior está redimensionado y girado 180° respecto al original para facilitar su correlación con el inferior)

2312 GMT (0012 de a bordo) como hora del accidente, lo que invita a pensar que esa fue la hora a la que el capitán avisó a sus armadores: las instrucciones que le dieron incluían no intentar reflotar el buque por su cuenta, por lo que rechazó los servicios de un par de remolcadores españoles que se acercaron hacia las 0300. Si a alguien le parece arrogancia le diré que, según un manual de salvamento norteamericano, *"Salvage of .../... LNG carriers .../... is a complex, highly technical, and difficult business. In all cases, salvors should seek specialized, professional assistance and not try to go it alone or to improvise salvage methods on their own"*. En otro punto, el manual es explícito sobre las posibles consecuencias de una actuación chapucera (*"A very big bang"*).

La precaria situación del buque debía producirle un "dolor de espalda" que, con mareas "normales" y una simple mar tendida, habría agravado sus averías y comprometido su integridad estructural en pocas horas. Por suerte la amplitud de la marea en la zona no llega a 1 m y la meteorología pintaba bien, pero en Houston no estaban dispuestos a esperar a que pintara mal, y cuando en palabras de uno de sus ingenieros *"the unthinkable happened"*, se formó un equipo de crisis que a la mañana siguiente salió en un avión corporativo hacia Málaga, para instalar su *"war room"* en un hotel de Algeciras; también se contrató un "Lloyd's Open Form" con Wijsmuller, que a su vez subcontrató con Smit, enviando cada compañía dos grandes remolcadores de salvamento. Encarrilado lo urgente procedía limitar daños explicando cómo había podido ocurrir lo "impensable": es significativo que el télex por el que el consulado norteamericano en Orán informó al Departamento de Estado (O 301100Z JUNE 79) incluyera la ominosa frase "EXTENSIVE PUBLICITY LIKELY". También lo es la actualización que envió el Departamento a las embajadas afectadas el lunes (O 022238Z JUL 79), que incorporaba datos suministrados por El Paso y aclaraba las "dudas": "ON FRIDAY, JUNE 29, AT APPROXIMATELY 23:12 GMT THE LNG TANKER EL PASO PAUL KEYSER (sic) SUCCESSFULLY MANUEVERED (sic) TO AVOID COLLISION WITH ANOTHER VESSEL AND RAN AGROUND IN SPANISH WATERS ABOUT SIX MILES FROM THE TOWN OF ALGECIRAS". Esta fue la versión publicada por "The New York Times" y la prensa española el domingo día 1, aunque aquí se "mejoró" con la presencia de niebla y la *"estimación transmitida por el comandante"* (se entiende del gasero) de que *"el casco del buque no ha sido dañado"*.

La versión norteamericana era genial porque no mentía, pero a los españoles es difícil engañarnos y el jueves la prensa recogió que *"Según se comenta en los medios portuarios, la hipótesis de que el barco hubiese encallado al tratar de eludir un choque con otro buque carece de consistencia. Se cree más bien que el accidente se produjo por un fallo de colocación del rumbo en el piloto automático cuando el barco entraba en el estrecho, procedente de Estados Unidos, con dirección a Argelia"*. Superada la carcajada no conviene auto-flagelarnos en exceso, porque el Consulado en Orán ya había informado a Washington en su télex que el buque "WENT AGROUND AT LAS PALMAS, 60 MILES EAST OF GIBRALTAR". Respecto al posible peligro, según la prensa del miércoles *"al principio cundió una cierta inquietud ante la posibilidad de que se esparciera en aguas próximas al litoral español el cargamento de 99.500 (sic) metros cúbicos de gas natural que trae el barco"*; obviamente, la inquietud habría sido mayor de trascender que este "cargamento" podía generar unos 57 millones de m³ de gas. Eso debió pensar el autor del libro "Lloyd's of London" al calificar al "Kayser" de *"damaged 'bomb'"*, o un redactor de "Fairplay" al desvelar *"fears that if the LNG cargo had exploded it would have taken the greater part of Gibraltar with it"* (los "anglos" siempre tan caseros). Tampoco fue relajante el relato del inspector liberiano (*"The accidental release and ignition of methane gas after it has formed a gaseous cloud could produce a devastating explosion and fire ball"*) que, por cierto, también dijo

que *"The Captain of the port of Algeciras has told us that no ship has ever survived a stranding on La Perla"*. Es de justicia añadir que el buque estaba a 5 km de Algeciras y 9 de Gibraltar, unas distancias que hoy probablemente se habrían considerado seguras.



"El Paso Paul Kayser" embarrancado (tiene izadas las tres bolas reglamentarias) y escorado a Er, mientras un remolcador de salvamento le tiende el ancla de popa para limitar sus movimientos. La existencia de un equipo de fondeo en la popa de este buque dice mucho de la buena práctica de sus gestores, y el bote salvavidas arriado hasta la posición de embarque sugiere que la situación dista mucho de estar controlada. (Foto procedente del blog "Bitácora" en www.webmar.com)

Inicialmente se planeó alijar el "Kayser" antes de reflotarlo, y como paso previo se desvió a Arzew para enfriar tanques a su gemelo "El Paso Sonatrach", que estaba camino de un astillero francés; no obstante, el martes día 3 se decidió reflotar el buque como estaba y trasegar su carga una vez a flote: es posible que la idea de abarloar dos gaseros sobre un bajo no entusiasmara a la concurrencia. Para entonces ya habían llegado tres remolcadores de salvamento, se había filmado el casco por buceadores y tendido anclas para inmovilizarlo, y aunque el tiempo seguía siendo bueno se contrató un meteo cada seis horas; la idea era inyectar aire a los tanques inundados y corregir la escora residual lastrando los laterales de Br. La cosa política tampoco iba mal, y según un télex del Departamento de Estado "EL PASO REPORTED THAT RELATIONS WITH THE SPANISH ARE SATISFACTORY. SPANISH OFFICIALS HAVE BEEN ON BOARD THE PAUL KEISER (sic) AND ARE COOPERATING"; obviamente, en

una situación que desbordaba el "know-how" local la colaboración era una estrategia más inteligente que la obstrucción, sobre todo cuando el primer interesado en "poner ruedas" al problema era el armador. De hecho, debían tener tanto interés en no abusar de la meteorología que no esperaron la llegada del "Sonatrach" y celebraron el 4 de julio reflotando el buque, que inmediatamente fue tomado a remolque y fondeado en la Ensenada de Getares *"With the permission and co-operation of the Spanish Authorities"*. Al día siguiente el embajador norteamericano transmitió su satisfacción a los armadores al tiempo que les enviaba un "mensaje" ("I KNOW THAT SPANISH AUTHORITIES ALSO APPRECIATE THE CARE YOU TOOK IN KEEPING THEIR GOVERNMENT FULLY INFORMED. REGARDS TERENCE A. TODMAN").



Tripulantes del remolcador de salvamento "Tempest" (de Wijsmuller) con atuendo informal y "El Paso Paul Kayser" al fondo; aunque continúan unidos por un cable, el metanero ya está claramente fondeado (tiene izada la bola de proa), y no embarrancado. La situación es mucho más relajante que en la foto anterior, pero el bote salvavidas continúa listo para su uso inmediato, sugiriendo un sano escepticismo por parte del Mando. (Foto procedente del blog "Bitácora" en www.webmar.com)

El estado del "Kayser" hacía impensable sacarlo cargado a mar abierto, pero el trasiego de LNG entre buques era una operación que nunca se había llevado a cabo, menos aún con un gasero descalabrado, y aunque los medios de descarga seguían operativos se hizo necesario un estudio de la resistencia residual del casco. Además, durante el resto de la semana el equipo desplazado a Algeciras, que disponía del calculador de carga del buque y su terminal MARISAT, trabajó con el equipo de Houston, que disponía de un ordenador más potente, hasta definir una secuencia de descarga y presurización de los tanques de lastre dañados que minimizara los esfuerzos. Al tiempo se utilizaron aviones corporativos para traer material de EE.UU., incluyendo manguera flexible de acero inoxidable y tableros de contrachapado para proteger la cubierta de posibles pérdidas. El 7 de julio se obtuvo el permiso de las autoridades españolas, y el 8 se transfirió el combustible del "Kayser" al "Sonatrach", que ya había

sido abarloado y protegido con cinco defensas "Yokohama" importadas "ex profeso". El trasiego de la carga comenzó la mañana del 9 con medidas que incluían ropa antiestática y comunicaciones a viva voz para prescindir de los "walkies"; uno de los ingenieros de El Paso recordaba que *"our rescue team carried out the entire operation. No ship crew participated"*, y que el *"management team participated directly in putting the hoses"* sin que hubiera excepciones a la hora de arrimar el hombro (*"This included even vice-presidents in the Company"*). Es evidente que andaban sobrados de "motivación", y 41 horas después la operación terminó sin pérdidas de gas ni estruendos indeseables.

Tras ser desgasificado, inertizado y remolcado a Lisboa para "parchar" el casco, el "Kayser" completó en Dunkerque unas reparaciones que exigieron sustituir 870 toneladas de acero antes de quedar nuevamente operativo en la primavera de 1980. La factura fue de infarto, pero podían habérsela ahorrado porque en abril de ese mismo año se suspendieron los embarques de gas argelino al no aceptar los norteamericanos una subida de precio significativa. En febrero de 1981 El Paso anunció la suspensión de sus operaciones de LNG, y dos años después la corporación, que *"was experiencing some problems at the time"*, fue adquirida por Burlington Northern Inc. Da que pensar que, en el momento del accidente, el "Kayser" tuviera un tanque inoperativo y el "Sonatrach" estuviera camino del astillero con problemas similares, pero al ser los primeros buques de su tipo y tamaño debieron pagar la novatada. En 1983 "El Paso Paul Kayser" y su gemelo "El Paso Consolidated" fueron vendidos a precio de chatarra (2,8 millones de dólares cada uno), siendo desguazados en 1986 y 1987; ese mismo año también desguazaron "El Paso Sonatrach", que prácticamente no había vuelto a navegar.

BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

La fuente más completa sobre las causas de esta embarrancada es el informe liberiano (*"Report of the Preliminary Investigation in the Matter of the Stranding of LNG Carrier El Paso Paul Kayser (O.N. 5313) on the Shoal of La Perla"*; Bureau of Maritime Aff. 1980), pero no encontré copias accesibles. Por suerte pude consultar dos extensas transcripciones incorporadas a sendos trabajos publicados por la "International Gas Union" en 1982 y el "Institute of Marine Engineers" en 1984. En igual medida me apoyé en la monografía del capitán Cahill *"Strandings and Their Causes"* (1985-Fairplay), que incluye los datos más relevantes del informe en las seis páginas que dedica al accidente. Para los daños usé entre otros *"Grounding of a Membrane Tanker; Correlation Between Damage Predictions and Observations"* (1981-SNAME), y para el trasiego de la carga la descripción de Art Montemayor (uno de sus protagonistas) en www.cheresources.com. Los télex diplomáticos proceden de "Wikileaks", donde su clasificación actual figura como "UNCLASSIFIED", y complementé el relato con otra docena larga de trabajos y varias hemerotecas. Los datos del buque son de la página <http://ship-db.de> y varios artículos de la prensa marítima, y la "Física" del gas licuado de otro ramillete de publicaciones incluyendo *"Handbook of Liquefied Natural Gas"* (2014-Elsevier) y el *"Sandia Report"* (2006/2008-Sandia National Laboratories), del que saqué las distancias relativas a los vertidos. Finalmente, mi amigo Alberto Mantilla, que navegó quince años como jefe de máquinas en metaneros de membrana, me corrigió algunos datos donde la literatura no se ajustaba a la realidad. Sigo en ljartor@gmail.com