miento y el colocarlos verticalmente "en el aire" fué imposible; fué necesario colocarles viga horizontal construída especialmente con este objeto y hacerles bascular alrededor de dicha viga.

Para los paneles de la popa de formas pronunciadas, el suspenderlos por su centro de gravedad fué a veces delicado, pero la maniobra fué siempre fácil (foto 8).

Los paneles medios se colocaron en un tiempo que varió de dos a cuatro horas; los mayodadura, se colocaron los obreros sobre un andamio-torre ligero y portátil (foto 9).

Para ajustar la separación, se cortó el margen por medio de un soplete guiado por la extremidad biselada del panel próximo. A pesar de los ensayos hechos anteriormente, los primeros cortes tuvieron faltas de regularidad, no en el huelgo del fondo del chafián, sino en la superficie misma del citado chafián, a causa de irregularidades en la velocidad de corte; este defecto fué corregido con buril. Después se cor-

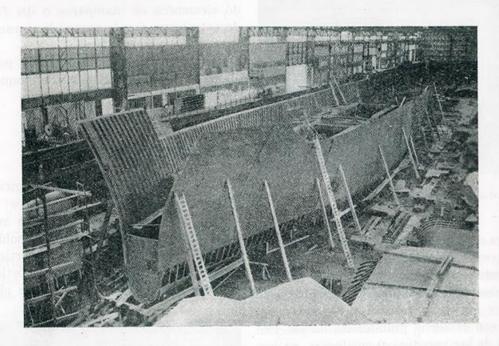


Foto 9.—El "CAMBRAISEN" en armamento.—A babor un castillet.-andamio para las soldaduras de las juntas.

res necesitaron aproximadamente dos medias jornadas, incluído el tiempo de basculamiento sobre la viga.

# c) Soldadura de los paneles entre sí.

Se hicieron los paneles con un margen exacto de 20 mm., al objeto de apreciar si hubiese sido posible construirlos sin dificultad, con las dimensiones justas.

El máximo y mínimo de las longitudes cortadas fueron 18 y 24 mm., excepto en los paneles 3 y 4 de pp., en los que se llegó a 30 mm. por la parte alta. Ningún panel resultó corto y parece, por tanto, que se hubiese podido evitar el citado margén, aunque se considera prudente el conservarlo.

Para la preparación de las juntas y su sol-

tó sin hacer el biselado, haciéndose éste con el buril. Las radiografías no dieron lugar a observación alguna.

Las separaciones en el fondo del chaflán antes del punteado, fueron regulares y comprendidas entre 4 y 8 mm.

Antes del punteado de los bordes próximos de la junta, se separaban 3 mm con dos gatos que se aflojaban una vez hecho el punteado. La contracción fué regular y comprendida entre 3 y 4 mm., lo que demostró que las soldaduras fueron bien hechas con contracción libre.

Las soldaduras se hicieron por tres soldadores: las primeras sobre pletina de cobre, las siguientes sobre pletina de acero, levantadas posteriormente con el buril, este procedimiento disminuyó los riesgos de sopladuras.

El ajuste transversal no dió lugar a dificul-

## B. Montaje del forro de los costados.

## a) Montaje de los paneles.

El montaje de los paneles de los costados se hizo inmediatamente después del montaje del doble fondo.

Se montan sobre el forro interior falsos baos

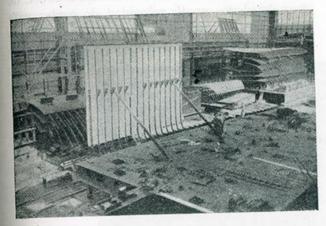


Foto 7.-Montaje del primer elemento del costado.

a una altura de 3 metros aproximadamente, que puedan soportar planchas de andamiaje y que tienen la manga del buque.

Los paneles de los costados son llevados verticalmente a su lugar (fotos 7 y 8); el ajuste se realiza con taladros practicados en las extremidades de las varengas y cuadernas, en los cuales se pasan tornillos, y por los falsos baos. El panel inmediatamente se apuntala exteriormente y también interiormente los primeros.

Se montan a continuación, con la suficiente rapidez, los mamparos transversales y baos reforzados para ajustar definitivamente el costado.

Nos habíamos impuesto que las extremidades de cuadernas estuviesen dispuestas de manera que se asegurase un fácil presentación, si bien suponiendo al conjunto rigurosamente indeformable; con ese objeto, se cortaron ciertas extremidades de varengas e invertidos de cuadernas de las bulárcamas, y se dividió en dos partes, 0, y 0, el panel 0 inicialmente previsto. En la realidad, la elasticidad de las extremidades de las varengas facilita mucho la colocación, y hubiese permitido hacer dichos cortes según consideraciones menos estrictamente geométricas.

Después de la colocación de los paneles, se montaron las extremidades de las varengas e invertidos que habían sido cortadas, y las pletinas que dan rigidez a las extremidades de las varengas, y a continuación la traca de ajuste.

El escorado de los paneles es importante y lo sería más aún sobre una grada descubierta. Sin embargo, si el viento puede hacer difícil el montaje, no lo impide, pues el montaje de los mamparos de los grandes buques presenta problemas análogos, y otros astilleros han montado elementos de mamparos o del forro plano de petroleros, por lo menos tan grandes, sobre gradas descubiertas.

Las particularidad del montaje es la ausencia de andamiajes alrededor del buque, salvo en los extremos de proa y popa.

## b) Maniobra de los paneles.

Algunos paneles tienen la longitud de una plancha de 7,5 metros a 9 metros; son fácilmente manejables. Cogidos desde su posición horizontal sobre las "mesas" de soldar, con el forro por encima, son puestos verticales fácilmente "en el aire" por la grúa-pórtico.

Otros tienen la longitud de dos planchas de

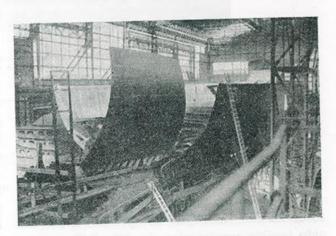


Foto 8.—Colocación de un panel del costado a popa.

16 a 17 metros; se ha tratado así de reducir el número de juntas a ejecutar a bordo, pero estas dimensiones se vió que eran excesivas para una construcción por el sistema transversal puro; las formas así planas de la región central, hicieron difícil la colocación en el sitio de elementos longitudinales de arriostramiento y el colocarlos verticalmente "en el aire" fué imposible; fué necesario colocarles viga horizontal construída especialmente con este objeto y hacerles bascular alrededor de dicha viga.

Para los paneles de la popa de formas pronunciadas, el suspenderlos por su centro de gravedad fué a veces delicado, pero la maniobra fué siempre fácil (foto 8).

Los paneles medios se colocaron en un tiempo que varió de dos a cuatro horas; los mayodadura, se colocaron los obreros sobre un andamio-torre ligero y portátil (foto 9).

Para ajustar la separación, se cortó el margen por medio de un soplete guiado por la extremidad biselada del panel próximo. A pesar de los ensayos hechos anteriormente, los primeros cortes tuvieron faltas de regularidad, no en el huelgo del fondo del chafián, sino en la superficie misma del citado chafián, a causa de irregularidades en la velocidad de corte; este defecto fué corregido con buril. Después se cor-

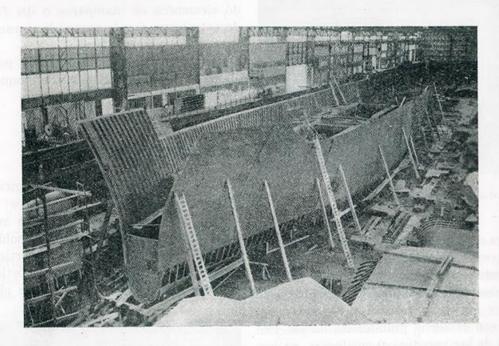


Foto 9.—El "CAMBRAISEN" en armamento.—A babor un castillet.-andamio para las soldaduras de las juntas.

res necesitaron aproximadamente dos medias jornadas, incluído el tiempo de basculamiento sobre la viga.

# c) Soldadura de los paneles entre sí.

Se hicieron los paneles con un margen exacto de 20 mm., al objeto de apreciar si hubiese sido posible construirlos sin dificultad, con las dimensiones justas.

El máximo y mínimo de las longitudes cortadas fueron 18 y 24 mm., excepto en los paneles 3 y 4 de pp., en los que se llegó a 30 mm. por la parte alta. Ningún panel resultó corto y parece, por tanto, que se hubiese podido evitar el citado margén, aunque se considera prudente el conservarlo.

Para la preparación de las juntas y su sol-

tó sin hacer el biselado, haciéndose éste con el buril. Las radiografías no dieron lugar a observación alguna.

Las separaciones en el fondo del chaflán antes del punteado, fueron regulares y comprendidas entre 4 y 8 mm.

Antes del punteado de los bordes próximos de la junta, se separaban 3 mm con dos gatos que se aflojaban una vez hecho el punteado. La contracción fué regular y comprendida entre 3 y 4 mm., lo que demostró que las soldaduras fueron bien hechas con contracción libre.

Las soldaduras se hicieron por tres soldadores: las primeras sobre pletina de cobre, las siguientes sobre pletina de acero, levantadas posteriormente con el buril, este procedimiento disminuyó los riesgos de sopladuras.

El ajuste transversal no dió lugar a dificul-

tades; en la región central bastó verificar con la plomada la posición del panel; en las extremidades fué necesario verificar por medio de una llanta la manga y posición con relación al eje, y las soldaduras no se dieron hasta después de haber colocado los baos reforzados de la cubierta "shelter"; siempre fué fácil llevar al forro a su posición exacta.

d) Montaje de la traca de ajuste.

Ignorando la precisión que se obtendría a la vez respecto a las dimensiones de los paneles y a su posición, se maquinó la traca de ajuste demasiado ancha para efectuar el ajuste a bor-

te permite así soldar el forro entero con contracción prácticamente libre, estando el buque enteramente ajustado, una vez soldados los topes del forro.

### C. Montaje de las cubiertas.

El montaje de las cubiertas no tiene gran comentario. Los baos reforzados se montaron primeramente, luego las esloras. El emparrillado así formado se llenó en la forma ordinaria con los baos sencillos y los paneles de planchas.

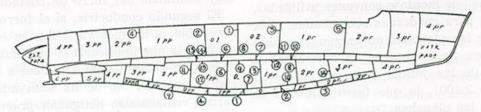


Fig. 6 ORDEN DE EJECUCION DE LAS SOLDADURAS EN EL FORRO

do. Pero como las planchas fueron exactamente a su sitio sin dificultad, se decidió en seguida terminar el maquinado de las otras planchas sin haberlas presentado previamente.

La traca de ajuste resultó cómoda para la unión de fondos y costado; esta disposición dió a la última junta longitudinal inferior ejecutada una distancia de encastre de 2 metros, lo

# IV. VENTAJAS E INCONVENIENTES DE ESTE MODO DE CONSTRUCCIÓN.

El objeto esencial de la experiencia era determinar las dificultades técnicas que tendría la construcción de un forro enteramente soldado. Podemos afirmar que:

- La prebricación ha permitido la ejecución

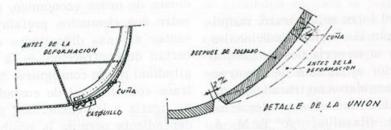


Fig. 7.—Preparación de la soldadura del pantoque.

que con el acero Veritas, de 40 kg/mm², ofrece toda garantía. Además se evita, prácticamente, todo encastre, separando por medio de cuñas, antes del punteado de 2 a 3 mm. los labios de la junta inferior; las cuñas se colocan en el plano del forro (fig. 7), la traca se "infla" y se separa ligeramente de las cuadernas; la contracción la lleva su posición normal al hacerse libremente, y el encastre es prácticamente despreciable. El orden de ejecución de las soldaduras se indica en la figura 6. La traca de ajus-

- de soldaduras en horizontal en excelentes condiciones.
- El ensamble a bordo se ha hecho para todas las juntas prácticamente con contracción libre y con huelgos normales en el fondo de los chaflanes.

El modo de construcción adoptado sugiere las siguientes observaciones:

## a) Doble fondo.

La reparación de los topes de la quilla-cajón

y de los "lastres" obligó a efectuar la prefabricación por mitades, lo que originó una desventaja en el montaje. Se hicieron en la prefabricación maniobras y ajustes que volvieron a repetirse en el montaje. Hubiese sido más económico prefabricar elementos de la manga total de los buques; bastaría para ello no soldar hasta el final las planchas de margen entre varengas de los elementos a unir para conservar las ventajas de la accesibilidad.

#### b) Forro de costados.

Las "mesas" de montaje convexas utilizadas, son cómodas para cuadernas remachadas, si la soldadura de las planchas no exigen inversión de los paneles. Se ejecutaron en horizontal el 63 por 100 de las juntas soldadas del forro (1.530 m. de 2.400), lo que facilitó mucho la maniobra de las planchas.

Si hubiese que hacer dicha inversión y si las cuadernas fuesen soldadas al forro, sería más ventajoso haber utilizado "mesas" cóncavas, pero no tenemos todavía experiencia de las mismas, que deberán presentar una rigidez suficiente sin ser demasiado caras para una construcción que no era de serie; tales mesas han sido utilizadas en América. (Salbaing: "Actualidades Técnicas Marítimas de 1948". "Las Construcciones Navales en los Estados Unidos".)

A las planchas del forro se las trazó, maquinó y dió forma según las reglas tradicionales. Se podría preguntar si no sería posible generalizar al forro exterior el sistema de construcción por tracas rectangulares no trazadas, como se usan para las cubiertas en los astilleros navales de La Ciotat. (Ravaille: "A. T. M. A. 1949". "La prefabricación en la Construcción Naval". "Su influencia en la organización y producción de un Astillero".) La homogeneidad conseguida por la soldadura permite dar menos importancia que en la construcción remachada, a la posición en las costuras, que no son tampoco necesario que se prevean continuas en los topes de los paneles y, por consiguiente, en la posición de las bridas de ángulo en las planchas elementales.

Sería entonces importante utilizar la soldadura automática, si esto fuese posible; y se podría, en las regiones que no tuviesen planchas de forma, tratar de alcanzar este objetivo de dos maneras:

- Se soldarían las planchas entre sí sobre un tablero plano y se extendería el forro plano así formado sobre el tablero de "formas", al cual se las soldaría.
- Se colocarían las planchas del forro una a una sobre el tablero, del cual tomarían su "forma"; las soldaduras a tope serían ejecutadas en seguida.

El primer procedimiento es posible para una cubierta cuya curvatura sea muy pequeña; no lo será probablemente más que para regiones muy limitadas del forro de costado.

El segundo conduciría, si el forro no es desarrollable, a huelgos variables en el fondo del chaflán, lo que implicaría el efectuar un reajuste local si dicho huelgo excediese a las tolerancias admitidas. No se ha ensayado (las cuadernas remachadas obligaban prácticamente a efectuar un trazado completo), pero es posible que las economías que se conseguirían en el trazado y maquinado permitiesen dicho reajuste local, que por otra parte parece no sería necesario en formas tales como las de los paneles 0, 1 Pr y 1 Pp.

#### c) Traca de ajuste.

Se pueden hacer a la traca de ajuste objeciones de orden económico, pues su colocación entre dos elementos prefabricados puede presentar algunas dificultades de manejo. La libertad de contracción de la última junta longitudinal puede conseguirse haciendo venir esta traca con el panel de costado, a condición de no ligarla a las cuadernas; pero una traca independiente permite la posibilidad de compensar sobre dos juntas ligeras diferencias de trazado.

Independientemente de las observaciones particulares expuestas, se consiguió el beneficio de las ventajas generales de la prefabricación:

- Fué posible prefabricar de mayo a octubre de 1949, mil toneladas de casco cuando con un armado ordinario no se hubiese podido empezar hasta octubre.
- Los gastos de cama y andamiaje fueron considerablemente reducidos.
- A pesar del retraso de las piezas fundidas los elementos del casco entre cuader-

nas 0 y 10 pudieron prefabricarse al mismo tiempo que se montaban las piezas fundidas, que rápidamente fueron ensambladas.

- Los trabajos de tuberías y habilitación pudieron comenzarse muy pronto en los fondos.
- Lo exiguo de la superficie de almacenanamiento originó una serie de gastos suplementarios.

# V. COSTE DE LA PREFABRICACIÓN DEL FORRO EXTERIOR.

Nos limitaremos al forro del costado, que constituye lo esencial de la experiencia, aunque no podamos hacer comparaciones, puesto que no construímos buques similares, pieza a pieza, con el mismo programa de soldadura.

Las cifras indicadas que figuran en lo que sigue comprenden:

- La construcción de los tableros de armar.
- La construcción y montaje de los elementos prefabricados.
- Los gastos comunes de manejo de mateteriales y diversos de la salida del taller de las planchas.
- Toda la soldadura y el remachado.

Se obtuvieron para un buque:

Superficie de costado	1.965 m². 280 ton.	
Peso de costado		
Gastos de jornales:		
Construcción de los "tableros" de armar		
(3.670 h, a imputar sólo la mitad)	1.835	horas.
Prefabricación sobre los "tableros"	13.600	**
Montaje a bordo (incluída la traca de ajuste)	15.900	
TOTAL	31.335	,,
Número de horas:		
Por m <sup>2</sup>	15,7	
Por tonelada	112	

En un forro totalmente soldado la construcción en horizontal de los paneles de costado facilitaría el manejo de las planchas que debe compensar los gastos de construcción de los "tableros". La prefabricación debe aumentar las ventajas si las cuadernas fuesen soldadas al forro, pues deberá simplificarse el trazado en ciertas regiones y la desaparición del barrenado para los remaches complicaría la sujeción a las cuadernas, en el caso de montaje pieza a pieza.

La traca de ajuste absorbió excesiva mano de obra, para una primera construcción fué una garantía, que podrá ahorrarse, sin duda, en el pervenir en buques mercantes.

#### VI. ESQUEMA TIPO DE PREFABRICACIÓN.

Se trata a continuación de determinar cuál podría ser el esquema de armado de un buque mercante, construído por el sistema transversal, con cubiertas y esloras clásicas, sin mamparos longitudinales, enteramente o casi enteramente soldado, y prefabricado (fig. 8).

### 1.º Doble fondo.

La prefabricación no es cómoda más que cuando el forro interior (techo de los lastres) es plano, que es el caso general; el montaje del forro exterior en la prefabricación no presenta dificultades. Si los medios de suspensión lo permiten es ventajoso hacer los elementos que se extienden en toda la manga; si esto no es posible, es más económico "solapar" las uniones longitudinales en los límites del forro y las uniones de las varengas a la quilla vertical con pletinas de empalme.

La banda de gran curvatura que se extiende por el pantoque es interesante cubrirla por dos tracas de "figura" (de forma) solamente, una que venga con el panel de costado o que constituya una traca de ajuste. Esto implica el que suba bastante alto el forro que vaya con el doble fondo. Con este objeto es interesante prever que las varengas salgan del "lastre" y sirvan de apoyo a la última traca y reciban los extremos de las cuadernas de los paneles del forro.

#### 2.º Forro de costado.

Es interesante que los paneles de costado se extiendan desde el pantoque a la cubierta superior. Unicamente en los grandes buques se deberán prever dos paneles en altura. La traca de ajuste es una solución interesante para un forro completamente soldado; en los buques mercantes, en general, se podría prever una unión a solape que podría ser más económica.

Para evitar los andamiajes deben soldarse las cubiertas al forro exterior, excepto, tal vez, la última. Para evitar los recortes de la plancha

#### 3.º Cubiertas.

La unión del trancanil al panel del forro implica el cortar los baos y sustituirlos bajo el trancanil por una larga consola.

Es interesante prever la brusca mediante hendiduras colocadas en las juntas de los paneles, que son así cilíndricos.

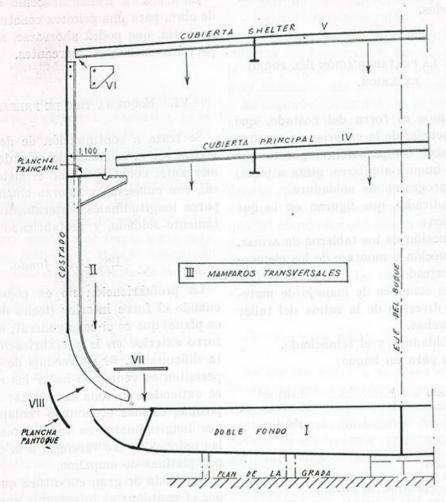


Fig. 8.—Esquema de la prefabricación,

trancanil, deben cortarse las cuadernas en la cubierta principal, y soldar éstas a uno y otro lado del trancanil, el cual formará una meseta sobre el forro.

Si el buque lleva mamparos longitudinales, es posible prefabricar sobre estos mamparos los elementos laterales que llevan las bulárcamas (algunos astilleros lo han hecho con petroleros) y aun el forro.

La prefabricación del forro puede extenderse hasta las extremidades a condición de soldar allí a mano.

#### 4.º Extremidades.

A proa la parte baja de la roda puede prefabricarse invertida; esto es interesante en los buques muy afilados, pues en espacios restringidos es más fácil trabajar por encima de la cabeza que bajo los pies.

La parte alta del extremo de popa es fácil de prefabricar sobre la cubierta superior; se economiza así trabajo de andamiajes y es posible hacer las soldaduras del forro de arriba abajo, si no es en horizontal. Se gana también tiempo en el ensamble de la popa, siempre bastante excesivo, que debe terminarse antes del torneado de bocinas.

#### VII. CONCLUSIONES.

La posibilidad de la prefabricación total había sido demostrada por las construcciones americanas de la última guerra. Las construcciones de "cargos" hechas en Francia habían demostrado que se padían obtener para las cubiertas y dobles fondos todas las garantías deseables de una buena ejecución; la construcción del "Cambraisien" y del "Douaisien", lo demuestra también para la totalidad del forro exterior.

La prefabricación da ventajas importantes para la ejecución de soldaduras en horizontal, es decir, más facilidad y con menos deformaciones y tensiones; y las dimensiones de los elementos prefabricados son respetadas con una precisión suficiente para que el ensamble de los elementos entre sí se haga en excelentes condicions.

No hay términos de comparación para poder afirmar cuantitativamente que la prefabricación ha supuesto economías. Se han realzado en el esquema adoptado disposiciones criticables. Pensamos, sin embargo, que la prefabricación no nos ha supuesto gastos suplementarios y nos ha permitido empezar el trabajo bastante antes de que la grada estuviese libre, teniendo en cuenta que ya se tenía personal de "casco" disponible.

Una serie media sería muy interesante; permitiría desarrollar el trabajo de acabado sobre elementos prefabricados, aunque necesitaría para el almacenamiento un espacio del que no se dispone actualmente en Lorient.

Se abordó la prefabricación con los métodos ordinarios de trazado y maquinado. Los métodos indicados el año último por M. Ravaille para cubiertas y dobles fondos deben poder extenderse a una porción bastante importante de los costados, aun para buques de dimensiones medias; ellos supondrán verosímilmente algunos retoques sobre la mesa de armar que no alcanzarán, sin duda, las economías realizadas en el trazado y maquinado. Sobre este último punto, como sobre la utilización de la soldadura automática para los paneles de costado, no tenemos todavía elementos de juicio; sería necesaria una verdadera experiencia para dilucidar la cuestión.

Habiendo querido realizar un forro soldado, lo hemos prefabricado. Para beneficiarse plenamente de las ventajas de la prefabricación, parece necesario suprimir las uniones remachadas de ángulos e ir al buque totalmente soldado.

