

# Ingeniería Naval

REVISTA TECNICA

ORGANO OFICIAL DE LA ASOCIACION DE INGENIEROS NAVALES

Fundador: AUREO FERNANDEZ AVILA, Ingeniero Naval

Director: LUIS DE MAZARREDO BEUTEL, Ingeniero Naval

AÑO XXVII

MADRID, OCTUBRE DE 1959

NUM. 292

## Sumario

	Páginas
Proyecto y estudio de las uniones soldadas por los procedimientos manual y automático, por Zósimo García Martín, Doctor en Ciencias, Doctor of Philosophy in Mechanical Engineering, Jefe de Sección del Instituto de la Soldadura .....	468
La soldadura eléctrica desde el punto de vista del Lloyd's Register of Shipping, por G. M. Boy M. I. N. A., A. M. I. Struct. E. Traducido y comentado por Antonio Villanueva Núñez, Ingeniero Naval .....	488
Protección contra la corrosión en construcciones de acero en agua en Alemania, por el Doctor Carl Meyer, colaborador de investigaciones industriales alemanas .....	495
Buque frutero y de carga general tipo «Indunaval» .....	498
<b>INFORMACION DEL EXTRANJERO</b>	
El «Carmencita» .....	500
Pequeñas embarcaciones holandesas sustentadas por perfiles .....	500
Estadísticas sobre la construcción naval inglesa .....	500
El coste de la construcción naval en Gran Bretaña .....	501
Regulador de viscosidad automático .....	504
Proyectos de expansión de la Voest .....	504
Actividades de la Marina de Guerra francesa .....	505
Ultimas entregas francesas .....	506
Costero inglés con hélice de paso variable .....	507
Buques desguazados .....	508
El X Congreso Internacional del Frio .....	508
<b>INFORMACION NACIONAL</b>	
Buque «Rompeolas» .....	509
Instituto Internacional de la Soldadura .....	510
Botadura del «Monte Peñalara» .....	511
Botadura del «Río Blanco» .....	511
Curso sobre teoría de colas y su aplicación al control de existencias .....	511
Curso sobre valoración del trabajo para la determinación de salarios .....	512
Balsas inflables .....	512
INFORMACION LEGISLATIVA .....	513
BIBLIOGRAFIA .....	514

Dirección y Administración: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Navales.—Ciudad Universitaria.—Apartado de Correos 457. — Teléfono 23 26 51

Suscripción: Un año para España, Portugal y países hispanoamericanos, 250 ptas. Un semestre, 140 ptas. Demás países, 300 pesetas (franqueo aparte).

NOTAS.—No se devuelven los originales. Los autores son directamente responsables de sus trabajos. Se permite la reproducción de nuestros artículos indicando su procedencia.

Depósito legal M. 51 - 1958.

# PROYECTO Y ESTUDIO DE LAS UNIONES SOLDADAS POR LOS PROCEDIMIENTOS MANUAL Y AUTOMÁTICO (\*)

Por ZOSIMO GARCIA MARTIN

Doctor en Ciencias, Doctor of Philosophy in Mechanical  
Engineering, Jefe de Sección del Instituto de la Soldadura.

## SUMARIO

### Soldaduras a tope:

- Con bordes a escuadra.
- Con chaflán en "V" y raíz con bordes en escuadra.
- Con chaflán en "V".
- Con chaflán en "X".
- Con chaflán en "U".

### Soportes para el metal fundido de aportación.

- Soporte metálico no fusible.
- Soporte metálico fusible.
- Soldadura manual de raíz.

### Soldaduras de solape.

- Uniones soldadas en "T":
  - En posición horizontal.
  - En posición plana.
- Uniones de esquina:
  - Con chaflán en "V".
  - Con chaflán en "J".
  - Con soldadura de rincón.
  - Con soporte.

### Posicionado del trabajo.

- Montaje y fijación de la unión.
- Inclinación de la unión (ascendente o descendente).
- Inclinación lateral.

### Posición de la varilla de soldadura.

- Soldadura en ángulo, en posición horizontal.
  - Alineación de la varilla.
  - Inclinación lateral.
- Punta de la varilla hacia adelante o hacia atrás.
- Soldadura en ángulo, en posición plana.
  - Alineación de la varilla.
  - Inclinación lateral.

### Velocidad de la soldadura manual y automática.

### Estructura y calidad de las soldaduras.

### Tensiones residuales y distorsión.

### Contracción.

### Características del material utilizado en la investigación.

- Composición química.
- Resistencia a la tracción.
- Resiliencia.
- Durezas de la sección transversal de la zona soldada.

### Ensayos de fatiga.

- Preparación de probetas.
- Aspecto externo de las soldaduras.
- Resistencia a la fatiga de las soldaduras "Fusarc" y "Unionmelt".
- Resistencia a la fatiga de las soldaduras "Fusarc" y "Unionmelt" comparada con la de uniones similares realizadas manualmente.

### Conclusiones.

### Tablas.

## PROYECTO DE LAS UNIONES SOLDADAS.

Por ser, quizá, el proceso de soldadura automática de mayor aplicación industrial, nos vamos a referir, casi exclusivamente, al proyecto de las uniones para soldaduras "Unionmelt".

Una de las ventajas más notables que presenta la soldadura automática es que los gastos debidos a la preparación de bordes pueden ser inferiores a los que exigiría para la soldadura manual por la mayor penetración del proceso; sin embargo, las uniones que vayan a ser soldadas automáticamente deben ser uniformes y con pequeñas tolerancias en toda su longitud, puesto que el equipo no puede cubrir correctamente las irregularidades de preparación. En el caso de la soldadura manual, la desigualdad de chaflanes puede compensarse por el operario con un aumento o disminución de la velocidad de avance del electrodo o variando la manipulación para depositar el metal de aportación en la cantidad requerida.

En la práctica, muchas uniones realizadas por soldadura automática no requieren el achaflanado de bordes o solamente un achaflanado parcial, sin que el ángulo llegue a la parte inferior de la plancha o a la parte central cuando se achafana por ambos lados. La prepara-

(\*) 2.ª Conferencia pronunciada el día 10 de abril en la Escuela de Ingenieros Navales.

ción de bordes de las planchas puede hacerse mediante oxicorte o mecanizado.

La ligera cascarilla que deja el oxicorte no es necesario que se elimine, pero es preciso quitar, previamente, de las superficies próximas a la soldadura, las capas gruesas de óxidos, grasas, pinturas, humedad y todo aquello que pueda desprender gases, si se quiere obtener soldaduras de buena calidad.

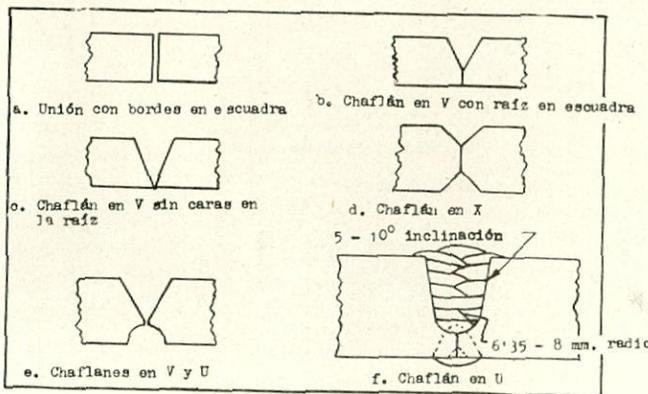
Las ventajas del empleo de la soldadura automática por arco sumergido ("Unionmelt") sólo pueden obtenerse cuando se ha proyectado adecuadamente la unión y se emplea correctamente el método. El proyecto de la unión puede hacerse para soldadura por uno o ambos lados de la plancha y puede variar el ángulo del chaflán y la profundidad del mismo.

El tipo de unión elegido para cualquier trabajo de soldadura puede afectar a la calidad y resistencia de la unión, al coste de mano de obra y materiales, al tiempo y coste de la preparación, posicionado y otros factores de parecida importancia.

La selección del tipo apropiado de unión depende de un número de factores, tales como espesor de la unión, material, propiedades físicas deseadas de la unión, tamaño de las partes a soldar, accesibilidad de la unión, acoplamiento obtenible, equipo disponible para la preparación de bordes, número de piezas a soldar y especificaciones de los códigos a aplicar.

A continuación se describen un número de tipos de unión usados por "Unionmelt", que se indican en "The Welding Handbook", de la American Welding Society.

La figura 1 muestra los tipos de preparación de bordes para soldaduras a tope.



TIPOS DE PREPARACION DE SOLDADURAS A TOPE

Fig. 1.

SOLDADURAS A TOPE.

*Con bordes en escuadra.*—El sobreespesor de las soldaduras con bordes en escuadra tiende a aumentar con el grueso de la plancha; sin embargo, con el empleo de una contraplaca adecuada, el sobreespesor puede controlarse un poco incrementando ligeramente la separación en la raíz.

Con este tipo de preparación se obtienen soldaduras de buena calidad, con una sola pasada para espesores

hasta 8 milímetros sin separación de bordes, pero con una placa soporte adecuada en el reverso.

Con dos pasadas pueden soldarse espesores de hasta 16 milímetros sin separación de bordes. Es esencial en la soldadura con dos pasadas que los bordes estén en contacto, puesto que no se hace soldadura de raíz. La máxima abertura permisible es de 0,8 milímetros, a menos que la unión esté preparada para evitar que el flujo fundido fluya a través de la abertura de raíz, con cuyo soporte pueden utilizarse aberturas mayores. Cuando la separación de bordes excede de 1,5 milímetros, sin embargo, debe llenarse dicha ranura con el fundente antes de realizar la soldadura. La máxima abertura posible es de 3 milímetros por la dificultad para refundir el flujo existente en la base de la primera pasada. La primera pasada se da en el reverso, se vuelve la plancha y se da la pasada final que penetra, volviendo a fundir, la raíz de la primera pasada para asegurar una estructura continua a través de todo el espesor de la unión.

Un método satisfactorio de obtener la penetración requerida de la soldadura final, sin sobreespesor excesivo, es preparar mediante llama de oxicorte un achaflanado de 3 a 8 milímetros de profundidad en la parte superior de la unión después que ha sido hecha la soldadura de reverso.

La ventaja de la soldadura a tope con los bordes a escuadra es que requiere un mínimo de preparación de bordes y se obtienen soldaduras de buena calidad con una penetración adecuada.

*Con chaflán en "V" y raíz con bordes en escuadra.*—Este tipo de unión se usa cuando se emplea soporte no fusible para las soldaduras a tope con un espesor de 8 milímetros o más.

Con soporte no fusible las caras de la raíz son de 3 a 4,5 milímetros. La separación de planchas no debe exceder de 1,5 milímetros. También se usan soportes metálicos fusibles para esta preparación con una separación en raíz, al menos, de 3 milímetros.

Las uniones a tope preparadas en "V" y raíz con bordes en escuadra, con o sin soporte externo, se emplean también para ser soldadas con dos pasadas cuando el espesor de la plancha excede de 16 milímetros. La primera pasada, corrientemente la mayor, es la soldadura de raíz hecha en el lado de la "V" de la unión; se da la vuelta y se da la segunda pasada en el lado plano. Esta pasada final penetra dentro de la primera, volviendo a fundir parte de su metal de aporte para asegurar la penetración completa.

*Con chaflán en "V".*—Este tipo de preparación no se usa corrientemente para espesores inferiores a 9,5 milímetros, puesto que puede obtenerse una penetración adecuada sin achaflanar.

Las soldaduras a tope con chaflán en "V", siempre debe dárseles una soldadura de raíz, puesto que la masa del metal de base en la raíz no es suficiente para servir de soporte al metal de aportación.

Con chaflán en "X".—Este es el proyecto básico de unión para soldaduras "Unionmelt" con dos pasadas.

Las uniones con chaflán en "X" se proyectan normalmente con caras de raíz anchas (véase fig. 2) para faci-

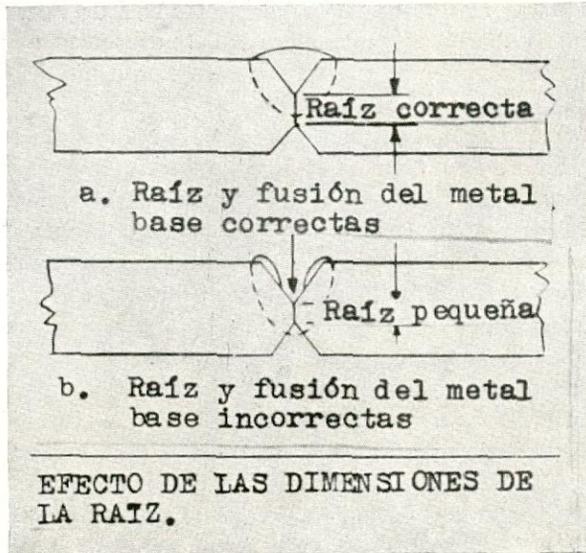


Fig. 2.

litar un soporte adecuado a la primera pasada de soldadura, que a su vez sirve de soporte a la soldadura del lado opuesto. La desalineación máxima tolerada en el acoplamiento de las caras de la raíz es el 25 por 100 de

ner una varilla en la separación de la raíz en el fondo de la "V", y también puede introducirse a presión en la citada separación, flujo soporte "Unionmelt" antes de realizar la soldadura. Si se quiere una unión soldada de alta calidad, en estos casos ha de eliminarse el cordón de soldadura manual, la varilla y el flujo "Unionmelt" antes de realizar la soldadura final. Para asegurar una penetración completa y la eliminación de cualquier escoria o porosidad en el fondo de la soldadura de raíz, la soldadura final debe penetrar y refundir la de raíz en una profundidad de 4,5 a 8 milímetros.

La figura 3 muestra un efecto de la separación de bordes donde deberían estar en contacto.

Con chaflán en "U".—Se recomienda el proyecto de esta unión para pasadas múltiples de soldaduras "Unionmelt", con el que puede soldarse cualquier espesor de material.

Una pequeña soldadura manual se hace ordinariamente por el reverso de la unión; en caso contrario, las caras de la raíz deben estar unidas a tope con una separación máxima de 0,8 milímetros.

Soportes para el metal fundido de aportación.

Las soldadura "Unionmelt" crea un gran volumen de metal fundido, que permanece fluido por un tiempo apreciable, y es esencial que sea retenido hasta que haya



Fig. 3.

su ancho. Las caras de la raíz deben estar perfectamente en contacto a todo lo largo de la unión. La separación máxima permisible es de 0,8 milímetros. Si dicha separación es mayor debe evitarse que el metal de aporte fundido fluya a su través, para lo que pueden emplearse varios métodos, como son la deposición manual de un cordón de soldadura en el fondo de la "V" sobre el cual se va a depositar la soldadura final; po-

solidificado, para lo que se emplean corrientemente uno de los tres métodos siguientes:

- Soporte metálico no fusible.
- Soporte metálico fusible.
- Soldadura de raíz.

Soporte metálico no fusible.—En la soldadura del acero lo más corriente es el empleo de una chapa de co-

bre cuando el metal de base no tiene suficiente masa para proveer de soporte adecuado al metal fundido de aportación o cuando debe obtenerse una penetración total en una sola pasada.

Como el cobre es un excelente conductor del calor enfría rápidamente al metal de aportación.

Es esencial que el soporte de cobre se mantenga perfectamente unido al reverso del metal a soldar para evitar que el metal fundido fluya entre ambos.

El soporte de cobre puede tener una acanaladura para facilitar la penetración en la raíz de la unión (véase figura 4). En la práctica no se utiliza el soporte con

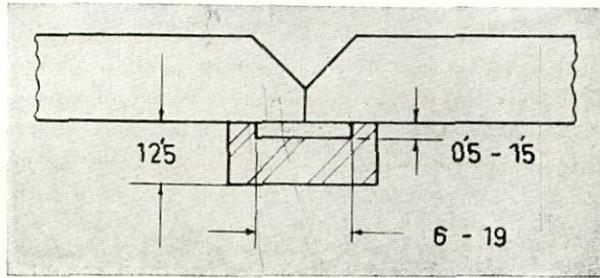


Fig. 4.

acanaladura para las planchas a soldar de gruesos inferiores a 3 milímetros. Para materiales de espesor superior, las dimensiones de la acanaladura varían de 0,5 a 1,5 milímetros de profundidad, y de 6 a 19 milímetros de ancho, cuyas dimensiones aumentan con el espesor de la plancha a soldar. La acanaladura debe ser mayor con el espesor de la plancha, porque el enfriamiento que produce el cobre impide la penetración total, y porque suele ser deseable el que fluya algo de metal de aporte para darle un refuerzo adicional al reverso de la unión. Acanaladuras más anchas permiten una mayor desalineación de las planchas, lo que es conveniente para soldaduras de planchas largas.

**Soporte metálico fusible.**—En este método, la soldadura penetra y funde parte del soporte que, temporal o permanentemente, llega a ser parte integrante de la estructura. Pueden emplearse anillos o bandas de metal que no sean incompatibles con el que va a ser soldado. Es importante el que las caras de contacto estén limpias y muy juntas, pues en caso contrario puede producirse porosidad o goteo de metal fundido.

La figura 5 muestra el efecto del achaflanado en uniones a tope con soporte metálico fusible.

**Soldadura manual de raíz.**—La soldadura de raíz es el método más frecuentemente empleado para soporte del metal de aportación. Se emplea para las soldaduras a tope, en ángulo y otras. Es muy importante que los bordes de la unión estén firmemente sujetos en el punto de máxima penetración de la soldadura.

En las uniones con soldaduras de raíz, la primera pasada hace de soporte para las siguientes. Con frecuencia

se hace una pasada manualmente para que sirva de soporte a la soldadura "Unionmelt" cuando no es conveniente el empleo de otros métodos de soporte por su inaccesibilidad, deficiente preparación o dificultad de dar la vuelta a las partes soldadas. La soldadura manual puede permanecer como parte de la unión si es de una calidad adecuada o puede eliminarse mediante llama, buril o mecanizado después que se ha hecho la soldadura "Unionmelt", completando lo eliminado por este mismo procedimiento.

Es importante que la soldadura manual sea de buena calidad, sin poros y libre de inclusiones de escoria, pues en caso contrario la soldadura "Unionmelt" mantendrá estos defectos.

SOLDADURAS DE SOLAPE.

La principal ventaja de las uniones de solape es la simplicidad de acoplamiento y la mínima preparación de bordes.

La unión debe estar limpia y las superficies de solape, limpias y secas.

La unión de solape con una única soldadura en ángulo se hace generalmente cuando no es accesible por la cara opuesta o cuando en servicio va a sufrir cargas muy pequeñas.

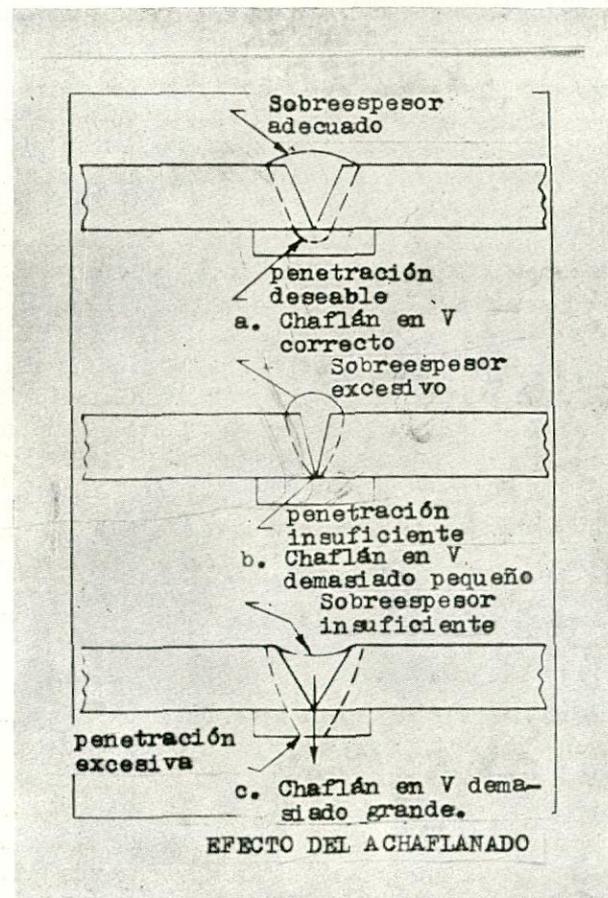


Fig. 5.

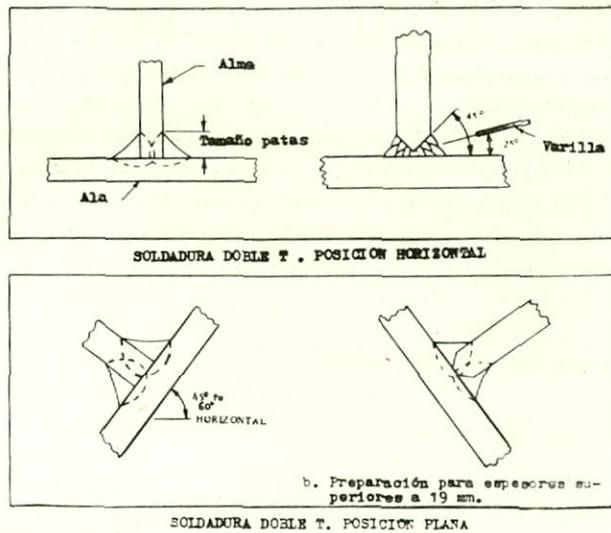


Fig. 6.

Uniones soldadas en "T".

La gran penetración de la soldadura "Unionmelt" hace que se produzca una economía sustancial en el consumo de varilla de aportación comparada con los métodos manuales de soldadura.

El cálculo de la resistencia de las soldaduras en ángulo se basa en las dimensiones de su garganta. Para uniones en ángulo soldadas por arco eléctrico, la dimensión convencional de su garganta se obtiene multiplicando la dimensión mínima de lado por 0,707, puesto que la raíz rara vez penetra adecuadamente. La soldadura "Unionmelt", por su mayor penetración, produce una profundidad efectiva de garganta del 20 al 30 por 100 más que las soldaduras ordinarias. El tamaño de las uniones en ángulo soldadas por "Unionmelt" puede reducirse apreciablemente y tener todavía la misma resistencia que otras soldaduras por arco realizadas manualmente de un tamaño mayor.

Una pequeña reducción en el tamaño de patas de las soldaduras en ángulo reduce apreciablemente la cantidad de metal de aporte, puesto que el volumen de la varilla de soldadura requerido varía directamente con el cuadrado de la dimensión de patas.

Estas soldaduras pueden realizarse en posición horizontal o plana, según puede verse en la figura 6.

Uniones en "T", en posición horizontal.

Las soldaduras en ángulo con longitud de patas de hasta 8 milímetros se realizan con una sola pasada por cada lado cuando se ejecutan en posición horizontal. Si el espesor del alma no es superior a 9,5 milímetros los cordones de soldadura de 8 milímetros penetrarán uno en otro en la raíz. Las uniones en "T" requieren una penetración más profunda o soldaduras de ángulo mayores hechas mediante pasadas múltiples, según se indicó en la figura 6.

Las limitaciones del tamaño del cordón de las soldaduras en ángulo realizado mediante una sola pasada en posición horizontal vienen determinadas no por la capacidad del equipo "Unionmelt", sino por el volumen del metal fundido que permanece en posición sin fluir excesivamente.

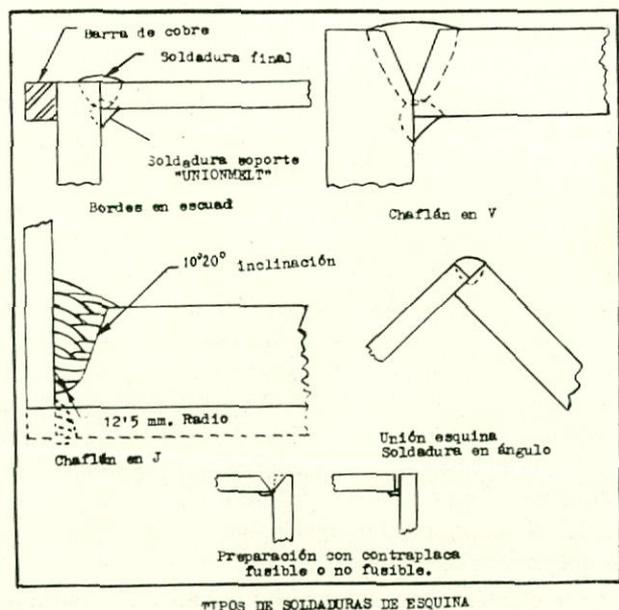
Uniones en "T", en posición plana.

Si se coloca la unión con un ángulo de 45° pueden obtenerse soldaduras en ángulo con igual longitud de patas, ya que la superficie de la soldadura resulta plana. La penetración puede hacerse mayor aún aumentando el ángulo hasta 60° y dirigiendo la varilla hacia el lado del alma de la unión. Si el espesor del alma excede de los 19 milímetros y se desea una penetración completa deben achafanarse los bordes, según la figura anterior.

Uniones de esquina.

Los diferentes tipos de soldaduras de esquina se ven esquemáticamente en la figura 7.

Se recomienda esta clase de uniones para espesores hasta 12,5 milímetros. La primera soldadura "Unionmelt" se hace en el ángulo interior, y la segunda es una soldadura a tope en el reverso de la unión. Esta segunda soldadura debe penetrar y refundir una parte de la de ángulo dada anteriormente. La unión puede ponerse en posición adecuada para la soldadura en ángulo si se quiere obtener un cordón de soldadura de mayores dimensiones. Esta soldadura en ángulo generalmente no es necesaria si los bordes están perfectamente en contacto. A veces se necesita el apoyo de una barra de cobre para facilitar el enfriamiento de la parte supe-



TIPOS DE SOLDADURAS DE ESQUINA

Fig. 7.

rior del miembro vertical, según se indica en la figura 7, para evitar la excesiva fusión mientras se hace la soldadura final.

*Uniones de esquina con chaflán en "V".*

Para uniones más gruesas, la preparación sencilla en "V" se recomienda para obtener una penetración adecuada sin un sobreespesor excesivo. Se prefiere el chaflán en "V", como se indica en la figura, al chaflán simple hasta el fondo de la unión, porque facilita la penetración total con una forma óptima de la soldadura a tope. Si la soldadura de rincón se efectúa por el proceso "Unionmelt" puede dejarse una raíz mayor.

*Uniones de esquina con chaflán en "J".*

El chaflán en "J" se usa para las soldaduras con pasadas múltiples o para espesores mayores de los que se utiliza la preparación en "V". La técnica de la soldadura es similar a la empleada para las soldaduras a tope con preparación en "U".

Si no se utiliza un soporte en el reverso de la soldadura, la separación máxima permisible en la raíz es de 0,8 milímetros.

Puesto que se prepara solamente una cara de la unión, la pendiente del borde (10° a 20°) y el radio de curvatura (12,5 mm.) deberá ser como el especificado en la figura, para que haya un espacio suficiente para el depósito del metal de aportación en la raíz de la unión.

*Uniones de esquina con soldadura de rincón.*

La unión de esquina con soldadura de rincón exterior de una sola pasada es útil en muchas aplicaciones. La resistencia de la unión puede aumentarse con un segundo cordón de soldadura en el ángulo interior de la unión para formar una unión de esquina con doble cordón de soldadura de rincón. Este tipo de unión puede tener la ventaja de no requerir otro soporte adicional que el que da la misma estructura. Las superficies a unir deben estar limpias, secas y bien acopladas.

*Uniones de esquina con soporte.*

Pueden soldarse con preparación de bordes en escuadra o en "V" con placa de soporte para facilitar la penetración completa por soldadura desde un lado de la unión.

POSICIONADO DEL TRABAJO.

*Montaje y fijación de la unión.*

En todas las aplicaciones de la soldadura, la unión debe montarse en posición adecuada y fijarse con ob-

jeto de limitar los desplazamientos originados por el calor, para lo que se precisará de puntos de soldadura, mordazas, armaduras o combinaciones de ambos.

Cuando se trata de fabricar grandes y pesadas uniones, como, por ejemplo, mamparos, cubiertas, etc., para mantener la unión alineada propiamente es suficiente el empleo de puntos de soldadura, pues el peso del conjunto evita cualquier desplazamiento causado por los efectos del calor.

*Inclinación de la unión.*

La mayor parte de las soldaduras "Unionmelt" se realizan en posición horizontal, pero a veces es necesario o deseable soldar con el trabajo a realizar ligeramente inclinado. Por ejemplo, en la soldadura a gran velocidad de chapa de acero de 1 a 1,5 milímetros de espesor se obtendrán mejores resultados cuando se inclina la plancha 15 a 18 grados y la soldadura se realiza hacia abajo. También se da cierto ángulo al trabajo cuando se sueldan planchas curvadas. El ángulo máximo de inclinación se hace menor a medida que aumenta el espesor de la plancha.

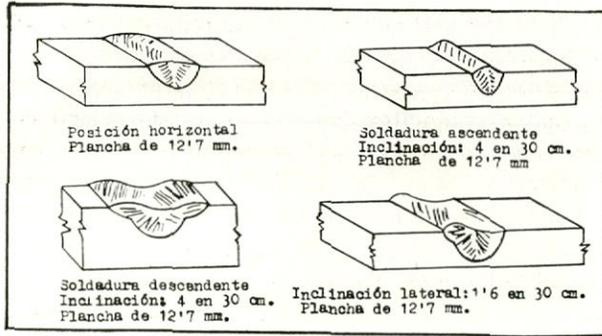
La soldadura "ascendente" afecta a la zona del contorno y superficie de la soldadura. La fuerza de la gravedad hace que el metal del baño de fusión fluya hacia atrás, incluso detrás de la varilla de soldadura. El resultado es que los bordes de la soldadura pierden metal, que fluye hacia el medio, y a medida que aumenta el ángulo de inclinación, aumenta el sobreespesor en el centro y la penetración, disminuyendo el ancho de la soldadura. Cuanto mayor es el baño de fusión, mayor es la penetración y el sobreespesor en el centro del cordón de soldadura. El ángulo límite de inclinación, cuando se suelda con intensidad de corriente hasta de 800 amperios, es alrededor de 6 grados, o sea una caída de 3 centímetros por cada 30 centímetros de longitud de plancha. Si se utilizan mayores intensidades de corriente, el ángulo debe reducirse. Inclinaciones mayores de las indicadas hacen incontrolable la soldadura, y es posible que se derrame el metal fundido.

*La soldadura hacia abajo o "descendente"* también afecta a la soldadura. El metal del baño de fusión tiende a fluir hacia la varilla y precalienta el metal de base, particularmente en la superficie. Esto produce una zona de fusión de forma irregular.

A medida que la inclinación aumenta, la parte central de la soldadura desciende y aumenta el ancho de la soldadura; efectos opuestos a los de la soldadura ascendente.

*Inclinación lateral.*—El límite para una inclinación lateral es de unos 3 grados o unos 2 centímetros cada 30 centímetros. La inclinación lateral permisible varía algo, dependiendo del tamaño del baño de fusión.

La figura 8 muestra gráficamente los efectos de la inclinación de la unión al efectuar la soldadura.



EFFECTO DE LA INCLINACION DE LA UNION

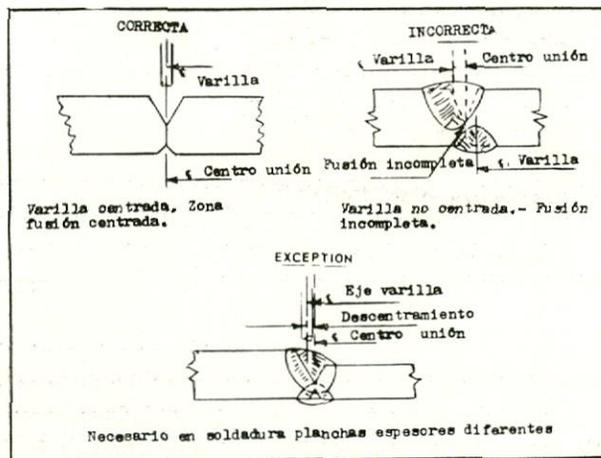
Fig. 8.

POSICIÓN DE LA VARILLA DE SOLDADURA.

Para determinar la posición de la varilla deben considerarse tres factores:

- a) La alineación de la varilla de soldadura con relación a la unión.
- b) El ángulo de inclinación lateral, perpendicular a la unión; y
- c) La dirección de la punta de la varilla *hacia adelante* o *hacia atrás*. Se dice que se suelda *hacia adelante* cuando la punta de la varilla forma un ángulo agudo con la soldadura terminada, y *hacia atrás*, cuando la punta de la varilla forma un ángulo obtuso. En general, la punta de la varilla hacia atrás produce una penetración mayor y más uniforme, con mayor probabilidad de obtener un sobreespesor mayor en altura y más estrecho. La punta de la varilla hacia adelante dará como resultado una penetración menor con un sobreespesor más ancho y más plano.

La figura 9 muestra el efecto de alineación de la varilla en uniones soldadas a tope.



EFFECTO DE LA ALINEACION DE LA VARILLA EN UNIONES A TOPE

Fig. 9.

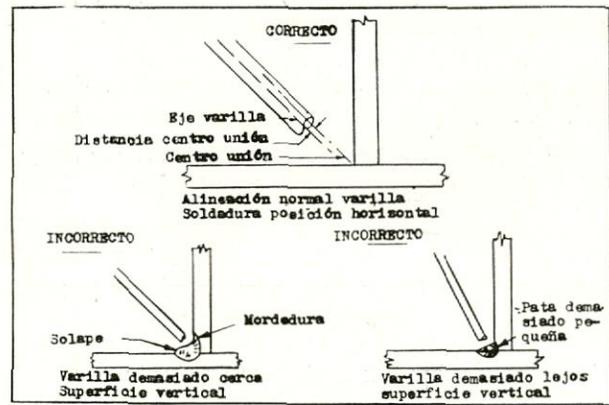
Con la varilla en posición vertical puede obtenerse buena estabilidad en trabajos de soldadura de espesor

superior a 1 centímetro; sin embargo, para soldar secciones delgadas (de 1,5 a 2 mm.), manteniendo la estabilidad del arco, se necesita colocar la punta de la varilla hacia atrás, formando un ángulo de 25 a 45 grados con la posición vertical.

Soldadura en ángulo, en posición horizontal.

**Alineación de la varilla.**—La línea central de la varilla de soldadura no debe corresponder con la bisectriz del ángulo o línea central de la unión, sino un poquito desplazada hacia abajo, a una distancia igual a 1/2 a 1/4 del diámetro de la varilla. Se aumenta esta distancia cuando se hacen soldaduras de tamaño de patas superior a los 9,5 milímetros. La falta de cuidado o inexactitud en la alineación dará origen a soldaduras incorrectas.

La figura 10 muestra el efecto de la alineación de la varilla en las soldaduras en ángulo realizadas en posición horizontal.



EFFECTO DE LA ALINEACION. SOLDADURA ANGULO, POSICION HORIZONTAL

Fig. 10.

Inclinación lateral.

Para hacer las soldaduras en ángulo en posición horizontal se da un ángulo a la varilla de 20 a 45° con la vertical. El ángulo exacto se determina por uno u otro de los siguientes factores:

- Espacio desde la boquilla, especialmente cuando se sueldan secciones estructurales a plancha, que impiden el acercamiento; o
- El espesor relativo de los miembros que forman la unión. Si existe la posibilidad de que se perfore uno de los miembros, es necesario dirigir la varilla hacia el miembro más grueso.

Punta de la varilla hacia adelante o hacia atrás.

La realización de las soldaduras en ángulo en posición horizontal ordinariamente puede efectuarse igualmente con la varilla hacia adelante o hacia atrás, o en posición normal. En soldaduras en ángulos grandes, los

efectos de la variación de la punta de la varilla son relativamente pequeños. Solamente en soldaduras pequeñas realizadas a gran velocidad los efectos son grandes.

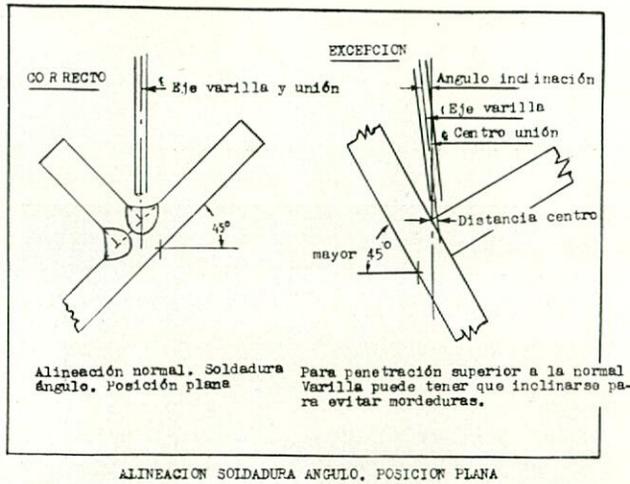


Fig. 11.

*Soldaduras en ángulo en posición plana.*

**Alineación de la varilla.**—Para la alineación normal de soldaduras en ángulo, en posición plana, se posiciona la unión en ángulo de 45°, y la línea eje de la varilla se hace que coincida con el vértice del ángulo.

En las soldaduras en ángulo la posición de la varilla y la forma del sobreespesor de la soldadura son dos factores muy importantes. En general, la soldadura de uniones en ángulo requiere velocidades de trabajo ligeramente menores y voltajes más bajos que las uniones a tope con la misma intensidad de corriente.

La figura 12 muestra tres macrografías de uniones en ángulo posicionadas a 45° con la horizontal, con ambos miembros de la "T" de 2,5 centímetros de espesor. Las dos primeras soldadas con 1.050 amperios, 32 voltios, a una velocidad de 30 centímetros por minuto. En la segunda, la varilla, aunque perpendicular a la dirección de trabajo, se desplazó 2,5 milímetros hacia el lado del vástago de la "T", dando como resultado una mordedura en dicho vástago, mientras que la soldadura de la primera fue correcta. En la tercera unión se mantuvo correcta la posición de la varilla y el amperaje de las dos primeras uniones, pero se elevó el voltaje, de 33 a 36 voltios, dando como resultado un cordón de soldadura, de forma cóncava, que se agrietaba.

VELOCIDAD DE LA SOLDADURA MANUAL Y AUTOMÁTICA.

La diferencia actual entre las velocidades de la soldadura manual y automática dependerán del trabajo en

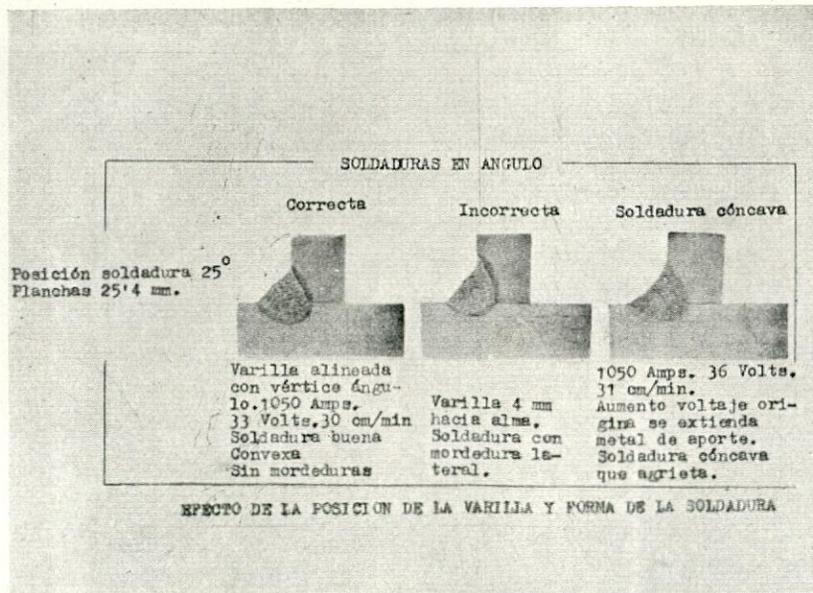


Fig. 12.

**Inclinación lateral.**—Aunque normalmente la varilla se mantiene en posición vertical, cuando se desea una penetración total, la posición de la unión de las partes a soldar puede variarse, haciendo que el ángulo difiera de los 45° con la horizontal. La varilla se coloca de forma que la intersección de su línea eje esté cerca del centro de la unión, pero puede inclinarse ligeramente para evitar mordeduras (véase fig. 11).

consideración y de la posición y tipo de uniones que vayan a ser soldadas, así como de las condiciones personales del operario, en el primer caso, y de las características particulares de los equipos, en el segundo. En general, en uniones a tope sencillas, soldadas en posición horizontal, la comparación aproximada de las velocidades de soldadura manual y automática se indican en la tabla siguiente:

TABLA I

Espesor de plancha mm.	Diámetro electrodo mm.	Amperios	Velocidad m/hora
SOLDADURA MANUAL			
12,7	8	250	0,91
9,5	6,35	225	1,22
6,35	4,76	175	1,98
4,76	4	150	2,74
SOLDADURA AUTOMATICA			
12,7	4,76	350-275	4,57
9,5	4,76	310-280	7
6,35	4,76	360	13,7
4,76	4,76	340	18,3

Para obtener resultados satisfactorios en el trabajo con soldadura automática, el sistema de alimentación de metal de aportación debe ser muy sensible, para permitir introducir las variaciones que exijan las diversas condiciones en que haya de realizarse la soldadura.

#### ESTRUCTURA Y CALIDAD DE LAS SOLDADURAS.

Por usarse en algunos astilleros españoles los equipos de soldadura automática "Fusarc" y "Unionmelt" se realizó un trabajo experimental sobre las soldaduras producidas por los citados equipos, a cuyos resultados nos referiremos desde ahora en adelante, aunque han sido publicados por el Instituto de la Soldadura y en Estados Unidos por la Comisión Americana de Investigación en Soldadura, en el pasado mes de enero.

La sección transversal de las uniones soldadas por los procesos "Fusarc" y "Unionmelt", según se observa en las macrografías de las figuras 13 y 14, presentan estructuras dendríticas. Dicha estructura, que generalmente se considera como indeseable en las fundiciones, muestra en las soldaduras buena ductilidad y resistencia. A pesar de su estructura dendrítica, se ha demostrado que el metal de estas soldaduras es más susceptible de normalizarse y recristalizarse que el metal base.

Las soldaduras realizadas automáticamente en forma correcta son, generalmente, fuertes, dúctiles y uniformes. Para obtener por el procedimiento "Unionmelt" soldaduras sanas y uniformes, se requiere que el metal base sea de una buena calidad y esté libre de óxidos, otras impurezas superficiales y humedad. Cuando se trata de soldar material menos homogéneo, conteniendo escoria u otras impurezas, es preciso utilizar técnicas especiales que pueden requerir algún sacrificio en velocidad de soldadura y eficiencia. Las segregaciones de sulfuros en el metal son perjudiciales, ya que se ha comprobado que contribuyen a la formación de grietas a lo largo de los límites dendríticos. La longitud de dichas grietas puede reducirse por la aplicación de pasadas múltiples de soldadura.

#### TENSIONES RESIDUALES Y DISTORSIÓN.

Se ha demostrado que las tensiones internas introducidas por el proceso de soldadura automática por arco sumergido no son mayores que las debidas a la soldadura eléctrica ordinaria.

La distorsión que se obtiene se reduce al mínimo por la gran velocidad de soldadura, mínimo número de cordones y la eficiente aplicación del calor.

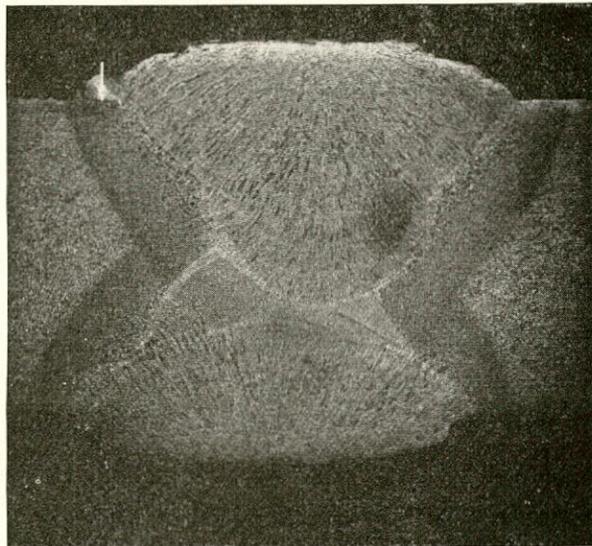


Fig. 13.

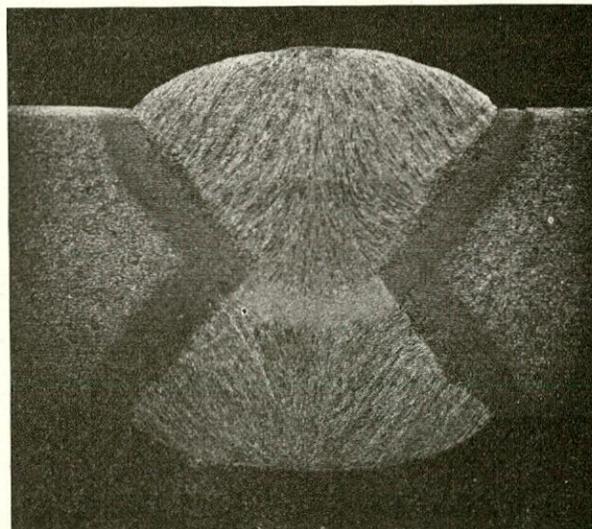


Fig. 14.

La distorsión angular de las uniones a tope es tan pequeña, generalmente, que puede quedar absorbida a través del espesor de la unión soldada.

La distorsión debida a la descomposición producida por la aplicación de calor, como en las uniones soldadas con una sola pasada o por varias pasadas aplicadas por un solo lado, puede compensarse situando las partes a unir con un ángulo, determinado por la experiencia, antes de iniciarse la soldadura, que irá redu-

ciéndose a medida que avanza el proceso de unión. El valor de este ángulo previo dependerá del espesor, del ancho y de la forma de los miembros a unir.

CONTRACCIÓN.

La contracción que experimentan las uniones soldadas por el proceso de arco sumergido, generalmente es tan pequeña que puede despreciarse, aunque, sin embargo, en soldaduras largas puede llegarse a medir.

La contracción transversal de las uniones soldadas a tope aumentará con la separación de planchas en la raíz, con chaflanes de grandes dimensiones y con las condiciones que den origen a una soldadura ancha. La contracción longitudinal de estas uniones soldadas parece ser independiente de las variables citadas, pero es función del grueso de la plancha. La contracción que experimenta la soldadura de chapas finas puede llegar a ser un 50 por 100 superior al que se indica en la tabla siguiente, y la que experimentan las soldaduras de rincón es prácticamente igual a los valores dados en dicha tabla.

TABLA II. — CONTRACCION DE LAS UNIONES SOLDADAS POR ARCO SUMERGIDO

VALOR MEDIO DE LAS CONTRACCIONES TRANSVERSALES DE LA UNIÓN.	
TIPO DE SOLDADURA	mm. por unión
<i>Soldaduras de rincón.</i>	
Espesor del miembro unido a la plancha = 8 a 14 mm.	
Soldadura continua por uno de los lados (largo de patas = 6,5 a 11 mm.)	0,165
Soldadura continua por ambos lados (largo de patas = 6,5 a 9 mm.)	0,330
<i>Soldaduras a tope.</i>	
Chaflán en "V" (sin separación de planchas).—Espesor de planchas, 6,5 a 14 mm.	0,305
Soldadura sin achaflanar, por ambos lados (sin separación de planchas).	
Espesor de 6,5 a 25,5 mm.	0,610
VALOR MEDIO DE LA CONTRACCIÓN LONGITUDINAL DE LA UNIÓN.	
TIPO DE SOLDADURA	mm por 100
Soldadura a tope, de un solo cordón o una soldadura continua de rincón	0,406
Soldadura a tope por ambos lados o dos soldaduras continuas de rincón	0,840

CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL UTILIZADO EN LA INVESTIGACIÓN

Composición química.

*Metal base.*—Se ha utilizado como metal de base, plancha de acero al carbono de 12,5 milímetros de espesor, cuya composición química es la siguiente:

- Carbono = 0,27 %.
- Silicio = 0,05 %.
- Manganeso = 0,62 %.
- Fósforo = 0,025 %.
- Azufre = 0,035 %.

*Metal de aportación.*—El análisis de los recargues realizados por los citados procesos de soldadura automática han dado los siguientes resultados:

"Fusarc":

- Carbono = 0,14 %.
- Silicio = 0,09 %.
- Manganeso = 0,66 %.
- Fósforo = 0,031 %.
- Azufre = 0,035 %.

"Unionmelt":

- Carbono = 0,18 %.
- Silicio = 0,05 %.
- Manganeso = 0,89 %.
- Fósforo = 0,031 %.
- Azufre = 0,031 %.

Resistencia a la tracción.—Metal de base:

- Límite elástico = 27,0 — 27,0 Kg/mm<sup>2</sup>.
- Alargamiento (dos pulgadas) = 37,8 — 38,8 %.
- Carga de rotura = 44 — 44 Kg/mm<sup>2</sup>.

Ensayos de resiliencia.

Los ensayos de fragilidad al choque se realizaron sobre probeta standard inglesa de 10 × 10 × 55 mm., con entalladura en "V" de 2 milímetros de profundidad, ángulo ocluido de 45° y radio en el fondo de la entalladura de 0,25 milímetros.

El metal de base dio los siguientes resultados:

Trabajo absorbido en la rotura.

Probeta 1. <sup>a</sup>	15,7 Kgm.
" 2. <sup>a</sup>	5,6 "
" 3. <sup>a</sup>	14,0 "
" 4. <sup>a</sup>	14,5 "
" 5. <sup>a</sup>	14,0 "
" 6. <sup>a</sup>	6,4 "

Puede verse en estos resultados que se obtienen valores de dos órdenes de magnitud, lo que está de acuerdo con el carácter bimodal de la rotura, que presentan acusadamente los productos laminados.

*Soldaduras "Unionmelt":*

Probeta 1. <sup>a</sup> .....	9,5 Kgm.
" 2. <sup>a</sup> .....	9,6 "

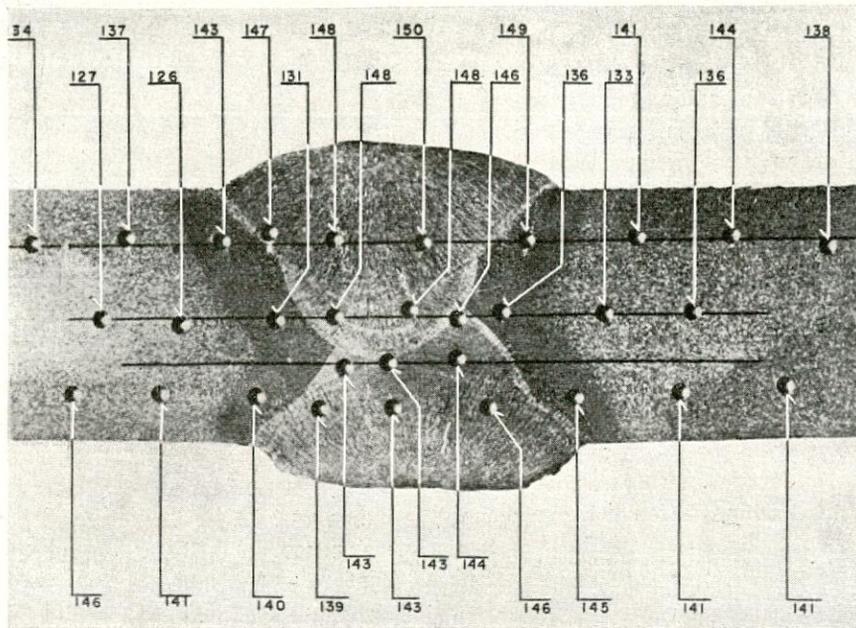


Fig. 15.

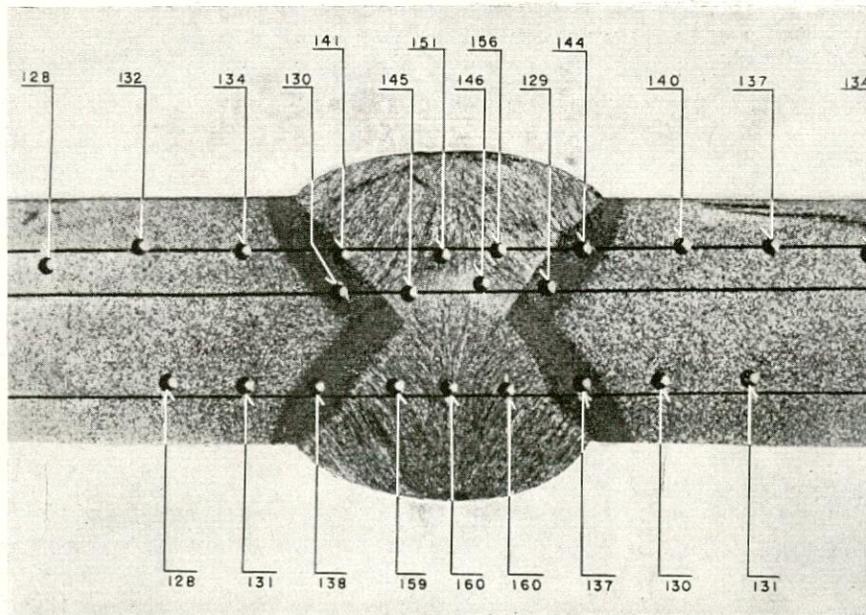


Fig. 16.

Las probetas soldadas ensayadas con la misma entalladura dieron los siguientes valores:  
Trabajo absorbido en la rotura.

*Soldaduras "Fusarc":*

Probeta 1. <sup>a</sup> .....	8,5 Kgm.
" 2. <sup>a</sup> .....	7 "
" 3. <sup>a</sup> .....	8,3 "

*Determinación de durezas en la sección transversal de la zona soldada.*

Las figuras 15 y 16 muestran la sección transversal de una soldadura "Fusarc" y "Unionmelt", respectivamente, con las huellas del durómetro y los números de dureza Brinell correspondientes. Puede observarse la gran semejanza existente entre las durezas de ambas

uniones y las diferencias relativamente pequeñas entre las correspondientes al metal de base y de aportación.

**Durezas HB:**

Metal de base .....	126-146.	
Soldadura "Fusarc" ....	Zona afectada = 131-149.	
	Metal aportación = 139-150.	
Soldadura "Unionmelt".	Zona afectada = 129-144.	
	Metal aportación = 145-160.	

**REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DE FATIGA.**

Los ensayos de fatiga se han realizado con series de probetas de igual aspecto y dimensiones en una máquina de fatiga Amsler de 0 a 50 toneladas de capacidad, de carga pulsátil y una frecuencia de 550 ciclos por minuto.

En todos los ensayos de fatiga por tracción pulsátil se aplicó una carga mínima de 4 Kg/mm<sup>2</sup> y una carga máxima, entre cuyos límites se produce el ciclo de carga pulsátil. La carga máxima aplicada en cada ensayo es la que hemos tomado para representar la curva de Wöhler, que nos indica la resistencia de las uniones soldadas, tomada en ordenadas, y en abscisas el número de ciclos que ha resistido la probeta hasta producirse la rotura.

Se entiende por "ciclos de carga pulsátil" aquellos en los que las solicitaciones nominales varían sinusoidalmente entre un valor poco superior a cero (4 Kg/mm<sup>2</sup> en este caso) y un valor máximo.

El límite de fatiga puede definirse como la carga que, aplicada durante un número determinado de ciclos, no llegaría a originar la rotura. Para probetas de acero se toman ordinariamente 10 millones de ciclos, y

el Instituto Internacional de la Soldadura lo ha fijado para las uniones soldadas en dos millones.

Debido a las concentraciones de tensión que resultan de la forma geométrica de las uniones soldadas, el límite real de fatiga no se alcanza con dos millones de ciclos de aplicación de la carga, aunque esta cifra excede, en la mayor parte de los casos, al número total de ciclos soportados en servicio por los grandes puentes y navíos. Lo que ha tratado este Organismo Internacional al elegir la cifra de dos millones de ciclos, es clasificar sensiblemente en un mismo orden el límite de fatiga para las diferentes uniones estudiadas comparativamente.

*Preparación de probetas.*

Con objeto de estudiar comparativamente la resistencia a la fatiga por tracción pulsátil de las uniones soldadas a tope por los procesos de soldadura automática "Fusarc" y "Unionmelt" en su estado normal de ejecución en un astillero, nos prepararon dos series de probetas soldadas por los citados procesos, a las que se dio la forma rectangular, con la soldadura situada en el centro, ya que por no mecanizar el sobreespesor de la unión se suponía que las roturas deberían producirse en los límites de dicho sobreespesor, debido al efecto de entalladura del mismo.

Los detalles de realización de las soldaduras fueron los siguientes:

Espesor de plancha .....	12,5 mm.
Preparación de bordes .....	En escuadra
Separación de bordes .....	1 mm.

Los detalles de ejecución se exponen en la tabla siguiente:

**T A B L A I I I**

Proceso	Diámetro de electrodos mm.	Pasada	Voltios	Amperios	Velocidad cm/min.	Avance de electrodo cm/min.	Posición de soldadura
"Fusarc" .....	6	Primera	30	600	60	—	Horizontal.
Idem .....	6	Segunda	30	650	50	—	"
"Unionmelt".	4	Primera	31	640	50	105	"
Idem .....	4	Segunda	29	680	40	120	"

*Aspecto externo de las soldaduras realizadas.*

En ambas series de probetas se observa un gran exceso de metal de aportación, especialmente en las soldaduras realizadas por "fusarc", lo que no solamente es un gasto innecesario de metal de aportación, sino que al aumentar la altura del sobreespesor de la soldadura sobre el nivel de la plancha no se mejora prácticamente la resistencia estática de dichas uniones y, sin

embargo, aumenta el efecto de entalladura del citado sobreespesor y, en consecuencia, reducen la resistencia de la unión frente a los esfuerzos dinámicos.

Las uniones soldadas por "Fusarc" presentan un aspecto basto y un sobreespesor excesivo, lo que da origen prácticamente a una especie de grieta por el metal de aportación que solapa, en la unión, al metal base sin unirse a él, según puede verse en la macrografía de la figura 13.

RESISTENCIA A LA FATIGA DE LAS UNIONES A TOPE SOLDADAS AUTOMÁTICAMENTE POR "UNIONMELT" Y "FUSARC".

El gráfico de la figura 17 muestra las curvas de Wöhler que representan la resistencia a la fatiga de dos series de probetas soldadas por el proceso "Unionmelt", una, y "Fusarc", la otra.

ensayar las 11 probetas de que disponíamos para el trazado de la curva; de las cuales, 8 rompieron siguiendo la línea del sobreespesor del cordón de soldadura, y 3 permanecieron sin romper.

Las curvas de fatiga correspondientes a las dos series de probetas soldadas por "Unionmelt" y "Fusarc" nos indican que la resistencia de las uniones soldadas

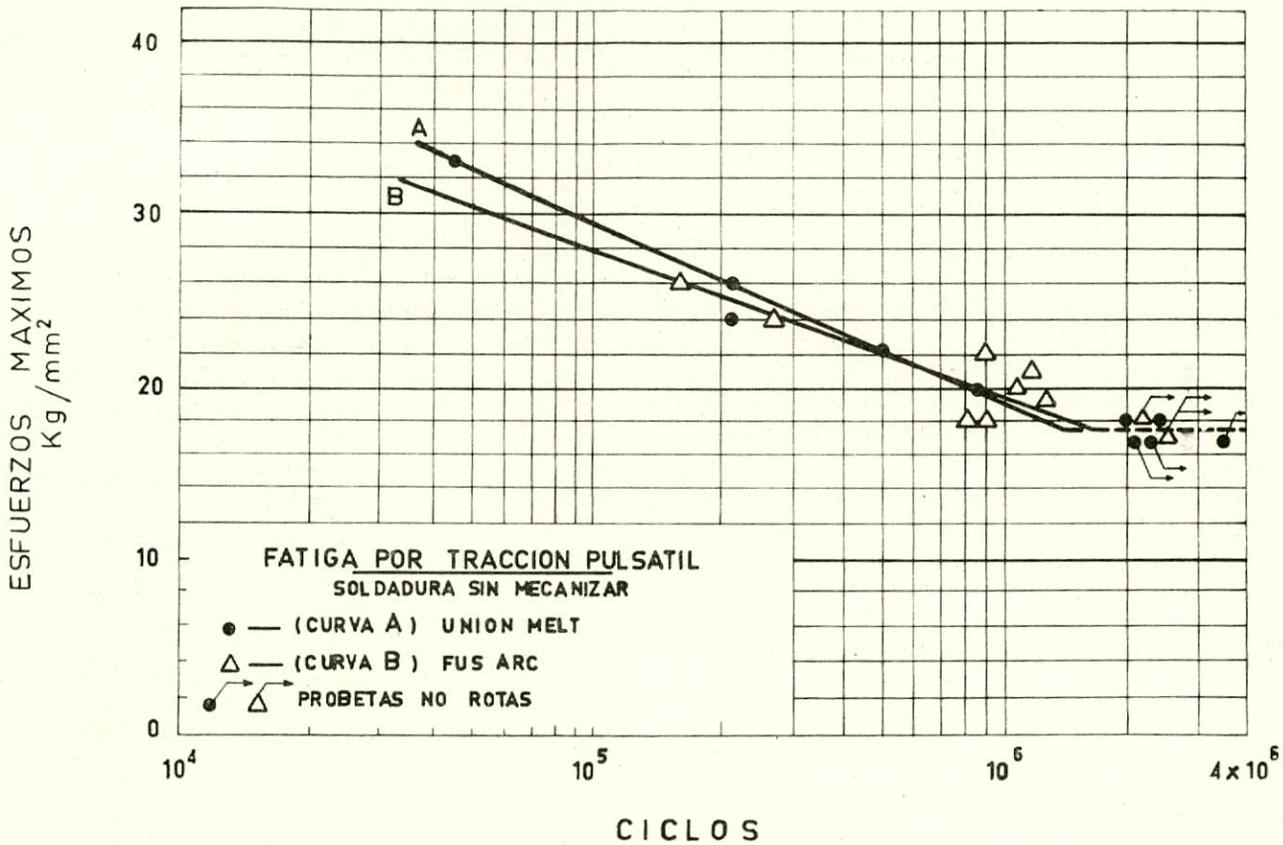


Fig. 17.

Para determinar la curva correspondiente a la resistencia a la fatiga de la unión, soldada por "Unionmelt", se ensayaron 10 probetas, de las cuales, 7 rompieron siguiendo la línea del sobreespesor del cordón de soldadura, y 3 permanecieron sin romper a 17 Kg/mm<sup>2</sup>, con lo que se confirmó el límite de fatiga en 17,5 Kg/mm<sup>2</sup>, puesto que dos probetas rompieron con 18 Kg/mm<sup>2</sup> a los 2 y 2,5 millones de ciclos de carga, respectivamente. La forma de la rotura ha sido prácticamente la misma en todas las probetas.

La perfección y uniformidad de realización de las soldaduras hechas por "Unionmelt" han dado como resultado una dispersión despreciable en los datos experimentales obtenidos para el trazado de la curva de Wöhler.

No se han obtenido resultados tan consistentes con las probetas soldadas por "Fusarc", debido quizá a imperfecciones de realización de las soldaduras, según se indica anteriormente, lo que ha llevado consigo una mayor dispersión de resultados, por lo que fue preciso

por ambos procesos es prácticamente la misma, aunque muestran una menor consistencia los resultados de las probetas soldadas por "Fusarc", quizá por las circunstancias antedichas.

RESISTENCIA A LA FATIGA DE LAS UNIONES SOLDADAS AUTOMÁTICAMENTE POR "FUSARC" Y "UNIONMELT" COMPARADA CON LA DE UNIONES SIMILARES REALIZADAS MANUALMENTE.

Aunque, tanto la soldadura manual como la automática, sin mecanizar el sobreespesor del cordón de soldadura, deben presentar una resistencia a la carga estática superior al metal base, no debe suceder lo mismo cuando la aplicación de la carga se hace mediante esfuerzos repetidos o lo que ordinariamente se llaman "esfuerzos de fatiga", pues en este caso, la resistencia puede experimentar grandes variaciones por el metal de aportación empleado, defectos de ejecución y por

la configuración externa de la unión soldada, forma y tamaño del sobreespesor del cordón de soldadura y mordeduras de bordes, como consecuencia del efecto de entalladura externo a que dan origen.

Las tres series de probetas fueron soldadas por un buen operario, cuyas soldaduras resultaron de excelente calidad, sin mordeduras laterales y con un sobreespesor normal y regular, de forma que no se produ-

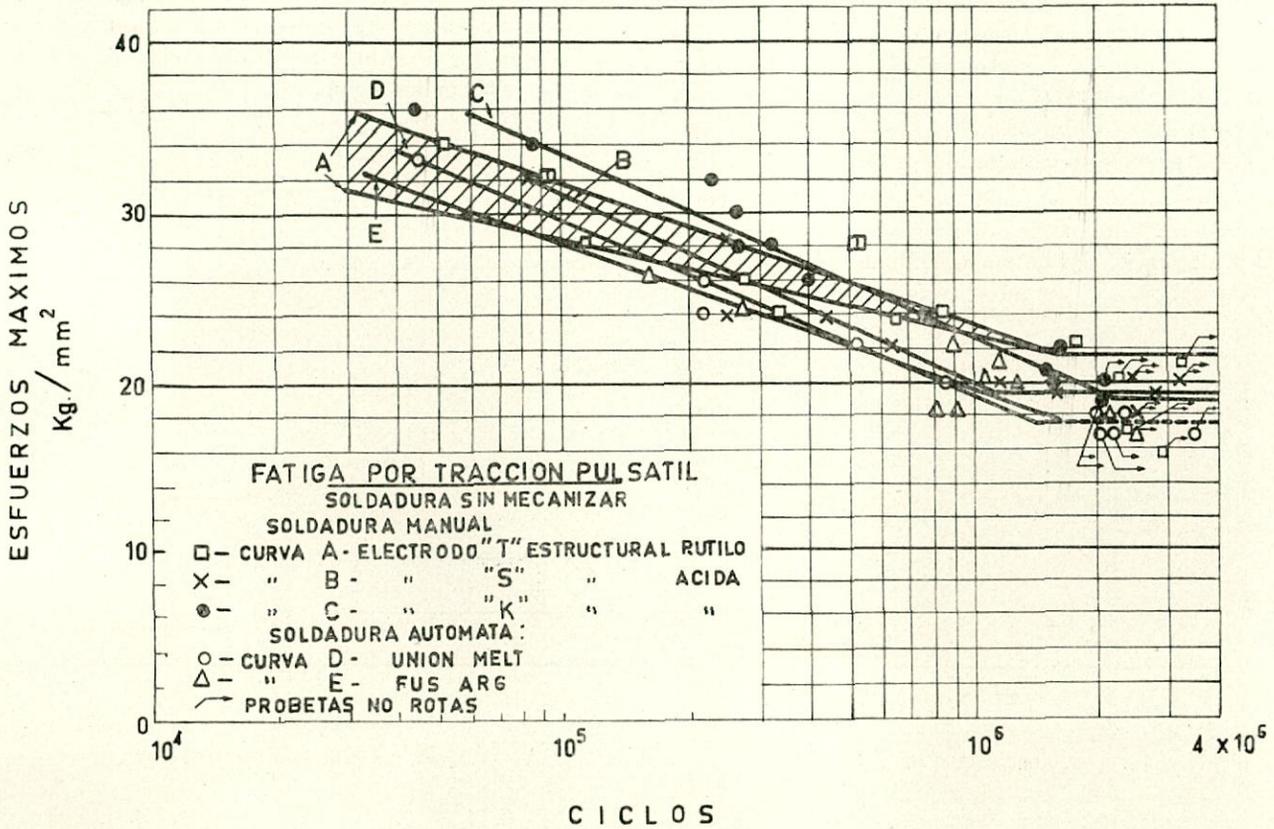


Fig. 13.

Por todo lo anterior, quizá, resulta de interés para el proyectista conocer el comportamiento comparativo de las uniones soldadas automáticamente mediante los procesos "Fusarc" y "Unionmelt" y soldaduras similares realizadas manualmente con electrodos estructurales de buena calidad utilizados corrientemente en dichos trabajos.

En el gráfico de la figura 18 se representan conjuntamente las curvas de Wöhler, que nos indican la resistencia a la fatiga de uniones de planchas de acero al carbono soldadas a tope por soldadura automática "Fusarc" y "Unionmelt", y por soldadura manual de primera calidad con electrodos estructurales "K" y "S" de revestimiento ácido y un estructural rutilo "T". Todas las probetas se ensayaron en su estado normal de soldadura, sin mecanizar el sobreespesor del cordón.

Las uniones realizadas por soldadura automática "Fusarc" y "Unionmelt" mostraron un límite de fatiga de 17,5 Kg/mm<sup>2</sup>, mientras que las realizadas manualmente con electrodos estructurales ácidos "K" y "S", y estructural rutilo "T", dieron, respectivamente, como límites de fatiga 19 Kg/mm<sup>2</sup>, 19,5 Kg/mm<sup>2</sup> y 21,5 Kg/mm<sup>2</sup>.

jese un cambio brusco de sección, según puede verse en la figura, que muestra la soldadura de una de las probetas.

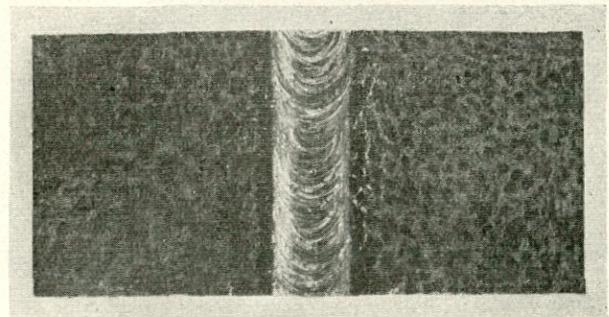


Fig. 19.

De lo expuesto podemos sacar las siguientes

**CONCLUSIONES.**

1.ª Que las uniones soldadas automáticamente por los procesos "Fusarc" y "Unionmelt", que han sido en-

sayadas, mostraron prácticamente la misma resistencia a la fatiga por tracción pulsátil, aunque las probetas soldadas por el segundo proceso dieron una mayor dispersión debido a imperfecciones de realización de la soldadura.

2.<sup>a</sup> Que parece conveniente reducir el tamaño del sobreespesor de las soldaduras realizadas por ambos procesos de soldadura automática "Fusarc" y "Unionmelt", lo que llevaría consigo un ahorro de metal de aportación e implicaría un estudio de las condiciones de trabajo de los equipos y de la preparación de bordes convenientemente en cada caso.

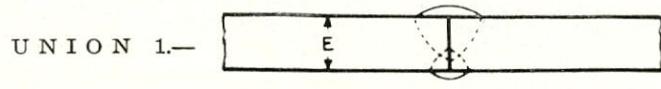
3.<sup>a</sup> Las soldaduras realizadas por ambos procesos de soldadura automática, que se han estudiado en el presente trabajo, son de buena calidad.

4.<sup>a</sup> La resistencia a la fatiga que han mostrado las uniones soldadas a tope por los procesos "Fusarc" y "Unionmelt" sin mecanizar el sobreespesor de la soldadura, es buena, comparable a la resistencia de soldaduras similares realizadas manualmente con electrodos de buena calidad de uso corriente.

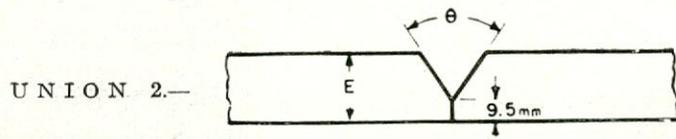
5.<sup>a</sup> Las diferencias de resistencia de las uniones soldadas automáticamente y manualmente quizá se deban, más que a la ejecución, a diferencias en el metal base y de aportación empleado.

Las tablas siguientes pueden servir de guía para seleccionar las condiciones de soldadura apropiadas para diferentes espesores de plancha:

T A B L A S

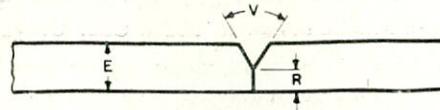


Espesor mm	CORDON POSTERIOR					CORDON ANTERIOR				
	Amps.	Volts.	Veloc. m/hora	Electrodo		Amperios	Voltios	Velocidad m/hora	Electrodo	
				Diám. mm	Kg/m				Diámetro mm	Kg./m
6,35	400	32	42,6	4	0,149	500	30	40,8	4	0,168
8	420	32	42,6	4	0,164	550	30	39,6	4	0,223
9,5	500	32	42,6	4,76	0,208	600	32	36,6	4,76	0,268
11	600	33	36,6	4,76	0,300	700	35	33,6	4,76	0,372
12,7	700	33	36,6	4,76	0,342	750	35	30,6	4,76	0,402



Espesor mm	CORDON POSTERIOR					CORDON ANTERIOR					Angulo del chafilán
	Amps.	Volts.	Veloc. m/hora	Electrodo		Amps.	Volts.	Veloc. m/hora	Electrodo		
				Diám. mm	Kg/m				Diám. mm	Kg/m	
14,30	650	33	33,6	6,4	0,312	900	31	30,6	6,4	0,565	90
15,87	650	33	33,6	6,4	0,312	950	31	27,0	6,4	0,654	90
19	700	33	33,6	6,4	0,342	1.000	33	24,0	6,4	0,744	75
22,22	700	33	33,6	6,4	0,342	1.100	35	21,0	6,4	0,892	60
25,40	700	33	33,6	6,4	0,342	1.200	35	18,0	6,4	1.116	45

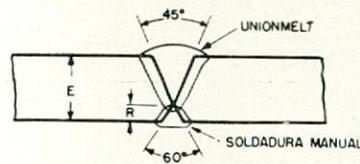
UNION 3.—CON CONTRAPLACA DE COBRE



Espesor mm	Vº	"R" mm	Amperios	Voltios	Velocidad m/hora	Electrodo	
						Diámetro mm.	Kg/m
4,76	60	3,17	500- 575	28-31	44 -53,5	4,76	0,164-0,193
6,40	60	3,17	725- 825	19-32	42,5-47	4,76	0,208-0,342
8	60	3,17	775- 900	30-33	39,5-44	6,40	0,372-0,452
9,50	60	3,17	900-1.000	32-36	36,5-41	6,40	0,417-0,520
11	60	3,17	1.000-1.100	32-36	33,5-38	6,40	0,490-0,595
12,70	60	4,76	1.075-1.175	34-37	30,5-35	6,40	0,565-0,670
16	45	4,76	1.150-1.250	35-38	24,5-29	6,40	0,744-0,862
19	45	4,76	1.200-1.300	36-39	20 -21	6,40	0,892-1.115
22,22	40	3,17	1.375-1.500	38-40	17 -20	8	1.190-1.410
25,40	35	3,17	1.500-1.600	39-41	15 -18	8	1,340-1.635
28,60	30	3,17	1.575-1.650	39-41	14 -15	8	1.490-1.860
31,80	30	3,17	1.600-1.700	39-41	12 -14	8	1.860-2,380
38,10	30	3,17	1.900-2.000	40-43	10,5-12	9,50	2.750-2,980

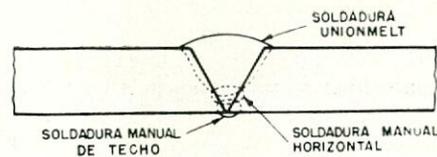
UNION 4.—SOLDADURA MANUAL Y UNIONMETLT

(Soldadura posterior manual de techo)



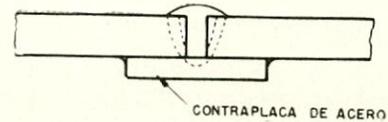
Espesor mm	"R" mm	Amperios	Voltios	Velocidad m/hora	Electrodo	
					Diámetro mm	Kg/m
12,7	6,40	850	33	33,5	6,40	0,445
14,3	6,40	850	33	30,5-36,5	6,40	0,445-0,550
15,87	6,40	950	33	27,5-32	6,40	0,490-0,565
19	6,40	1.050	33	21,5-24,5	6,40	0,750-0,850
22,22	6,40	1.125	35	17 -18,5	6,40	0,950-1.050
25,40	6,40	1.200	37	13,5-15	6,40	1.250-1.400

UNION 5.—SOLDADURA MANUAL Y UNIONMELT



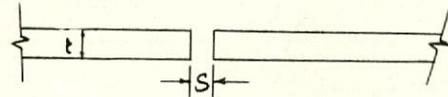
Espesor	Vº	Amperios	Voltios	Velocidad m/hora	Electrodo	
					Diámetro mm	Kg/m
9,5	30	650	34	27,5	6,4	0,450
11	30	700	34	23	6,4	0,530
12,70	30	700	35	20	6,4	0,595
15,87	30	750	35	17	6,4	0,745
19	30	750	35	13	6,4	0,890

UNION 6.—SOLDADURAS A TOPE CON CONTRAPLACA DE ACERO



Espesor mm	Preparación de bordes	Distancia mínima entre planchas mm	Espesor mínimo de la contraplaca mm	Amperios	Voltios	Velocidad m/hora	Electrodo	
							Diámetro mm	Kg/m
6,40	En escuadra.	4,76	6,40	950	27	52	6,4	0,250
8	En escuadra.	4,76	8	1.000	27	41	6,4	0,340
9,5	En escuadra.	4,76	9,5	1.000	27	39,5	6,4	0,360
11	En V. 30°	4,76	9,5	1.100	27	33,5	6,4	0,475
12,7	En V. 30°	4,76	9,5	1.200	27	24,5	6,4	0,800
14,3	En V. 30°	4,76	12,7	1.200	27	18	6,4	1,190
15,87	En V. 30°	4,76	12,7	1.200	28	16,5	6,4	1,340
19	En V. 30°	4,76	12,7	1.200	28	13,5	6,4	1,635

UNION 7.—ACEROS AL CARBONO DE BUENA CALIDAD



Soldaduras de buena calidad. Planchas con bordes en escuadra, sujetos a tope y con contraplaca de cobre.

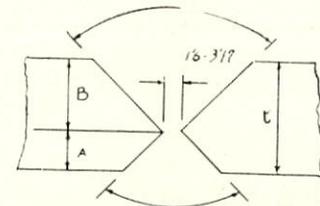
Espesor mm	S mm	Varilla		Flujo Unionmelt. Aprox. gr./m	Intensidad de corriente		Velocidad cm/min.
		Diámetro mm	Aprox. gr./m		Amperios	Voltios	
1,6	0	2,4	29	29	250 - 350	22 - 24	254 - 381
2	0	2,4	29	29	325 - 400	24 - 26	254 - 381
2,78	0	3,17	45	45	350 - 425	24 - 26	190 - 254
3,57	0 - 1,5	3,17	90	72	400 - 475	24 - 27	127 - 203
4,36	0 - 1,5	4	104	90	500 - 600	25 - 27	101 - 177
4,76	0 - 1,5	4	150 - 193	134	575 - 650	25 - 27	89 - 114
6,35	0 - 2,5	4,75	208 - 342	178 - 297	750 - 850	27 - 29	76 - 89
8	0 - 2,5	4,75	372 - 446	312 - 387	800 - 900	26 - 30	67 - 73

Para soldadura de chapa fina es eficaz el empleo de la corriente alterna; pero para soldadura en masa a gran velocidad de trabajo es preferible el empleo de corriente continua con polaridad invertida.

La composición química y la calidad del acero puede afectar a las condiciones de soldadura y al aspecto de la misma.

UNION 8.—SOLDADURAS A TOPE DE BUENA CALIDAD EN ACEROS SUAVES DE RESISTENCIA MEDIA

(38 a 46 kg/mm<sup>2</sup>)

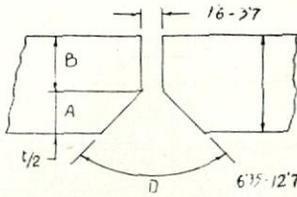


Preparaciones típicas para producción en soldadura de aceros de calidad desconocida o conteniendo bandas de sulfuros de laminación.

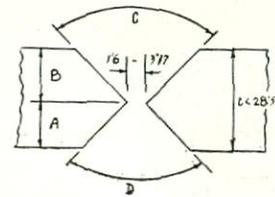
Chaflán en X con soldadura manual de raíz.

t mm	B mm	C	Amperios	Voltios	Velocidad cm/min.	Varilla		Soldadura manual	
						Diámetro mm	Aprox. gr/m	A mm	D
12,7	6,35	100	850	32	25	6,35	830	6,35	90
15,87	8	100	900	32	23	6,35	1.070	8	90
19	9,5	90	975	32	20	6,35	1.220	9,5	90
22,2	12,7	90	1.050	33	20	6,35	1.890	9,5	90
25,4	15,8	75	1.100	34	18	6,35	2.500	9,5	90

NOTA.—Hasta 1.100 amperes, flujo "Unionmelt" grado 90, grano 12 x 200  
Sobre 1.100 amperes flujo "Unionmelt" grado 90, grano 20 x D



UNION 9.—SOLDADURAS DE BUENA CALIDAD  
Chaflanes en X con soldadura manual de raíz.

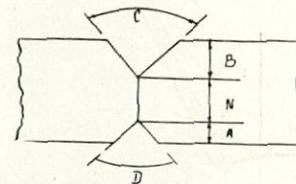


Espesor mm	Soldadura automática					Varilla		Sold. manual de raíz	
	B mm	C	Amperios mín.	Voltios máx.	Velocidad cm/mín.	Diámetro mm	Gr/m aprox.	A mm	D
9,5	4,76 (.)	60	700	33	45	4,75	387	4,75	90
12,7	6,35 (.)	60	850	33	40	4,75	475	6,35	90
14,3	8 (.)	60	900	35	40	4,75	625	6,35	90
15,8	8	90	1.000	35	35	6,35	937	8	90
17,45	9,5	90	1.000	35	35	6,35	1.205	8	90
19	9,5	90	1.050	35	30	6,35	1.280	9,5	90
20,6	11	70	1.100	35	35	6,35	1.145	9,5	90
22,2	12,7	70	1.150	35	30	6,35	1.380	9,5	90
25,4	15,8	70	1.250	35	28	6,35	1.960	9,5	90

(.) Después de realizada la soldadura manual debe picarse la raíz, para una buena limpieza, antes de la soldadura "Unionmelt".

- NOTAS: 1. C = más o menos 5°.  
2. La velocidad se varía ligeramente para asegurar el sobreespesor deseado.  
3. Deben comprobarse los aparatos de medida frecuentemente.

UNION 10.—SOLDADURAS A TOPE CON CHAFLAN X.—Dos pasadas.



Espesor mm	SOLDADURA POSTERIOR						SOLDADURA ANTERIOR							
	B mm	C	Amps. mín.	Voltios máx.	Velocidad cm/mín.	Diám. varilla	N mm	A mm	D	Amps.	Voltios máx.	Velc. cm/mí.	Varilla Diám. mm Gr/m	
9,5	3,17	x	600	33	50	4,75	9,5	0	0	550	33	558	4,75	595
12,7	3,17	x	900	35	40	4,75	9,5	3,17	90	650	35	457	4,75	880
14,3	3,17	x	1.000	35	40	4,75	9,5	4,75	90	700	35	457	4,75	920
15,8	4,75	90	1.050	35	35	6,35	6,35	4,75	90	750	33	407	6,35	965
17,45	6,35	90	1.100	35	35	6,35	6,35	4,75	90	800	33	407	6,35	1.100
19	6,35	90	1.150	35	35	6,35	8	4,75	90	850	33	407	6,35	1.190
20,6	8	90	1.200	35	35	6,35	8	4,75	90	900	33	407	6,35	1.310
22,2	8	90	1.250	35	30	6,35	8	6,35	90	950	34	382	6,35	1.410
25,4	9,5	90	1.300	35	28	6,35	8	8	90	1.000	34	382	6,35	1.635

x = Picar la raíz después de hecha la soldadura anterior.

TOLERANCIAS:

1. Separación de raíz, 0,8 mm.
2. N más 1,5 menos 0 mm.
3. Desalineación entre bordes de caras de raíz, — 3 mm.
4. C o D debe darse una cierta tolerancia en la preparación de bordes por la distorsión debida al laminado.
5. Los amperios usados en la primera pasada deben variar de acuerdo con el acoplamiento de bordes y deben ser los máximos que pueda soportar la unión.
6. La velocidad debe variar ligeramente para asegurar el sobreespesor deseado.
7. Debe comprobarse frecuentemente los aparatos de medida.

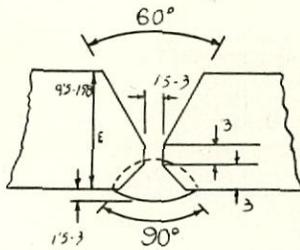


Fig. A.

UNION 11.—ACEROS AL CARBONO DE CALIDAD ESTRUCTURAL.—SOLDADURA MANUAL DE RAIZ Y “UNIONMELT” POR AMBOS LADOS.—GRAN UTILIDAD PRACTICA

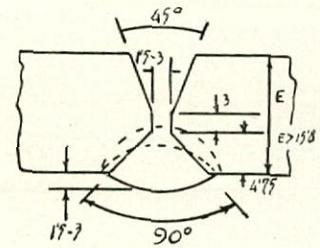
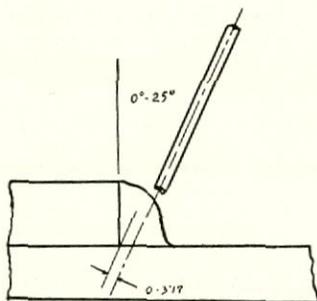


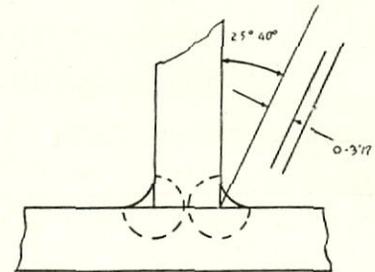
Fig. B.

E mm	Fig.	Amperios	Voltios	Velocidad cm/mín.	Varilla	
					Diámetro mm	Aprox. gr/m
11	A	750	33	56	4	370
12,7	A	850	33	56	4,75	445
15,8	A	950	33	51	4,75	550
19	B	1.050	35	40	6,35	745
22,2	B	1.150	35	33	6,35	895
25,4	B	1.200	35	28 - 30	6,35	1.190

NOTA.—Para plancha de 4,75 a 19 mm. de espesor usar flujo “Unionmelt” grado 20 y grano 12 × 200 ó grado 50 y grano 8 × 48. El primero se utiliza también para espesores superiores.



UNION 12.—SOLDADURAS EN ANGULO EN POSICION HORIZONTAL



Uniones de solape y en T (3,17 a 19 mm. de longitud de patas)

Dimensión de pata vertical mm	Tamaño aproximado. Sold. manual, equiv. en resistencia mm	Amperios	Voltios	Velocidad cm/mín.	Varilla soldada	
					Diámetro mm	Aprox. gr/m
3,17	3,17 - 4,75	400	25	71 - 165	3,17	89
4	4,75 - 6,35	450	27	66 - 139	3,17	104
4,75	6,35	500	27	56 - 101	3,17	
6,35	8	550	28	50 - 76	4	208
8	9,5	650	28	45 - 63	4	298
9,5	12,7	700	28	38 - 50	4	447
9,5	Primera pasada	520	30	55	4	462
	Segunda pasada	520	30	55	4	
12,7	Primera pasada	650	33	55	4,75	610
	Segunda pasada	750	35	50	4,75	
15,87	Primera pasada	725	33	45	4,75	855
	Segunda pasada	850	35	40	4,75	
19	Primera pasada	800	35	22	4,75	1.665
	Segunda pasada	820	33	22	4,75	

NOTA.—Debe usarse flujo “Unionmelt” de grado 20, tamaño 12 × 200 ó grado 50, tamaño 8 × 48.

UNIONES 13 y 14.—ACEROS AL CARBONO.—SOLDADURAS EN ANGULO EN POSICION PLANA

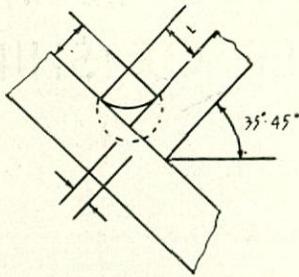


Fig. A (\*)

NOTA: Inclinación de 45° da una penetración normal (0,4 L a 0,5 L).  
Con inclinación de 35° se obtiene una penetración mayor.

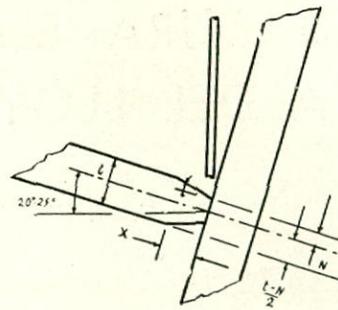


Fig. B

NOTA: Todas las dimensiones, ± 1,5 mm.

FIGURA A

Tamaño cordón de soldadura normal L - mm	Amperios	Voltios	Velocidad cm/mín.	Varilla de soldadura	
				Diámetro mm	Aprox. gr/m
3,17	400	25	91 - 165	3,17	59
4,75	500	25	81 - 101	3,17	104
6,35	650	27	71 - 89	4	163
8	650	27	55	4	251
9,5	750	29	45	4,75	371
12,7	900	32	40	4,75	640
15,87	1.050	32	33	6,35	980
19	1.150	32	28	6,35	1.410

FIGURA B

t mm	N mm	X mm	Chafilán (grados)	Varilla soldadura		Amperios	Máx. Voltios	Velocidad cm/mín.	
				Diám. mm	Aprox. gr/m. Un.				
15,87	6,35	9,5	26,5	4,75	850	Sold. 1. <sup>a</sup> .....	750	30	22,5
						Sold. final....	800	30	17,5
19	9,5	12,7	21	6,35	1.072	Sold. 1. <sup>a</sup> .....	950	30	21,5
						Sold. final....	1.050	30	21,5
25,4	11	15,87	24	6,35	1.980	Sold. 1. <sup>a</sup> .....	1.050	30	20
						Sold. final....	1.150	30	19
31,7	11	19	28,5	6,35	4.100	Sold. 1. <sup>a</sup> .....	1.100	30	17,5
						Sold. final....	1.150	30	17,5
38	11	22	31	6,35	4.450	Sold. 1. <sup>a</sup> .....	1.150	30	16,5
						Sold. final....	1.200	30	15

(\*) Para tamaño de patas "L" 3 a 12,5 mm. debe usarse flujo "Unionmelt" grado 20, tamaño 12 × 200; o grado 50, tamaño 8 × 48.—Para L > 12,5 mm., flujo grado 20, tamaño 20 × D.

# LA SOLDADURA ELECTRICA DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING

Por G. M. BOY M. I. N. A., A. M. I. STRUCT. E.

Traducido y comentado por ANTONIO VILLANUEVA NUÑEZ  
Ingeniero Naval.

## PRÓLOGO DEL TRADUCTOR.

El artículo que he tenido el gusto de traducir a continuación no sólo da una idea muy clara de la posición del Lloyd's Register ante la soldadura, sino también del funcionamiento y actitud general de esta importantísima entidad, que tanto ha contribuido al progreso en general y muy en especial de la industria de la Construcción Naval. Su autor, destacada personalidad del Departamento Central del Lloyd's Register, a quien he tenido el honor de conocer en las reuniones del Instituto Internacional de la Soldadura y admirar, tanto la elegancia y claridad de sus intervenciones en las discusiones de la Comisión de Roturas Frágiles, como sus importantísimas contribuciones hacia la aclaración de este problema fundamental, ha dado su particular beneplácito a la publicación de este trabajo en nuestra Revista, lo que él ha considerado desde el primer momento como un señalado honor. Por todo ello creo un deber el expresar públicamente mi agradecimiento sincero a tan distinguida personalidad y admirado amigo.

## INTRODUCCIÓN.

La soldadura eléctrica, y en particular la soldadura eléctrica por arco, es uno de aquellos desarrollos técnicos que se ha extendido sin tener muy en cuenta la economía y con una rapidez que algunas veces ha retrasado la solución completa de muchos de los problemas a los cuales ha dado origen.

Dichos desarrollos, y otros que pueden ser citados, tales como la introducción del hierro y posteriormente del acero en la construcción naval, han encontrado simultáneamente entusiástico apoyo y severa oposición. Su naturaleza real, es decir, la revolución que provocaba en la tecnología ingenieril, fue reconocida en las primeras etapas por unas pocas personas dotadas de una visión del futuro poco corriente. Estos "pioneros" solían ser tenidos como "entusiastas", cuando en su mayor parte andaban muy lejos de tal cosa. Simplemente reconocieron lo inevitable de tales desarrollos y estuvieron resueltos a permanecer en la vanguardia del progreso antes que en la retaguardia de las fuerzas oponentes.

Las autoridades responsables de la seguridad de las estructuras y máquinas afectadas por tales avances técnicos están en una posición intermedia, particularmente difícil, y es el objeto de este estudio el revisar las aptitudes presentes y pasadas de una de dichas autoridades, el Lloyd's Register of Shipping, hacia la soldadura eléctrica por arco.

Durante su larga historia, el Lloyd's Register of Shipping ha encontrado muchos desarrollos similares, y su aptitud ha sido siempre de prudente ánimo. La Sociedad, de una manera un tanto singular, forma parte de las industrias para las cuales establece "standards de calidad", y es naturalmente gobernada por las industrias a las cuales gobierna. Siendo esto así, sus objetivos son en primer lugar ayudar a las industrias a progresar por medio de los métodos más adelantados, mientras se mantiene un adecuado y uniforme "standard de seguridad". La Sociedad debe mantenerse por ello no sólo al nivel, sino en avance de los desarrollos técnicos, de manera que en las primeras fases de todo desarrollo puedan establecerse los criterios necesarios de seguridad.

## HISTORIA.

Aunque la soldadura eléctrica por arco fue conocida como método para unir los metales en la última parte del siglo XIX, su primera aparición real como factor de la tecnología ingenieril tuvo lugar en la primera década de la presente centuria, cuando fué utilizada principalmente en las reparaciones. El primer caso registrado en la Sociedad fue la reparación de las costuras de la cámara de combustión de una caldera, que tuvo lugar en marzo de 1906. La reparación fue encontrada satisfactoria en varios exámenes posteriores. Durante los cinco años siguientes fueron igualmente reparadas un total de 160 calderas de buques clasificados en la Sociedad. En el mismo período hubo 20 ejemplos de reparaciones por soldadura eléctrica de la estructura del casco de los buques, principalmente corrección de defectos y grietas en codastes y timones. La experiencia de estas reparaciones del casco fue variada, la mayor parte fue satisfactoria, pero en algunos casos el codaste o timón afectado tuvo necesidad de ser después renovado.

La primera sugestión autorizada de que la soldadura eléctrica podía ser utilizada para la reparación de calderas fue hecha por Mr. H. Ruck-Keene, del Lloyd's Register, quien posteriormente llegó a ser Inspector Jefe de Máquinas. En agosto de 1911 se redactó una circular conteniendo las condiciones bajo las cuales podía aceptarse la soldadura eléctrica por arco, que en esencia consideraba que no había llegado aún el tiempo de la aprobación general e ilimitada de las reparaciones soldadas de importantes forjas y fundiciones, y que estas reparaciones deberían ser tomadas como temporales y sujetas a examen periódico. Esto se aplica, naturalmente, también hoy día a algunos tipos de forjas y fundiciones. La aplicación de la soldadura eléctrica a otras reparaciones continuó extendiéndose, y en 1917 fueron registrados alrededor de 154 casos, de los cuales 140 consistieron en reparaciones de calderas. La mayor parte de estas primeras reparaciones fueron hechas con electrodos de alambre desnudo, pero fueron seguidas rápidamente por otras ejecutadas con electrodo recubierto. La reparación de calderas estuvo limitada a las partes no sujetas a tracción directa, tales como las planchas extremas, cámaras de combustión y hornos.

Fue en los primeros días de la I Guerra Mundial, cuando la soldadura eléctrica por arco comenzó a surgir como posible competidor del remachado en la ejecución de las conexiones estructurales normales, y en 1917 se llevaron a cabo extensos experimentos en los Estados Unidos, con la colaboración de la Sociedad, y también por el Almirantazgo inglés en Portsmouth, relacionados principalmente con la carga de rotura de las uniones soldadas.

El año siguiente, la Sociedad ejecutó en los talleres de Birkenhead de Cammell, una serie de ensayos aún más extensa, incluyendo ensayos de tracción en una máquina de 300 toneladas, ensayos de flexión bajo cargas alternadas y ensayos de impacto. Los detalles de esta prueba fueron reseñados por Sir Westcott Abell, Inspector Jefe de Casco del Lloyd's Register en aquella época. Como resultado de aquellos ensayos se convino que si los escantillones y disposiciones eran equivalentes a los requeridos para el buque remachado y el sistema y procedimientos eran aprobados, la soldadura eléctrica podía ser aceptada en los buques clasificados, los cuales quedaban sometidos a las anotaciones "Experimental" y "Sujetos a inspección anual".

En agosto de 1917 el Comité del Lloyd's Register publicó las "Tentativas de regulación para la aplicación de la soldadura eléctrica por arco a los buques", que fueron las primeras reglas que se elaboraron de esta clase. Posteriormente, en el mismo año, la Sociedad publicó las primeras reglas de los ensayos requeridos para la aprobación de los electrodos.

La primera embarcación totalmente soldada que se conoce fué una barcaza de 123 pies de eslora construída en el año 1918 en Richborough para la Oficina de Guerra, y la cual ha sido mencionada en un trabajo de J. Caldwell y H. B. Sayers. El primero de los buques

totalmente soldado, construído, fue el "Fullagar", costero, de 150 pies, construído por Cammell Laird en 1920 y clasificado en el Lloyd con la anotación "Eléctricamente soldado, sujeto a inspección anual, experimental". Este buque tuvo una larga carrera de activo servicio, con varios cambios de nombre y de armador. Varó varias veces, y en cada ocasión la inspección subsiguiente reveló severas abolladuras, pero no efectos funestos en las uniones soldadas, no acusando vías de agua. Una de las colisiones causó serias abolladuras en el forro a la altura de la bodega y de la cámara de máquinas, pero la soldadura eléctrica permaneció intacta. En julio de 1924 sufrió una grave varada en el Mersey, la cual levantó el fondo 11 pulgadas, de pantoque a pantoque, sobre una longitud de 70 pies. La avería fue tan severa que las Aseguradores convinieron la pérdida total; sin embargo, el buque se reflotó en la próxima marea y continuó viaje a Belfast y posteriormente a Leith con su propia máquina. No hubo vía de agua y la avería fue reparada bajo la supervisión de la Sociedad, forzándose las partes deformadas hacia abajo mediante gatos y tensores. Después de estas reparaciones la clasificación del Lloyd fue mantenida sin ninguna anotación especial. Este buque viajó a través del Atlántico y atravesó el Canal de Panamá hacia la costa del Pacífico, donde fue empleado en el comercio del cemento, y posteriormente sufrió en su parte de proa una severa colisión, en la cual, aunque las planchas fueron agujereadas y retorcidas, las soldaduras permanecieron intactas. Después de once años de servicio se alargó a dos años el período entre inspecciones y la anotación "experimental" fue borrada en 1933. Al final de diecisiete años de activo servicio el buque se hundió por colisión durante una espesa niebla en el Río de la Plata, el 31 de agosto de 1937.

Este barco puede ser considerado como un experimento a plena escala de la construcción soldada, bajo condiciones especialmente arduas, y fue un éxito insuperable, pues se convino de una manera general que su comportamiento estructural fue muy superior a la que podría haberse esperado de un buque semejante remachado en condiciones similares. El estímulo resultante para la soldadura eléctrica fue enorme y el uso de tal proceso se aceleró en gran manera.

Hubo, naturalmente, algún salto atrás. Uno de éstos fue el caso del "Joseph Medill", buque totalmente soldado, de servicio en los Grandes Lagos, el cual desapareció en su primer viaje a través del Atlántico en agosto de 1935. Las razones de esta pérdida no fueron nunca descubiertas, pero el Tribunal investigador opinó que la causa más probable fue un golpe contra el hielo. Es de interés señalar que su barco gemelo, "Franquelin", construído en 1936, y también clasificado en el Lloyd's Register, está todavía a flote.

De una manera incuestionable, la pérdida del "Joseph Medill" fue un grave paso atrás para el progreso de la soldadura eléctrica en la construcción de buques, aun cuando el Tribunal investigador eliminó específicamente

los defectos de construcción como causa posible. No obstante, la fe de los pioneros fue inquebrantable, siendo de interés en este aspecto una observación de Mr. C. S. Lillicrap, del Almirantazgo inglés, durante la discusión de uno de sus trabajos en noviembre de 1935 (inmediatamente después de la pérdida del "Joseph Medill"), que decía así:

"Cualquier intento para hacer retroceder el reloj en la aplicación de la soldadura eléctrica a la construcción naval está condenado, directamente condenado al fracaso".

La validez de esta predicción ha sido probada por los acontecimientos de los años sucesivos.

El autor de esta clásica observación llegó a ser más tarde Sir Charles S. Lillicrap, Director de Construcción Naval del Almirantazgo, Presidente del Instituto de la Soldadura y de la Asociación Inglesa de Investigación de Soldadura. En cualquier caso, Sir Charles podía ser calificado como un "entusiasta afortunado de la soldadura eléctrica", lo cual es lo mismo que citar el siguiente pasaje de un trabajo suyo de 1935:

"Y puedo decir que en mi opinión no hay mayor peligro para el futuro de la soldadura eléctrica que el entusiasmo desequilibrado, el hombre que soldaría cada cosa en cualquier parte, sin consideración de lo adecuado de la obra y sin apreciación de los posibles riesgos envueltos. En el otro extremo de la escala están aquellos cuya actitud es aquella de que la práctica no debe ir en avance de la investigación científica y que cualquier proceso nuevo no debe ser utilizado hasta conocer todo acerca de él. Pero estas actitudes deben ser fuertemente desechadas, y el mejor camino es el progreso constante con la debida precaución."

Durante los años 1930 a 1940 el Almirantazgo fue más activo en la promoción de la soldadura eléctrica que la mayor parte de las restantes autoridades, a causa principalmente de la visión y personalidad dinámica de Mr. Lillicrap y bajo el incentivo de la conferencia de Washington para reducir peso. La industria de la construcción naval mercante fue algo más lenta en responder, probablemente a causa de su reluctancia a llevar a cabo los cambios radicales necesarios en sus instalaciones.

En mayo de 1935, con motivo de un Symposium sobre la soldadura eléctrica, organizado por el Instituto del Hierro y del Acero en colaboración con otras 15 instituciones técnicas, se llevó a cabo la historia de la soldadura. El Symposium comprendía 150 trabajos, cubriendo todos los aspectos de la soldadura en aquel tiempo e incluyendo en él varias contribuciones de los miembros del Departamento Técnico del Lloyd's Register.

#### LA II GUERRA MUNDIAL.

El progreso de la soldadura eléctrica alcanzó su más alto grado y sufrió también alguno de sus más graves

retrocesos durante la segunda guerra mundial. El enorme programa de emergencia para la construcción de buques, desarrollado principalmente en los Estados Unidos, estuvo basado casi enteramente en la construcción soldada. La principal razón para ello fue la de que las instalaciones de construcción naval debían de ser rápidamente ampliadas y los soldadores podían entrenarse más rápidamente que los remachadores, siendo la soldadura eléctrica más adaptable a la producción acelerada, la cual requería una extensa prefabricación. Se construyeron nuevos astilleros y los viejos se organizaron sobre estas bases.

La primera fase del programa de emergencia americano comenzó en 1941-42, antes que los Estados Unidos entraran en la guerra, y consistió en un encargo británico de 60 buques de carga, de 10.000 toneladas de peso muerto, idénticos, basados en un proyecto desarrollado en la costa del Nordeste; es decir, en el proyecto del "North Sands", de la Compañía J. L. Thompson Ltd., de Sunderland. Estos 60 barcos, conocidos como los buques tipo "Ocean", fueron construidos bajo la inspección del Lloyd y dieron excelente servicio durante la guerra, y posteriormente a la misma.

El Lloyd's Register of Shipping colaboró activamente en este programa, tanto durante las primeras negociaciones y ejecución de los detalles de proyecto para soldadura, como durante la construcción. Para supervisar esta construcción fueron enviados a Estados Unidos varios Inspectores, especialmente seleccionados por su experiencia en la soldadura eléctrica.

Después que los Estados Unidos entraron en la guerra, el proyecto "Ocean", más tarde ligeramente modificado, fue adoptado como la base de los famosos barcos "Liberty" y "Sam". El mismo proyecto básico fue utilizado para los barcos "Fort" y "Park", construidos en Canadá, aunque la construcción de estos buques se hizo sobre líneas más convencionales, incorporando algún remachado. Se desarrolló también en los Estados Unidos un gran programa de construcción de petroleros, que estuvo basado principalmente sobre un proyecto soldado de 16.000 toneladas de P. M., del que se habían construido previamente un número considerable de buques por la Sun Shipbuilding Co. de Chester, Pennsylvania.

El Lloyd's Register y el British Corporation Register, ultimamente fusionados, continuaron su colaboración con el American Bureau of Shipping en estos enormes programas. El grado de producción fue sorprendente. En conjunto fueron construidos 5.777 buques, con un tonelaje total de cerca de 41.000.000, bajo el programa de emergencia de la Comisión Marítima de Estados Unidos durante el período 1939-1945. De estos buques, 2.748 fueron tipo "Liberty", y 705 petroleros. Todos ello en adición de los buques "Ocean", "Fort" y "Park", ya mencionados.

En general, los buques soldados construidos durante la guerra dieron un servicio muy satisfactorio y, naturalmente, fue muy notable su ejecución bajo condi-

ciones tan extremadamente arduas. A. F. Davis cita muchos ejemplos de estos buques, que han sobrevivido a duras acciones enemigas. Por el contrario, algunos de los barcos, realmente una pequeña proporción, sufrieron serios fallos estructurales, rompiéndose unos en dos y fracturándose otros extensamente. Los fallos fueron por completo independientes de la acción enemiga y dieron lugar a un extenso trabajo de investigación, al cual nos referimos más adelante.

ACTITUD GENERAL DE LA SOCIEDAD.

Es un principio general de la Sociedad que la seguridad y el standard de calidad deben ser juzgados desde el punto de vista del producto terminado, más bien que por el método mediante el cual ha sido obtenido. Así una soldadura se juzga por su calidad final, más bien que por el procedimiento por el cual ha sido ejecutada, y por esta razón los procesos de soldadura no son aprobados como tales; pero cuando se propone un nuevo método, los Inspectores colaboran con los fabricantes y usuarios para asegurar que con él se pueden obtener soldaduras satisfactorias. Este principio general puede variar naturalmente en casos particulares. Es un corolario de este principio el no suministrar certificados de competencia a los soldadores individuales, siendo el criterio el de que el soldador debe "realmente producir soldaduras aceptables", más bien que "ser capaz" de hacerlas así.

Naturalmente, los standard referidos y el rigor del control ejercido sobre ellos varía con la aplicación, pues es claro que puede tolerarse un standard menos severo en una conexión secundaria de un barco, que en un colector de caldera de alta presión o un recipiente de reactor atómico.

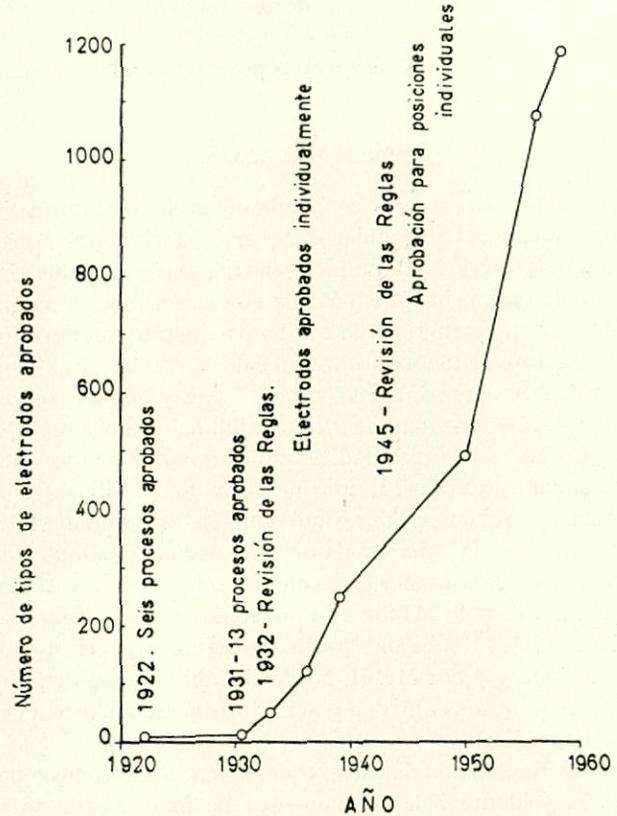
El Lloyd's Register es una organización extendida por todo el mundo, con oficinas en 177 puertos, distribuidos en 51 países; es decir, la mayor parte de los países marítimos de todo el mundo. Los informes de los Inspectores forman un enorme caudal de conocimiento real sobre la construcción de buques y de su maquinaria, y sobre su comportamiento en servicio. Tales informes son conservados y clasificados por un método especial, de manera que la información relevante sobre cualquier aspecto particular pueda ser fácilmente extraída.

Es una política de la Sociedad el que la experiencia obtenida por los Inspectores, en su contacto con la construcción, reparación y entretenimiento de buques a lo largo de todo el mundo, se haga disponible a la industria en general, hasta el límite en que ello es practicable. Esto se hace mediante discusiones y contactos directos con la industria, por medio de comunicaciones individuales a las instituciones profesionales, de artículos en la prensa técnica y mediante las publicaciones propias de la Sociedad. En la bibliografía que se da al final de este trabajo, se incluyen algunas de las más recientes contribuciones de los miembros de la Oficina Central de la Sociedad sobre cuestiones relacionadas

con la soldadura eléctrica. Muchas otras cuestiones han sido también cubiertas de manera similar, pero la lista es demasiado larga para ser incluida aquí.

CONSTRUCCIÓN NAVAL.

Las reglas de la Sociedad referentes a la construcción de buques soldados están confeccionadas de tal forma que permiten una considerable amplitud a todo desarrollo, pero los principales principios básicos están fir-



1-Electrodos aprobados por el Lloyd.

mamente destacados en ellas. Estos principios son en pocas palabras el objetivo de la continuidad, la buena calidad de las soldaduras, una completa penetración y la evitación de muescas y discontinuidades de todas clases. Se dan tablas con las dimensiones de las soldaduras en ángulo, soldaduras intermitentes (donde se permiten) y soldaduras de elementos con escotaduras. Se exige el que los operarios de soldadura estén prácticos en el tipo de trabajo que ejecutan, que el trabajo sea adecuadamente inspeccionado y que el equipo de soldadura esté mantenido eficientemente. Los procedimientos que se van a establecer se comprueban mediante probetas ejecutadas en condiciones similares a aquellas que se han de presentar durante la construcción. Los electrodos deben ser aprobados previamente y demostrar que son aconsejables al objetivo propuesto. La Sociedad publica una lista anual de los electrodos aprobados, la cual hasta el momento presente incluye unos 1.000 tipos, fabricados en casi todos los países. La figura 1 da una idea

del crecimiento de la soldadura eléctrica en el mundo, mostrándose en ella el número de tipos de electrodos aprobados desde el año 1922. Las reglas especifican los ensayos, etc., requeridos para la aprobación de electrodos, los cuales incluyen pruebas de tracción, cizalla y probetas en cruz sobre uniones soldadas, ensayos de tracción, flexión y resiliencia sobre material aportado y análisis químico del citado metal. Las Reglas requieren que los métodos e instalaciones de los fabricantes aseguren la uniformidad de las fabricaciones, y se prevé la inspección periódica de los talleres de los fabricantes, así como también la ejecución de ensayos de comprobación para asegurar que el standard es mantenido.

#### MAQUINARIA NAVAL.

Los problemas que se originan en la soldadura de máquinas marinas, calderas, tuberías, recipientes a presión, engranajes, maquinaria eléctrica, etc., aunque tienen algunos principios básicos en común con la soldadura de la estructura de los barcos, están complicados por factores adicionales, tales como la fatiga, altas temperaturas, materiales especiales, por ejemplo, aceros aleados, la necesidad de alta estabilidad dimensional, la seguridad y la necesidad de cubrirse contra los potencialmente graves resultados de los menores fallos. Otros muchos problemas han sido también estudiados y dominados por la experiencia de la Sociedad, habiendo sido registrados en numerosas comunicaciones de los Miembros del Estado Mayor de la misma. Se han desarrollado notables trabajos, particularmente por el doctor S. F. Dorey y por Mr. H. N. Pemberton, Inspectores Jefes de Máquinas antiguo y actual, respectivamente. (Ver bibliografía.)

Las Reglas nos dan los requerimientos específicos para la soldadura de componentes de maquinaria, tales como calderas, recipientes a presión, ruedas de engrane, cajas de engranajes, tuberías, polines de motores Diesel y soportes. El bien conocido capítulo "J" de las Reglas (Recipientes de presión soldados) es reconocido por todos como un compendio de buena práctica y en particular la sección 19 de aquel capítulo, en la cual se establecen los requerimientos para la soldadura eléctrica por fusión de la clase 1, representa un standard mundial de calidad. Cualquier firma que quiera quedar incluida en la lista de las reconocidas por la Sociedad para la fabricación de recipientes a presión soldados, debe ser inspeccionada por un Inspector y ejecutar una serie especial de ensayos, incluyendo la fabricación de un recipiente a presión a tamaño natural, para demostrar que los altos standards requeridos por las Reglas pueden ser obtenidos de manera consistente.

En el momento actual hay solamente 132 firmas calificadas en el mundo, 36 de las cuales están situadas en el Reino Unido y el resto en otros 16 países. Los ensayos de rutina para los recipientes a presión de la clase 1, realizados por las Firmas aprobadas, son severos, e incluyen ensayos de tracción, flexión y macrografías so-

bre probetas soldadas durante y como continuación de la soldadura real del recipiente, radiografías de la longitud completa de cada costura soldada y pruebas a presión hidráulica del recipiente completo. Se requiere también el tratamiento térmico del recipiente terminado.

Los requerimientos de la Sociedad para el tratamiento térmico de algunos recipientes a presión, y otros componentes de maquinaria, son considerados extensamente como una buena práctica, aunque en ocasiones ha sido discutida su necesidad en aplicaciones individuales, preguntándose a menudo si el tratamiento térmico trata de aliviar las tensiones residuales o de mejorar la estructura metalúrgica en la proximidad de la soldadura. La contestación es que de un tratamiento térmico juicioso resultan ambos beneficios y, particularmente, del tratamiento conocido como "alivio de tensiones"; es decir, del calentamiento uniforme a 600-650° C y enfriamiento lento en aire tranquilo. Está bien establecido que tal tratamiento térmico reduce considerablemente el peligro de agrietamiento y es beneficioso para conservar la estabilidad dimensional, cuando las partes tienen que ser maquinadas, como, por ejemplo, en el caso de cajas de engrane, ruedas de engrane, placas de asiento.

La soldadura eléctrica está siendo utilizada en una gran variedad de componentes de maquinaria naval y su uso se extiende a medida que su técnica mejora y se gana experiencia.

#### MAQUINARIA TERRESTRE.

El objeto de las actividades de la Sociedad ha comprendido durante muchos años diversas estructuras y componentes de maquinaria para aplicaciones "no marinas", las cuales han crecido durante los últimos años en tal extensión que se ha formado un Departamento especial del Lloyd, titulado División Terrestre del Lloyd's Register, para tratar de ellas.

Los principios básicos que se aplican a las estructuras y máquinas marinas se aplican igualmente, con igual fuerza, a sus correspondientes terrestres, habiendo sido ya bosquejados estos principios. El objetivo del establecimiento de standards, de buena práctica y seguridad, con la debida consideración a las condiciones económicas y prácticas, se aplica a todo.

La División Terrestre de la Sociedad se ocupa, en general, del grupo de instalaciones de "alta calidad", tales como centrales térmicas, plantas hidroeléctricas, compuertas de esclusas, túneles aerodinámicos, refinerías de petróleo, conducciones de petróleo, instalaciones de energía atómica. El standard de calidad considerado como necesario y práctico en los trabajos navales, se aplica para tales instalaciones terrestres con las adiciones que puede ser prudente y necesario añadir en cada caso, según las circunstancias especiales.

En algunas aplicaciones son muy exigentes los standards de seguridad necesarios y ha sido una de las

más importantes funciones de la Sociedad el desarrollar reglas prácticas, que al mismo tiempo que cumplen los severos requerimientos, son capaces de utilizarse bajo condiciones prácticas. Todo esto se aplica con fuerza especial a la soldadura eléctrica, la cual mantiene una posición clave en lo que respecta a la seguridad.

En estos momentos, el desarrollo de la energía atómica (la cual, como es bien sabido, depende en lo que respecta a la soldadura de un standard especialmente elevado), está teniendo lugar principalmente en aplicaciones terrestres, aunque su aplicación a la propulsión de buques mercantes no está muy distante. Las instalaciones atómicas dan lugar a problemas especiales de inmediata urgencia, tales como las grandes dimensiones y espesores de los recipientes a presión, el elevado grado de perfección requerido en las dimensiones y los efectos de la irradiación. Surgen además otras dificultades del hecho de que muchos de los trabajos de soldadura, inspecciones de rayos X, alivio de tensiones y ensayos de presión, deben ejecutarse a menudo en lugares difíciles y remotos.

Los circuitos primarios, es decir, los reactores, intercambiadores de calor, conductos de gas, etc., en Calder Hall, Chapel Cross, Huntersten y Bradwell, así como también edificios herméticos, tales como la esfera de Dounreay, y los tanques cilíndricos alojando los reactores de Harwell y Dounreay, han sido o están siendo construídos bajo la inspección de la Sociedad.

No nos proponemos aquí entrar en detalles de los muchos problemas de soldadura eléctrica envueltos en estas aplicaciones terrestres, pues ello ha sido expuesto eficientemente en otras comunicaciones (13-17); pero sí indicaremos que la Sociedad está dedicando considerables y efectivos esfuerzos hacia su solución. El campo se amplía de día en día, y el Lloyd's Register está en la vanguardia de tales desarrollos.

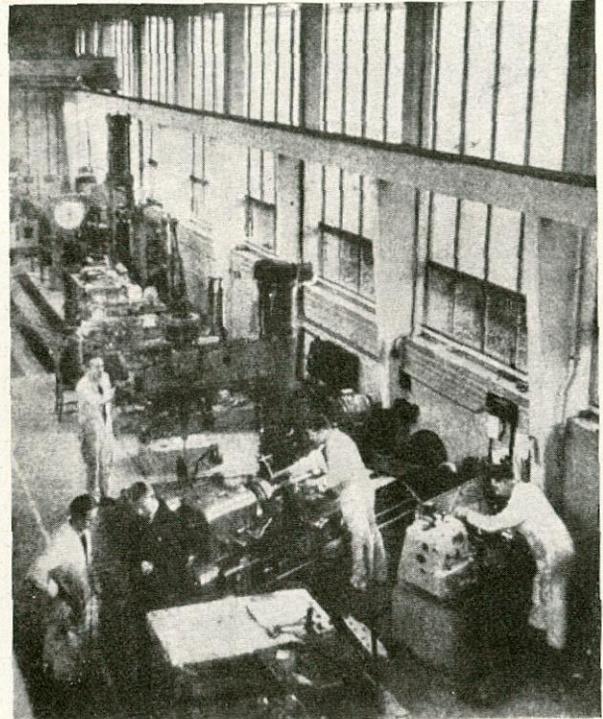
#### INVESTIGACIÓN.

Las soldaduras eléctricas, al igual que muchos otros radicales desarrollos tecnológicos, ha aportado sus propios problemas particulares, los cuales han ocupado y están ocupando la atención de muchos investigadores e Ingenieros prácticos. Entre tales problemas pueden ser citados los de las tensiones residuales, la fractura frágil, la fatiga, las deformaciones, la incidencia de defectos tales como la porosidad, las inclusiones de escoria y el agrietamiento. Algunos de estos problemas no son naturalmente peculiares de la soldadura, pero ellos han adquirido importancia y urgencia a causa de la extensión de su uso.

El Lloyd's Register ha tomado una parte activa en las investigaciones surgidas de estos problemas, mediante la participación directa en el trabajo de los Comités, tales como aquellos de la Research Associations, el Admirantazgo, el British Standards Institution y sus equivalentes en otros países. La Sociedad ha sido capaz de contribuir con datos reales de su experiencia actual

y ha desarrollado también trabajos de investigación en los últimos años en sus propios laboratorios de Crawley en Sussex (fig. 2).

No es objetivo de este artículo el entrar en detalles de la extensa investigación existente sobre estos problemas, puesto que ellos han sido tratados en varias de las comunicaciones a que se hace referencia en la



Laboratorio de Investigación de Crawley.

bibliografía. Un estudio de esta clase queda, sin embargo, incompleto si no se hace referencia a uno de los problemas más apremiantes e intratables, el de la rotura frágil.

Las graves fracturas ocurridas en los buques soldados mencionados anteriormente fueron del tipo frágil; hecho que estaba en contradicción con la admitida naturaleza dúctil del acero de construcción naval puesta de manifiesto en los ensayos normales de tracción y flexión. Aún más sorprendente fue el hecho de que las probetas de los aceros y soldaduras extraídas de la proximidad de las fracturas mostraban la adecuada ductilidad y cumplían con los requerimientos de las Reglas. El fenómeno no podía ser atribuido a una simple falta de resistencia, puesto que los escantillones de los buques soldados no eran inferiores a aquellos de los correspondientes remachados que habían cumplido con éxito. Estas y otras aparentes anomalías condujeron a una vigorosa investigación en muchos países y particularmente en los Estados Unidos y el Reino Unido, que fueron los más directamente afectados.

Aunque se investigaron muchas teorías posibles, la solución permaneció esquiva, encontrándose que el problema distaba mucho de ser simple. Naturalmente, no puede decirse que hoy día esté completamente resuelto.

Como resultado de los trabajos efectuados llegó, sin embargo, a ponerse en claro que el acero a utilizar en las estructuras soldadas y particularmente en los barcos requería un control más estrecho que el que se había aplicado a los buques remachados. El Lloyd's Register tomó una parte activa y posiblemente decisiva en las investigaciones sobre este punto e hizo importantes enmiendas en sus Reglas para ponerlas de acuerdo con la situación (18). El sujeto es, aún, sin embargo, causa de fuertes controversias y queda mucho por estudiar acerca de él.

#### EL FUTURO.

Se acepta ampliamente que la soldadura eléctrica es elemento esencial en el presente avance de las técnicas ingenieriles. Muchos de los componentes de la maquinaria y de las estructuras hoy día en uso serían inconcebibles sin la utilización de dicha soldadura eléctrica. Puede igualmente predecirse con confianza que el remachado está cayendo en desuso. En estas circunstancias, el único camino abierto para avanzar es anticiparse a resolver los problemas que este avance lleva inevitablemente consigo. Algunos problemas están de nuevo emergiendo, particularmente en los campos de las turbinas de gas, cohetes y energía atómica. El Lloyd's Register está por completo atento a ellos y, de acuerdo con la política general bosquejada aquí, ha llegado a encargarse de los mismos.

El hacer profecías es una cosa peligrosa en cualquier tiempo, pero puede ser predicho con confianza que la Sociedad se encargará en su camino, como hasta aquí, de los problemas que hayan de acompañar al progreso.

#### RECONOCIMIENTO.

El autor desea reconocer la valiosa ayuda recibida de los colegas y de otras personas en la preparación de este breve resumen.

#### BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS.

(Las referencias marcadas (\*) corresponden a trabajos de los Miembros de la Oficina Central del Lloyd's Register.)

1. \*H. RUCK-KEENE: "New methods of effecting boiler repairs". *Trans. Inst. Mar. E.*, 1907-8, vol. 19.
2. \*H. N. PEMBERTON: "Welding in marine engineering construction" (Thomas Lowe Gray Lecture), *Proc. (A) Inst. Mech. E.*, 1953, vol. 167, p. 48.
3. \*Sir WESTCOTT ABELLS "Experiments on the application of electric welding to large structures". *Proc. Inst. Civ. Eng.*, 1918-19, vol. CCVIII, Pt. II, p. 104.
4. J. CALDWELL and H. B. SAYERS: "Electric welding developments in Great Britain and the U. S. A." *Proc. Inst. Civ. Eng.*, 1918-19, vol. CCVIII, Pt. II, p. 69.
5. J. CALDWELL: *Trans. Inst. Eng. Ship. Scotland*, 1917-18, vol. LVI, p. 262 (Discussion).
6. *The Shipping World*, 1931, 22nd April.
7. C. S. LILLICRAP: "Welding as applied to shipbuilding", *Welding Industry*, 1935, Nov., p. 360.
8. C. S. LILLICRAP: "Future technique in shipbuilding", *Trans. Inst. Welding*, 1945, Feb., p. 12.
9. R. C. THOMPSON and H. HUNTER: "The British merchant shipbuilding programme in North America" (Andrew Laing Lecture), *Trans. N. E. Coast Inst. Eng. Ship.*, 1942-43, vol. 59, p. 61.
10. F. C. LANE *et al*: "Ships for Victory", The John Hopkins Press, Baltimore, 1951.
11. A. F. DAVIS: "The saga of welded ships", *Welding J.*, 1945, Jan., p. 80.
12. "The Design and Methods of Construction of Welded Steel Merchant Vessels", U. S. Govt. Printing Office, Washington, 1947.
13. *Weld. Met. Fab.*, 1956, Nov., p. 384.
14. \*E. CROSSLEY: "Inspection of large 'site-built pressure vessels'", *Weld. Met. Fab.*, 1956, Nov., p. 393.
15. J. F. LANCASTER: "The welding of aluminium tanks for experimental reactors", *Brit. Welding J.*, 1957, vol. 4, p. 354.
16. S. H. GRIFFITHS: "Welding of heat exchanger elements in a fast breeder reactor", *Brit. Welding J.*, 1957, vol. 4, p. 403.
17. J. A. LUCBY *et al*: "Some welding developments applicable to the fabrication of heavy pressure vessels for nuclear power stations", *Brit. Welding J.*, 1957, vol. 4, p. 449.
18. \*J. HODGSON and G. M. BOYD: "Brittle fracture in welded ships", *Trans. Inst. Nav. Arch.*, 1958.
19. "Symposium on the Welding of Iron and Steel", The Iron and Steel Institute, vol. II, 1935.
20. \*R. B. SHEPHEARD: "Recent developments in British merchant shipbuilding", *Trans. N. E. Coast Inst. Eng. Ship.*, 1944.
21. \*R. B. SHEPHEARD: "Developments in British merchant shipbuilding", *Soc. Roy. Belge des Ingenieurs et des Industriels*, Brussels, 1946.
22. \*R. B. SHEPHEARD: "Ship structures—a century of progress". *Trans. Inst. Nav. Arch.*, 1951.
23. \*R. B. SHEPHEARD: "Aspects of research in British merchant shipbuilding" (Adams Lecture, *Welding J.*, 1954, Jan., p. 23.
24. \*F. C. COCKS: "General review of welding in shipbuilding", Conference on Welded Structures, H. M. S. O., 1954.
25. \*S. F. DOREY: "Inspection and testing procedure, with special reference to welded pressure vessels and engine entablatures" (see ref. 19).
26. \*S. F. DOREY: "The welding of pressure vessels", *J. Inst. Pet. Tech.*, 1936, Feb.
27. \*S. F. DOREY: "Welded joints in pressure vessels", *Proc. Inst. Civil Eng.*, 1937.
28. \*S. F. DOREY: "The welding of boiler drums and shells", *Trans. Liverpool Eng. Soc.*, 1939, March.
29. \*S. F. DOREY: "Progress in marine engineering as influenced by the classification of ships" (Thomas Lowe Gray Lecture), *Proc. Inst. Mech. Eng.*, 1941.
30. \*S. F. DOREY: "Ferrous materials in marine engineering" (Andrew Laing Lecture), *Trans. N. E. Coast Inst. Eng. Ship.*, 1955, Oct.
31. \*S. F. DOREY: "Notes on the design stresses in class 1 welded pressure vessels", *Proc. Inst. Mech. Eng.*, 1946, vol. 154, p. 32.
32. \*J. M. MURRAY: "A hundred years of Lloyd's Register Ship Rules", *Trans. Inst. Nav. Arch.*, 1955.
33. \*H. N. PEMBERTON: "The testing of welds", *Trans. N. E. Coast Inst. Eng. Ship.*, 1942, vol. LVIII.
34. \*H. N. PEMBERTON: "Welding in marine engineering construction", *Trans. Inst. Nav. Arch.*, 1939, p. 59.
35. \*J. TURNBULL: "Hull structures", *Trans. Inst. Eng. Ship. Scotland*, 1956-57, vol. 100, p. 301.
36. \*H. R. GIBBS and G. M. BOYD: "Welded ship construction—records of common fractures and their causes", *Trans. Inst. Eng. Ship. Scotland*, 1958, Feb.
37. \*G. M. BOYD: "Effects of residual stresses in welded structures", *Welding J.*, 1954, vol. I, p. 560.
38. \*G. M. BOYD: "Brittle fracture", *Trans. Manchester Assoc. Eng.*, 1957, Oct.

# PROTECCION CONTRA LA CORROSION EN CONSTRUCCIONES DE ACERO EN AGUA EN ALEMANIA

Por el Dr. CARL MEYER

Colaborador de investigaciones industriales alemanas.

Mientras que para la construcción de puentes de acero y construcciones similares hay, desde hace mucho tiempo, normas comprobadas para pinturas de protección, el problema de la protección contra oxidación en construcciones de acero sumergidas en agua es mucho más difícil de resolver, ya que las obras están sometidas constantemente al ataque de las aguas y las capas protectoras son atacadas por muy distintas agresiones.

Como para la correcta elección de las capas protectoras contra oxidación en las construcciones de acero en agua son de decisiva importancia las experiencias realizadas, la investigación industrial alemana se ha dedicado, en colaboración con la Deutsche Bundeswasser und Schifffahrtsverwaltung (DWSV), al estudio de esta materia teniendo en cuenta las experiencias ya realizadas.

El organismo arriba indicado está encargado del mantenimiento de numerosas construcciones navales y portuarias y, por consiguiente, se ocupa intensamente de las protecciones contra la oxidación en las construcciones de acero en agua. Por eso interviene desde hace mucho tiempo en las evoluciones técnicas de esta materia con el fin de mejorar la duración y la economía de la protección contra la corrosión y en especial de poder atender los factores locales en las distintas circunstancias.

## 1.—ZONA DE EFECTO Y CONSECUENCIA DEL ATAQUE.

Para la elección del método más apropiado de protección contra la oxidación hay que establecer las condiciones probables de ataque en cada caso particular o bien adoptar un medio que haya demostrado dar buenos resultados en las mismas o parecidas condiciones, o hallar uno nuevo mediante experimentos apropiados.

El ataque sobre la capa protectora de la construcción de acero es distinto según se trate de la zona al aire, en la zona en contacto con la superficie y en la que está sumergida bajo agua, y sus efectos dependen de la mayor o menor cantidad de cambios experimentados en las partes móviles de la obra, como sucede en las compuertas de elevación, compuertas de seguridad, etc., y de los cambios de estado y de nivel del agua.

En la zona al aire los conocidos efectos de la atmósfera están acrecentados por las mayores cantidades de humedad contenidas por el aire junto al agua. En la

zona bajo agua los efectos son de distinta fuerza, según se trate de agua dulce o salada o esté infectada de mezclas de cosas químicas. Pero las mayores exigencias se presentan en la zona de cambio, en la que actúan los citados efectos de forma conjunta o indistinta, y además pueden producirse ataques a los efectos defensivos de la pintura, por capas aceitosas flotantes en el agua. Además de esto, hay que tomar en cuenta, según las condiciones locales, las consecuencias de ataque por agua turbulenta, golpes de mar, desgastes producidos por la arena, los objetos flotantes y el movimiento de barcos. En el agua del mar hay que contar también con las consecuencias de los ataques producidos por algas, moluscos u otras incrustaciones. A esto se suma que las medidas necesarias para el mantenimiento de la defensa contra la oxidación no pueden ser realizadas siempre en la época adecuada y tienen que serlo a menudo en el tiempo de poco tráfico. Estas múltiples facetas aclaran el hecho de que en muchos casos, especialmente en obras de acero en el agua, ciertas pinturas que en muchos casos daban buen resultado, también hayan a veces fallado, cuando las condiciones especiales no fueron suficientemente tomadas en cuenta. Por ello no ha sido posible todavía establecer normas e imponer condiciones de recepción para estas pinturas, como es normal en las demás. Un reglamento de esta clase no daría garantía para la aptitud de los materiales en un caso particular, y antes detendría el desarrollo que lo fomentaría. La DWSV da por ello especial importancia a que en los planos y especificaciones para la protección de la corrosión se indiquen con exactitud los detalles del proyecto de las obras bajo agua. Para la realización de los trabajos se ocuparán sólo empresas que dispongan en este terreno de la experiencia necesaria y que a través de contacto con determinados negociados estén continuamente informadas de los resultados de sus pinturas. De ello resulta un trabajo conjunto ventajoso para ambas partes, ya que por una parte el empresario puede confiar en la garantía y competencia de la firma, y por otra, da a conocer a las firmas el material de experiencia y los resultados de los desarrollos de las investigaciones.

## 2.—FORMAS DE PINTAR Y MATERIALES DE PINTURA.

Como capa protectora de construcciones de acero en agua se emplean principalmente hoy, como desde hace

décadas, las usuales pinturas con materiales bituminosos. La composición y calidad de las pinturas podrían ser esencialmente mejoradas a través de la continua aplicación y empleo provechoso de las experiencias, así como por pruebas sistemáticas. Al mismo tiempo han sido repetidamente empleadas pinturas compuestas con otras bases y capas de metalización, sobre las que más tarde volveremos. Las pinturas bituminosas se emplean para pintar en frío o en caliente. Como materiales de pintura emplean soluciones, parciales o totales, de alquitrán de brea, soluciones de bitumen y materiales bituminosos calientes, realizados con estas bases.

Los materiales se preparan para su uso mezclados con un relleno, para ampliar su zona plástica, es decir, distanciar los puntos de rotura y de resblandecimiento y de este modo evitar que fluyan cuando hace calor y que se quiebren cuando hace frío. Al pintar se aplica reglamentariamente una capa que sirve como pintura base y dependiendo de la clase de material y de las circunstancias, una o más capas de pintura. En caso de que la pintura base se aplique en los talleres de las construcciones de acero, es posible que sea necesario dar una segunda capa de base en el sitio antes de ser aplicada la capa exterior de pintura. Especialmente se indica que es necesario que la pintura base sea la apropiada para la siguiente cubridora y que para la aplicación de la pintura base en la obra de acero tienen que ser empleados materiales adecuados.

### 3.—EXPERIENCIAS CON PINTURAS BITUMINOSAS BAJO AGUA.

#### a) Zonas bajo agua.

Para piezas que están constantemente bajo agua, la experiencia indica que las pinturas calientes son las más apropiadas, porque con ellas se obtienen lacas de protección contra oxidación, gruesas y sin poros. Se han acreditado para esto tanto los materiales calientes de base de alquitrán de hulla o de bitumen solamente, como los materiales calientes, que se componen de una mezcla de bitumen y alquitán. Generalmente se han mostrado superiores las pinturas calientes de pura base de alquitrán de brea o ricas en este material con una participación de asfalto que los materiales calientes de pura base de bitumen. Como pintura base hay que aplicar primero sobre la superficie de acero desoxidada y limpia una capa de pintura fría con una solución bituminosa adecuada, para la aplicación de la capa cubridora. Para esto se aplican regularmente soluciones bituminosas incompletas. El material caliente se aplica en una sola capa, que por lo menos debe ser de 1 mm. de gruesa. Para mayores desgastes, este grueso mínimo debe aumentarse según las condiciones de cada caso.

Pinturas frías con incompletas soluciones bituminosas tienen una vida tan corta en la zona bajo agua, que para estas construcciones de acero hay que rechazarlas. En cambio se puede tomar en cuenta las pinturas frías con completas soluciones bituminadas para

casos especiales, cuando se está de acuerdo con una duración más corta, por ejemplo, cuando se puede dejar fácilmente en seco la obra o partes movibles que fácilmente pueden ser puestas sobre el agua, así como aquellos casos donde la renovación de la protección contra la oxidación es fácil. Pero entonces habría que exigir que sean aplicadas sobre la pintura base, por lo menos, tres capas de pintura cubridora con grueso mínimo de 0,2 mm.

#### b) Zona de cambio.

En la zona de cambio se tomarán en cuenta, según las condiciones de cada caso particular, pinturas calientes o frías. El pintar en caliente está ocasionado por un caso de mayores exigencias, y como parece estar comprobada la no conveniencia de pintura caliente a base de bitumen en la zona de cambio, son recomendables solamente pinturas calientes, que en gran parte o exclusivamente contienen alquitrán de hulla. Cuando haya que tener en cuenta condiciones de ataque más fuertes, debidas a hielo adherido u otras exigencias mecánicas, tienen que ser elegidas materias calientes sobre una base pura de alquitrán, porque el reducido poder de adhesión de los materiales calientes que contienen bitumen favorece los defectos de esta clase, mientras que con materiales calientes de pura base de alquitrán de brea se puede contar con un poder de adhesión suficiente, incluso en estos casos. Además es conocido que el aceite ataca al bitumen. Así ha resultado siempre que las manchas de aceite que flotan en el agua han producido continuamente enormes daños a las pinturas que parcialmente contenían bitumen.

Por consiguiente, en la zona de la obra de acero en contacto con la superficie de aguas que contengan partículas flotantes de aceite, hay que pintar en caliente y sólo es conveniente el uso de alquitrán de hulla. En los últimos años existe asimismo la posibilidad de emplear para la zona de cambio, y aunque el agua contenga aceites, además de las acreditadas pinturas calientes a base de alquitrán, también pinturas frías, que antes se tenían que rechazar para esta zona. Por lo menos hay que aplicar sobre la pintura base tres capas completas de pintura de solución de alquitrán de brea y exigir un grueso mínimo de 0,3 mm. Para esta manera de pintar se puede emplear una pintura base de solución de alquitrán de hulla cuando se hace una aplicación cuidada para que la pintura base se agarre bien al metal. Ya que la experiencia de las citadas pinturas en frío data de poco tiempo, no es posible dar todavía una opinión de valor, terminante y comparativa.

#### c) Zona atmosférica.

En la zona atmosférica de las obras de acero en agua se pueden emplear tanto pinturas calientes como frías. también aquí hay que tener en cuenta para la elección del material de pintura, que su composición sea especialmente adecuada para la clase de desgaste. Los materiales de bitumen envejecen con mayor rapidez, con

la influencia de los rayos solares fuertes, que los materiales de alquitrán de hulla y tienden a fluir cuando los puntos de reblandecimiento están bajos. Tienen, en cambio, una ventaja sobre los materiales de alquitrán de hulla: la garantía absoluta contra grietas. La conocida tendencia de las superficies de los materiales de alquitrán de hulla a parecerse a la piel de cocodrilo, tiene como resultado, especialmente para las soluciones no completas de alquitrán de hulla, una mayor endeblez de pintura; así que las soluciones incompletas de alquitrán de brea en la zona atmosférica, sobre todo en casos que la elaboración no sea completamente apropiada, sólo tienen una vida limitada. Todas las demás clases de pintura pueden ser aplicadas empleando apropiadas materias de relleno en la zona atmosférica, donde, al pintar en frío, la vida de ésta depende completamente de la cantidad de capas de pintura. Aquí se debe aplicar sobre la pintura base, por lo menos, dos y, mejor, tres capas de pintura cubridora.

En caso de que tenga importancia la duración, se aconseja para pintar en frío el uso de soluciones completas, con lo que se puede conseguir películas con el deseado grueso mínimo de 0,2 mm.

d) *Duración de las pinturas.*

La duración de las pinturas bituminosas bajo agua es muy variable, dadas las diferencias de desgaste. Por lo general, es ésta mayor al pintar en caliente que al pintar en frío. Por el estado actual de la técnica de pintar bajo agua, puede ser esperada una vida mínima de seis años al pintar en caliente; incluso en casos de mucho desgaste. Por esto, por ejemplo, hay que renovar regularmente cada seis años las pinturas calientes de las compuertas del canal entre el mar Báltico y el mar del Norte, que están atacadas por las algas y otras sustancias. No pudieron ser atendidas durante la última guerra, y tampoco después, muchas obras de acero en agua de canales de navegación interior y sólo en parte se han podido poner en seco a los quince o veinte años. De este modo se confirmaron los grandes defectos ocasionados por el óxido, pero, también en parte y a pesar del largo tiempo, se ha encontrado en sorprendente buen estado mucha de la pintura. Teniendo en cuenta el hecho de que puede ser necesario renovar las pinturas con heladas muy fuertes, se puede asegurar que se puede conseguir, con pintura de base bituminada bajo condiciones favorables, una vida de doce a quince años.

4.—OTROS METALES DE PROTECCIÓN.

Numerosos ofrecimientos sobre novedades en materiales de pintura dio lugar a que el Instituto de investigación industrial probara otros materiales distintos a las pinturas bituminosas y baños calientes.

Así fueron aplicadas, junto a otras pinturas, el cloro-caucho en las obras de acero en agua. Esta clase de pintura de cloro-caucho se han acreditado en muchos casos, pero también se han dado repetidamente totales

fracasos que han demostrado que para emplear esta pintura hay que tener el mayor cuidado y que solamente entonces puede ser esperada una suficiente protección contra la oxidación, cuando el material de pintura, en su composición, se ajusta exactamente a los efectos de ataque esperados. Ya que con pinturas de cloro-caucho solamente se pueden realizar películas muy delgadas y poco resistentes para las sollicitaciones mecánicas y como la pintura es muy cara, sólo se tomará en cuenta para su aplicación en algunos casos especiales. En los últimos años se realizaron también pinturas bajo agua con materiales a base de "Desmofen-Desmodur". Existe hasta ahora la impresión de que estos materiales dan buen resultado, pero para una opinión terminante, de valor, ha pasado demasiado poco tiempo. Lo mismo puede decirse de algunas otras, sobre todo las de a base de resina de fenol; materiales éstos que han sido desarrollados para contrarrestar los ataques de aceite.

En los casos en que hay que conseguir especialmente una duración mayor, pueden resultar los baños metálicos muy económicos en las construcciones de acero en agua, a pesar de que los costos son mucho más elevados. Al poner en seco dos comunicaciones de acero entre canales metalizadas el año 1935, se pudo determinar que después de veinte años no habían sufrido daño ninguno, a pesar de que en aquella época la metalización no había alcanzado, ni mucho menos, el desarrollo que luego ha tenido.

Para alcanzar resultados seguros en las comparaciones, en las que se tenga en cuenta la procedencia de la protección contra la oxidación, así como otras clases de sollicitaciones de materiales recientemente descubiertos por la industria de las pinturas y que, por consiguiente, no han sido suficientemente probados bajo el agua, la DWSV ha iniciado, hace unos años, grandes y sistemáticos intentos para la defensa contra el óxido. En estas pruebas se incluyeron, asimismo, el pintar bajo agua, así como baños metálicos. Estas están compuestas de 54 distintas series, así como aproximadamente de 1.500 probetas de chapa. Las chapas fueron expuestas en nueve observatorios. Los lugares de observación están elegidos de modo que comprendan toda clase de sollicitaciones de las obras en agua de acero, en el mar, así como en las aguas continentales. Anualmente se comprueba y se mira si es aprovechable el estado de las capas protectoras. Se puede esperar que estas pruebas han de ser esenciales para juzgar el valor, en diferentes circunstancias, de las protecciones ensayadas contra el óxido en las obras en agua, de su aptitud para con todas las exigencias y también, en especial, para facilitar la conveniencia de su empleo en cada caso particular y complementar los resultados obtenidos por las continuas experiencias prácticas.

5.—PARTE ECONÓMICA.

Finalmente, aunque de una manera breve, se considera que el juicio sobre la economía en llevar a cabo la defensa contra la oxidación, debe basarse en la com-

paración entre los costos de la realización y la vida que ésta tenga.

Continuamente es necesario hacer constar que el procedimiento más económico no es el de la realización más barata, sino el que finalmente ocasiona los menores gastos totales de mantenimiento, contando con la vida de la obra a la que hay que proteger. En ello hay que tomar en cuenta los intereses de capitalización. La cuestión económica se diferencia entonces muy apreciablemente entre la defensa de oxidación de puentes y obras elevadas de acero, cuando se trata de partes de acero de la obra, que solamente pueden ser accesibles a través de la puesta en seco de la obra. En los casos en que el coste de esta operación u otros conceptos convengan de forma que se justifique una interrupción en el servicio para renovar las defensas con-

tra el óxido en la obra, si son muy elevados, no debe ser tomado en cuenta el coste del material y, más concretamente, las diferencias de costo de la pintura en sí. Ante la pregunta de qué hay que aplicar como medio de defensa contra la oxidación, así de cómo hay que proceder en cada caso particular en las obras de acero en agua, tiene que ser tenida en cuenta junto a las observaciones de la parte técnica, la cuestión económica.

Considerando los elevados costes para el constante mantenimiento de las pinturas y atendiendo a la importancia de la economía para el buen mantenimiento y duración de las obras de acero en agua, tendría que planear el director de la obra, así como el constructor, la posibilidad de conseguir un mantenimiento sencillo y barato de la obra, orientando así el proyecto de la misma.

## Buque frutero y de carga general tipo «Indunaval»

Este tipo de buque está previsto para el transporte de frutas y de carga general. La Empresa Nacional Elcano tiene contratados ocho buques de este tipo; seis a los astilleros de Industrias Navales (Indunaval) y dos a la Compañía Euskalduna. De los encargados a Indunaval ya está en servicio el "Indunaval I" y el "Sierra Bermeja"; vendidos a Trafrume y a la Compañía Marítima del Norte, respectivamente, y están botados el "Indunaval III", vendido a Trafrume, y el "Sierra Blanca" y el "Sierra Bravía", vendidos a Marítima del Norte, a la que también se ha vendido el "Sierra Banderas", pendiente de botadura próxima. Los dos que construye la Compañía Euskalduna, vendidos a Trafrume, han sido ya botados, y son el "Puerto de Bilbao" y el "Puerto de Gijón".

Estos buques tienen la clasificación del Bureau Veritas, letra L. Este tipo se prevé como shelter abierto, en cuyo caso las características principales son las siguientes:

Eslora entre perpendiculares .....	50,87 metros
Manga fuera de miembros .....	9,00 "
Puntal a la cubierta de francobordo .....	3,35 "
Puntal a la cubierta shelter .....	5,35 "
Calado en carga aproximado .....	3,32 "
Peso muerto aproximado .....	600 tons.
Volumen aproximado de bodegas y entrepuentes en grano .....	1.400 m <sup>3</sup>
Arqueo bruto aproximado .....	398 tons.
Potencia .....	1.000/1.200 BHP.
Velocidad a media carga .....	12,5 nudos
Tripulación .....	13 personas
Capacidad aprox. de combustible	45 tons.

Sin embargo, ha sido dimensionado en sus elementos estructurales para poder navegar como shelter cerrado, en cuyo caso varían algunas características, como:

Calado en carga .....	4 metros
Peso muerto correspondiente .....	850 tons.
Arqueo bruto aproximado .....	681 R. B. T.

En los pesos muertos indicados se consideran incluidos el peso de la carga, combustible, el agua, la tripulación y sus pertrechos. La capacidad de los tanques de combustible asegura una autonomía de unas 3.500 millas.

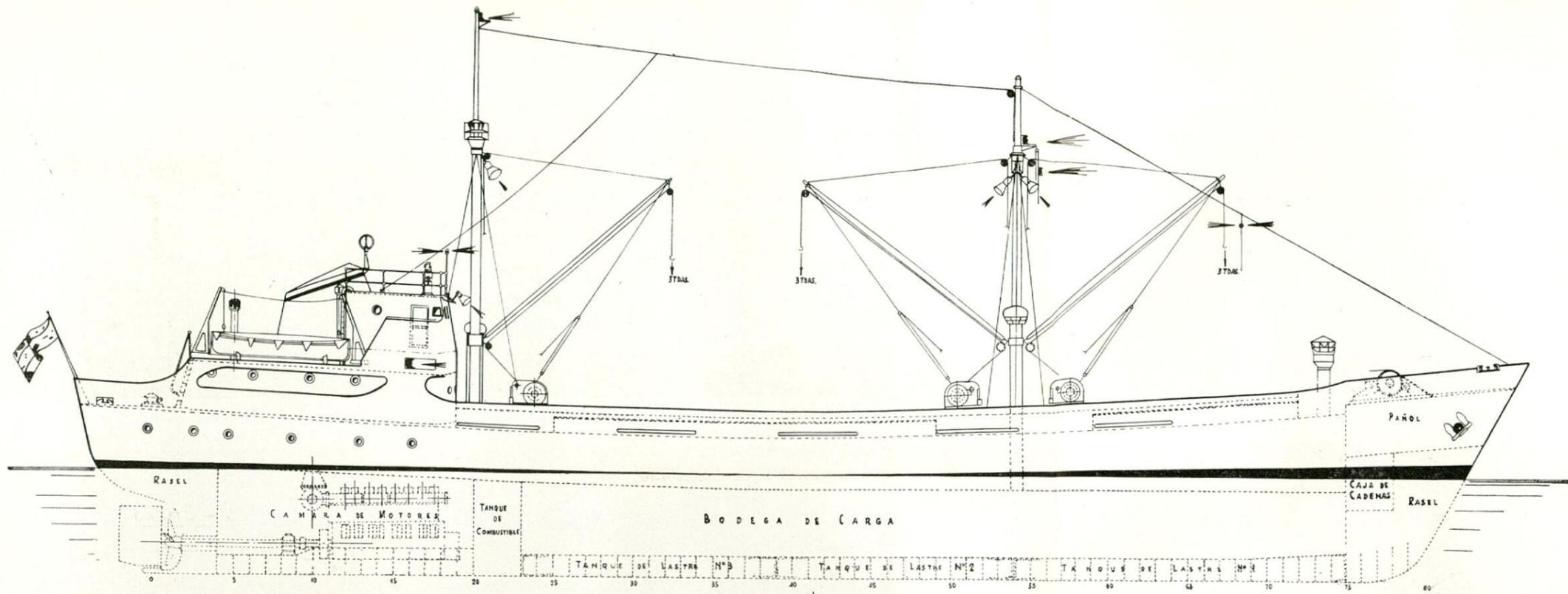
### DESCRIPCIÓN GENERAL.

La disposición general del buque es como la que se indica en la planta y alzado del plano general adjunto.

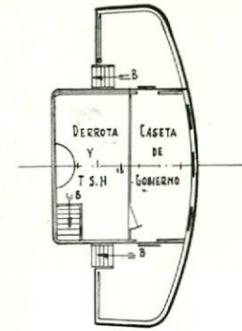
La cubierta shelter está totalmente forrada de acero y la cubierta de francobordo lo está totalmente sobre la cámara de máquinas y parcialmente sobre las bodegas. Sobre esta cubierta de francobordo se ha dispuesto un forro continuo de madera, debidamente calafateado.

La cubierta shelter, además de las dos grandes escotillas de carga, lleva a popa la escotilla de arqueo reglamentaria, para que el espacio del entrepente de carga no sea incluido en el arqueo bruto.

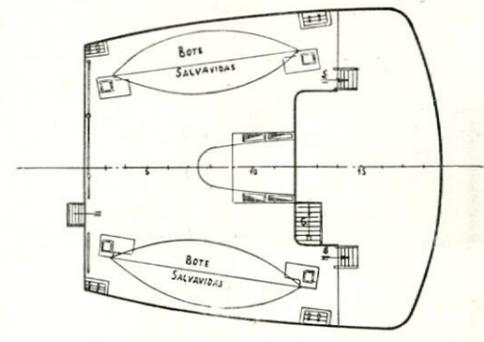
En toda la bodega se ha dispuesto un doble fondo de 800 mm. de altura, dividido por varengas y quilla vertical estanca en siete compartimientos para agua de lastre. Este doble fondo va aumentando de altura a proa, como se ve en el plano.



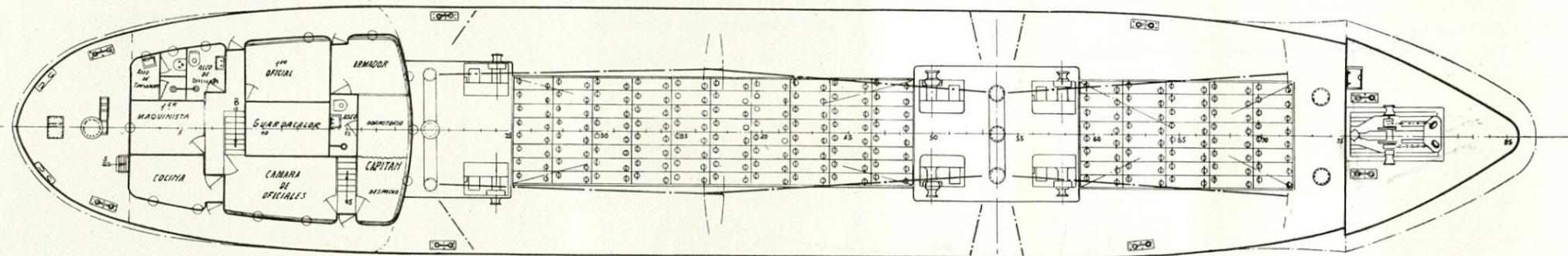
**PLA NAVEGACION**



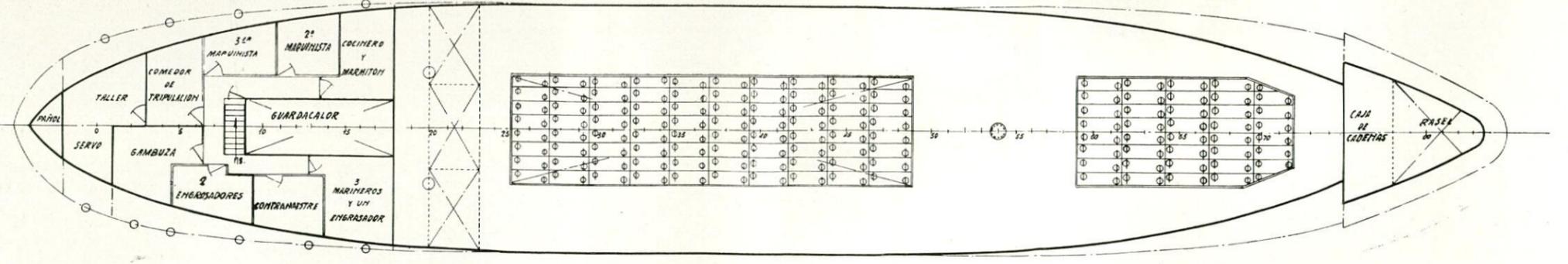
**PLA BOTES**



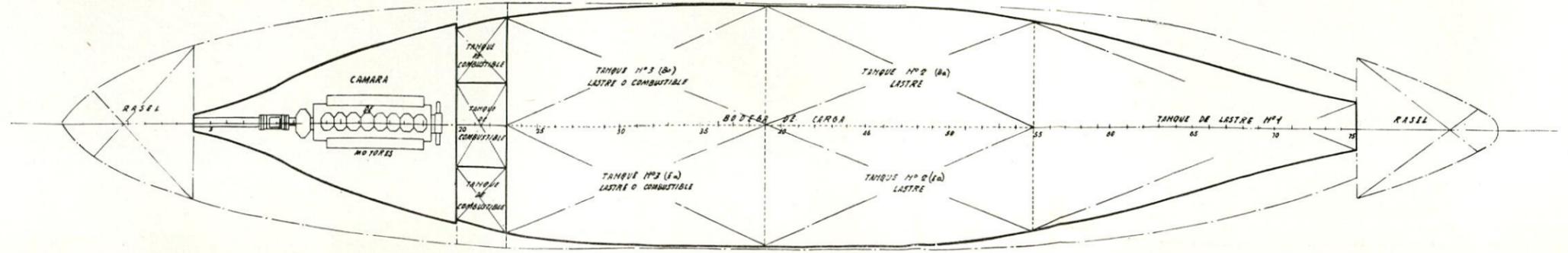
**PLA SUPERIOR**



**PLA PRINCIPAL**



**DOBLE FONDO**



**CARACTERISTICAS**

	<i>Shelter cerrado</i>
Eslora entre perpendiculares .....	50,87 m.
Manga de trazado .....	9,00 "
Puntal hasta la cubierta superior ...	5,35 "
Puntal hasta la cubierta principal ...	3,41 "
Calado en carga .....	4,00 "
Peso muerto .....	850 tons.
Arqueo bruto aproximado .....	681 "

**DISPOSICION GENERAL**



La máquina propulsora y sus auxiliares se montarán a popa sobre fuertes polines.

A popa, sobre la cubierta shelter, hay un amplio ca-setón para las dependencias de la tripulación.

Entre las escotillas de carga se montó un palo, con sus plumas de carga correspondientes. A proa de la toldilla se montaron postes para plumas dobles.

#### SUBDIVISIÓN.

Bajo la cubierta de francobordo lleva tres mamparos estancos, a saber: mamparo de colisión, mamparo de máquinas y mamparo del pique de popa.

En particular, el mamparo de colisión se prolonga desde la cubierta de francobordo hasta la shelter por otro mamparo estanco, cuidando de que el trozo de cubierta de francobordo entre ellas sea también estanco para formar un mamparo en bayoneta.

El casco es de construcción transversal de acero Martin Siemens. El pie de roda es de acero fundido o laminado y el resto, hasta su parte más alta, de plancha laminada con refuerzos soldados. El codaste es de acero fundido o laminado, soldado. El timón es de construcción soldada de forma currentiforme y de tipo semicompensado; es accionado por un servomotor hidráulico de accionamiento manual desde el telemotor situado en el puente.

La bodega lleva dos escotillas de carga. A popa de la escotilla número 2 se montaron dos postes que, al mismo tiempo, sirven para la ventilación de la bodega, sobre los que se han aparejado dos plumas. Entre las escotillas números 1 y 2 se montó un palo normal servido por cuatro maquinillas.

Tiene cuatro maquinillas tipo Elcano-BDT "Cabo-teur", eléctricas, con sus respetos y accesorios, que se han montado sobre cubierta. Para las plumas de popa se han previsto dos maquinillas accionadas por motores diesel.

Lleva dos botes de madera de 5 m. de eslora. Están situados sobre la cubierta de botes, respectivamente, en cada costado y bajo sus correspondientes pescantes.

#### VENTILACIÓN.

Se ha dispuesto una amplia ventilación de la bodega y entrepuente montándose los extractores o ventiladores reversibles necesarios, para asegurar 12 renovacio-

nes horarias del aire en dichos espacios supuestos totalmente vacíos. Los manguerotes son aptos para ventilación natural, y tanto en sus dimensiones como escantillones cumplen los reglamentos vigentes y van provistos de cierres de mal tiempo. La cámara de máquinas lleva manguerotes orientables de tiro natural. Los alojamientos llevan cuellos de cines, torpedos u otros dispositivos de ventilación.

En el sitio indicado en los planos se ha montado una cocina de gas-oil con dos parrillas y horno capaz para 16 plazas. Esta dependencia lleva fregaderos, armarios, mesas, estanterías, etc., para guardar el menaje de la cocina.

En la cubierta de francobordo se ha instalado una gambuza de las dimensiones indicadas en el plano de disposición general. Va provista de los estantes, cajones y alacenas de madera necesarios para el almacenamiento de los víveres del buque. Asimismo se dispone de una pequeña cámara frigorífica para todas las provisiones que se hayan de conservar con hielo. El pavimento de la gambuza es de baldosa o similar.

#### MAQUINARIA.

Estos buques llevarán un equipo propulsor Elcano-Smit-Bolnes o M. W. M., consistente en un motor diesel con una potencia máxima normal de 1.000/1.200 BHP.

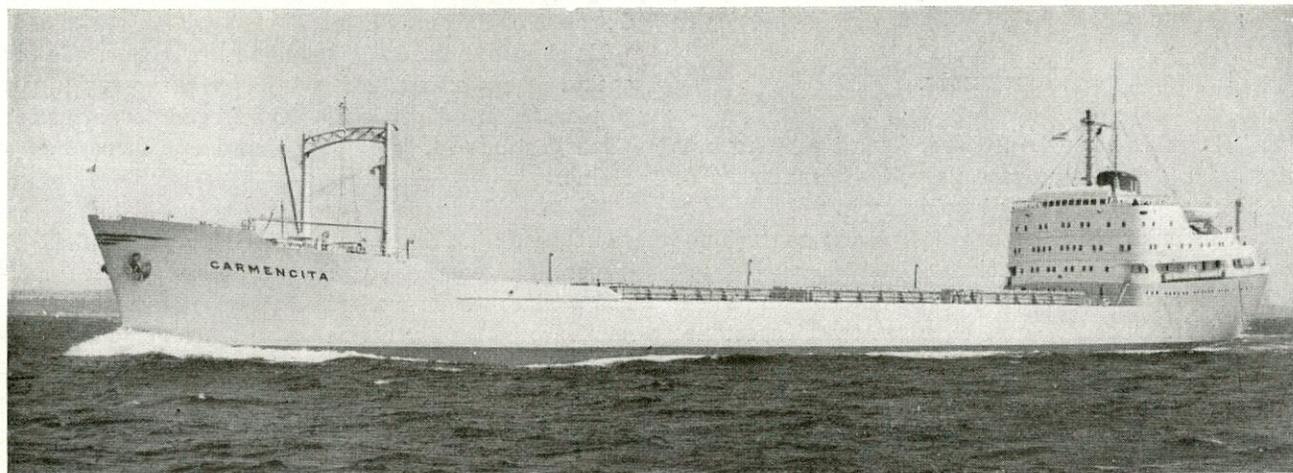
Los accesorios del motor principal y la maquinaria auxiliar comprenden botellas de aire de arranque, enfriadores, filtros, una bomba de aceite de lubricación, bombas de refrigeración de agua, una bomba de sentinas, un compresor, un silenciador y todos los demás elementos necesarios para el autónomo y normal funcionamiento del motor. Para el servicio de combustible se ha montado una pequeña electrobomba de trasiego y servicio, que tendrá como respeto una bomba de accionamiento a mano.

Los compresores son capaces de cargar las botellas a 30 Kg/cm<sup>2</sup>. Para el servicio de refrigeración con agua dulce, el grupo propulsor tiene incorporado el enfriador y además las bombas de agua dulce y agua salada.

Para el servicio de sentina, baldeo y contra incendios, así como para los servicios generales, se ha instalado una electrobomba de pistones o autocebada. El motor eléctrico es de corriente continua a 220 V.

Para el suministro de energía eléctrica se ha instalado un grupo con dinamo de 35 KW., otro para puerto de 8 a 10 KW. y una dinamo de 20 KW.

# INFORMACION DEL EXTRANJERO



## EL "CARMENCITA"

El 14 de agosto de 1959 se efectuó la entrega del "Carmencita" a sus armadores, A/S Uglands Rederi, Grimstad, Noruega, por los astilleros Oresundsvarvet de Landskrona, Suecia.

Las características principales de este buque, de cuya botadura dimos noticia en el número de junio, son las siguientes:

Eslora entre perpendiculares .....	147,97 m.
Manga moldeada .....	19,91 "
Puntal a la cubierta principal .....	11,58 "
Calado al franco bordo de verano .....	8,87 "

Un doble fondo debajo de las bodegas va dispuesto para carga seca. Solamente los tanques bajo la bodega número 4 a proa de la sala de máquinas transportarán aceite y agua de lastre. A proa de la bodega número 4 hay algunos tanques profundos para fuel-oil.

Las bodegas son totalmente rectangulares y han sido especialmente concebidas para carga y descarga mecanizada. Las escotillas llevan cubiertas de acero del tipo "single pull".

El equipo propulsor consiste en un motor diesel Gö-taverken de seis cilindros, que desarrolla normalmente una potencia de 4.500 BHP. a 112 r. p. m.

En las pruebas efectuadas en el Sund se alcanzó una velocidad media de 14,16 nudos.

## PEQUEÑAS EMBARCACIONES HOLAN- DESAS SUSTENTADAS POR PERFILES

También Holanda, como anteriormente Suiza, Inglaterra e Italia, ha construido y experimentado embarca-

ciones sustentadas por perfiles, y ha lanzado al mercado una embarcación pequeña capaz para 9 pasajeros, además del piloto.

Las características de dicha embarcación son las que a continuación se indican:

Eslora total .....	6,73 m.
Manga .....	3 m.
Manga en los perfiles .....	3,16 m.

El calado en reposo es alrededor de 1,15 m., y a la velocidad máxima, de 0,50 m.

Propulsado por dos motores fuera borda de 65 caballos cada uno, es capaz de alcanzar la velocidad de 60 kilómetros/hora, y tiene una autonomía de cinco horas, lo que permite tener un radio de acción de unos 200 kilómetros.

Se dice que aguanta bien las olas correspondientes a una intensidad de viento de 4 a 5 en la escala Beaufort.

## ESTADISTICAS SOBRE LA CONSTRUCCION NAVAL INGLESA

Durante el tercer trimestre de 1959 fueron encargados a los astilleros ingleses 47 buques mercantes con 48.000 TRB., con lo que se alcanzará un total para los nueve primeros meses de este año de 129 buques con 146.000 TRB.; todos ellos para abanderarlos en Inglaterra o la Commonwealth.

A fines de septiembre los pedidos estaban en 514 buques con 4.473.000 TRB., de los cuales el 19 por 100 aproximadamente eran para exportación. El valor estimado del total de la cartera de pedidos es de 660 millones de libras.

Para comparación, se dan a continuación las órdenes de nueva construcción recibidas por los astilleros ingleses durante los doce meses anteriores al 30 de septiembre de cada año.

1959 .....	157 buques .....	185.000 TRB.
1958 .....	167 " .....	639.000 "
1957 .....	350 " .....	2.708.000 "
1956 .....	342 " .....	2.228.000 "
1955 .....	346 " .....	1.718.000 "

Durante los nueve primeros meses del año se han cancelado órdenes para 11 buques con 141.000 TRB., mientras que en el mismo período de 1958 los cancelados fueron 31 buques con 360.000. Como es natural, el número de gradas vacías está aumentando, y lo peor es que las perspectivas no muestran indicios de mejora a corto plazo.

### EL COSTE DE LA CONSTRUCCION NAVAL EN GRAN BRETAÑA

A principios de 1959 se ha notado en la Gran Bretaña una ligera reducción de los precios del acero, pero los jornales de los astilleros han subido y, por consiguiente, se ha originado un aumento poco sustancial, pero definido, de los precios de todos los tipos de buques entregados a finales de 1958. Se observará que las estimaciones que figuran a continuación son valaderas para un buque nuevo y no para un buque encargado actualmente para su entrega a fines de 1960; ellas se refieren a los precios de un astillero británico de rendimiento medio.

La evolución de los precios del acero en el transcurso de los últimos años (en pesetas valor actual) ha sido la siguiente:

PRECIO DEL ACERO (por tonelada).

	Planchas	Perfiles
En 31- 5-1954 .....	5.248	4.936
En 25- 7-1955 .....	5.586	5.147
En 7- 5-1956 .....	5.974	5.713
En 17-12-1956 .....	6.603	6.439
En 29- 7-1957 .....	7.195	6.810
En 1- 4-1958 .....	7.110	6.751

En general se estima que el casco de acero representa aproximadamente el 25 por 100 del precio de un carguero, siendo la mano de obra un 15 por 100 aproximadamente; pero mientras que el precio del acero y el valor de los jornales permanecen fijos, se puede hacer mucho para mejorar el rendimiento de la mano de obra. Y así como muchos de los astilleros británicos se encuentran en la excelente situación de haber terminado una modernización intensiva para acelerar la construcción y disminuir el precio de coste, otros tienen que hacer frente a un mercado rarificado y a una fuerte competencia con un equipo anticuado y métodos primitivos.

El cuadro siguiente muestra la evolución de los jornales en la Gran Bretaña durante los últimos años en pesetas al cambio de 1 £ = 168 ptas.:

(Por semana de 44 horas)

En 5- 4-1954 .....	1.235
En 4- 3-1955 .....	1.327
En 5- 3-1956 .....	1.432
En 27- 5-1957 .....	1.525
En 6-10-1958 .....	1.586

Se plantea inevitablemente la cuestión: ¿Los precios de la construcción naval han alcanzado su máximo? Es difícil hacer una previsión sobre esto. Ciertamente, en la actualidad es posible proponer precios fijos, ya que la tendencia es hacia una disminución del precio de ciertos materiales. Los costes de jornales siguen siendo un problema casi insoluble; no podrán reducirse más que por un mejor entendimiento entre patronos y obreros y mediante la reducción de perniciosas prácticas restrictivas.

### Precio de la construcción de un carguero de 13.500 toneladas shelter deck cerrado.

Damos a continuación, tomada del *Motor Ship*, la descomposición del precio de construcción de un carguero construido en la Gran Bretaña, de 13.500 t. p. m., del tipo shelter cerrado, de una velocidad en servicio de 15 nudos, provisto de un motor diesel de 5.500 bhp., que consume petróleo denso. (Los precios han sido traducidos a pesetas. Los beneficios se han supuesto un 10 por 100 del precio de coste.)

La especificación resumida del citado buque es la siguiente:

Clasificación: Lloyd's Register.

Dimensiones: 137,16 × 18,90 × 12,30 m.

Bodegas: Cinco bodegas y sus entrepuentes.

Máquinas: Al centro.

Mamparo axial longitudinal: De acero en todas las bodegas y entrepuentes previstos para el transporte de grano.

Bodega de carga: Bajo el castillo.

Disposición para el transporte de madera: Sobre la cubierta shelter.

Contraincendios: Por CO<sub>2</sub>.

Alojamientos: Dotación de 42 hombres en camarotes de dos; todos ellos con ventilación mecánica y calefacción.

Plumas de carga: 10 de 5 t., una de 30 t. y una de 20 t.

Auxiliares de cubierta: 10 chigres eléctricos (dos de ellos acoplados para el puntal); chigre y cabrestante eléctricos.

Aparato de gobierno: Electrohidráulico, con cuatro cilindros y dos bombas.

Instalación eléctrica: Tres generadores de 185 kw y uno de 55 kw.

Calderas: Una mixta y una de petróleo para puerto.

Motor principal: De cinco cilindros, 5.500 bhp., a 115 revoluciones por minuto.

Auxiliares de máquinas: Todas eléctricas.

## I. — C A S C O

	Materiales — Ptas.	jornales — Ptas.
1.—Casco metálico, herreros de ribera, forja y fundición .....	30.909.357	16.836.134
2.—Tuberías de casco, bodega y lastres, válvulas; servicios de agua y sanitarios; tuberías de combustible y calefacción .....	2.477.507	2.532.425
3.—Carpintería; mobiliario, mamparos de alojamientos, escalas, puertas y ventanas de madera, ventilación mecánica y calefacción .....	3.545.734	3.027.294
4.—Carpintería de armar; cubierta de madera, revestimientos, paneles, lonas, planillas, andamiajes y planos .....	2.297.687	3.806.717
5.—Auxiliares de cubierta: chigres, molinete, aparato de gobierno, máquinas frigoríficas, cámaras frigoríficas, aislamiento, contraincendios y detección (CO <sub>2</sub> ), servicio contraincendios y baldeo, tubos acústicos .....	9.265.833	495.720
6.—Accesorios de casco: anclas y cadenas, estachas, jarcia, maniobra de la arboladura, botes, portillos, ventanas y accesorios para la estanqueidad .....	4.623.196	594.499
7.—Manutención, limpieza, almacenaje, alumbrado portátil, vigilancia, pruebas, utillaje diverso de construcción; derechos de clasificación, remolcaje, pilotaje, impuestos, derechos de puerto y Seguros.....	2.058.696 3.191.076	2.266.461 395.239
8.—Instalación eléctrica, excepto los generadores .....	1.701.486	1.669.410
9.—Pintura: casco y alojamientos, pintura bituminosa, pintura de la carena, cemento, embaldosado .....	—	34.478.663
10.—Gastos generales y beneficio .....	60.070.572	66.102.562
TOTAL DE CASCO .....	126.173.134	

## II. — M A Q U I N A S

	Materiales — Ptas.	jornales — Ptas.
1.—Instalación a bordo de las máquinas, ejes, hélice y auxiliares. Instalación eléctrica y tuberías de la cámara de máquinas .....	5.455.836	5.769.063
2.—Auxiliares de la cámara de máquinas, condensador auxiliar, generadores y varios .....	9.985.356	16.888
3.—Calderas, cajas de humos, chimenea, contraincendios, montaje de las calderas a bordo y equipo .....	1.983.487	531.077
4.—Motor principal, línea de ejes, hélice, chumacera de empuje .....	16.461.185	5.498.847
5.—Taller del maquinista, accesorios, respetos, botellas de aire e instrumentos de medida .....	2.065.500 766.665	343.966 2.172.663
6.—Impuestos, Seguros, planos y pruebas .....	36.718.029	14.332.504
7.—Gastos generales y beneficio .....		16.552.431
TOTAL DE MÁQUINAS.....	67.602.964	

Precio total del casco en diciembre de 1958 .....	126.173.134
Precio total de las máquinas en diciembre de 1958 .....	67.602.964
PRECIO TOTAL DEL CARGUERO.....	193.776.098

### Precio de construcción de un petrolero a motor de 18.250 t. p. m.

Se ha elegido este tipo de buque para tener una comparación con el precio del año último y por ser, además, un tipo bastante solicitado en el mercado. Las características principales de tal buque serían las siguientes:

Clasificación: Lloyd's Register.

Peso muerto: 18.250 t. p. m., con 9,45 m. de calado.

Dimensiones: 161,54 × 22,33 × 12,19 m.

Casco: De una sola cubierta, con nueve tanques principales, divididos por dos mamparos longitudinales. En total, 27 tanques.

Bombas: Dos cámaras de bombas, cada una de ellas con bomba de sentina; tres bombas de carga horizontales a vapor, de 500 t/h. (una a proa y dos a popa).

Calefacción: Serpentes en todos los tanques.

Aire comprimido: Con servicio en el buque desde la cámara de máquinas al pique de proa.

Limpieza de tanques: Sistema Butterworth, igualmente con vapor.

Auxiliares de cubierta: Molinete de vapor, dos chigres de 178 × 305 mm. y un cabrestante de 254 × 356 mm.  
 Aparato de gobierno: Electrohidráulico, de cuatro cilindros y dos bombas.  
 Botes salvavidas: Cuatro, de aluminio, dos de ellos con motor.  
 Equipo de navegación: Suministrado por el armador.  
 Alojamientos: Dotación de 54 hombres en camarotes

individuales o dobles, con ventilación mecánica y calefacción en todos ellos.  
 Motor principal: De 7.500 bhp., dispuesto para quemar petróleo denso.  
 Calderas: Dos calderas tipo escocés, quemando, alternativamente, petróleo o gases de escape.  
 Generadores: Dos diesel generadores de 210 kw. y uno de vapor de 100 kw.; todas las auxiliares, movidas a vapor.

I. — CASCO

	Materiales — Ptas.	jornales — Ptas.
1.—Casco metálico, herreros de ribera, forja y fundición .....	46.667.178	19.464.786
2. Carpintería, escalas, revestimientos, lonas, limpieza y planos .....	2.947.833	3.626.775
3.—Ebanistería, mobiliario, mamparos de alojamientos de madera, puertas de madera, ventilación mecánica y calefacción .....	5.362.038	4.226.377
4.—Tuberías de casco, válvulas, bombas, tuberías sanitarias, de sondas y escapes de aire y normales; tuberías de carga de combustible; serpentines de calefacción; limpieza Butterworth, desgasificación, aire comprimido .....	16.505.168	5.997.969
5.—Pintura de casco y alojamientos, pintura bituminosa, pintura de la carena, cemento y embaldosado .....	1.363.716	1.927.841
6.—Accesorios del casco: anclas y cadenas, estachas, jarcia, maniobra de la arboladura, plumas de carga, botes, portillos y ventanas; accesorios para la estanqueidad .....	5.235.435	359.640
7.—Manutención, medios de carga (andamios), limpieza, almacenaje, alumbrado portátil, vigilancia, pruebas y utillaje diverso para la construcción; derechos de clasificación, remolque, pilotaje, impuestos, derechos de puerto y seguros .....	3.362.512	1.295.312
8.—Auxiliares de cubierta: chigres, molinete, aparato de gobierno, tuberías de vapor, máquinas frigoríficas, cámaras frigoríficas y aislamiento; contra incendios y baldeo y tubos acústicos .....	9.178.839	417.110
9.—Instalación eléctrica, excepto los generadores .....	3.790.557	308.245
	94.413.276	37.624.055
10.—Gastos generales y beneficio .....		39.944.705
		77.568.760
TOTAL DE CASCO .....		171.982.036

II. — MÁQUINAS

	Materiales — Ptas.	jornales — Ptas.
1.—Instalación a bordo de las máquinas, ejes y hélice y de las auxiliares instalación eléctrica y tuberías de la cámara de máquinas .....	7.402.266	6.932.668
2.—Motor principal, línea de ejes, hélice y chumacera de empuje .....	22.482.846	7.279.794
3.—Auxiliares de la cámara de máquinas, condensadores auxiliares, generadores, etc. ....	10.139.054	59.900
4.—Calderas, caja de humos, chimenea, contra incendios y montura de calderas a bordo .....	3.475.629	2.067.201
5.—Taller del maquinista, accesorios, respetos, herramientas, botellas de aire e instrumentos de medida .....	3.760.425	390.137
6.—Impuestos, Seguros, planos y pruebas .....	1.229.458	2.475.805
	48.489.678	19.205.505
7.—Gastos generales y beneficio .....		20.352.344
		39.557.849
TOTAL DE MÁQUINAS.....		88.047.527
Precio total del casco .....	171.982.036	
Precio total de las máquinas .....	88.047.527	
PRECIO TOTAL DEL PETROLERO.....	260.029.563	

Para poner en evidencia la evolución de los precios se expone a continuación el siguiente cuadro para diferentes partidas (en millares de pesetas):

	Noviembre 1956	Noviembre 1957	Noviembre 1958
Piezas de forja, codaste y timón .....	1.351	1.588	1.630
Bitas y piezas de fundición, por tonelada .....	9,12	10,30	10,47
Chigre de vapor de 203 × 305 mm. ....	253	270	274
Molinete de vapor, 57 mm. ....	591	642	654
Aparato de gobierno vapor-hidráulico .....	1.351	1.452	1.479
Anclas y cadenas .....	988	1.098	1.118

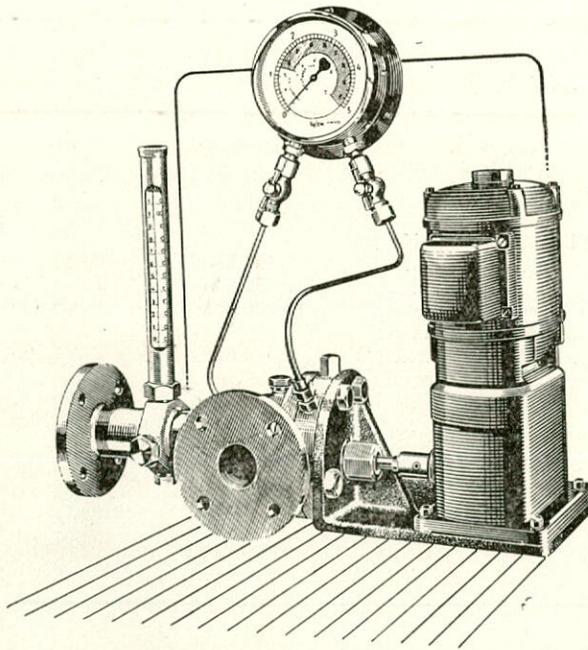
El precio de la mano de obra para un buque de estas dimensiones es elevado en comparación a los que se obtienen, por ejemplo, para un petrolero de 32.000 a 38.000 t., en el cual, para el casco de acero, sería relativamente inferior. Por encima de las 47.000 t., aproximadamente, no puede, sin embargo, pensarse que el precio por tonelada de peso muerto disminuya progresivamente.

Aunque los precios dados anteriormente sean aproximados, son, sin embargo, suficientemente precisos, aunque no correspondan a un astillero determinado o a una región fija. Están basados en los precios de un astillero medio y posiblemente puedan conseguirse mejores precios en algún otro astillero.

(Del "Journal de la Marine Marchande", 7 mayo 1959.)

### REGULADOR DE VISCOSIDAD AUTOMATICO

En el petrolero "Abida", de la Compañía Shell Holandesa, se ha instalado un regulador automático de



viscosidad que es también aplicable a las instalaciones de calderas. El principio en que se basa consiste en la

diferencia de presión que se produce al pasar un líquido viscoso por un tubo capilar. Para aplicar este principio se instala en la tubería de petróleo una pequeña bomba de engranes que descarga parte del petróleo que va a la máquina a un tubo de diámetro reducido que tiene una toma de presión inmediatamente después de la descarga de la bomba y que finalmente descarga a la tubería para mezclarse con el resto.

Por consiguiente, la diferencia de presiones entre la toma a que se hace referencia y la que reina en la tubería es una indicación de la viscosidad. Si esta diferencia se aplica sobre un manómetro diferencial se obtiene un viscosímetro, y si se aplica sobre un sistema cualquiera —por ejemplo, de aire comprimido— se obtiene un medio de regular la viscosidad del petróleo, actuando con dicho sistema sobre la válvula de paso de vapor al calentador de petróleo.

Este aparato ha sido desarrollado por N. V. Vloeistofmeetapparatenfabrik.

### PROYECTOS DE EXPANSION DE LA VOEST

De acuerdo con las declaraciones del Director General de dicha entidad hechas en la Feria de Muestras de Viena, la producción de acero de la misma alcanzará en este año 1959, 1,35 millones de toneladas, y la de chapas, 950.000 toneladas. Se espera alcanzar el próximo año las cifras de 1,5 millones y 1 millón de toneladas, respectivamente.

Entre los planes de expansión se prevé la puesta en marcha de un tren de laminado en frío de 16.000 toneladas mensuales para dentro de año y medio, destinado principalmente a la fabricación de chapa para carrocerías de la industria del automóvil.

Para la construcción naval, la producción anual de chapas es de 120.000 toneladas, indicándose que podrán laminarse chapas de 4 metros de ancho.

Por último, ha de citarse que entre los planes de dicha empresa está la construcción de una flota de 150.000 toneladas para el transporte de coque metalúrgico de Estados Unidos al Mediterráneo. Ya ha puesto en servicio un buque de 14.000 toneladas y se ha encargado otro de 15.000 TRB en Bremen.

**ACTIVIDADES DE LA MARINA  
DE GUERRA FRANCESA**

**Portaviones "FOCH", de 22.000 t. st.**

El 17 de julio último ha sido entregado a la Marina francesa este portaviones construido —casco y equipo propulsor— por los Chantiers de l'Atlantique (Penhöt-Loire), que ha sido remolcado al arsenal de Brest, en donde será ultimado y se le montará su equipo militar.

En este arsenal fue construido el portaviones "Clemenceau", gemelo y prototipo del "Foch", que está actualmente en período de pruebas.

Las características principales de estas unidades son:

Desplazamiento standard .....	22.000 t.
Desplazamiento plena carga .....	27.300 "
Eslora .....	257,55 m.
Manga .....	29,30 "
Calado medio .....	7,50 "
Velocidad .....	32 nudos
Autonomía a 18 nudos .....	7.500 millas
Autonomía a 24 nudos .....	4.800 "
Artillería A/A en torres singles auto- máticas (de 100 mm.) .....	8
Número de aviones embarcados .....	60
Dotación de oficiales .....	179
Dotación de suboficiales y marinería.	2.521
Potencia total de los dos grupos turbo reductores propulsores .....	126.000 CV.
Número de calderas .....	6
Capacidad de combustible .....	4.000 t.

Lleva blindada la cubierta de vuelo y un cajón blindado protege el equipo propulsor y los pañoles de municiones. En la cubierta de vuelo tiene una pista oblicua de "anaveado" de 165,50 m. de longitud, que forma un ángulo de 8° con el plano longitudinal. Para mejorar el ritmo de despegue de los aviones lleva en su proa dos catapultas de vapor Mitchell-Brown para aparatos de 11 t. Para la comunicación entre la cubierta de vuelo y el hangar, dispone de dos ascensores de 16 x 11 m. de plataforma, uno a crujía por la popa de las "vías" de las catapultas y el otro lateral a estribor por la popa de la "isla".

La potencia eléctrica es de 5.600 kw., suministrada por tres turboalternadores y cuatro grupos diesel.

**Submarinos oceánicos "ESPADON" y "MORSE"  
de 1.200 t. st.**

Han sido entregados estos dos submarinos, que fueron construidos, respectivamente, por los Astilleros Augustin Normand (Havre) y Seine Maritime. Son la quinta y sexta unidades de la serie "Narval", cuyos cuatro primeros submarinos fueron construidos por el Arsenal de Cherburgo.

Sus principales características son:  
Desplazamiento Washington y plena carga superficie: 1.200/1.430 t.

Dimensiones: 78 x 7,22 x 5,50 m.

Velocidad en superficie e inmersión: 16/18 nudos.

Autonomía en marcha snorkel: 15.000 millas a ocho nudos.

Equipo propulsor: 2 motores Schneider de 7 cilindros, 2 tiempos, y 2 motores eléctricos.

Potencia, en superficie/en inmersión: 5.000/4.000 CV.

Tubos lanzatorpedos: 6 interiores a proa y 2 exteriores a popa.

Torpedos de reserva: 14.

Dotación: 7 oficiales, más 51 hombres.

El tiempo de autonomía previsto en estos buques —de casco totalmente soldado— es de tres meses. Los primeros buques entregados han efectuado el último verano cruceros en inmersión de 30 y 40 días consecutivos.

La Marina Francesa está construyendo, además de los submarinos citados, la serie DIANE/DAPHNE, de 850/1.040 t., que llevan propulsión diesel eléctrica con grupos generadores accionados por motores Semt-Pielstick.

**Buque para desembarco "TRIEUX"**

Recientemente se ha efectuado, por los Ateliers et Chantiers de Bretagne, la entrega de este buque, prototipo de una serie de cinco unidades designadas BDC, de las cuales las tres primeras las construye dicho astillero, y las otras dos la Seine Maritime. Sus entregas están previstas, dos para 1959, dos en 1960 y la última a comienzos de 1961.

Estos buques están inspirados en los LST americanos que se destinaron para el transporte oceánico de tanques, camiones y personal. Tendrán a proa una rampa de desembarco y podrán transportar, además de su dotación, hasta 870 hombres. Tienen dos timones.

Sus principales características son:

Desplazamiento standard .....	1.400 t.
Desplazamiento normal .....	1.765 "
Desplazamiento plena carga .....	3.800 "
Eslora .....	100 m.
Manga .....	15,25 "
Equipo propulsor .....	Semt-Pielstick
Velocidad .....	11 nudos
Autonomía .....	18.500 millas
Dotación oficiales .....	6
Dotación marinería .....	79 hombres

Podrán transportar cuatro barcasas de desembarco del tipo LCVP y 1.800 t. de material, y estarán armados de dos cañones A/A de 40 mm. y cuatro ametralladoras de 20 mm.

Tanto la rampa de la cubierta como los paneles de las bodegas, son Mac-Gregor.

**ULTIMAS ENTREGAS FRANCESAS****Carguero mineralero "Paul Heroult",  
de 8.700 t. p. m.**

Por los Chantiers Reunis Loire Normandie se ha entregado este buque, destinado al transporte de alúmina procedente del Africa Ecuatorial Francesa a la Sdad. S. A. N. A. G. A.

Sus principales características son las siguientes:

Eslora total .....	128,235 m.
Eslora entre perpendiculares .....	120 "
Manga fuera de miembros .....	17,30 "
Puntal .....	9,80 "
Calado en carga normal .....	7,35 "
Peso muerto en carga normal .....	7.650 t.
Arqueo bruto .....	6.188 T. R.
Capacidad de agua de lastre .....	2.740 m <sup>3</sup>
Bodegas para alúmina .....	2
Bodegas de carga general .....	2
Vol. de la bodega núm. 2 (alúmina).	3.432 m <sup>3</sup>
Vol. de la bodega núm. 3 (alúmina).	3.752 "
Velocidad del buque en plena carga ...	14,5 nudos
Autonomía .....	10.000 millas

El equipo propulsor está constituido por un diesel Provence-Doxford tipo SBD-4 sobrealimentado, de dos tiempos, simple efecto, que a 138 r. p. m. desarrolla 5.200 CV. Lleva cuatro grupo electrógenos de 300 CV. a 220 V. c. c.

Las dimensiones de las escotillas de carga son:

Núm. 1:	4,70 × 4,36 m.
Núm. 2:	14,63 × 10,22 m.
Núm. 3:	16,50 × 10,22 m.
Núm. 4:	5,60 × 10,22 m.

El equipo de carga está formado por 4 plumas de 5 t., 2 grúas de 3 t. y 4 chigres eléctricos de 5 t.

La capacidad de las bodegas de alúmina permite la carga de 6.600 t. de alúmina de densidad 0,95. Ulteriormente la bodega núm. 4 podrá ser transformada en bodega de alúmina.

Lleva alojamientos para 13 oficiales, 22 marineros, un práctico, dos armadores y dos pasajeros.

**Petrolero "EDJELE" de 34.000 t. p. m.**

Por los Chantiers de l'Atlantique-Penhoët Loire ha sido entregado este buque a la Cía. de Navegación Mixta.

Sus características principales son:

Eslora total .....	202 m.
Eslora entre perpendiculares .....	193,54 "
Manga fuera de miembros .....	26,60 "
Puntal .....	14,40 "
Calado al franco bordo de verano .....	10,744 "

Volumen total de tanques de carga ...	46.350 m <sup>3</sup>
Potencia normal en servicio .....	13.750 CV.
Potencia máxima continua .....	15.000 "
Velocidad en servicio .....	16,5 nudos

**Carguero "TIDRA" de 8.000 t. p. m.**

Para la Cie. Maritime des Chargeurs Reunis ha entregado este buque Forges et Chantiers de la Méditerranée. Es el último buque de una serie de cuatro unidades, de las cuales las tres primeras ya entregadas son: "Talassa", "Tanagra" y "Tchibanga".

En el número de mayo de 1958, con motivo de la entrega del "Tanagra" (pág. 258), indicamos sus principales características.

**Carguero rápido "MALAIS", de 9.300 t. p. m.**

Por los Chantiers Navals de la Ciotat ha sido entregado este buque a la Cie. des Messageries Maritimes. Es el segundo buque de una serie de siete unidades, de cuyo prototipo, el "Maori", informamos a nuestros lectores en la página 166 del número de marzo del corriente año.

Sin embargo, ampliamos aquella información con nuevos detalles de estos buques, que tienen las siguientes dimensiones:

Eslora, 156,5 m. (total), 146 m. (p. p.); manga, 19,70 m.; calado en carga, 8 m..

Su velocidad comercial es de 18 nudos, y a plena carga con la potencia máxima normal es mayor de 19,6 nudos.

Su propulsor, de cinco palas, ha sido especialmente estudiado por el astillero para evitar el peligro de cavitación en servicio, habiéndose definido su proyecto en colaboración con el Canal de París, que hizo los ensayos correspondientes en su túnel de cavitación. Su diámetro es de 5,60 m., la relación de paso geométrico medio es de 0,956, y la relación de área desarrollada —deducido el núcleo— es de 0,679; construida en bronce, su peso es de 18,5 toneladas.

El buque se ha construido por el sistema longitudinal, excepto en las extremidades de proa y popa. El casco es totalmente soldado, a excepción de los trancañiles de la cubierta superior y de las tracas de pantoque, que se han remachado. La cubierta shelter ha sido reforzada para admitir cargas de 1.400 kg/m<sup>2</sup> en cubierta.

En el doble fondo lleva, además de los tanques de combustible y de agua dulce, dos tanques para lastre exclusivamente, con objeto de no introducir agua salada en los tanques de combustible.

Las formas de la carena son muy finas y el trazado del codaste —de acero soldado— ha sido especialmente diseñado, tanto bajo su aspecto hidrodinámico como para evitar vibraciones.

El motor principal propulsor, del tipo Sulzer 10 RSAD

76, de dos tiempos, simple efecto, sobrealimentado y reversible, es de construcción soldada y puede quemar petróleo denso. Las características principales del mismo son las siguientes: Número de cilindros, 10; diámetro, 760 mm.; carrera, 1.550 mm.; potencia en marcha continua a 119 r. p. m., 13.450 CV.

La autonomía del buque es de 12.000 millas a 18 nudos, más tres días de reserva.

Los servicios eléctricos están alimentados por tres grupos diesel de 300 kw., accionados por motores Allen-Dujardin, del tipo 6 S 37 C, de cuatro tiempos. Lleva además un grupo de emergencia de 30 kw. accionado por un diesel Renault de cuatro tiempos.

Dispone de las siguientes auxiliares de casco, eléctricas:

Molinete para cadena de 62 mm.

Cabrestantes de 8 t.

Aparato de gobierno hidroeléctrico de 10 pulg.

Bombas de sentina y contraincendios de 60 m<sup>3</sup>/h., y de lastre de 100 m<sup>3</sup>/h.

La distribución de agua salada y dulce se efectúa por hidróforos.

Los servicios eléctricos son a 220 V. c. c. (red a dos hilos aislados) para fuerza y alumbrado intensivo (bodegas y máquinas); y en corriente alterna a 50 hertz en los alojamientos (alumbrado y tomas de corriente) y para diversos servicios para los que la corriente alterna es especialmente ventajosa.

Las cinco bodegas (tres a proa de máquinas y dos a popa) están cerradas en la cubierta shelter por escotillas metálicas estancas del tipo McGregor "single pull".

La arboladura es del tipo bípode y lleva las siguientes plumas de carga:

Un puntal de 60 t. y otro de 30 t.

Cuatro plumas de carga de 10 t.

Diez plumas de carga de 5 t.

Los chigres eléctricos instalados son del tipo rápido normalizado de 5 t.

Los entrepuentes tienen altura suficiente para el embarque de automóviles. Lleva igualmente en el entrepuente superior de la bodega 3, cuatro cámaras frigoríficas de un volumen total útil de 250 m<sup>3</sup>, que pueden llevar mercancías a temperaturas de -15° a +4° C.

En la bodega 3 lleva dos tanques profundos para el transporte de aceite a granel o de carga seca, de un volumen unitario de 300 m<sup>3</sup>.

La parte de popa de la bodega 3 constituye un grupo de cuatro bodegas de un volumen global de 615 m<sup>3</sup>, destinadas a recibir ya sea aceite combustible, latex o carga seca diversa.

Bajo el castillo cuenta con dos bodegas para mercancías peligrosas de un volumen total de 245 m<sup>3</sup>, y otra para mercancías inflamables de 125 m<sup>3</sup>.

En la bodega núm. 1 lleva dos paños inundables para pólvora, de un volumen total útil de 90 m<sup>3</sup>.

En el entrepuente superior de la bodega núm. 3 y a proa de la cámara de máquinas, dispone de un pañol para fardos de valor, otro para fardos postales y otro para pequeños bultos, de un volumen total de 100 m<sup>3</sup>.

El conjunto asegura una capacidad útil de 15.000 m<sup>3</sup> en balas, protegido por un equipo Cargocaire contra las condensaciones debidas a las variaciones del clima en el transcurso del viaje.

Todos los alojamientos de la dotación, dispuestos en la superestructura central, llevan aire acondicionado.

En el mes de diciembre de 1958, el prototipo de la serie "Maori" efectuó sus pruebas de mar en condiciones meteorológicas particularmente desfavorables, habiéndose comportado el buque de forma muy satisfactoria y sin vibración alguna; alcanzó sobre la milla una velocidad de 20,5 nudos con 13.000 CV. y un desplazamiento aproximado de 8.500 t.

### Carguero "MICHIGAN" de 9.600 t. p. m.

Por los Chantiers et Ateliers de Provence ha sido entregado este buque a la Cie. Generale Transatlantique. Este buque es gemelo del "Magellan", de cuya entrega se informó en el número de noviembre de 1958, aunque por error de imprenta figuraba como de 2.600 toneladas p. m.

### Remolcador "SUPERBE" de 800 CV.

Por los Ateliers et Chantiers Ziegler Frères, de Dunkerque, se ha efectuado la entrega de este remolcador, que es el tercero de una serie de tres unidades construidas para el mismo armador.

Sus principales características son:

Eslora total .....	24	m.
Eslora entre perpendiculares .....	22	"
Manga .....	6,60	"
Puntal en la maestra .....	2,35	"
Velocidad en ruta libre .....	10	nudos
Tracción a punto fijo .....	9.500	kgs.

### COSTERO INGLES CON HELICE DE PASO VARIABLE

Recientemente se ha entregado el costero "Glen-shield" para el servicio del "Clyde", que es el primero de su clase que monta una hélice de paso variable. Durante las pruebas dio una velocidad media de 9,5 nudos en lastre.

Sus principales características son:

Eslora total .....	33,835	m.
Eslora entre perpendiculares .....	30,480	"
Manga .....	6,782	"
Puntal de trazado .....	3,048	"
Calado medio en carga .....	2,515	"
Arqueo bruto .....	199	T. R.

Está propulsado por un motor Burmeister ALPHA 404-VO, que desarrolla 280/310 BHP. a 375 r. p. m.

**BUQUES DESGUAZADOS**

Según las estadísticas del Lloyd's Register of Shipping, se desguazaron durante el año 1958 437 buques con un total de 1.451.832 T. R. B., lo que representa prácticamente el doble del tonelaje desguazado en 1957 (729.939 T. R. B.).

Las cifras correspondientes a los países que más toneladas han desguazado y a España son:

	1958		1957	
	Núm.	T. R. B.	Núm.	T. R. B.
Gran Bretaña e Irlanda del Norte .....	149	380.324	149	353.998
Estados Unidos .....	51	297.396	22	104.659
Italia .....	28	122.382	4	14.291
Países Bajos .....	26	119.472	41	59.499
Panamá .....	25	108.623	11	29.169
España .....	4	24.772	1	9.689

**EL X CONGRESO INTERNACIONAL DEL FRÍO**

A fines del pasado mes de agosto ha tenido lugar en Copenhague el X Congreso Internacional del Frío.

Una idea de la importancia de este Congreso, que coincidía por otra parte con el Cincuentenario del Instituto Internacional del Frío, lo da el hecho de haber participado en él 1.600 representantes de 43 países, y haberse presentado más de 300 trabajos.

El Comité de Organización había elegido tres materias para las sesiones plenarias: tendencias en la construcción de material frigorífico; transporte de productos, y el frío y el cuerpo humano.

En cuanto al transporte marítimo se refiere, se ha señalado que éste se efectúa por una flota de 2.500 buques que dispone de 5 millones de m<sup>3</sup> de bodegas refrigeradas, con un tráfico anual de unos 10 millones de toneladas; que actualmente existe una tendencia hacia la construcción de buques "politérmicos" con una ventilación y aislamiento bien estudiados; y que en los buques nuevos se va generalizando el acondicionamiento de aire en los espacios habitados.

Por otra parte, la Comisión 8, que ha tratado en especial de dicho transporte marítimo, estudió los siguientes temas:

Transporte de frutas.

Transporte del plátano: estudio de los sistemas de ventilación y refrigeración de la carga.

Transporte de manzanas y agrios.

Aislamientos en buques.

Propiedades de los nuevos aislantes sintéticos (polivinilos, etc.) y comparación con los aislantes clásicos.

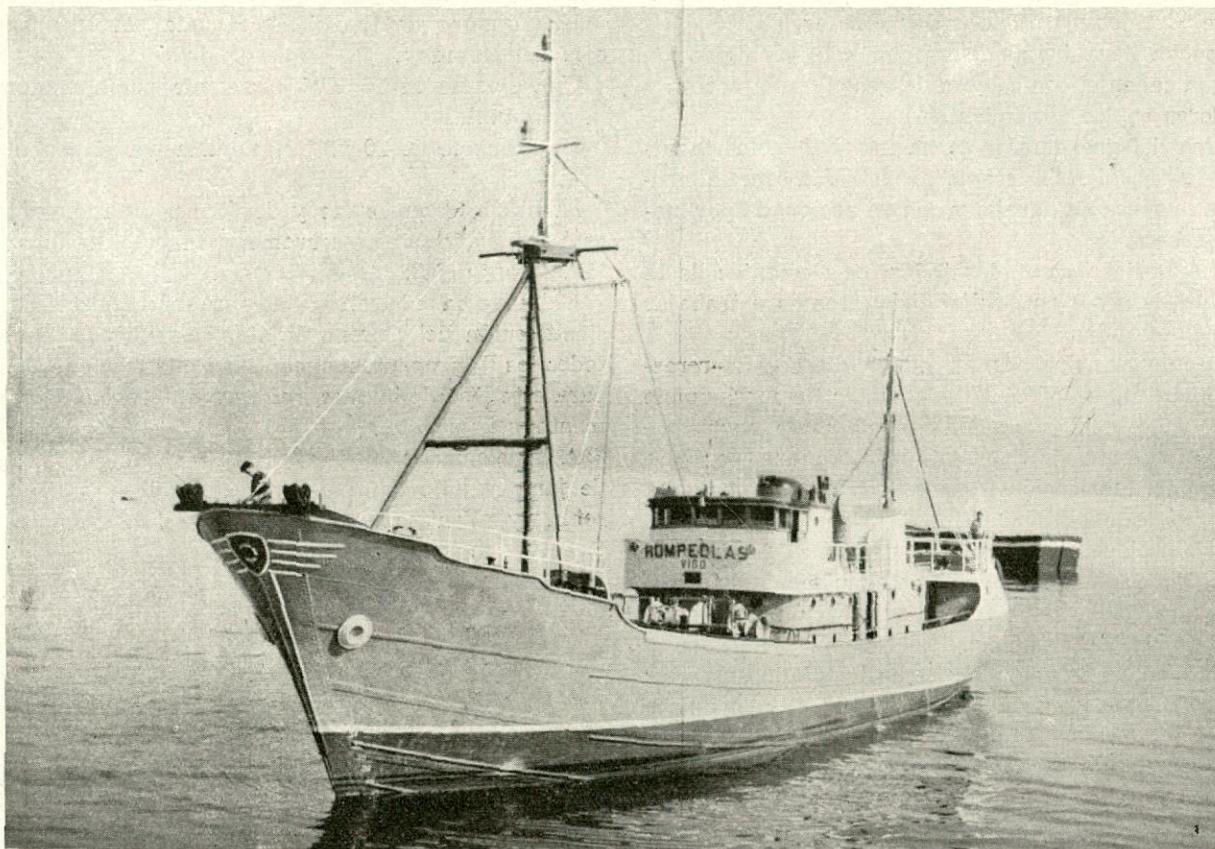
Problemas de colocación.

Instalaciones de acondicionamiento de aire en locales para pasajeros y equipajes.

Comparación entre los tres sistemas de acondicionamiento de aire; influencia de la radiación solar sobre los locales habitados; influencia de los factores humanos sobre el acondicionamiento de aire en la Marina.

Los trabajos y discusiones completas serán publicados por la Asociación Danesa y el Instituto Internacional del Frío.

# INFORMACION NACIONAL



## BUQUE "ROMPEOLAS"

El día 26 de agosto pasado se efectuaron las pruebas de velocidad del buque "Rompeolas", tercero de la serie "Superstandard 30 Barreras", que la factoría Hijos de J. Barreras, S. A., ha construido para la firma Estela, S. A., de San Sebastián.

Las características principales del buque son:

Eslora total .....	35,13 m.
Eslora entre perpendiculares .....	30,00 "
Manga fuera de miembros .....	6,80 "
Puntal de Construcción .....	3,95 "
Velocidad en pruebas .....	11 nudos
Tonelaje de arqueado bruto .....	248,13 T. R.

Las formas del casco son "Maier", con proa lanzada y popa de crucero. El buque es de cubierta corrida con castillo a proa y una superestructura a popa que contiene los alojamientos y locales anexos.

La cámara de motores va situada a popa, y a proa de la misma van dos neveras para el pescado. El aisla-

miento de las mismas está eficazmente realizado con corcho, según modelo "Barreras". La refrigeración de la bodega núm. 2 está realizada por medio de aire, usando como elemento refrigerante Freón 12, patente "Nolard", siendo estos barcos los primeros que lo llevan instalados en España. La capacidad neta de las neveras es de 187 metros cúbicos.

La tripulación está compuesta de 16 hombres, para los cuales se han habilitado cómodos alojamientos decorados en forma práctica y atractiva.

Se ha previsto una amplia derrota en la que va el equipo de aparatos electrónicos para la navegación y pesca, compuesto de: Un transmisor, un receptor, un radio-goniómetro, dos sondas ultrasonoras. Además el buque va dotado de los aparatos normales de navegación, tales como: compás, reloj, termómetro, corredera, etc.

La capacidad de los tanques de combustible es de 72,5 tons., que van situados en los costados de la cámara de máquinas, en el doble fondo de la misma y a popa del buque, debajo de la cubierta principal.

El tanque de agua dulce, con una capacidad de 16,5

toneladas, va situado a proa, debajo del pañol de la cubierta castillo.

La cámara de motores va ventilada con manguerotes, los alojamientos de proa van ventilados por petacas de ventilación con conductos metidos dentro de los embonos, y el resto de la acomodación por medio de setas de ventilación.

Además, los alojamientos disponen para su ventilación de portillos y rejillas en las puertas.

El buque lleva instalado un sistema de calefacción por agua caliente, con caldera de gas-oil en la cocina y radiadores en los alojamientos.

A proa del guardacalor se ha instalado una maquinilla de pesca, tipo "Barreras", construída especialmente para la pesca en pareja, y que va accionada por medio de correa.

El buque lleva montados todos los elementos de la maniobra de pesca en pareja, dispuestos para trabajar por las dos bandas.

El motor principal es un motor diesel "Barreras-Werkspoor", tipo TMS-278, de cuatro tiempos, simple efecto, sin sobrealimentación, directamente reversible, inyección directa de combustible, arranque por aire comprimido, lubricación forzada, refrigerado por agua dulce, que desarrolla 580 CVe. a 375 r. p. m.

El motor lleva incorporada una bomba de agua dulce de refrigeración, una bomba de agua salada de circulación, una bomba de aceite de lubricación y un compresor de aire de arranque.

En la cámara de máquinas se ha instalado un motor auxiliar "Unanue", de 125 CVe. a 500 r. p. m., para accionamiento de la maquinilla de pesca.

Se ha montado también en la cámara de máquinas un grupo auxiliar "Samofa", compuesto de un motor diesel de 20 CVe. arranque a mano, una dinamo de 10 KW. y un compresor de aire de arranque. Este grupo auxiliar lleva incorporado una bomba para el servicio de sentina y una bomba para reserva de la bomba de aceite de lubricación del motor principal.

Igualmente, en la cámara de máquinas se han instalado las siguientes electrobombas:

Electrobomba de 28 m<sup>3</sup>/h. con una presión de descarga de 2,5 kg/cm<sup>2</sup> para reserva de las bombas de agua dulce y salada del motor principal y reserva de la bomba de achique.

Electrobomba de 5 t/h. y 20 m. de altura manométrica, para trasiego y servicio diario de combustible.

Electrobomba de 7 m<sup>3</sup>/h. con una presión de descarga de 1,5 kg/cm<sup>2</sup> para baldeo, contraincendios y servicios generales.

Para los servicios sanitarios de agua dulce, llenado del tanque de calefacción y tanque de expansión del agua dulce de refrigeración del motor principal, se ha montado en la cámara de máquinas una bomba aleatoria a mano.

En la cocina se ha dispuesto una bomba de pistón a mano, para el servicio de fonda.

Para limpieza del combustible y aceite, el buque lleva dispuesta una depuradora tipo "Ibermotor", con calen-

tadores eléctricos. En un local anexo a la cámara de máquinas se ha dispuesto la maquinaria frigorífica para la refrigeración de la bodega núm. 2.

La instalación eléctrica del buque cubre los servicios de alumbrado, accionamiento de los auxiliares de máquina, baterías de la radio y alumbrado de socorro.

La corriente será continua de 110 voltios, que es suministrada por los siguientes generadores:

Una dinamo de 16 KW. accionada por la línea de ejes del buque.

Una dinamo de 16 KW. accionada por el motor de la maquinilla.

Una dinamo de 10 KW. accionada por el grupo auxiliar.

El timón, compensado y de formas hidrodinámicas, está accionado por un servomotor mano-hidráulico tipo "Barreras-Jaffa".

El buque ha sido construído para merecer la más alta clasificación del Bureau Veritas, cumpliendo también todos los Reglamentos vigentes actualmente en España, para este tipo de buques, referentes a equipo de salvamento, señales, etc.

A la misma Compañía naviera y durante los meses de junio y julio han sido entregados los buques "Maretón" y "Ventisca", pertenecientes a la misma serie.

## INSTITUTO INTERNACIONAL DE LA SOLDADURA

### Comisión núm. 1.

#### "Soldadura oxiacetilénica y técnicas afines".

*Coloquio sobre la metalización, durante la Asamblea del Instituto Internacional de la Soldadura que se celebrará en Lieja en 1960.*

Los temas del Coloquio serán los siguientes:

- 1) Tecnología de la metalización.
- 2) Características mecánicas de los revestimientos depositados por proyección.
- 3) Métodos de control destructivos y no destructivos de las capas depositadas por metalización.
- 4) Especificación y normalización en metalización.
- 5) Problemas económicos planteados por la metalización.
- 6) Problemas de instrucción y de calificación en metalización.

Se invita a presentar trabajos a todos los miembros y expertos de la Comisión núm. 1, así como a todos los especialistas en metalización, no pertenecientes al Instituto Internacional de la Soldadura, que deseen presentar un informe sobre uno o varios de los seis temas arriba mencionados.

NOTA.—Los interesados en este coloquio podrán recibir la información suplementaria que deseen, dirigiéndose al Instituto Español de la Soldadura, Serrano 144, A, Madrid, teléfono 533205.

## BOTADURA DEL "MONTE PEÑALARA"

El día 21 de julio se efectuó la botadura del "Monte Peñalara" en los Astilleros de la Compañía Euskalduna de Construcción y Reparación de Buques, S. A., de Bilbao. El buque, construcción núm. 141 de dicho Astillero, es un "tramp" de tipo shelter abierto, encargado por la Naviera Aznar, S. A.

La botadura se efectuó a las 5 h. 23 m. con marea de 13'-5". Los datos técnicos de la misma son:

Desplazamiento en botadura .....	3.700 t.
Duración del lanzamiento hasta entrar en acción la retenida .....	46 seg.
Duración total del lanzamiento .....	57 "
Recorrido total .....	208,50 m.
Recorrido de las rastras .....	18 "
Peso de las rastras .....	93 t.
Velocidad media .....	3,66 m/seg.
Velocidad máxima .....	5,92 "
Presión sobre el sebo .....	1,93 kgs/cm <sup>2</sup>
Pendiente de la grada .....	4,75 %

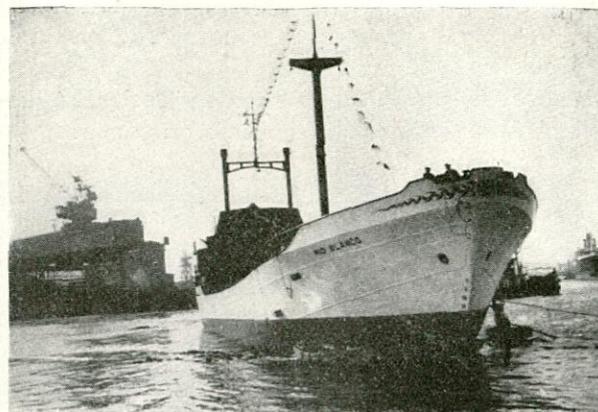
El "Monte Pagassarri", gemelo del "Monte Peñalara", encargado también por la Naviera Aznar, realizará sus pruebas oficiales en el mes de octubre.

Las características principales de estos buques son:

Eslora entre perpendiculares .....	134,03 m.
Manga .....	18,65 "
H <sub>1</sub> .....	12,00 "
H <sub>2</sub> .....	9,10 "
Calado .....	7,84 "
Peso muerto .....	10.980 t.
Velocidad en pruebas .....	14,7 nudos
Motor propulsor MAN K8Z .....	5.300 BHP.

## BOTADURA DEL "RIO BLANCO"

El día 5 de septiembre tuvo lugar en los Astilleros Tomás Ruiz de Velasco, S. A., la botadura del "Río Blanco", primero de los buques que para la flota flu-



vial del Estado del Paraguay están construyendo aquellos astilleros.

La madrina fue la Excm. Sra. de Stroessner, Presidente del Paraguay, y en su representación actuó la señora de Zacarías Arza, esposa del Embajador de dicha nación, asistiendo en unión de nuestras autoridades de Marina el Administrador general del Banco Exterior de España, D. Manuel Arburúa, con su distinguida esposa.

El buque está preparado para el transporte de cargas generales y madera en rollo por los ríos Paraguay, Paraná y estuario del Plata y llevará la más alta clasificación del Lloyd's Register of Shipping para este tipo de buques.

Las características principales son:

Eslora total .....	72,40 m.
Eslora entre perpendiculares .....	68,00 "
Manga .....	12,00 "
Puntal .....	3,90 "
Calado en carga .....	2,50 "
Peso muerto .....	1.000 t.
Capacidad de bodegas .....	1.985 m <sup>3</sup>

Va provisto de ventilación mecánica en bodegas. El servomotor es electro-hidráulico y acciona tres timones simultáneamente.

El equipo propulsor está constituido por un motor Diesel MWM de seis cilindros, cuatro tiempos, sobrealimentado, directamente reversible y de 900 BHP. a 375 r. p. m., con lo que el buque alcanzará una velocidad a plena carga de 9 1/2 nudos en aguas de cinco metros de profundidad y de 10 1/2 nudos en aguas de profundidad ilimitada. La instalación eléctrica, tanto de fuerza como de alumbrado, es continua a 220 voltios.

## CURSO SOBRE TEORIA DE COLAS Y SU APLICACION AL CONTROL DE EXISTENCIAS

Dentro del Plan de Cursos del Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo se celebrará durante los días 23 a 28 de noviembre, ambos inclusive, en los loca-

les del mismo, Serrano, 150, Madrid, un cursillo dedicado a la "Teoría de colas y su aplicación al control de existencias".

El curso, de unas veinte horas de duración, se desarrollará de acuerdo con el siguiente programa:

- Teoría general.
- Distribuciones probabilísticas de tiempos de llegada y de servicio.
- Caso de un solo canal con distribuciones exponenciales.
- Caso de varios canales con distribuciones exponenciales.
- Modelos con distribuciones no exponenciales.
- Aplicación al control de existencias.
- Resolución de algunos casos mediante modelos de simulación.

El desarrollo del curso correrá a cargo de don Luis Arocas Martínez, de la Sección de Investigación Operativa del Instituto de Racionalización del Trabajo.

Los interesados en asistir a este Curso deben comunicarlo antes del día 10 de noviembre. El importe de los derechos de inscripción al Curso es de 1.500 pesetas. El número de plazas es limitado y la selección se hará, en igualdad de nivel técnico, en el orden en que se reciban las peticiones.

### **CURSO SOBRE VALORACION DEL TRABAJO PARA LA DETERMINACION DE SALARIOS**

Este Curso se celebrará durante los días 16 a 21 de noviembre de 1959, ambos inclusive, en los locales del Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo.

El Curso, de unas dieciocho horas de duración, se desarrollará de acuerdo con el siguiente programa:

- Introducción. Nivel de salarios.
- Fases de la valoración.
- Sistemas de valoración.
- Sistema de puntos.
- Errores comunes en la estimación.
- Programa de valoración.
- Estructura de salarios.

El desarrollo del Curso correrá a cargo de don Alberto Pintado Fe, Ingeniero Industrial, colaborador del Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo.

Los interesados en asistir a este Curso deben comunicarlo antes del día 5 de noviembre. El importe de los derechos de inscripción al Curso es de 1.500 pesetas. El número de plazas es limitado, y la selección se hará, en igualdad de nivel técnico, en el orden en que se reciban las peticiones.

### **BALSAS INFLABLES**

#### **Circular de la Dirección General de Navegación para su homologación.**

1.—La capacidad mínima de una balsa será de seis personas.

2.—Estará alojada dentro de una funda, de lona fuerte o de plástico, de forma que resista las maniobras y las condiciones climáticas más duras que puedan encontrarse en la navegación.

3.—La balsa, dentro de su funda, debe soportar una prueba de caída al mar, con su equipo, desde una altura de 20 metros, sin sufrir desperfectos.

4.—El peso total de la balsa, con su funda, embalaje y su equipo no excederá de 180 kilogramos, a menos que se instalen dispositivos apropiados que permitan echarla al agua sin necesidad de levantarla con la mano.

5.—El inflado se debe efectuar por expansión de un gas comprimido, almacenado en uno o más cilindros, que serán operados tirando de un cordón o medio análogo que permita accionar desde a bordo del buque la válvula de hinchado.

Debe inflarse en un tiempo no superior a tres minutos, a la temperatura de 15 grados.

6.—Deberá ir provista de una boza, cuya longitud será igual a la distancia desde la cubierta en que está estibada hasta la flotación en lastre, aumentada en dos metros, y en ningún caso esta longitud será inferior a diez metros.

7.—Estará provista de una guirnalda fuertemente guarnecida y formando senos en número no inferior al de personas que puedan embarcar en ella.

8.—Irà provista de los dispositivos precisos para que, cuando se encuentre flotando en posición invertida, pueda ponerse fácilmente en posición normal por la acción de dos hombres como máximo.

9.—Dispondrá de una capota compuesta por dos telas impermeabilizadas, separadas por una capa de aire y capaz de aislar a sus ocupantes de la intemperie, y con un dispositivo para recoger el agua de lluvia. Esta capota debe dejar suficiente altura inferior para que los ocupantes puedan permanecer sentados confortablemente en el interior de la balsa.

En el exterior de la capota y en su parte alta llevará una luz blanca visible en todo el horizonte, de una potencia superior a 25 vatios y capaz de alumbrar durante ocho horas, como mínimo, alimentada por una batería activada por el agua del mar, o medio equivalente.

10.—Tanto la balsa como su capota serán de color naranja.