El carter, gracias a su forma esférica, resiste perfectamente las más fuertes presiones. Por medio de dos pivotes fácilmente engrasables soporta el cuerpo giratorio, construído en forma de tubo con idéntico diámetro que la conducción, y provisto sobre uno de sus lados de una placa obturadora. Esta última no se une rígidamente al cuerpo giratorio, disponiendo, por el contrario, de un cierto juego. Lleva un anillo de bronce que, en posición de cierre, queda fuertemente comprimido contra el asiento del vano.

La cara de aguas arriba del obturador es accesible al agua a presión por un fuerte estrangulamiento, y comunica, por el contrario, con la cara posterior del mismo por un amplio conducto abierto en uno de los pivotes y provisto de una pequeña llave *B*. Abriendo esta llave se equilibra el obturador. No obrando entonces presión alguna sobre el asiento, se puede colocar fácilmente el cuerpo giratorio a 90° de su posición de cierre para encontrar la de apertura. Toda la presión que actúa sobre el cuerpo de la válvula la soportan los dos pivotes durante esta maniobra, reduciendo así a un mínimo la resistencia al movimiento.

El mando, colocado fuera del carter, es muy sencillo y puede proyectarse con tornillo sin fin y manivela, con servo-motor hidráulico, o con tornillo sin fin y motor eléctrico.

Se reconocen a este sistema de válvulas las siguientes ventajas: superficies lisas en posición de apertura, sin la menor perturbación de los filetes líquidos y pérdida de carga mínima; desgaste, también mínimo, de las superficies de impermeabilización. Volumen reducido y sencilla instalación. Maniobra fácil con pequeño esfuerzo.

Junto a estos pocos ejemplos sacados de entre los muchos que nos ofrecen los maestros de todos, quiero presentar a mis lectores el más admirable: el instinto social de conservación en los países productores.

He recorrido Francia, Suiza e Italia visitando talleres y centrales. He podido comprobar grandes fracasos junto a grandes aciertos. Dónde, los primeros, no he de decirlo, que todos fueron iguales en amabilidad. Pero si los restos de una turbina decían expresivamente qué defecto de fundición la hizo saltar, nunca oí de labios perjudicados palabra alguna condenatoria para la industria nacional proveedora. Y quien cometió la falta, precisamente por haberla cometido, aprendiendo a subsanarla, recibió el segundo encargo de material. Que nadie nació maestro y es necedad comparar los productos de una industria sabia, llena de experiencia, con los tanteos de otra naciente, seguramente más certeros que los de aquélla en sus principios. Exaltando la técnica nacional, despreciando los primeros inevitables fracasos, mirando siempre hacia arriba con curiosidad y nunca con asombro, elevaremos nuestra industria a la altura de no importa cuál, evitando la triste realidad de admirar organizaciones que viven muchas veces gracias a un dinero que fué nuestro, y que nuestra codicia y pobre desconfianza puso en sus manos como un instrumento para que por siempre continúen extrayéndonos una riqueza que se debe a nuestras iniciativas, a nuestras necesidades y a nuestro trabajo.

Carlos BOTIN
Ingeniero de C., C. y P.

Los combustibles líquidos en los puertos

I. Importancia y ventajas de los combustibles líquidos en la navegación

El considerable incremento que rápidamente adquiere el empleo de los combustibles líquidos en la navegación hace indispensable la instalación de grandes depósitos en los puertos de intenso tráfico y de otros de menos importancia en los de escaso movimiento, para atender a las necesidades de los numerosos buques que frecuentan los primeros y de los pesqueros y de pequeño cabotaje que recalan en los segundos, ya que unos y otros van, en gran parte, utilizando los combustibles líquidos.

De tres modos se emplean estos combustibles en la navegación: en las máquinas térmicas, quemándolo en vez del carbón en hogares y con quemadores especiales; el caldeo mixto, que consiste en quemar simultáneamente, en ciertas condiciones, carbón y petróleo; y, por último, la utilización directa en los motores de combustión interna.

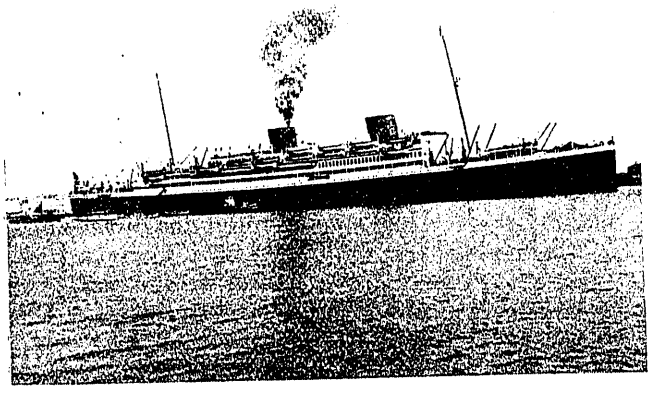
Ofrece el primer sistema, que aunque es el más antiguo sólo data su empleo de 1870, la ventaja de ser fácilmente adaptable a los barcos con caldeo por carbón sin más que transformar sus hogares; y como los combustibles empleados en este caso son de más elevada temperatura de inflamación y más pesados que los utilizados en los motores de combustión interna, son de más segura manipulación y conservación, no requiriendo personal muy especializado. Pero, en cambio de esto, desde el punto de vista económico, es preferible utilizar los combustibles líquidos directamente en el cilindro de un motor, ocupando además menos espacio el motor que la máquina de vapor con sus calderas y exigiendo menos personal; ahorrando, en definitiva, gastos y espacio. Por esto en los buques de caldeo con carbón que se han transformado se emplea el combustible líquido en sustitución del carbón en los hogares; pero en los de nueva construcción se prefiere la instalación de grandes motores de combustión interna, pasando en la actualidad del millón y medio de toneladas los navíos provistos de motores Diesel.

Para hacer patentes las ventajas que el equipo Diesel presenta se cita en el *Rapport* de M. Prado, de la Armada de Chile, presentado en el XIII Congreso de Navegación, y de cuyo trabajo tomamos otros datos que siguen, el caso de un buque de 10 000 toneladas que, accionado por un motor Diesel de 2 700 CV, produce un gasto de 13 toneladas de aceite por hora, con velocidad de 11 millas; quemando combustible líquido consume 35 t/h, y 50 quemando carbón. Y aun el consumo del motor Diesel parece excesivo en estas pruebas.

Sea uno u otro el sistema empleado, las ventajas comunes a ambos son tales que las más poderosas Compañías de navegación han efectuado la transfor-

mación antes citada. El *Olympic*, el *Aquitania*, el *Leviatham*, el *Berengaria*, el *Mauritania* y otros colosos de la White-Star Line o de la Cunard Line han modificado su instalación y queman hoy combustible líquido; y de los más recientes navíos pueden citarse el *Asturias*, de la Royal Mail, con 22 500 toneladas brutas y 32 000 de desplazamiento, el mayor provisto actualmente de motores, con dos Diesel de 10 000 CV cada uno, 8 cilindros de doble efecto de 840 mm de diámetro y 1 500 mm de carrera con 110 vueltas por minuto de velocidad de régimen, estando ya construído otro buque, el *Alcántara*, gemelo del *Asturias*.

La importancia que se da en Marina al combustible líquido está plenamente justificada si se examinan sus ventajas. Son éstas, principalmente: Economía de personal durante la marcha; así, el «steamer» *Aquitania* necesitaba 350 fogoneros cuando utilizaba carbón; hoy, con 50 son suficientes con el nuevo sistema de caldeo. Economía de personal y de tiempo en la carga, reduciendo la estadia en el puerto; el *Olympic* empleaba 140 hombres durante tres o cuatro días para proveerlo de carbón; sólo necesita 7 hombres,



El «Asturias» anclando en el puerto de La Coruña.

durante seis horas, para equiparlo de petróleo. Suponiendo el combustible durante la carga sometido a una atmósfera de presión, circulando por tuberías de 250 mm de diámetro interior, en un kilómetro de distancia de los depósitos al puerto, e impulsado por bombas que desplacen 200 t/h, si un buque necesita tomar 400 toneladas de combustible puede ser abastecido en una hora; y suponiendo que ese mismo buque tarde otra hora en arribar y zarpar, en dos horas queda listo; ese mismo buque, utilizando carbón, aun suponiendo éste dispuesto para la carga inmediata, necesitaría veinticuatro o cuarenta y ocho horas para tomar las 1 000 toneladas a que equivalen las 400 de aceite, salvo la instalación de potentes y costosos cargaderos, que aminorarían algo, aunque no mucho, tan enorme diferencia; únase a esto el que un buque carbonero no puede simultanear la toma de combustible con las restantes operaciones de carga, descarga, aguada, etc., y en uno avituallado de aceite no presenta inconveniente esta simultaneidad, añadiendo a todo ello la comodidad, por limpieza, para el pasaje especialmente.

Otra ventaja es el aumento de velocidad; según las experiencias hechas en el *Olympic*, la marcha de éste era de 21 nudos-hora al quemar carbón y 21,5 al quemar petróleo. Economía de combustible, ya que, según las investigaciones de H. Saint-Claire Deville, los productos que hierven a más de 280° producen, a igualdad de peso, vez y media veces más calor que los mejores carbones; el mismo barco citado, el *Olympic*, y durante igual experiencia, consumía 0,64 kg de carbón por caballo-hora y sólo 0,38 de aceite. Esta economía produce, además, un aumento del radio de acción y un mayor espacio disponible para la carga, con el consiguiente beneficio, que para un barco de 10 000 toneladas se calcula en 500 000 pesetas anuales; lo que permite reducir los precios de las tarifas.

Pueden aún citarse otras ventajas, como la facilidad y rapidez de puesta en marcha, sencillo aprovisionamiento en alta mar por mangueras flexibles desde los barcos-aljibes, y escaso peligro de incendio, puesto que el aceite pesado, purgado perfectamente de carburos en estado gaseoso, necesita para arder temperaturas de más de 300°, y aun así, en especiales condiciones de pulverización, mientras que el carbón origina a veces, por los gases que se desprenden, explosiones o combustiones espontáneas; tal fué el caso del acorazado francés *Jena*, de 12 052 toneladas, y tantos otros. Estas últimas ventajas interesan principalmente a los buques de guerra, por lo cual todos los de reciente construcción utilizan este combustible; y tan rápidamente se ha adueñado de las Marinas de guerra, que en 1906 se construyeron en Inglaterra los primeros contratorpederos equipados con combustibles líquidos, y actualmente, desde los más potentes acorazados, tipo «Hood» y otros, hasta las fuerzas sutiles, emplean este combustible.

II. Clases de combustibles líquidos

Importa conocer las distintas clases de combustibles líquidos, porque, siendo sus características diferentes, de ellas dependen las distintas disposiciones que se han de adoptar en los depósitos capaces de almacenarlos.

Por su obtención se pueden considerar: Los petróleos brutos o productos naturales; de ellos se derivan por destilación las esencias o aceites ligeros que destilan hasta 150°, tales como la gasolina, bencina, etc., y los que destilan hasta los 350°, como el petróleo para el alumbrado, el kerosseno, etc. Y entre los residuos, el aceite lubrificante, el mazout, la parafina, asfaltos, etc. Los residuos tratados otra vez por destilación producen los aceites pesados—aceite de gas, gazol o aceite motriz—, con pesos específicos comprendidos entre 0,836 y 0,930 y unas 10 000 calorías de poder calorífico.

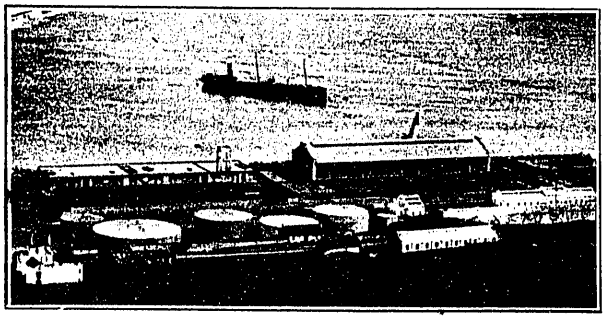
Desde el punto de vista de la instalación de los depósitos es más importante la clasificación basada en el punto de inflamación, clasificación que es variable en los distintos países; la que figura en el Reglamento vigente en España para la instalación y explotación de depósitos de combustibles líquidos en los puertos y sus zonas anejas considera tres grupos: 1.°, petróleos peligrosos, hasta 22°; 2.°, petróleos ordinarios, de 22° a 65°, y 3.°, aceites pesados o combustibles, de 65° en adelante, entendiendo como punto de inflamación la temperatura a la que se desprenden vapores inflamables bajo 700 mm de presión y en vaso cerrado.

Están comprendidos en el primer grupo la gasolina,

bencina, etc.; en el segundo, el petróleo lampante, la kerosina, etc., y en el tercero, las breas parafinas, etcétera. Los dos grupos más interesantes para las aplicaciones a la navegación son: el gas-oil y el diesel-oil entre los aceites pesados para motores, y el fuel-oil o mazout para el caldeo.

III. Instalaciones

Comprende una instalación uno o varios tanques para almacenar el combustible; un depósito de decantación para cada tanque; un depósito de agua potable para el abastecimiento de las calderas, serpentines, etc.; casa de máquinas para bombas y calderas;



Instalación de la Petrolífera Española en el puerto de Bilbao.

espacio libre (cubetos) para contener la cabida de los depósitos, caso de rotura de éstos; la zona de protección, mecanismos para llenar y vaciar los tanques y las tuberías necesarias.

La instalación debe situarse en lugar algo elevado y lo más cerca posible del sitio de carga y descarga, para evitar el exceso del coste de instalación de tuberías de gran longitud y de la mayor potencia de las bombas. En las zonas de servicio de los puertos es difícil situar los depósitos, dado lo reducido de aquéllas y el gran espacio que necesitan éstos; por otra parte, desde el punto de vista de la seguridad, es preferible situarlos en sitios despoblados y de poco tráfico.

IV. Depósitos

Material de los tanques.—Los combustibles deben almacenarse en depósitos perfectamente estancos. Se construyen de palastro o de hormigón armado. Los aceites pesados son mucho menos ácidos que los lampantes y las esencias, las cuales atacan y corroen rápidamente el hierro, y por esto aquellos aceites ejercen una acción casi nula sobre los palastros de los tanques. Esos mismos aceites ligeros traspasan fácilmente, por capilaridad, los morteros, mientras que los aceites pesados sólo producen una ligera saponificación de la superficie puesta en contacto, y esto al cabo de bastante tiempo. Por ello pueden emplearse indistintamente los tanques de palastro o de hormigón armado; estos últimos aun son poco empleados.

Los tanques de palastro deben pintarse interiormente de minio, recubierto al pintarlo con aceite de linaza y cubiertos aquéllos exteriormente por una capa de alquitrán o asfalto, pero nunca interiormente, puesto que el alquitrán es soluble en los aceites pesados.

El palastro será de acero básico a hogar abierto con una resistencia mínima a la rotura de 40 kg/mm^2 y 22 por 100 de alargamiento máximo (Instrucción citada, art. 5.°-c).

La presencia de ciertos aceites de engrase en los residuos de la destilación del petróleo dificulta la impermeabilidad de los tanques, por lo que deben tomarse especiales precauciones en su construcción. Las uniones de las chapas deben estar remachadas y calafateadas, llevando doble o triple fila de remaches las costuras longitudinales y una sola las circulares, remaches que se harán con gran cuidado. En algunas instalaciones se emplea con éxito la interposición, en los ensamblajes de las planchas, de juntas de plomo enlucido con un *mastic* impermeable. A ser posible, debe reemplazarse el remachado por la soldadura autógena, que, aunque más costosa, asegura una impermeabilidad perfecta. La forma cilíndrica de las planchas de la envolvente lateral viene ya dada de fábrica, y el desarrollo debe ser distinto para que las líneas de remache de cada plancha no coincidan con sus inmediatas. Para dar una idea de las dimensiones citaremos las de los tanques de 8 000 m^3 últimamente construídos en Inglaterra; están formados por palastros de 13 mm de espesor en los de la base y 6 milímetros para los de la zona superior, y son planchas de 5 × 1,80 m las del piso, y las laterales de 1,54 metros de altura, y desarrollos de 4,20 y 3,80 para evitar la coincidencia de juntas antes citada. El espesor de los palastros del fondo es variable, siendo el término medio 9 mm. Tienen 17,67 m de diámetro en la base, 9,25 de altura y 8 960 m^3 de volumen bruto, para obtener los 8 000 m^3 citados al descontar el espacio ocupado por serpentines, accesorios y espacio de seguridad.

En los Estados Unidos se admiten dos dimensiones de tanques como tipos «Standart». El tipo mayor para una capacidad de 55 000 barriles (8 725 m^3), con 35,05 m de diámetro y 9,15 m de altura interior. Y el menor, de 30 m de diámetro, 9,15 de altura y capacidad de 37 500 barriles (5 960,3 m^3). En España está fijada por la Instrucción la capacidad máxima de los tanques en 450 m^3 para los combustibles de primera y segunda clase, y en 1 000 m^3 para los de tercera clase; Capacidades exiguas, y que podrían ampliarse fijando en 5 500 m^3 para los de primera y segunda y 11 000 m^3 para los de tercera, como máximo, con cubetos de 8 000 y 16 000 m^3, respectivamente.

Basamento.—Los tanques pueden instalarse sobre el terreno o enterrados. Estos últimos se emplean en las instalaciones de mediana o pequeña importancia, y tienen la ventaja de mantener el petróleo a temperatura más uniforme reduciendo considerablemente la cantidad de gases desprendidos; además, en caso de rotura, retienen mejor el petróleo. Para los depósitos subterráneos de la Marina de guerra tiene esto gran importancia, pues evita, en caso de un bombardeo de los depósitos, el desbordamiento de su contenido. Se emplean preferentemente entonces los depósitos de 61 m de lado, 4,87 de ancho y 6,10 de profundidad. Los de la Marina de guerra norteamericana, en California, son también subterráneos de 79 500 a 159 000 metros cúbicos de capacidad, de hormigón armado, con juntas de dilatación.

Los tanques situados sobre el suelo tienen, en cambio, la ventaja de permitir, con la sola inspección ocular, la vigilancia de la impermeabilidad de aquéllos.

En estos últimos la disposición más conveniente de la superficie de asiento es la empleada primeramente

en los tanques de los ferrocarriles rumanos; consiste en una capa de arena de unos 30 cm de espesor, rodeada de un aro de hormigón o de un bordillo de mampostería. Este aro lleva un pequeño canal al que se da acometida, por tubería galvanizada, de todas las aguas pluviales que caigan sobre la cubierta de los tanques. Si el tanque es enterrado se coloca en un foso revestido de fábrica perfectamente impermeable, y dejando un espacio de unos 0,50 m para la vigilancia. En ambos tipos de depósitos suele también revestirse el terreno de una capa de asfalto en la que insiste el fondo del tanque, conservándose así mejor los palastros.

Cubierta.—Es de forma cónica, o bien de casquete esférico. Suele montarse sobre dobles armaduras radiales compuestas de tirantes y tornapuntas que parten de un pendolón central. La forma de las planchas del techo viene dada de fábrica, remachándose unas a otras sólo lo necesario para que sirvan de enlace, pues no exige el cuidado de las uniones de las paredes del depósito por no estar sometidas a las presiones del aceite. Estas uniones del techo deben calcularse de modo que, en caso de una sobre tensión producida por explosión o incendio, salten antes que el resto del tanque.

Siendo la cubierta, por la razón indicada, la parte más débil, deben adoptarse especiales precauciones, tales como disponer juntas hidráulicas, chimeneas de ventilación, llaves purgadoras de aire, etc., para evitar la rotura del techo en caso de un brusco vaciado o de una rápida condensación por enfriamiento del vapor interior, lo que produciría una fuerte depresión que ocasionaría el hundimiento de la cubierta.

V. Accesorios de los tanques

Deben llevar los siguientes: Un conducto de ventilación y escape de gases, de diámetro adecuado a la capacidad del depósito. Se sitúa en el punto más elevado y termina en una caperuza. Si existen varios tanques en batería, todas las tuberías de escape de gases desembocan en uno o varios depósitos de gas y en ellos, por salidas únicas, al exterior (Instrucción española, art. 5.°-e).

Un indicador de nivel con escala e indicador exterior.

Un mecanismo para calentar el combustible del que trataremos al describir el caldeo.

Filtros de tamiz instalados en las conducciones.

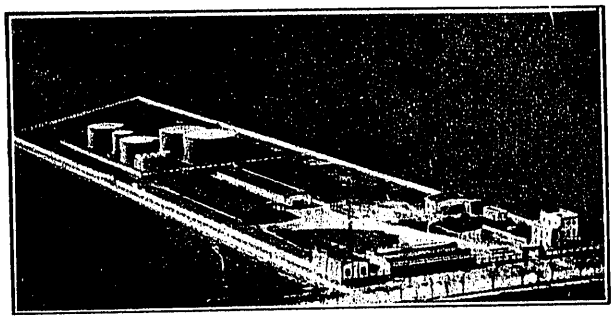
Tuberías y llaves para extraer el agua acumulada en el fondo de los depósitos, ya que el mazout trae siempre una cantidad de agua que, una vez decantada, se deposita en el fondo del que debe extraerse por una llave válvula; para esto es conveniente dar al fondo del tanque una forma cónica en cuyo vértice se coloque esta llave.

Como todas las demás conexiones y entradas deben situarse en la parte superior, la tubería de admisión termina en una junta móvil a la que se une un tubo. Este puede oscilar verticalmente en el centro del tanque. Un cable metálico eleva el tubo a él unido en su extremo, pasando por una polea de guía y desplazándose bajo la acción de un contrapeso colocado ante una escala graduada. En el fondo del tanque, y a plomo con la situación del tubo, es conveniente colocar una caja de palastro para evitar el choque con el fondo, en caso de rotura del cable, y la consiguiente caída del tubo, impidiendo además, en este caso, la aspiración del combustible impuro, que es precisamente el situado en dicha parte.

Se instalan, por último, los mecanismos necesarios para la protección contra explosiones e incendios, que detallaremos en lugar oportuno.

Caldeo de los tanques.—La gran viscosidad de los aceites obliga, casi en todo tiempo (desde que desciende de 14° la temperatura, para el gas-oil), al caldeo del combustible. Se efectúa mediante el vapor circulando por el interior de un serpentín, colocado en el fondo del tanque. Este serpentín está construído de acero con juntas unidas por soldadura autógena. El cálculo del serpentín y del gasto del caldeo se puede hacer partiendo de las bases experimentales obtenidas en Cherburgo, de las que resulta que, siendo el calor específico del gas-oil *0,6*, y admitiendo que el vapor se condensa por completo en el trayecto, con objeto de despreciar el calor de liquefacción, son necesarios unos 300 m de tubería de 50 mm de diámetro, dispuesta en serpentín, para caldear en buenas condiciones de fluidez 1 000 toneladas de gas-oil. Estos mismos ensayos han demostrado que es necesario consumir 50 toneladas de carbón para elevar de 10° a 40° las 1 000 toneladas de combustible, gasto bastante considerable.

Abastecimiento y vaciado de los tanques.—Se realiza por las tuberías citadas al tratar de los accesorios de los tanques, elevando el petróleo mediante bombas, y, si son enterrados, simplemente por la acción de la gravedad. El mazout debe estar a temperaturas comprendidas entre 35° y 40°, para facilitar la circulación, y únicamente en depósitos enterrados y de difícil acceso es necesario, además, como medio suplementario, emplear la acción del aire comprimido para las operaciones de vaciado.



Instalación de la Petrolífera Española en el puerto de Sevilla.

Al llenar los tanques debe tenerse en cuenta el elevado coeficiente de dilatación del mazout, lo que puede producir una sobrepresión al variar el nivel. A causa de ser dicho coeficiente de 85×10^{-5} a 10° para un combustible de 0,92 de densidad, para 40° de aumento de temperatura se ha observado una diferencia de nivel de 0,20 m en alturas de 8 m, por lo cual no deben llenarse por completo los tanques.

Montaje y prueba de los tanques.—Sustentados por pies derechos de madera se van remachando o soldando las distintas planchas del piso, quedando entre éste y el suelo de la superficie de asiento una altura de 1 m para que el trabajo de unión de estas planchas pueda hacerse simultáneamente por las dos caras. Una vez armado el fondo del tanque, y enlazadas a su perímetro por un angular, se van remachando las de la primera hilada. Entonces ya se puede probar a presión el fondo del tanque, y, hecho esto,

se elevará la arena del basamento, formando un cono cuyo vértice coincida con el fondo del tanque, en su centro; entonces se van retirando los puntales de sostenimiento hasta que, al descender, paulatinamente, la estructura, descanse todo el piso del tanque sobre la arena y quede sentado horizontalmente; será necesario para ello ir añadiendo, convenientemente equilibrados, pesos auxiliares hasta que el contorno esté en contacto con el aro de hormigón que limita el basamento, y cuyo objeto principal es el que la arena quede bien comprimida y no comprometa en ningún caso la horizontalidad completa del tanque.

Una vez realizado el perfecto asiento, se continúa remachando la segunda y restantes hiladas de palastros que forman la pared, así como el techo del tanque.

Verificado el completo montaje, se probará el depósito llenándolo de agua y permaneciendo así durante diez días (Instrucción española, art. 5.°-g).

Depósitos de decantación.—Todo lo dicho referente a los tanques de almacenaje es aplicable a los de decantación, que no son mas que otros depósitos de menor cabida para obtener la necesaria fluidez y decantar el mazout antes de enviarlo por las tuberías. Debe instalarse uno por cada tanque de almacenaje con una cabida de 1/20 a 1/30 de éstos.

Depósitos de agua.—Son como los ordinariamente empleados para almacenar agua, y de cabida aproximada a la de un tanque de decantación, bastando uno para toda la instalación.

VI. Maquinaria

Calderas.—Para el caldeo de los tanques de almacenamiento y decantación se produce el vapor de agua en calderas, cuyo vapor puede también aplicarse para las bombas. Suele constar esta instalación de una caldera horizontal multitubular con sus hornillos dispuestos para quemar aceites pesados, y otra complementaria, vertical, con una superficie de caldeo mitad que en la anterior.

Bombas.—Para la impulsión en las tuberías se instalan bombas en las que debe evitarse la aspiración del mazout, por lo que deben instalarse a un nivel inferior al del fondo del tanque para que funcionen en carga, disminuyendo también todo lo posible la distancia de la bomba al tanque, sobre todo si no se caldea el combustible, pues los frotamientos producidos por la viscosidad del aceite, sobre todo en tiempo frío, podrían hacer nula la carga sobre la bomba, descebándola. Se emplean las bombas rotatorias, multicelulares, para pequeñas impulsiones, dando en este caso muy buen resultado, pues su funcionamiento es muy regular sin fatiga en las tuberías; para mayores presiones se prefiere la bomba del tipo «Duplex», horizontal, de doble efecto, con velocidad de unas 40 emboladas por minuto, provistas de un regulador de velocidad de carrera lenta, para no exceder de 80 emboladas por minuto, evitando así vibraciones y presiones perjudiciales a las tuberías.

Se emplean también aparatos combinados que presentan en un solo conjunto, bastante reducido, filtros, calentador y bombas.

VII. Tuberías

En una estación completa de abastecimiento de cualquier clase de combustibles líquidos son necesarias tres tuberías: una, para el aceite más impuro (el fuel-oil) exclusivamente; otra, para el diesel-oil y el gas-oil, y una tercera, para el petróleo refinado y la gasolina. Las del primero y segundo tipo suelen ser de unos 250 mm de diámetro interior, y de 200 las del tercero. Son tubos de 3 a 5 m de longitud, de acero laminado, con pasos roscados en sentido contrario, en cada extremo, unidas por medio de manguitos. El terrajado debe ser ligeramente cónico para asegurar la impermeabilidad. Si la canalización es larga se disponen en sus extremos juntas de dilatación visibles y fáciles de visitar (Instrucción española, art. 7.°), que consisten en un manguito con prensaestopa.

Deben calcularse los diámetros y espesores teniendo en cuenta las presiones y sobrepresiones accidentales, debidas al aumento de viscosidad por descenso de temperatura y al comenzar el funcionamiento, siendo conveniente, si la interrupción de éste ha sido de algún tiempo, vaciar la canalización, puesto que la viscosidad adquirida por el gas-oil daría lugar a grandes esfuerzos para vencer la inercia, produciendo presiones peligrosas.

Para asegurar un funcionamiento bueno y económico deben adoptarse las precauciones indicadas en la Instrucción española (art. 7.°-c) referentes a evitación de codos bruscos y fuertes rampas que producirían pérdidas de carga; seccionar la conducción por llaves compuertas uniendo de trecho en trecho (cada 30 m aproximadamente) los distintos trozos por juntas de bridas, para poder aislar y desmontar los trozos averiados, y disponer de válvulas automáticas de retención en los trozos en pendiente. Estas llaves citadas en la Instrucción son de acero moldeado y están formadas por dos diafragmas circulares colocados en las dos aberturas de la llave.

Además de estas precauciones enumeradas en la Instrucción, deben adoptarse otras, como son el empleo de llaves extractoras de aire en los puntos altos de la conducción; evitar el empuje y desunión de las conducciones en los cambios de dirección por iguales procedimientos que en las conducciones de agua; instalar, si la línea es de gran longitud, tubos auxiliares con termómetros y manómetros, y, por último, proveyendo la conducción de cajas de lodos.

Las tuberías se colocan enterradas a 1,50 m de profundidad mínima y envueltas en una masa de arena. El sistema de galerías que preconiza la Instrucción española ofrece el inconveniente de presentar peligros de explosión por la posible acumulación de gases desprendidos de los derrames, y únicamente en los pasos inferiores de las vías férreas, canales o caminos deben colocarse en tajeas, y, aun así, envueltas las tuberías en una capa de arena. En la parte del trazado donde existan terraplenes recién construídos deben colocarse sobre solera de hormigón de unos 0,30 m de espesor para evitar los asientos.

Por último, las tomas se sitúan en arquetas dispuestas de modo que los derrames no se verifiquen hacia el interior de las dársenas.

Utilización de las tuberías.—Colocadas las mangueras desde los tanques de a bordo a las arquetas finales de las tuberías de conducción, se realiza la descarga y, una vez terminada, si el combustible es gasolina, se introduce agua en las tuberías mediante bombas, quedando completamente llena de agua la conducción hasta la carga o descarga siguiente; si son aceites pesados no es necesaria esta operación puesto

que no desprenden gases inflamables, por lo que no hay peligro aunque queden los aceites en las tuberías.

Distribución a grandes distancias («Pipe-line»).—La distancia de los depósitos al punto de atraque debe hacerse lo más reducida posible, evitando los gastos de una excesiva canalización, no pasando, en general, de 2 km. Pero en distribuciones al interior del país existen, en los Estados Unidos principalmente, canalizaciones con varios centenares de kilómetros. En Europa se van generalizando, existiendo en Francia la «pipe-line» del Havre a París, y acaso no esté lejano el día en que el creciente consumo haga preciso en nuestra patria la instalación de líneas que, uniendo los depósitos, convenientemente ampliados, de nuestros principales puertos con los más importantes centros interiores de consumo y nudos de comunicaciones, permitan transportar directamente el combustible desde los barcos-cisternas a dichos centros.

Es necesario entonces emplear tubos preparados para soportar grandes presiones y disponer de varias potentes estaciones de bombas repartidas en todo el trayecto, siendo conveniente el empleo de alguna de las combinaciones ideadas para reducir el frotamiento del aceite con las paredes de la conducción, tales como la mezcla del aceite pesado con otro menos denso o con agua, separando a la llegada los dos líquidos emulsionados, o, mejor, separando el aceite de la pared del tubo por una delgada capa de agua, lo que se consigue utilizando la fuerza centrífuga producida al impulsar el agua bajo fuerte presión entre la conducción y un cilindro-guía, concéntrico e interior a aquélla, provisto de bandas helicoidales que al producir un movimiento de giro proyectan el agua, más flúida, contra la pared de la tubería (procedimiento de la Sourthern Pacific, C°). Además, los tubos de conducción tienen una espiral interior de acero, o, mejor, están acanalados según una hélice de paso muy alargado (una vuelta cada 3 m de longitud), lo que produce en el aceite un movimiento de giro que favorece la circulación.

Además de las estaciones de bombas es necesario instalar sistemas de caldeo para dar mayor fluidez al aceite. Esto se consigue de varias maneras: con focos caloríficos instalados cada 20 ó 30 km, bien con tuberías de conducción de vapor, o bien con resistencias eléctricas, o transmitiendo el calor mediante aceites especiales, como el meproleno, que se caldean y envían a la conducción mediante bombas y que soportan sin descomponerse temperaturas de más de 300°, lo que permite obtener esas temperaturas sin presiones importantes, como ocurriría si se emplease el vapor de agua.

Por último, es preciso emplear las disposiciones especiales de seguridad que exige la gran presión de estas conducciones, tales como reguladores térmicos automáticos y todos los descritos al tratar de las conducciones en general.

Como se deduce de lo expuesto, estas líneas son de costosa instalación y entretenimiento, y solamente un gran consumo hace económico su empleo.

La recientemente terminada «pine-line» del Havre a París, antes citada, comprende dos tuberías gemelas, de 250 mm de diámetro interior, con 42 kg-cm^2 de presión de bombas, transportando el petróleo a 65° mediante siete estaciones de bombas y caldeo, que producen una velocidad de transporte de 4 km/h.

VIII. Medidas de seguridad

Las medidas prescritas por la Instrucción española vienen a ser, en resumen, las siguientes: rodear la instalación de los depósitos de una faja de terreno llamada *zona de protección*, limitada interiormente por un muro o escarpe formando un foso de paredes impermeables de 1,00 a 1,50 m de profundidad, en el que se colocan los tanques, o bien un foso para cada tanque, debiendo ser en todo caso de volumen igual al de los tanques para los combustibles de primera y segunda clase, y el 75 por 100 para los de tercera. La anchura de la zona de protección será de 50 metros, como mínimo, para las dos primeras clases, y de 20 m para los de tercera, o bien de sólo 10 m, si se rodea el depósito de un muro de 3,50 m, por lo menos.

Las únicas edificaciones situadas dentro del recinto serán los cobertizos de almacenamiento de líquidos envasados, con fosos de un 75 por 100 de cabida, respecto al líquido almacenado; garitas para básculas, bombas, etc., y caseta del guarda, aislada con un muro de 2 m de altura y con puerta única. Todas estas edificaciones, de materia incombustible y con ventanas cerradas con hojas o vidrios de alambre.

Los motores serán de explosión o eléctricos sin producción externa de chispas. Se dispondrán aparatos para refrigeración de los tanques por riego de agua, y se instalará un sistema de protección contra el rayo, especialmente en los tanques y fosos.

Antes de penetrar en los tanques se ventilarán con vapor, aire comprimido o hidrógeno, y al llenarlos con los últimos restos de los aljibes de los barcos-cisternas se procurará no absorban aire al mismo tiempo.

Extinción de incendios.—Como equipo para la extinción de incendios preceptúa la Instrucción citada que cada tanque tenga un sistema de tubería de vapor o gas para quitar el aire en caso de incendio, así como una tubería de inundación con salida al exterior del foso para enchufar a ellas las mangueras, procediendo a su inundación, y que en la proximidad de cada tanque existan grandes montones de arena y medios para su rápido empleo.

Para estos casos de incendio, si, por avería en la instalación productora de vapor o por no disponer de éste, no es posible su empleo, se debe instalar una fuerte tela metálica de malla fina, dispuesta para aislar fácilmente el tanque, con objeto de que los gases en ignición se enfríen al pasar a través de la tela. Debe, además, lanzarse encima de esta tela un líquido extintor, como el ácido carbónico líquido, ácido sulfuroso, amoníaco, etc. Actualmente se emplea con éxito una emulsión de carbonato de sosa y ácido carbónico líquido, mezclado a partes iguales con una decocción de la planta llamada dentaria, diluída en agua. Colocadas estas sustancias en recipientes, una disposición automática análoga a la de los fusibles de las calderas da lugar a la mezcla al llegar la temperatura en los tanques a peligrosas elevaciones; dicha mezcla produce abundante espuma que extingue el fuego. Estas emulsiones y otras análogas se denominan foamitas.

Se emplean también aparatos automáticos lanzadores de nitrógeno comprimido, de anhídrido sulfuroso licuado, de tetracloruro de carbono o de otros compuestos, cuya composición variada da lugar a numerosas patentes.

César VILLALBA
Ingeniero de Caminos.