

AÑO LVIII - NUMERO 656  
FEBRERO 1990

REVISTA EDITADA POR LA ASOCIACION DE INGENIEROS NAVALES DE ESPAÑA

## FUNDADOR:

† Aureo Fernández Avila, Ingeniero Naval.

## DIRECTOR:

Guillermo Zatarain Gutiérrez de la Concha,  
Ingeniero Naval.

## DIRECCION Y ADMINISTRACION

Domicilio: Castelló, 66.  
28001-Madrid.

Teléfonos { 275 10 24  
577 16 78

Télex: 43582 INAV-E.  
Fax: 577 16 79

## SUSCRIPCION ANUAL

España (incluido IVA) .....	4.000 pesetas
Ceuta, Melilla, Canarias y Portugal .....	3.774 »
Hispanoamérica .....	5.700 »
Resto del mundo .....	6.600 »
Precio del ejemplar .....	500 »

## NOTAS

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

## PUBLICACION MENSUAL

ISSN: 0020 - 1073

Depósito legal: M. 51-1958

MARIARSA, Impresores - Tomás Bretón, 51 - 28045-Madrid

## INDICE DE MATERIAS

Págs.

### Artículos

Generadores de cola. Evolución y estado actual, por Amable López Piñero, Roberto Faure Benito, José Ortiz Pavía, Wolfgang Rzadki y Peter Andersen .....	46
Un caso singular de intersección de superficies: la cuártica de segunda especie, por Víctor Villoria San Miguel .....	55
Hidrodinámica de las artes de pesca. Ensayos con modelos, por José Fernando Núñez Basáñez ...	60

### Página Jurídica

La censura y auditoría de cuentas en la Legislación española, por Pedro Suárez .....	83
--	----

### Historia

Antecedentes históricos de Astilleros de Cádiz, por María Francisca Martínez Romero .....	86
---	----

### Noticias

#### ASTILLEROS

Nuevo tipo de portacontenedores .....	90
Reactores duplex en sistemas eléctricos de propulsión .....	90
Portacontenedores sin tapas de escotilla .....	90

#### REUNIONES Y CONFERENCIAS

XXX Sesiones Técnicas de Ingeniería Naval .....	91
Jornadas sobre el buque del futuro .....	91
Sinaval-Eurofishing'90 .....	91

#### PUBLICACIONES

España y el mar en el siglo de Carlos III .....	92
---	----



## GENERADORES DE COLA. EVOLUCION Y ESTADO ACTUAL

Por Amable López Piñero, Dr. Ing. Naval (\*);

Roberto Faure Benito, Dr. C. Físicas (\*\*);

José Ortiz Pavía (\*\*\*);

Wolfgang Rzdaki, Dipl. Ing. (\*\*\*\*), y

Peter Andersen, Dipl. Ing. (\*\*\*\*)

### RESUMEN

En el presente artículo, se efectúa una revisión de los distintos métodos utilizados para la generación de energía eléctrica a bordo, a partir del motor propulsor que se suele denominar como "generador de cola", aunque en muchos casos no vaya instalado en el eje de cola.

Posteriormente se efectúa un análisis detallado de dos sistemas basados en el principio de "Rectificación-Ondulación Parcial": el sistema GICEN desarrollado en la Cátedra de Electrotecnia de la ETSIN (hoy encuadrada en el Departamento de Sistemas Oceánicos y Navales de la misma Escuela) y el generador FRECON desarrollado por la empresa SIEMENS.

### INDICE:

1. NOTA PRELIMINAR.
2. CONSIDERACIONES GENERALES.
3. ESTUDIO DE LOS GENERADORES QUE OBTIENEN SU ENERGIA DEL MOTOR PRINCIPAL. SISTEMAS CLASICOS.
4. EL SISTEMA GICEN.
5. EL GENERADOR FRECON.
6. CONCLUSIONES.
7. BIBLIOGRAFIA.

#### 1. NOTA PRELIMINAR

La firma SIEMENS presentó en la Feria Naval de Hamburgo, de noviembre de 1987, un nuevo tipo de generador de cola que denomina "FRECON" (Frequency

Controlled) y que utiliza como generador una máquina de inducción con rotor de anillos rozantes.

Los profesores de la ETSIN firmantes de este artículo trabajaron en su día en el proyecto GICEN, patrocinado por la CAICYT (proyecto número 532/81) que tenía por objeto estudiar un generador de cola similar a la solución a la que ha llegado Siemens con su sistema FRECON.

Antes de pasar a describir estos sistemas, quisiéramos resaltar la enseñanza que puede derivarse de la evolución que han tenido los hechos. En efecto, en la Memoria final (1) redactada por el grupo de proyecto de la ETSIN, en marzo de 1985, se decía en el punto D) de la misma:

"A la vista de la viabilidad del sistema y de los resultados alentadores obtenidos, puede pensarse en abordar el desarrollo en una planta piloto todavía a nivel de funcionamiento en laboratorio, pero que permita obtener rendimientos con más precisión al eliminar el efecto de escala que desfigura los resultados al trabajar con máquinas muy pequeñas. Un nivel que nos parece razonable y que podría implementarse en la ETSIN es el de un generador de cola, de este tipo, con una potencia de salida de 100 KVA.

Este paso previo se considera imprescindible antes de pasar al equipo prediseñado de 500 KVA, que ya constituye una aplicación industrial y de interés para ser instalada a bordo de un buque."

En aquel momento, y pese a la presentación efectuada en noviembre de 1982 en la ETSIN, precisamente en colaboración con SIEMENS que habló del sistema que comercializaba entonces, ninguna empresa española se interesó por apoyar el tema y poder así pasar a las fases posteriores del desarrollo más arriba indicadas. Tampoco de la CAICYT se recibió el más mínimo comentario a favor o en contra de la voluminosa documentación presentada acompañando a la Memoria general final antes aludida.

En cambio SIEMENS, cuya solución de generador de cola en servicio desde hace dos décadas, resultaba costosa para potencias inferiores a unos 1.200 kW frente a las soluciones mecánicas, decidió acometer el desarrollo de un prototipo de 750 kW aprovechando las

(\*) Catedrático ETSIN.

(\*\*) Catedrático (excedencia voluntaria) ETSIN.

(\*\*\*) Siemens España.

(\*\*\*\*) Departamento Naval. Siemens Hamburgo.



ventajas de la nueva generación de tiristores GTO propios y la experiencia en generadores eólicos.

El trabajo se desarrollo utilizando los medios propios de SIEMENS bien conocidos por la importancia de sus laboratorios de desarrollo, pero también en colaboración con la Universidad Técnica Harburg de Hamburgo y con el Germanischer Lloyd.

Esperamos que muy pronto se consiga en nuestro país esta compenetración Universidad-Empresa o Empresa-Universidad, que conduzca a la culminación de los proyectos iniciados con la realidad de su aprovechamiento industrial.

Por todo lo anteriormente expuesto, nos ha parecido interesante que la presentación del sistema logrado por SIEMENS vaya precedido por un planteamiento global del tema de los generadores de cola, repasando su evolución hasta llegar al momento presente.

2. CONSIDERACIONES GENERALES

La elevada competencia dentro del sector naviero, exige la reducción al máximo de los costes de explotación de los buques. Factores de coste decisivos en los cálculos de rentabilidad de los armadores son:

- Coste del combustible.
- Coste del mantenimiento y reparación.

La reducción de estos costes se ha convertido en una importante medida de supervivencia para los armadores.

La utilización de equipos generadores de cola contribuye a la reducción de los costes de explotación del buque. Estos equipos ofrecen las siguientes ventajas:

- El coste de generación eléctrica para la red de a bordo puede reducirse de forma importante cuando la energía de accionamiento de los generadores no se toma de motores diesel alimentados con combustible ligero, sino de motores principales alimentados con combustible pesado de menor precio. El ahorro en coste respecto a la generación de energía con motores diesel auxiliares es tanto más elevado, cuanto mayor sea la diferencia de precios de ambos combustibles, mayor sea la potencia de la red de a bordo y más largo sea el período de funcionamiento con el generador de cola.

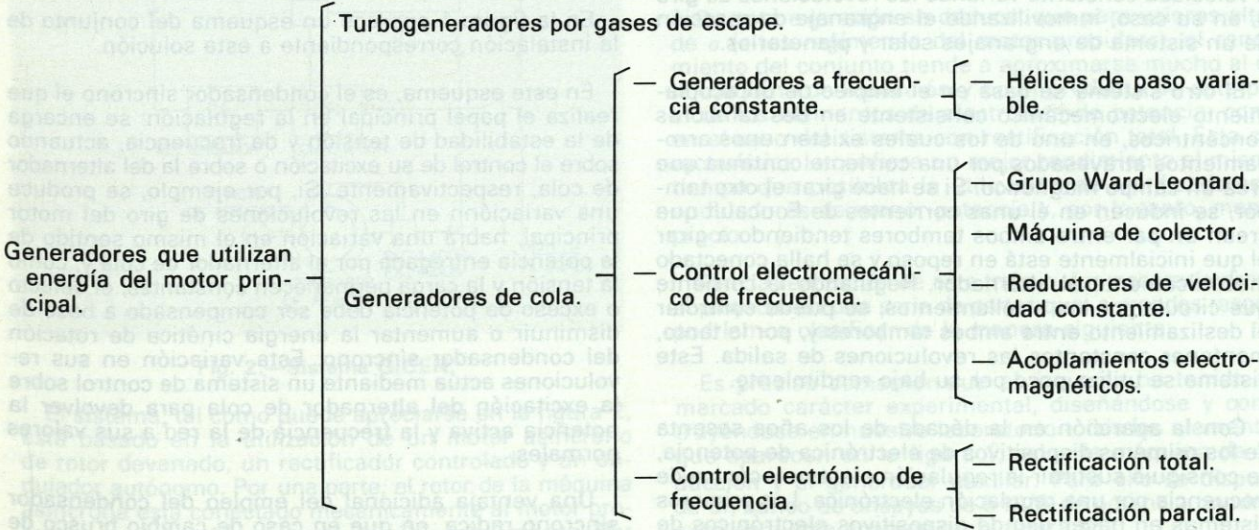
- Se reducen los costes de material, almacenaje y personal para el mantenimiento de los motores diesel auxiliares. Ello es particularmente importante para los motores diesel auxiliares que consumen combustible pesado en lugar de ligero. El generador de cola alimenta la red de a bordo durante toda la navegación, y tan sólo son necesarios los diesel auxiliares durante la estancia en puerto o en período de maniobras.
- Los grupos diesel auxiliares trabajan frecuentemente con cargas parciales. El bajo rendimiento con baja carga conduce a elevados consumos específicos de combustible para la generación de energía eléctrica. Dichos costes pueden reducirse de forma importante mediante la utilización del generador de cola durante la navegación, ya que el motor principal trabaja con rendimiento óptimo en el margen de potencia nominal y con ello para la generación de energía eléctrica al tener un menor consumo específico de combustible.

Los bajos precios actuales del combustible no deben conducir al supuesto de estas ventajosas circunstancias a largo plazo. Es de esperar una tendencia creciente en los precios del combustible, de forma que la utilización de equipos generadores de cola resultará aún más ventajosa en el futuro.

3. ESTUDIO DE LOS GENERADORES QUE OBTIENEN SU ENERGIA DEL MOTOR PRINCIPAL. SISTEMAS CLASICOS

En la introducción se han analizado las ventajas que supone el obtener las energías auxiliares a partir del motor principal; a continuación se hará un resumen de los sistemas que generan electricidad a partir de este motor (2), haciendo una clasificación de todos ellos con objeto de sistematizar su estudio, aunque muchos ya estén en desuso.

El primer sistema que se incluye en la clasificación no pertenece al grupo de los generadores de cola, aunque obtiene su energía a partir del motor principal. Su utilización está cada vez más extendida, y aunque su aplicación queda reducida a instalaciones de una potencia considerable, que incorporan turboalternadores cuya energía es obtenida a través de un circuito de vapor partiendo de los gases de escape. Existen diversas alternativas en la situación de estos grupos turboal-





ternadores, que en algunos casos pueden apoyar mecánicamente al motor principal mediante un acoplamiento auxiliar.

El siguiente tipo de generador que aparece en la clasificación es el que trabaja a revoluciones constantes y, por lo tanto, a frecuencia constante, al estar accionado por una línea de ejes de paso controlable. Como se sabe, el problema principal que surge en la utilización de generadores de cola es el de la regulación de la frecuencia eléctrica obtenida, que varía según las revoluciones del propulsor. Hace años, cuando las instalaciones eléctricas en los buques eran en corriente continua, este problema quedaba reducido a la regulación de la tensión mediante la excitación de la dinamo y, por lo tanto, era frecuente la utilización de generadores accionados por la línea de ejes. Cuando se impuso la corriente alterna en la instalación de a bordo, el problema de regulación afectó también a la frecuencia, por lo que, en principio, no pudieron utilizarse generadores de cola. Una excepción han sido los barcos que poseen hélice de paso controlable, pues al girar la línea de ejes a revoluciones constantes, se mantiene también constante la frecuencia de la tensión generada.

Como en el caso de los turbo alternadores accionados por la energía de los gases de escape, existen diversas soluciones en cuanto a la disposición de los alternadores respecto a la línea de ejes.

Este tipo de generador presenta problemas con mares agitados o en períodos de maniobras, si se desea que trabaje en paralelo con otros grupos auxiliares, debido a las fluctuaciones de revoluciones de la hélice.

Para solucionar el problema de la regulación de frecuencia surgieron algunos sistemas, como el Ward-Leonard, que utiliza una dinamo como generador eléctrico para alimentar un motor de corriente continua que mueve un alternador a revoluciones constantes, actuando sobre la excitación de dicho motor. Otra solución consiste en la utilización de una máquina de colector junto con un regulador de inducción, aunque tanto este último sistema como el que emplea un grupo Ward-Leonard están prácticamente en desuso.

Hoy en día, sin embargo, existen dos sistemas que permiten hacer girar a unas revoluciones constantes el alternador, a partir de un eje que gire a revoluciones variables. El primero de ellos es un reductor de velocidad de salida constante, cuyo principio de funcionamiento consiste en comunicar una velocidad de giro a los engranajes de reacción que se suma o resta a la del eje de entrada. Con ello se consigue, mediante el uso de una unidad hidráulica, que la salida al alternador gire a velocidad constante variando las revoluciones de giro o, en su caso, inmovilizando el engranaje de reacción de un sistema de engranajes solar y planetarios.

El otro sistema se basa en el empleo de un acoplamiento electromecánico consistente en dos tambores concéntricos, en uno de los cuales existen unos arrollamientos atravesados por una corriente continua que crea un campo magnético. Si se hace girar el otro tambor, se inducen en él unas corrientes de Foucault que crean un par entre ambos tambores tendiendo a girar el que inicialmente está en reposo y se halla conectado mecánicamente al alternador. Regulando la corriente que circula por los arrollamientos, se puede controlar el deslizamiento entre ambos tambores y, por lo tanto, mantener constantes las revoluciones de salida. Este sistema se utiliza poco por su bajo rendimiento.

Con la aparición en la década de los años sesenta de los primeros dispositivos de electrónica de potencia, se consiguió sustituir la regulación electromecánica de frecuencia por una regulación electrónica. Los primeros sistemas en hacer uso de dispositivos electrónicos de

potencia eran variantes del que usaba el grupo Ward-Leonard en el que se sustituía la dinamo arrastrada por el eje de cola, por un alternador, rectificándose la corriente que éste producía mediante un equipo de diodos. Este alternador trabajaba a tensión constante, ya que su excitación era controlada por un equipo de tiristores pilotado por un tacogenerador que medía sus revoluciones de giro. La ventaja que presenta este método frente al primitivo grupo Ward-Leonard, estriba en el ahorro de costo y mantenimiento que la máquina de alterna posee frente a la de continua. Sin embargo, este sistema adolece del defecto derivado del empleo de tres máquinas rotativas de las cuales una es un motor de corriente continua.

Una solución que elimina este inconveniente y que actualmente es la más extendida, es la que utiliza un convertidor estático de frecuencia como elemento esencial. Se trata de un dispositivo que emplea tiristores con los que dependiendo del instante de su disparo se puede conseguir trabajar, bien como rectificador controlado, bien como inversor, transfiriendo potencia de una red de corriente alterna a otra de continua, y viceversa.

En el funcionamiento como inversor, es la fuente de alterna la que provoca la conmutación de los tiristores, por lo que la frecuencia de la intensidad ondulada coincide con la de la tensión exterior. En este sentido, el inversor no es autónomo por necesitar de una red preexistente de corriente alterna.

En el caso del generador de cola, el convertidor actúa como inversor transfiriendo la potencia de la fuente de continua, constituida por la corriente producida por un alternador de cola tras ser rectificada, a la fuente de alterna que es la red del buque. Una característica del convertidor a tiristores es que dependiendo del instante de disparo de éstos, se genera o se requiere una determinada cantidad de potencia reactiva y en caso de su funcionamiento como inversor, el convertidor es un consumidor de potencia reactiva que ha de serle suministrada de algún modo.

En un sistema de este tipo, la corriente producida en el alternador accionado por el eje de cola, es rectificada por un puente de diodos y de ahí enviada a un convertidor que transfiere la potencia eléctrica a la red de a bordo. Para suministrar la potencia reactiva requerida por el convertidor, así como para efectuar el arranque, se dispone de un condensador síncrono que puede ser, o bien uno de los alternadores del barco una vez desembragado de su motor diesel, o bien un alternador independiente dotado de un pequeño motor eléctrico de arranque.

En la figura 1 aparece un esquema del conjunto de la instalación correspondiente a esta solución.

En este esquema, es el condensador síncrono el que realiza el papel principal en la regulación: se encarga de la estabilidad de tensión y de frecuencia, actuando sobre el control de su excitación o sobre la del alternador de cola, respectivamente. Si, por ejemplo, se produce una variación en las revoluciones de giro del motor principal, habrá una variación en el mismo sentido de la potencia entregada por el alternador de cola y, como la tensión y la carga permanecen constantes, el defecto o exceso de potencia debe ser compensado a base de disminuir o aumentar la energía cinética de rotación del condensador síncrono. Esta variación en sus revoluciones actúa mediante un sistema de control sobre la excitación del alternador de cola para devolver la potencia activa y la frecuencia de la red a sus valores normales.

Una ventaja adicional del empleo del condensador síncrono radica, en que en caso de cambio brusco de



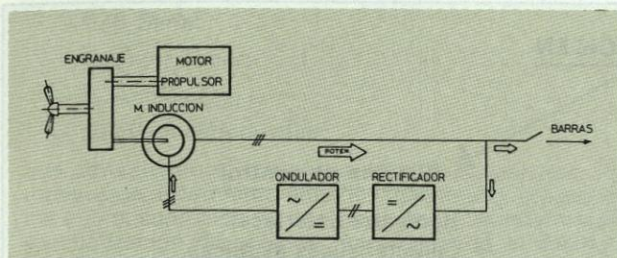


Fig. 1.—Sistema "Rectificación-Ondulación Total".

la carga y especialmente en un cortocircuito, la intensidad necesaria es suministrada a expensas de la energía cinética de rotación del condensador protegiendo así los elementos de electrónica de potencia.

En la actualidad, los sistemas más extendidos a bordo lo constituyen los basados en variadores hidráulicos o en rectificación-ondulación total. En ambos casos, así como en los generadores que se describen con más detalle, para una instalación determinada, la potencia nominal del sistema varía con las revoluciones de trabajo, lo que obliga a un ligero sobredimensionamiento de alguno de los elementos. Este sobredimensionamiento crece con el margen de revoluciones de trabajo, siendo típica una especificación de funcionamiento a plena potencia entre el 70 y el 100 % de las R.P.M. nominales del motor propulsor.

#### 4. EL SISTEMA GICEN

En 1981 surgió, en la Cátedra de Electrotecnia de la ETSIN, la idea de utilizar una máquina de inducción de rotor devanado como generador con un ondulator estático en derivación.

Para desarrollar el proyecto se solicitó una subvención a la CAICYT que, al ser concedida, permitió desarrollar el proyecto GICEN (Generador de Inducción de Cola-Electrotecnia Navales) en el trienio 1982-84.

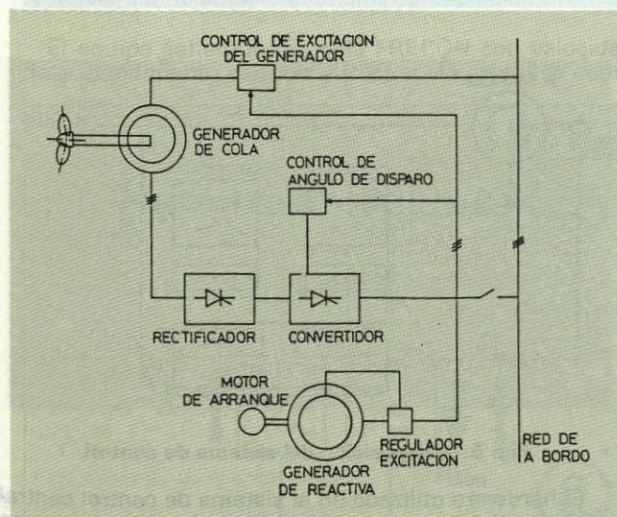


Fig. 2.—Sistema GICEN.

El sistema, tal como puede apreciarse en la figura 2, está basado en la utilización de un motor asíncrono de rotor devanado, un rectificador controlado y un ondulator autónomo. Por una parte, el rotor de la máquina asíncrona está conectado mecánicamente al motor propulsor girando a las revoluciones que éste impone. Por

otra, es alimentado con una corriente alterna trifásica de manera que se origina un campo magnético en el entrehierro de la máquina, que gira con una frecuencia, suma de la frecuencia mecánica y la eléctrica de la alimentación. Este campo induce en el estator corrientes de esta frecuencia suma, de forma que puede mantenerse constante compensando en todo momento las variaciones de frecuencia mecánica con la frecuencia de alimentación (3).

De la corriente total producida, una fracción se deriva para ser realimentada en el rotor de la máquina; sin embargo, como la frecuencia de la corriente que entra en el rotor difiere de la salida del estator, la fracción realimentada deberá ser rectificada y posteriormente ondulada a la frecuencia necesaria. Estos dos procesos se realizan con la ayuda de un rectificador controlado y un ondulator que, a diferencia del sistema de rectificación-ondulación total, no sólo no consume potencia reactiva sino que es capaz de generarla.

Ambos elementos son gobernados por un sistema de control que regula tanto la tensión de salida del rectificador como la frecuencia del ondulator. Puede apreciarse que el sistema es de rectificación-ondulación parcial.

En la figura 3 se muestra un diagrama del flujo de potencias en los circuitos del conjunto a partir de la entrada en el eje de una potencia mecánica  $P_M$ . En esta figura se ha llamado  $\sigma$  al cociente entre la frecuencia en el estator y el rotor,  $\eta_E$  al rendimiento de los elementos de potencia, y  $\eta_g$  al de la máquina de inducción.

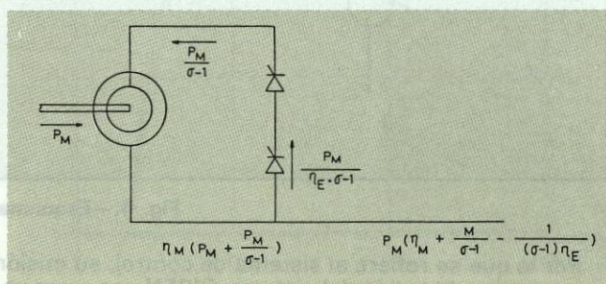


Fig. 3.—Flujo de potencias.

Se desprende, por tanto, que el rendimiento total de la instalación vendrá dado por:

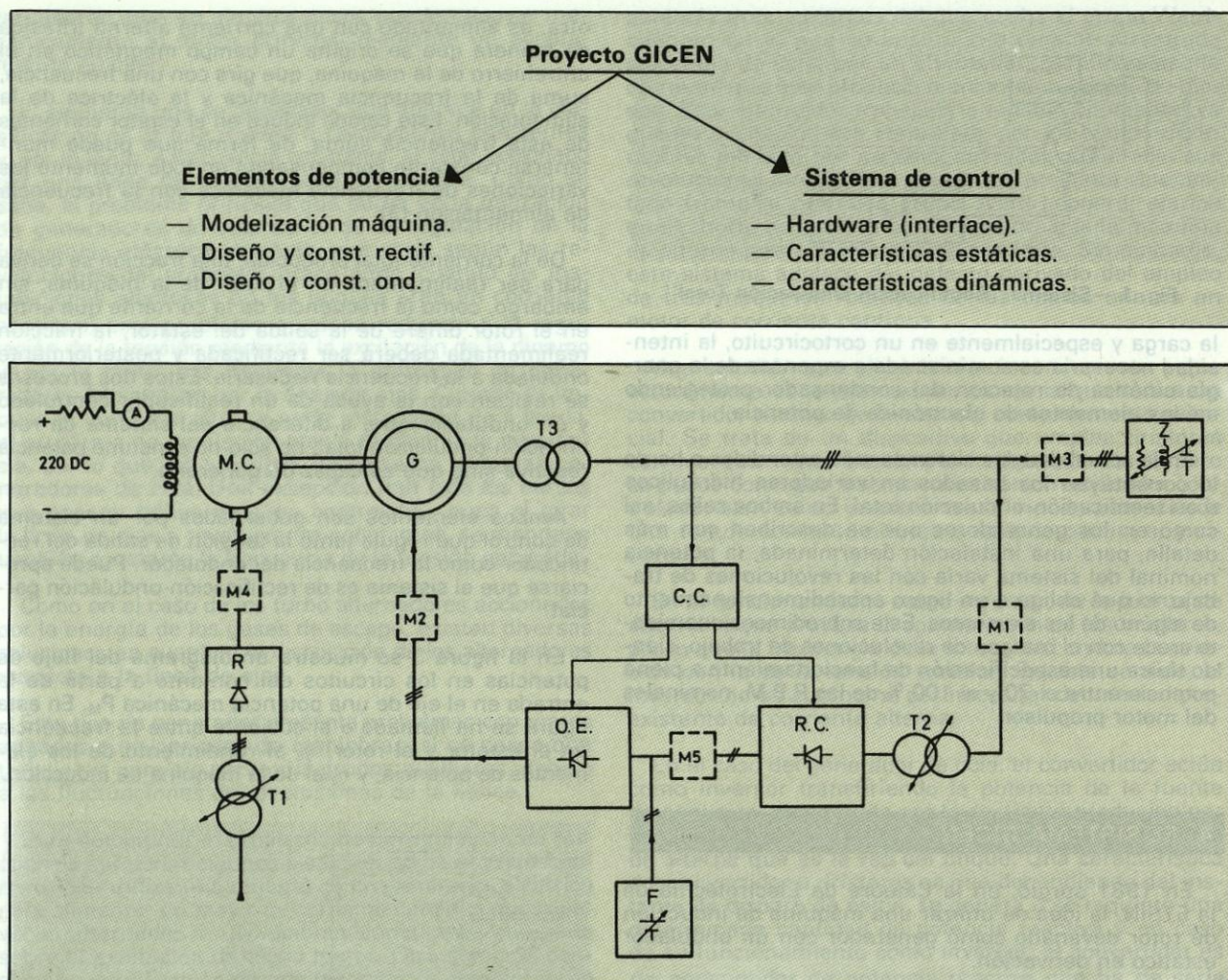
$$\eta_i = \eta_g + \frac{\eta_g}{\sigma - 1} - \frac{1}{(\sigma - 1) \eta_E}$$

De esta expresión se deduce, que para valores altos de  $\sigma$  (altos regímenes del motor propulsor), el rendimiento del conjunto tiende a aproximarse mucho al de la máquina de inducción y no al producto de ésta por el de los elementos de electrónica de potencia, como en el caso del sistema con rectificación total. Esta característica le confiere un mejor rendimiento al mismo tiempo que posibilita la utilización de rectificadores y ondulators de menor potencia y, por lo tanto, menor precio.

Para la realización de este trabajo, fue necesario dividir el proyecto en una serie de partes que, a grandes rasgos, podríamos clasificar de la manera siguiente:

Es preciso comentar que el proyecto ha tenido un marcado carácter experimental, diseñándose y construyéndose en nuestro laboratorio todos los elementos que aparecen en la figura 1, salvo la máquina de inducción y el generador auxiliar. Para ello se dispuso de un banco de ensayos de 5 KVA de potencia nominal cuyo esquema aparece en la figura 4.





**Fig. 4.—Esquema del banco de ensayo.**

Por lo que se refiere al sistema de control, su misión es mantener la salida del sistema GICEN con unos valores constantes, y lo más próximos a los nominales de tensión y de frecuencia, ante cualquier variación externa (4).

En principio, si no existiese un sistema de control o si éste estuviese enviando unas señales constantes al rectificador y ondulator, se producirían los siguientes fenómenos:

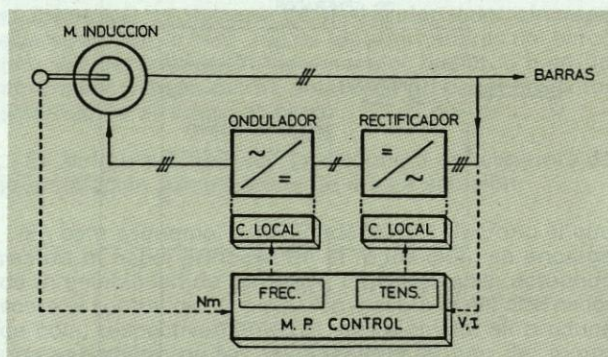
- Ante una variación de las revoluciones, disminución por ejemplo, bajarían la frecuencia y tensión de salida.
- Ante un incremento de la carga, habría una ligera disminución de la tensión de salida.

Dada la complejidad del sistema (varios elementos, fenómenos no lineales, etcétera), se eligió como sistema de control uno de tipo distribuido tal como se observa en la figura 5. Se puede apreciar que existe un control central, basado en microprocesador, que genera las señales de mando de los controles locales del rectificador y del ondulator.

La elección de un sistema basado en microprocesador se realizó por las siguientes razones:

- Facilidad de comunicación con los controles basados en lógica cableada.
- Versatilidad durante el proceso de puesta a punto experimental.

- Ser una tecnología avanzada de la que se posea suficientes Know-how y medios de apoyo.
- Posibilidad de una fácil expansión del sistema.



**Fig. 5.—Disposición del sistema de control.**

El hardware utilizado en el sistema de control central está constituido por un microprocesador, basado en una CPU Z-80 implementada a través de un sistema modular de tarjetas normalizadas (STD-BUS o Bus Standard) (5).

En la figura 6 aparece un esquema del sistema de control. Puede apreciarse que el núcleo del mismo lo forman las tarjetas siguientes:

- CPU + Memoria;



- E/S Serie;
- Counter Timer;
- E. Analógicas;
- Alimentación auxiliar;

que constituyen el hardware del microordenador. Por motivos de aislamiento eléctrico (galvánico), protección del micro, supresión de interferencias y transformación y eculización de señales, fue necesario el diseño y puesta a punto de las interfases que aparecen en esta figura.

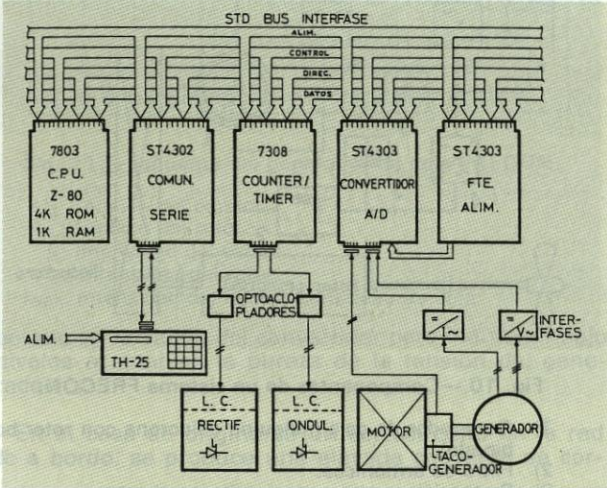


Fig. 6.—Sistema de control central.

A partir de los resultados de los ensayos se comprobó la viabilidad y estabilidad del sistema, estudiándose las características de generadores de tamaño industrial a través de un modelo reflejado en un programa de ordenador, cuyos resultados se contrastaron con los obtenidos experimentalmente en el laboratorio. En las figuras 7 y 8 se muestran los flujos de potencias y rendimientos calculados con el modelo para un generador de 500 KVA.

5. EL GENERADOR FRECON

El equipo generador de cola FRECON con velocidad de accionamiento variable y frecuencia de salida cons-

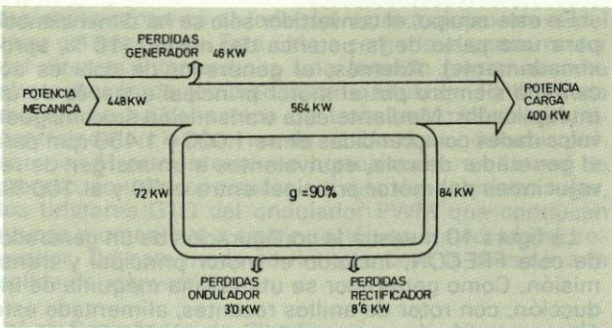


Fig. 7.—Flujo de potencias generador 500 KVA.

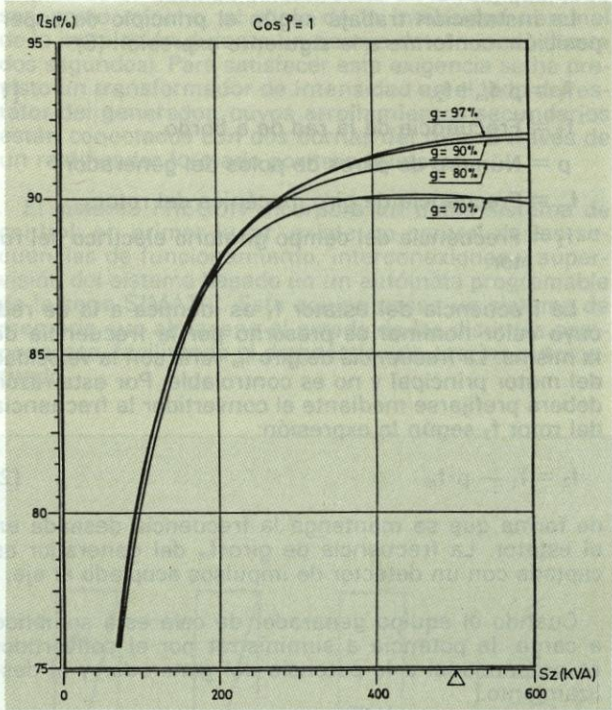


Fig. 8.—Rendimiento sistema 500 KVA.

tante, es el resultado de los trabajos desarrollados en el Centro de Investigación de Siemens en Erlangen (figura 9).

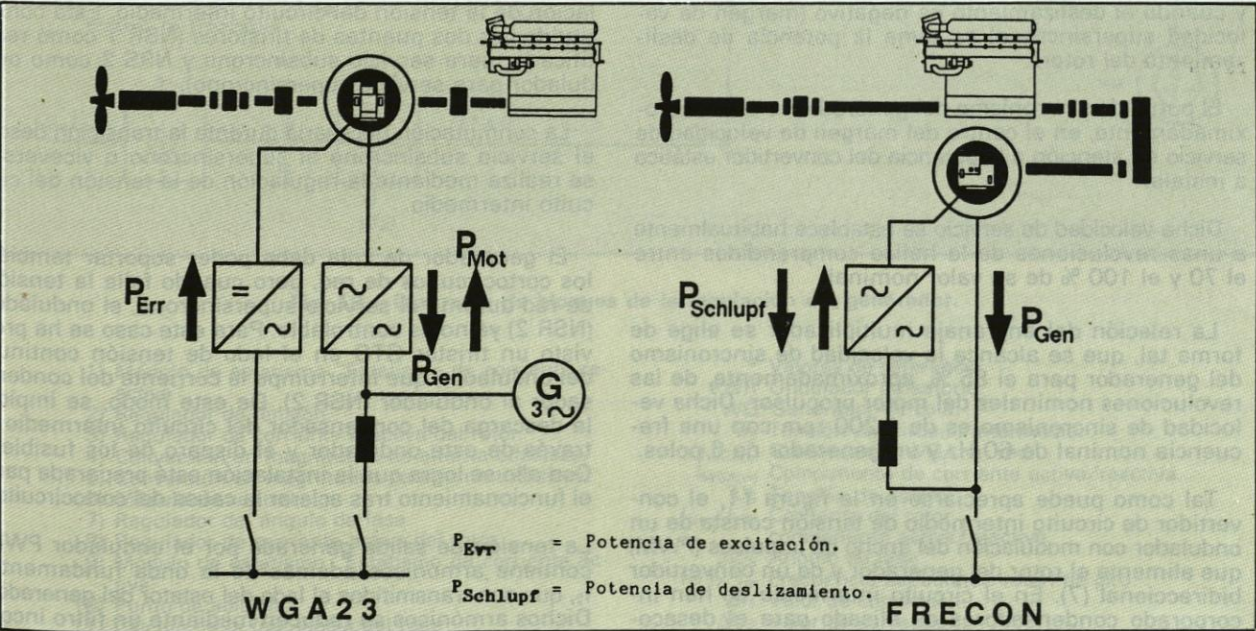


Fig. 9.—Equipo generador de cola Siemens FRECON.



En este equipo, el convertidor sólo se ha dimensionado para una parte de la potencia del mismo (16 %, aproximadamente). Además, el generador de cola es accionado siempre por el motor principal a través de un multiplicador. Mediante esta transmisión se consiguen velocidades comprendidas entre 1.000 y 1.450 rpm para el generador de cola, equivalentes a un margen de revoluciones del motor principal entre el 70 y el 100 %.

La figura 10 muestra la configuración de un generador de cola FRECON, incluido el motor principal y transmisión. Como generador se utiliza una máquina de inducción, con rotor de anillos rozantes, alimentado este último a través de un convertidor con circuito intermedio de tensión.

La instalación trabaja según el principio de superposición, conforme a la siguiente expresión (6):

$$f_1 = p \cdot f_m + f_2 \quad [1]$$

$f_1$  = Frecuencia de la red de a bordo.

$p$  = Número de pares de polos del generador.

$f_m$  = Frecuencia de giro mecánica del rotor.

$f_2$  = Frecuencia del campo giratorio eléctrico del rotor.

La frecuencia del estator  $f_1$  es idéntica a la de red, cuyo valor nominal es prescrito por la frecuencia de la misma. La frecuencia de giro  $f_m$  varía con la velocidad del motor principal y no es controlable. Por esta razón deberá prefijarse mediante el convertidor la frecuencia del rotor  $f_2$  según la expresión:

$$f_2 = f_1 - p \cdot f_m \quad [2]$$

de forma que se mantenga la frecuencia deseada en el estator. La frecuencia de giro  $f_m$  del generador es captada con un detector de impulsos acoplado al eje.

Cuando el equipo generador de cola está sometido a carga, la potencia a suministrar por el convertidor es proporcional a la potencia del generador y al deslizamiento.

$$g = \frac{f_2}{f_1} = \frac{f_1 - p \cdot f_m}{f_1} \quad [3]$$

Cuando el deslizamiento es positivo (margen de velocidad subsíncrona) se aporta potencia activa al rotor y cuando el deslizamiento es negativo (margen de velocidad supersíncrona) se toma la potencia de deslizamiento del rotor.

El punto de sincronismo del generador se sitúa, aproximadamente, en el centro del margen de velocidad de servicio en atención a la potencia del convertidor estático a instalar.

Dicha velocidad de servicio se establece habitualmente a unas revoluciones de la hélice comprendidas entre el 70 y el 100 % de su valor nominal.

La relación del engranaje multiplicador se elige de forma tal, que se alcance la velocidad de sincronismo del generador para el 85 %, aproximadamente, de las revoluciones nominales del motor propulsor. Dicha velocidad de sincronismo es de 1.200 rpm con una frecuencia nominal de 60 Hz y un generador de 6 polos.

Tal como puede apreciarse en la figura 11, el convertidor de circuito intermedio de tensión consta de un ondulador con modulación del ancho de impulsos (PWM) que alimenta el rotor del generador y de un convertidor bidireccional (7). En el circuito intermedio se han incorporado condensadores de alisado para el desaco-

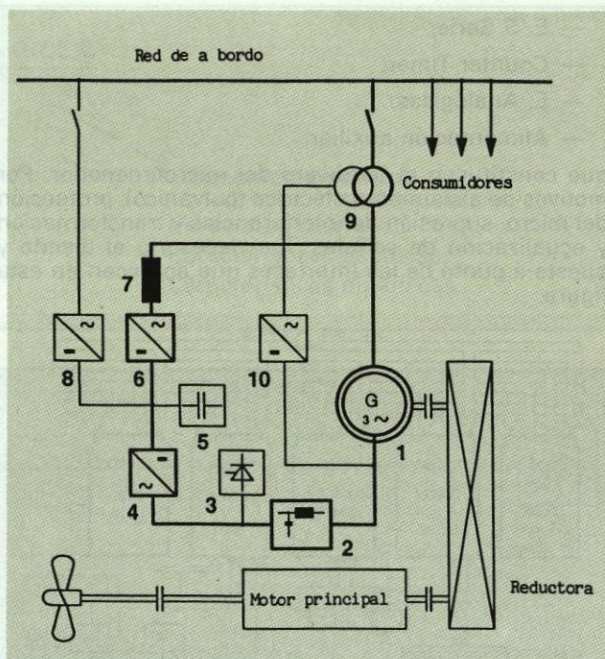


Fig. 10.—Componentes de un sistema FRECON.

- 1) Generador de cola (máquina asíncrona con rotor bobinado).
- 2) Filtro de armónicos.
- 3) Protección contra cortocircuito en el rotor.
- 4) Convertidor del lado de la máquina.
- 5) Condensadores de alisado.
- 6) Convertidor del lado de red.
- 7) Reactancia de red.
- 8) Convertidor de carga del circuito intermedio.
- 9) Transformador de circuito.
- 10) Convertidor de cortocircuito.

plamiento de ambos convertidores y filtraje de la tensión. El ondulador PWM está diseñado con tiristores GTO y genera la tensión y frecuencia necesarias para el rotor, partiendo de la tensión suministrada por el circuito intermedio, representando el elemento de ajuste para la regulación del generador.

El convertidor del lado de red (NSR 1 + NSR 2) está formado por tiristores convencionales, estando conectado a las bornas del estator a través de reactancias de conmutación, siendo el elemento de ajuste para la regulación de la tensión del circuito intermedio. Está constituido por dos puentes de tiristores (NSR 1 como rectificador para servicio subsíncrono y NRS 2 como ondulador para servicio supersíncrono).

La conmutación necesaria durante la transición desde el servicio subsíncrono al supersíncrono o viceversa, se realiza mediante la regulación de la tensión del circuito intermedio.

El generador de cola debe poder soportar también los cortocircuitos de red, pero cuando falla la tensión de red durante el servicio supersíncrono, el ondulador (NSR 2) ya no es controlable. Para este caso se ha previsto un tiristor GTO en el lado de tensión continua del ondulador, que interrumpe la corriente del condensador al ondulador (NSR 2). De este modo, se impide la descarga del condensador del circuito intermedio a través de este ondulador y el disparo de los fusibles. Con ello se logra que la instalación esté preparada para el funcionamiento tras aclarar la causa del cortocircuito.

La tensión de salida generada por el ondulador PWM contiene armónicos además de la onda fundamental  $f_2$ , que son transmitidos al lado del estator del generador. Dichos armónicos se reducen mediante un filtro incor-



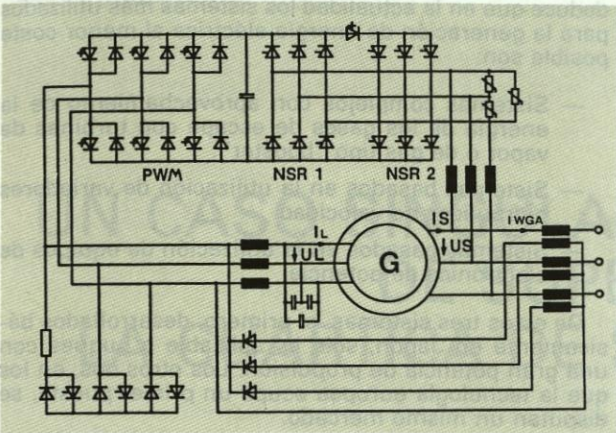


Fig. 11.—Esquema del generador de cola FRECON.

US: Tensión del estator.  
UL: Tensión del rotor.  
IS: Intensidad del estator.  
IL: Intensidad del rotor.  
IWGA: Intensidad del equipo generador de cola.

porado en la salida del convertidor para mantener bajo niveles aceptables la pureza de la tensión del generador.

En el caso de originarse un cortocircuito en la red de a bordo, se produce una elevada corriente de cor-

tocircuito tanto en el lado del estator como en el del rotor del generador. Esta última cargaría el condensador del circuito intermedio a una tensión excesivamente alta a través de los diodos del ondulator PWM. Para evitarlo se ha conectado un troceador trifásico semi-controlado en las bornas de salida del ondulator pulsatorio. Al presentarse un cortocircuito en la red de a bordo, son desconectados sin retardo, en primer lugar, los tiristores GTO del ondulator PWM que conducen en ese momento, y a continuación es conectado el troceador. De este modo se limita a cero la tensión a la salida del convertidor.

Las Sociedades de Clasificación prescriben una corriente de cortocircuito permanente para las plantas generadoras en caso de cortocircuito en la red, que debe ser, como mínimo, el triple de la intensidad nominal de la instalación durante un tiempo determinado (hasta dos segundos). Para satisfacer esta exigencia se ha previsto un transformador de intensidad en el lado del estator del generador, cuyos arrollamientos secundarios están conectados con dos bornas del rotor a través de un rectificador formado por tres tiristores.

El sistema FRECON incorpora un doble sistema de control: en primer lugar, existe un control de las secuencias de funcionamiento, interconexiones y supervisión del sistema basado en un autómata programable de la serie SIMATIC. Este equipo posee un sistema de memoria que almacena el estado de los distintos componentes, facilitando el diagnóstico de averías automatizado.

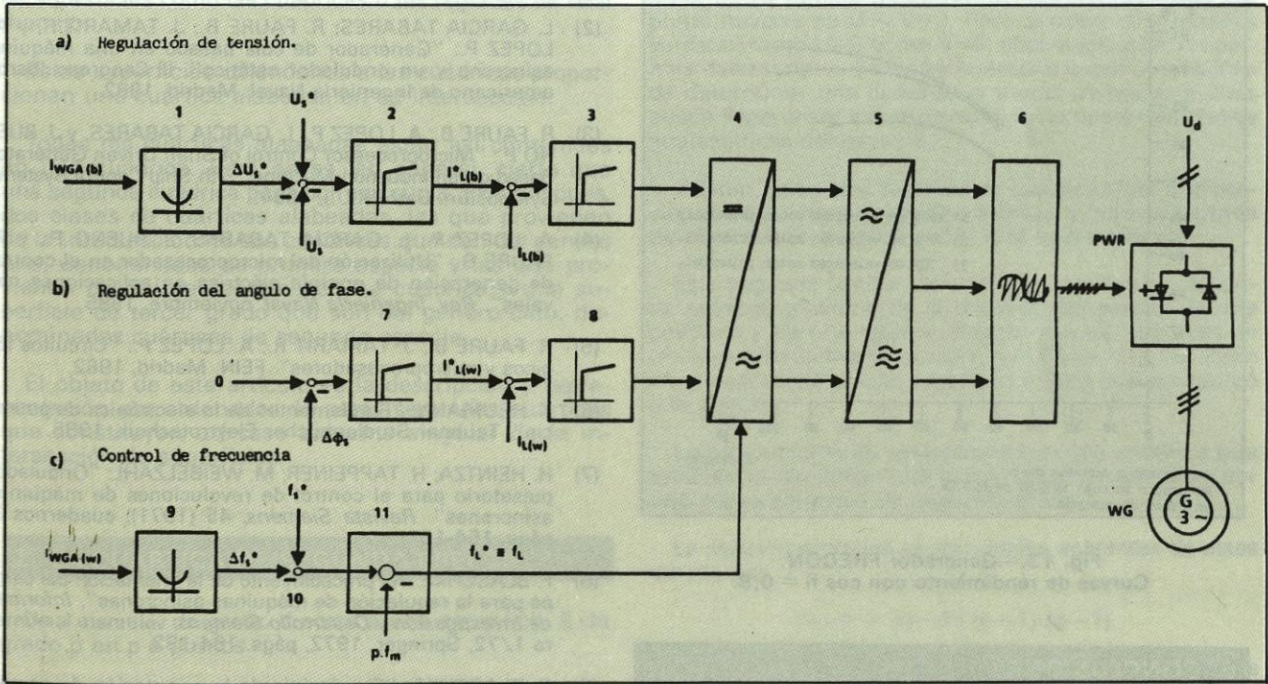


Fig. 12.—Diagrama de bloques de la regulación del generador.

- 1) Módulo de estatismo "Estatismo de corriente reactiva".
- 2) Regulador de tensión.
- 3) Regulador de corriente reactiva del rotor.
- 4) Conversión en magnitudes de alterna bifásicas.
- 5) Conversión en magnitudes de alterna trifásicas.
- 6) Módulo de control.
- 7) Regulador del ángulo de fase.
- 8) Regulador de corriente activa del rotor.
- 9) Módulo de estatismo "Estatismo de corriente activa".
- 10) Punto de adición.
- 11) Cálculo de la frecuencia del rotor.

- \* Valores de referencia.
- PWR Ondulator pulsatorio.
- WG Generador de cola.
- U<sub>d</sub> Tensión del circuito intermedio.
- I<sub>WGA(b)</sub> Corriente del WGA en red.
- I<sub>WGA(w)</sub> Componente de corriente activa/reactiva.
- U<sub>s</sub> Tensión de estator.
- I<sub>L(w)/I<sub>L(b)</sub></sub> Corriente del rotor, componente activa/reactiva.
- Δφ<sub>s</sub> Angulo de fase.
- f<sub>1</sub>/f<sub>2</sub>/f<sub>m</sub> Frecuencia del estator/rotor/de giro.
- Δf<sub>1</sub> Valor de corrección.
- ΔU<sub>s</sub> Valor de corrección.



Por otro lado, el control de la tensión y frecuencia de salida lo realizan una serie de módulos de las series SIMADIN y SIMOVERT. Tal como puede apreciarse en la figura 12, el control de la frecuencia es muy sencillo, de lazo abierto.

Por su parte, el control de tensión se basa en el principio de orientación del campo (8) (9) al permitir el ondulador PWM ajustar con independencia las componentes activas y reactivas de la corriente del rotor.

Gracias a este sistema de control, el equipo presenta una excelente respuesta tanto ante variaciones de las revoluciones como de la carga, permitiendo el acoplamiento permanente en paralelo con otros generadores, el reparto automático de carga en función de las potencias o el reparto de cargas económicamente optimizado con un turboalternador.

Por último, deben mencionarse las dos grandes ventajas de este tipo de generador frente a versiones anteriores:

- Su menor coste inicial, ya que su electrónica de potencia sólo debe dimensionarse para menos del 20 % de la nominal del sistema.
- Su elevado rendimiento para distintas cargas y revoluciones, tal como se aprecia en la figura 13.

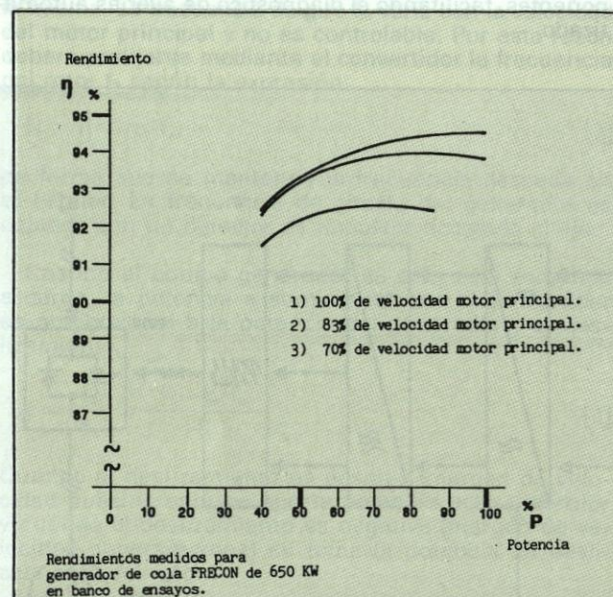


Fig. 13.—Generador FRECON.  
Curvas de rendimiento con  $\cos \phi = 0,8$ .

## 6. CONCLUSIONES

Del análisis efectuado, así como de la observación de las instalaciones de buques con alta tecnología, se

deduce que en la actualidad los sistemas más utilizados para la generación de energía eléctrica al menor coste posible son:

- Sistemas complejos con aprovechamiento de la energía de los gases de escape con turbinas de vapor o de gas tipo "booster".
- Sistemas basados en la utilización de variadores hidráulicos de velocidad.
- Sistemas basados en la utilización de equipos de electrónica de potencia.

De estos tres sistemas, el primero, desarrollados básicamente en Japón, sólo es aplicable a buques con una gran potencia de propulsión. Los otros dos, en los que la tecnología europea ocupa un primer puesto, se disputan un mismo mercado.

Aunque muchos armadores y astilleros prefieren la solución hidráulica a la electrónica por razones diversas, en el futuro se instalarán, cada vez más, sistemas electrónicos basados en la rectificación-ondulación parcial, por razones de coste de instalación, rendimiento, fiabilidad y bajos costos de mantenimiento.

## 7. BIBLIOGRAFIA

- (1) R. FAURE B.; A. LOPEZ P.; L. GARCIA TABARES et al.: "Memoria general generador de cola (GICEN). Proyecto número 532/81 CAICYT". ETSIN. Madrid, 1985.
- (2) L. GARCIA TABARES; R. FAURE B.; J. TAMARIT R. y A. LOPEZ P.: "Generador de cola basado en una máquina asíncrona y un ondulador estático". III Congreso Iberoamericano de Ingeniería Naval. Madrid, 1982.
- (3) R. FAURE B.; A. LOPEZ P.; L. GARCIA TABARES, y J. BUENO P.: "Microprocessor Control of Shaft Driven Generator Based on an Induction Machine". 7th Ship Control Systems Symposium. Bath (R.U.), 1984.
- (4) A. LOPEZ P.; L. GARCIA TABARES; J. BUENO P., y R. FAURE B.: "Utilización del microprocesador en el control de generación de energía eléctrica en aplicaciones navales". *Rev. Ingeniería Naval*, noviembre, 1985.
- (5) R. FAURE B.; J. TAMARIT R.; A. LOPEZ P.: "Circuitos lógicos y microprocesadores". FEIN. Madrid, 1982.
- (6) K. HEUMANN: "Fundamentos de la electrónica de potencia". Taubner-Studienbücher Elektrotechnik, 1985.
- (7) H. HEINTZA; H. TAPPEINER; M. WEIBELZAHN: "Ondulador pulsatorio para el control de revoluciones de máquinas asíncronas". *Revista Siemens*, 45 (1971), cuadernos 3, págs. 154-161.
- (8) F. BLASCHKE: "El procedimiento de la orientación del campo para la regulación de máquinas asíncronas". *Informes de Investigación y Desarrollo Siemens*, volumen 1, número 1/72, Springer, 1972, págs. 184-193.
- (9) F. BLASCHKE: "El principio de la orientación de campo como aplicación al nuevo sistema de control TRANSVEKTOR® para máquinas de campo rotativo". *Revista Siemens*, 39 (1972), págs. 217 a 223.



# UN CASO SINGULAR DE INTERSECCION DE SUPERFICIES: LA CUARTICA DE SEGUNDA ESPECIE

Por Víctor Villoria San Miguel  
Dr. Ing. Naval

## 1. INTRODUCCION

Las obras constructivas compuestas de enorme variedad de formas no emplean, salvo muy raras excepciones, una única superficie geométrica, aun tratándose de superficies como las cuádricas o las regladas de fácil manejo.

Estas superficies ciñéndonos a las cuádricas proporcionan una cuártica alabeada en su intersección.

Todas las cuárticas alabeadas están así contenidas en una cuádrica. Pero no es, en general, cierto que una segunda cuádrica pase por esa curva. Existen, pues, dos clases de cuárticas alabeadas, las que provienen de la intersección de dos cuádricas que son del género uno, denominadas de primera especie y las que provienen de la intersección de una cuádrica y una superficie de tercer grado que son del género cero, denominadas cuárticas de segunda especie.

El objeto de este artículo es la descripción y representación por ordenador de estas segundas cuárticas que constituyen un caso bastante singular de la intersección de superficies.

## 2. LA CUARTICA DE SEGUNDA ESPECIE

Una curva  $C$  de grado  $d$  corta a una superficie  $S$  de grado  $p$  en  $p \cdot d$  puntos.

Supongamos que sobre esa curva tomamos tantos puntos como sean necesarios para determinar la superficie  $S$ . Si ese número de puntos lo hacemos mayor que  $p \cdot d$ , la superficie que pasa por esos puntos debe contener a la curva  $C$ .

Todas las cuárticas alabeadas están contenidas en una cuádrica. Pues la cuádrica determinada por nueve puntos de la curva (uno más que el número de intersecciones de la cuártica con una cuádrica), debe contener a la curva. Pero, sin embargo, no es generalmente cierto que una segunda cuádrica pase por esa curva. En efecto, si  $U$  y  $V$  representan dos cuádricas,  $U + \lambda V$  representa una cuádrica que pasa por la curva intersección de  $U$  y  $V$  y si  $\lambda$  es indeterminado representa una serie de cuádricas que tienen en común una curva

de intersección. Como una cuádrica está determinada por nueve puntos  $U + \lambda V$  es la ecuación más general de una cuádrica que pasa por ocho puntos, determinándose  $\lambda$  de manera que la superficie pase por cualquier punto del espacio. Si  $U$  y  $V$  son dos cuádricas que pasan por ocho puntos, determinaremos otra cuádrica de la familia sustituyendo las coordenadas del punto noveno en  $U + \lambda V = 0$ . Pero si estas coordenadas verifican tanto  $U=0$  como  $V=0$ , esta sustitución no permite determinar  $\lambda$ . Es evidente entonces que el problema de determinar una cuádrica a través de nueve puntos puede llegar a ser indeterminado, si no utilizamos puntos cualesquiera del espacio.

Existen, pues, dos familias de cuárticas, las que provienen de la intersección de cuádricas y las que a través de ellas puede hacerse pasar una sola cuádrica.

Esta segunda familia, denominada cuártica de segunda especie, proviene de la intersección parcial de una cuádrica y de una cúbica. Hagamos pasar a través de trece puntos sobre la curva y otros seis que no estén en el mismo plano una superficie cúbica que contendrá a la curva.

La intersección de esta cúbica con una cuádrica que también la contenga está formada por la cuártica y por una curva adicional de segundo grado.

La relación entre los puntos dobles aparentes de estas curvas son:

$$h - h' = (d - d')(p - 1)(q - 1)$$

siendo  $d$   $d'$  los grados de las curvas, y  $p$  y  $q$  los grados de las superficies.

Por tanto  $h - h' = 2$ . Cuando la curva de segundo grado es plana  $h' = 0$  y  $h = 2$ , obteniéndose como intersección de las superficies una cuártica de primera especie.

Pero si las superficies cuádrica y cúbica tienen dos rectas comunes que se cruzan, estas rectas forman un sistema con el punto de vista que tiene un punto doble aparente, pues siempre puede trazarse a través de un punto una recta que se apoye en dos que se cruzan. Entonces  $h = 3$  teniendo, pues, la cuártica de segunda especie tres puntos dobles aparentes, y siendo de características en ciertos puntos comparables a la curva de intersección de dos cuádricas tangentes en un punto.



En ambas curvas el cono que las proyecta desde un punto exterior tiene tres generatrices dobles, viniendo una de ellas en el último caso de un punto doble de la curva, mientras que en el otro todos son procedentes de puntos dobles aparentes.

Se puede demostrar que estas cuárticas de segunda especie cortan a las generatrices de la cuádrica que la contiene que son del mismo sistema de las rectas comunes con la cúbica en tres puntos y sólo en un punto a las generatrices de la cuádrica del otro sistema.

La cuádrica puede considerarse como el lugar geométrico de los puntos a través de los cuales puedo trazar rectas que cortan en tres puntos a la curva.

El cono que proyecta la curva desde uno de sus puntos S es un cono cúbico que tiene una generatriz doble, siendo esta generatriz de las dos que pasan por S aquella que corta a la cuártica en tres puntos, uno de los cuales es S precisamente. La proyección de este cono sobre un plano cualquiera es una cúbica con un punto doble.

Mientras que en una cuártica de primera especie como cada generatriz de cualquiera de los sistemas de las cuádricas que pasan por la cuártica la cortan siempre en sólo dos puntos, proyectando la de primera especie desde uno de sus puntos se obtiene una cúbica sin punto doble.

Puede obtenerse, pues, una cuártica de segunda especie como la intersección de una cuádrica con un cono de tercer grado que tenga una de las generatrices de la cuádrica como generatriz doble. Posteriormente veremos otras formas de definición de esta curva.

### 3 DESARROLLABLE CIRCUNSCRITA A LA CUARTICA DE SEGUNDA ESPECIE

Consideramos la siguiente ecuación de un plano

$$P = at^4 + 4bt^3 + 4ct + d = 0,$$

donde a, b, c, d son ecuaciones de planos en x, y, z y t es un parámetro variable. Esta familia de planos engendra una desarrollable cuya ecuación es:

$$at^3 + 3bt^2 + c = 0 \quad [1]$$

$$bt^3 + 3ct + d = 0$$

La eliminante E de Bezout del siguiente sistema

$$at^3 + bt^2 + ct + d = 0 \quad \text{es}$$

$$a't^3 + b't^2 + c't + d' = 0$$

$$E = \begin{vmatrix} (ab') & (ac') & (ad') \\ (ac') & (ad') + (bc') & (bd') \\ (ad') & (bd') & (cd') \end{vmatrix} = 0$$

donde  $(ab') = ab' - a'b$  y similares que desarrollado para el sistema [1] es:

$$-(ad-bc)^3 + 9b^2c^2ad + 9bca^2d^2 + 63b^3c^3 + 27(a^2c^4 + b^4d^2) = 0$$

que simplificando queda:

$$(ad-4bc)^3 = 27(ac^2 + b^2d)^2$$

superficie de sexto grado.

La arista de retroceso viene dada por el sistema:

$$at^2 + 2bt = 0$$

$$bt^2 + c = 0 \quad \text{o de su equivalente:}$$

$$2ct + d = 0$$

$$at + 2b = 0 \quad t = -\frac{2b}{a}$$

$$bt^2 + c = 0 \quad \text{de donde}$$

$$2ct + d = 0 \quad t = -\frac{d}{2c}$$

$$\text{De [2] y [3] deduzco } db^2 + ac^2 = 0 \quad [5]$$

$$\text{De [2] y [4] deduzco } ad - 4bc = 0 \quad [6]$$

La arista de retroceso es, pues, la intersección de la superficie cúbica [5] con la cuádrica [6] que tienen además comunes las rectas ab y cd, que son dos rectas dobles de la desarrollable.

Las ecuaciones [2], [3] y [4] proporcionan las ecuaciones paramétricas de la curva si sustituimos

$$a = a_1x + a_2y + a_3z + a_4$$

$$b = b_1x + b_2y + b_3z + b_4$$

$$c = c_1x + c_2y + c_3z + c_4$$

$$d = d_1x + d_2y + d_3z + d_4$$

despejando finalmente xyz:

$$x = \frac{X_1t^4 + X_2t^3 + X_3t^2 + X_4t + X_5}{D_1t^4 + D_2t^3 + D_3t^2 + D_4t + D_5}$$

y análogas para y, z con el mismo denominador que x y sustituyendo  $Y_1, Z_1$  por  $X_1$  y análogas.

Resulta, pues, que la cuártica de segunda especie es una curva que se representa racionalmente por un parámetro t como debía suceder al ser una curva unicursal que tiene el máximo de puntos dobles aparentes.

— Esta curva sólo puede tener un punto doble espacial, porque si tuviese dos, el plano que pasara por esos dos y otro punto de la curva encontraría a ésta en cinco puntos, cuando sólo la puede encontrar en cuatro.

— Si la curva tiene un punto doble no existen cuerdas de la cuártica que sean triples, pues el plano que pasara por esa secante triple y el punto doble encontraría a la curva también en cinco puntos.

— Por otra parte, la recta que pasa por el punto doble y por otro punto de la curva puede ser considerada como una secante triple singular y el lugar geométrico de estas secantes es el cono cuyo vértice es el punto doble y cuya directriz es la curva.

— Así pues, cuando la cuártica tiene un punto doble las cuerdas de la curva son bisecantes y puede obtenerse, como ya hemos visto, como intersección de dos cuádricas que sean tangentes precisamente en el punto doble de la curva.

— Pueden estudiarse más particularidades de la cuártica recurriendo a sus ecuaciones paramétricas, aunque esto alargaría en exceso este estudio.

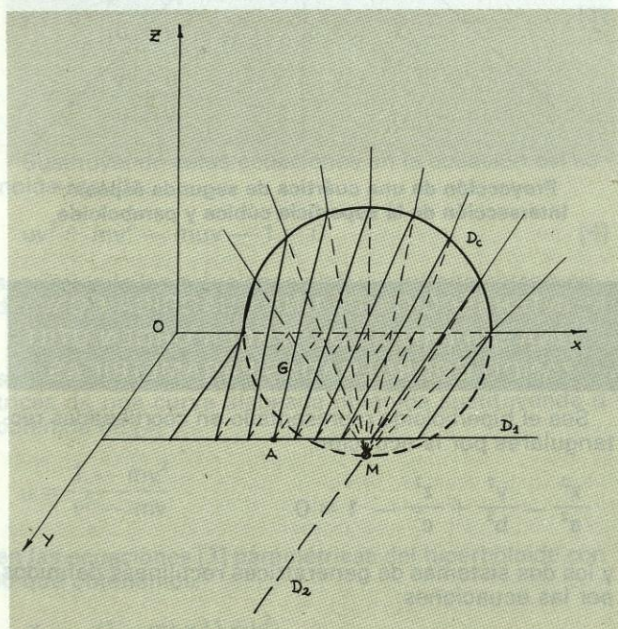


#### 4 LA CUARTICA DE SEGUNDA ESPECIE. COMO INTERSECCION DE UNA REGLADA CUBICA Y DE UNA CUADRICA

##### A) La reglada cúbica

Es una superficie de tercer grado compuesta por las rectas que se apoyan en dos rectas propias y en una directriz circular.

La proyección ortogonal de una directriz recta es un diámetro de la circunferencia. La segunda directriz recta  $D_2$  está situada en un plano perpendicular a la otra directriz recta  $D_1$ , de manera que su proyección sobre el plano de la directriz circular es un punto  $M$  de esta circunferencia.



La reglada cúbica

Por tanto la directriz recta  $D_2$  corta o se apoya en esta circunferencia. Debido a esta circunstancia todas las rectas que pasan por  $M$  y se apoyan en la otra directriz  $D_1$  forman un plano que es parte de la superficie, siendo además el plano tangente a la misma en cada uno de sus puntos.

Para determinar rectas de la superficie se trazan planos genéricos pasando por  $D_2$  y se hallan los puntos de intersección de cada uno de estos planos con  $D_1$  y con la circunferencia directriz.

Una de las hojas de la superficie, precisamente la que tiene generatrices que se apoyan en el semicírculo opuesto, es una especie de conoide, pero sólo naturalmente por el parecido, ya que la superficie no es un conoide.

Si consideramos un trozo de superficie situado entre dos generatrices no muy alejadas entre sí y la limitamos a la zona de las directrices, resulta un cuadrilátero alabeado formado por las dos generatrices, un trozo de directriz recta y un arco circular de la directriz circunferencia, es decir, un cuadrilátero alabeado uno de cuyos lados es curvo siendo los otros tres rectos.

Una banda de superficie cúbica puede cubrir un contorno como el mencionado.

Para hallar las ecuaciones analíticas de la superficie sean la circunferencia directriz la de ecuación

$$D_c = x^2 + y^2 = a^2; z = 0$$

y las directrices rectas:

$$D_1 \equiv z = b; y = 0$$

$$D_2 \equiv y = a; x = 0$$

En general, en una reglada de grado  $p$  es evidente que cualquier plano trazado a través de una generatriz corta a la superficie en esa generatriz y en una curva de grado  $(p-1)$  que a su vez corta a esa generatriz en  $p-1$  puntos. Cada uno de estos puntos es un doble punto de la curva de la sección, aunque sólo uno de ellos es el de contacto de ese plano tangente con la superficie. Los otros  $p-2$  puntos son fijos en la generatriz no variando cuando el plano trazado por ella varía. Son puntos donde esta generatriz corta a otras generatrices no consecutivas y son puntos de una doble curva de la superficie. Así pues una superficie reglada tiene, en general, una curva doble que corta a cada generatriz en  $p-2$  puntos.

Una superficie reglada tiene una curva doble aunque esta curva no es cuspidal como sucede en las desarrolables y la sección por cualquier plano será una curva con puntos dobles pero no cúspides.

Pues bien, la reglada cúbica tiene como curva doble una recta, precisamente la directriz que corta a la circunferencia directriz.

Tracemos planos  $P$  genéricos por esta directriz  $D_2$ :

$$P \equiv y - a + tx = 0$$

La intersección de  $P$  con  $D_1$  da el punto  $A \left( \frac{a}{t}, 0, b \right)$ .

Una generatriz  $G$  cualquiera de la superficie es pues:

$$\frac{x - \frac{a}{t}}{\frac{a}{t}} = \frac{z - b}{u - b} = \frac{y}{a}$$

y se apoya en  $A$  y en un punto cualquiera  $B(0, a, u)$  situado en  $D_2$ .

La intersección de  $G$  con  $z = 0$  es:

$$x = \frac{ab}{t(u-b)} + \frac{a}{t}; \quad y = \frac{-ab}{u-b}$$

Obligando a que este punto  $C$  esté situado sobre la circunferencia  $D_c$  resulta:

$$t^2 = \frac{u}{u-2b} \quad \text{ó bien} \quad u = \frac{2bt^2}{t^2-1}$$

Las coordenadas de  $C$  son según esta relación:

$$C \left( \frac{2ta}{1+t^2}, \frac{a(1-t^2)}{1+t^2}, 0 \right)$$

y la recta  $G$  ó  $ABC$  es:

$$\frac{x - \frac{a}{t}}{\frac{a(t^2-1)}{t(1+t^2)}} = \frac{z-b}{-b} = \frac{y}{\frac{a(1-t^2)}{1+t^2}} \quad [1]$$



$$y = \frac{a(z-b)(t^2-1)}{b(1+t^2)} \quad [2]$$

$$\text{siendo además } y = a - tx \quad [3]$$

Eliminando  $t$  entre [2] y [3] resulta como ecuación de la superficie:

$$by|x^2 + (y-a)^2| = a(z-b)|(y-a)^2 - x^2| \quad [4]$$

en la que se puede apreciar efectivamente que la recta  $y=a; x=0$  es una generatriz doble.

### B) Paraboloide hiperbólico

Consideremos ahora un paraboloide reglado de planos directores,  $z=0$  y  $y=0$ , que contiene las rectas:

$$D \equiv x=0; z-b=0$$

$$D_2 \equiv x=0; y-a=0$$

siendo  $D_2$  la generatriz doble de la reglada cúbica y cortándose  $D$  y  $D_2$ .

La ecuación general de las cuádricas que contienen  $D$  y  $D_2$  es:

$$(z-b)(y-a) + x(mx+ny+lz+d) = 0$$

siendo  $m, n, l, d$  parámetros, que calcularemos seguidamente:

- 1) Por contener la generatriz impropia  $z=0; t=0$  resulta que:

$$mx + ny = 0 \quad \text{de donde } m=0; n=0$$

$$t=0$$

- 2) Por contener la generatriz impropia  $y=0; t=0$  resulta que:

$$mx + lz = 0 \quad \text{de donde } m=0; l=0$$

$$t=0$$

Así pues, el paraboloide buscado es:

$(z-b)(y-a) + dx = 0$ . Puede obligarse a que contenga un punto adicional, por ejemplo, el  $(2a, 0, 0)$  con lo cual  $d = \frac{-b}{2}$  siendo así paraboloide:

$$2(z-b)(y-a) - bx = 0 \quad [5]$$

### C) Intersección de las dos superficies

Tracemos planos  $P$  que pasan por la generatriz doble de la reglada cúbica;  $P=y=a-tx$ .

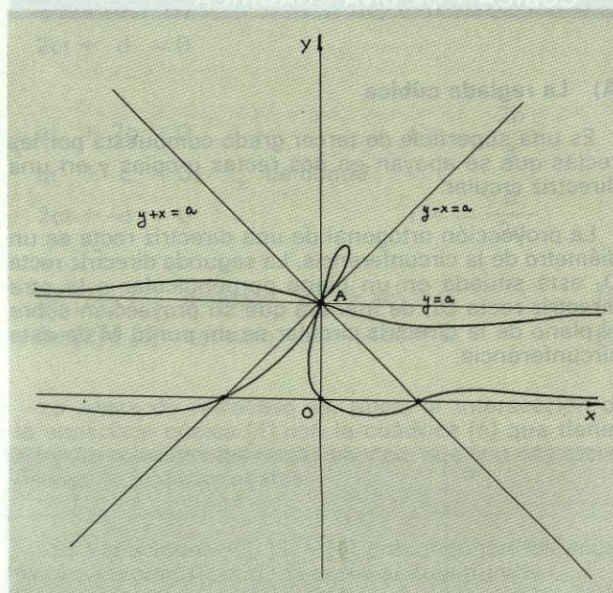
La intersección de  $P$  con el paraboloide [5] proporciona  $z = \frac{2bt-b}{2t}$  generatriz del paraboloide que se encuentra contenida en el plano  $P$ . La generatriz [1] de la reglada cúbica también está en  $P$ . Así pues, dentro del plano  $P$  se busca la intersección de las generatrices de las dos superficies, resultando:

$$y = \frac{a(1-t^2)}{2t(1+t^2)}$$

$$x = \frac{a-y}{t} = \frac{2t^3a+at^2+2at-a}{2t^2(1+t^2)} \quad [6]$$

$$z = \frac{2tb-b}{2t}$$

Las ecuaciones [6] son las de la cuártica de segunda especie, teniendo esta curva proyectada sobre el plano XOY un punto triple en el  $y=a; x=0$ .



Proyección de una cuártica de segunda especie: Intersección de la superficie cúbica y paraboloide.

### 5 INTERSECCION DE UNA CUADRICA CON UNA SUPERFICIE DE TERCER ORDEN UTILIZANDO COORDENADAS PARAMETRICAS

Sea el hiperboloide representado en coordenadas rectangulares por la ecuación

$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} - 1 = 0$$

y los dos sistemas de generatrices rectilíneas definidos por las ecuaciones:

$$\frac{x}{a} - \frac{y}{b} = u \left( 1 + \frac{z}{c} \right) \quad [1]$$

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = \frac{1}{u} \left( 1 - \frac{z}{c} \right)$$

$$\frac{x}{a} - \frac{y}{b} = v \left( 1 - \frac{z}{c} \right) \quad [2]$$

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = \frac{1}{v} \left( 1 + \frac{z}{c} \right)$$

A cada sistema de valores dados a los parámetros  $u$  y  $v$  corresponde un punto del hiperboloide intersección de las generatrices [1] y [2].

Recíprocamente a cada punto del hiperboloide, corresponde un sistema de valores para  $u$  y  $v$ .

Por otro lado, consideremos una superficie de tercer orden tal como el conjunto de conoides representados por la ecuación:

$$z = \frac{2abctxy}{(1+m)b^2x^2 + (1-m)a^2y^2}$$

en la cual  $m$  es un parámetro.



Ambas superficies tienen dos generatrices comunes correspondientes a los valores  $u=0$  y  $u=\infty$ .

La intersección de una superficie de segundo orden con otra de tercero, que es de sexto orden, puede desdoblarse en una cuártica alabeada y una cónica degenerada o dos rectas, estando esta cuártica contenida en una sola superficie de segundo orden que pase por ella, diciéndose entonces que es una cuártica de segunda especie.

Este es el caso que nos ocupa al tener las dos superficies dos generatrices comunes del mismo sistema del hiperboloide.

Las ecuaciones paramétricas del hiperboloide son despejando en [1] y [2] xyz en función de u y v:

$$\begin{aligned} x &= a \frac{1 + uv}{u + v} \\ y &= b \frac{1 - uv}{u + v} \\ z &= c \frac{v - u}{u + v} \end{aligned}$$

[3]

Sustituyendo estas ecuaciones en la ecuación del conoide resulta:

$$uv^3 + mv^2 - muv - 1 = 0$$

[4]

suprimiendo las soluciones  $u=0$  y  $u$  infinito correspondientes a las generatrices comunes.

Por tanto para  $m^2-1 \neq 0$  la intersección de las dos superficies se compone además de estos dos generatrices de una curva alabeada obtenida sustituyendo u obtenida de [4]:

$$u = \frac{1 - mv^2}{v^3 - mv}$$

en las ecuaciones [3] paramétricas del hiperboloide con lo que obtenemos:

$$\begin{aligned} \frac{x}{a} &= \frac{(1-m)v(1+v^2)}{v^4-2mv^2+1} \\ \frac{y}{b} &= \frac{(1+m)v(v^2-1)}{v^4-2mv^2+1} \\ \frac{z}{c} &= \frac{v^4-1}{v^4-2mv^2+1} \end{aligned}$$

que es una cuártica C alabeada unicursal o cuártica de segunda especie.

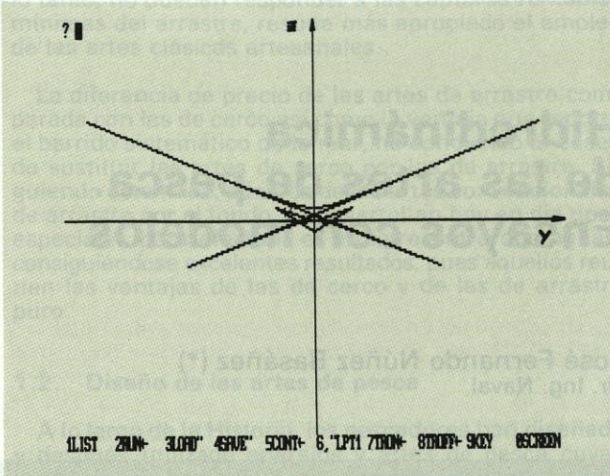
Como la relación [4] es de primer grado con relación a u y de tercero con relación a v la curva C encuentra en los siguientes puntos de las generatrices del hiperboloide:

- La generatriz del sistema [1] que pasa por el punto uv de la superficie tiene la ecuación  $u=u_0$  y encuentra en tres puntos a la curva C cuyas v son raíces de la ecuación [4].
- La generatriz del sistema [2] que pasa por el punto uv de la superficie tiene la ecuación  $v=v_0$  y encuentra en un punto a la curva C cuya u es la única raíz que tiene la ecuación [4] al hacer v constante.

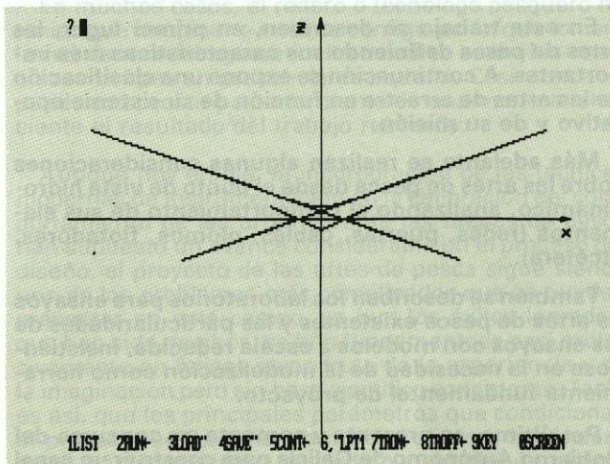
Así pues, como resumen, son las generatrices del mismo sistema del hiperboloide a la que pertenecen

las dos generatrices que son comunes a las dos superficies las que cortan a la curva C en tres puntos, mientras que las del otro sistema sólo la cortan en un punto.

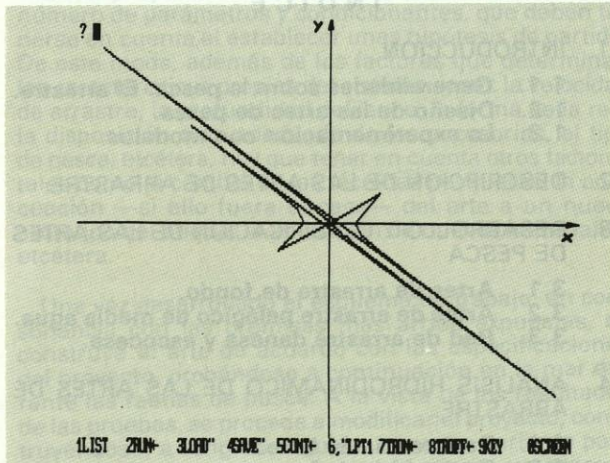
Se adjuntan proyecciones de esta cuártica unicursal obtenidas por ordenador.



Proyecciones de una cuártica intersección de un hiperboloide y un conoide.



Proyecciones de una cuártica intersección de un hiperboloide y un conoide.



Proyecciones de la cuártica intersección de un hiperboloide y un conoide.

(Pasa a la pág. 82.)

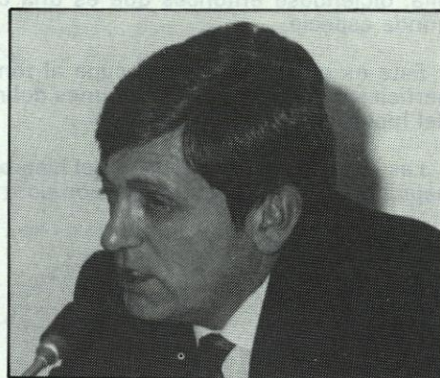


# XXVII SESIONES TECNICAS DE INGENIERIA NAVAL

Vigo, 26 y 27 de noviembre de 1987

## Hidrodinámica de las artes de pesca. Ensayos con modelos

José Fernando Núñez Basáñez (\*)  
Dr. Ing. Naval



### RESUMEN

En este trabajo se describen, en primer lugar, las artes de pesca definiendo sus características más importantes. A continuación se expone una clasificación de las artes de arrastre en función de su sistema operativo y de su misión.

Más adelante se realizan algunas consideraciones sobre las artes de pesca desde el punto de vista hidrodinámico, analizando el comportamiento de sus elementos (redes, puertas, cables, plomos, flotadores, etcétera).

También se describen los laboratorios para ensayos de artes de pesca existentes y las particularidades de los ensayos con modelos a escala reducida, insistiéndose en la necesidad de la modelización como herramienta fundamental de proyecto.

Por último, se presenta y comenta un concurso del Gobierno Autónomo de Galicia para construir un canal de redes en Vigo.

### INDICE

1. INTRODUCCION.
  - 1.1. Generalidades sobre la pesca. El arrastre.
  - 1.2. Diseño de las artes de pesca.
  - 1.3. La experimentación con modelos.
2. DESCRIPCION DE LAS ARTES DE ARRASTRE.
3. DESARROLLO Y CLASIFICACION DE LAS ARTES DE PESCA
  - 3.1. Artes de arrastre de fondo.
  - 3.2. Artes de arrastre pelágico de media agua.
  - 3.3. Red de arrastre danesa y escocesa.
4. ANALISIS HIDRODINAMICO DE LAS ARTES DE ARRASTRE.
  - 4.1. Resistencia de la red.
  - 4.2. Resistencia de las puertas.
  - 4.3. Resistencia de cables y malletas.

### SUMMARY

Firts of all, in this paper, the fishing gear are described in a detailed way, defining its main particulars. A clasification of the fishing gear is made continuedly, according to its mission and operative system.

The paper present futhermore, some consideration about the fishing gear from the hydrodinamycal point of view, analyzing the behaviour of its components (nets, otter boards, weights, floats, ropes, etc.).

Flume tank and its tests with scale models are also described, emphasizing the need of modelling as a fundamental design tool.

As last, a proposal to build a Flume Tank in Galicia is showed.

- 4.4. Resistencia de flotadores y lastres.
- 4.5. Fuerzas generadas por el pez.

5. SIMILITUD MECANICA DE LAS ARTES DE PESCA.
6. REGLAS PRACTICAS EN EXPERIMENTACION CON MODELOS.
7. EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION.
8. LOS LABORATORIOS DE ARTES DE PESCA EN EL MUNDO.
  - 8.1. Instituto de Pesca de Boulogne. Francia.
  - 8.2. Canal de Loraine. Francia.
  - 8.3. Uroko. Japón.
  - 8.4. Fisheries Training Centre and Flume Tank of Hull. Reino Unido.
  - 8.5. Danish Fisheries Technology Institute's Flume Tank of Hitshals. Dinamarca.
  - 8.6. Análisis comparativo de las diferentes instalaciones.

(\*) Profesor Titular de Proyectos (ETSIN - UPM).



9. ALGUNAS IDEAS SOBRE EL DISEÑO OPTIMO DE UN CANAL PARA ENSAYOS DE ARTES DE PESCA.
10. CREACION DE UN LABORATORIO DE ARTES DE PESCA EN GALICIA.
11. CONCLUSIONES.
12. BIBLIOGRAFIA.

## 1. INTRODUCCION

### 1.1. Generalidades sobre la pesca. El arrastre.

Los orígenes de la pesca se remontan a los orígenes de la humanidad y la moderna e importante pesca de altura no es otra cosa que la versión industrial de una actividad ejercida, en líneas generales, de una manera semejante a como se hacía tres mil años atrás.

Si bien los objetivos actuales coinciden con los del hombre neolítico, las actividades pesqueras se han modificado habiendo pasado de ser una labor primitiva, practicada a modo artesanal, a convertirse hoy en día en una actividad industrial en la que los esfuerzos del hombre se aúnan para obtener el máximo provecho en beneficio de todos.

A pesar de las variaciones sustanciales experimentadas, la pesca no ha progresado de la misma manera en todo el mundo. Así, los países más industrializados son los que más han avanzado en este sentido: Japón, Estados Unidos y algunos países europeos, entre los que se encuentra España, marchan a la cabeza en la explotación de los recursos del mar. Por el contrario, muchos países en vías de desarrollo, conservan todavía tipos de pesca primitivos en su forma de trabajar y rudimentarios en su organización.

Por otra parte, la actividad pesquera se ha visto en la necesidad, a lo largo del tiempo, de irse adaptando a los peces que debían capturarse, teniendo en cuenta sus características particulares y modo de vida específico. Valga como ejemplo señalar que hay especies difícilmente capturables con anzuelos, pues rara vez pican el cebo, en estos casos, es necesario adoptar otras modalidades pesqueras como puede ser el *arrastre* o el *cerco*.

Parece claro que de todos los tipos de pesca que se ejercen en la actualidad, el más importante en cuanto a volumen de capturas y en cuanto a rentabilidades es, sin lugar a dudas, el arrastre. (En España, el 55 por 100 del total de las capturas se deben al arrastre). Con esta modalidad, en general muy evolucionada, se captura el pez *activamente*, yendo a buscarlo donde se encuentre, al contrario que la mayoría de las artes de pesca más antiguas que realizan sus capturas *pasivamente*, esperando que los peces se enreden o enganchen por sí solos. Por todo ello, las artes de arrastre han sido apreciadas desde antiguo por los pescadores pues, aún remolcadas por las primeras parejas de vela, a cada salida proporcionaban pescado, contrariamente a otros tipos de pesca que dependían más de las circunstancias externas. La razón de esta preferencia estriba en que, el arte de arrastre, al barrer sistemáticamente la mar en extensiones bastante considerables, tiene más facilidad para encontrar un banco de peces que cualquier otro arte.

Las artes de arrastre de grandes dimensiones, son bastante más baratas que sus equivalentes de cerco y, aunque los arrastreros son grandes embarcaciones y por tanto onerosas, la pesca de arrastre resulta rentable si se explotan caladeros suficientemente ricos. Cabe

decir que el arrastre, como todos los procedimientos de *pesca intensiva*, resulta remunerador sólo cuando la mar es capaz de responder a sus exigencias. En la actualidad, el arrastre puede proporcionar más cantidad de pescado de fondo —generalmente de más valor que otras especies pelágicas— que cualquier otro arte. Sólo en mares pobres o excesivamente explotados y que, por lo tanto, no pueden responder a las capturas rentables mínimas del arrastre, resulta más apropiado el empleo de las artes clásicas artesanales.

La diferencia de precio de las artes de arrastre comparada con las de cerco así como la ventaja que reporta el barrido sistemático de la mar, ha conducido al deseo de sustituir las artes de cerco por las de arrastre. Siguiendo esta línea, además de las artes convencionales de arrastre por el fondo, se desarrollan hoy en día tipos especiales para efectuar el arrastre entre dos aguas, consiguiéndose excelentes resultados, pues aquellos reúnen las ventajas de las de cerco y de las de arrastre puro.

### 1.2. Diseño de las artes de pesca

A lo largo de la Historia, los pescadores han diseñado y después utilizado aparejos y artes de pesca cuyas prestaciones han resultado sorprendentemente altas, habida cuenta de las dificultades y escasez de medios que, generalmente, han tenido que superar.

En muchos casos, el redero o tecnólogo pesquero ha tenido que imaginar o intuir la configuración que tomará la red dentro del agua e incluso cuáles serán las reacciones del pez en presencia de aquella. Casi nunca se puede comprobar posteriormente de una manera fehaciente el resultado del trabajo realizado.

Aunque hoy en día, la incorporación de las técnicas modernas de instrumentación en la calibración del comportamiento de las artes durante las faenas de pesca han supuesto un avance considerable en el proceso del diseño, el proyecto de las artes de pesca sigue siendo uno de los problemas más complicados que se pueden presentar en este campo, ya que los éxitos logrados, que han sido muchos, se han fundamentado casi exclusivamente en felices ideas fruto de la experiencia y de la imaginación pero sin base científica consistente. Tanto es así, que los principales parámetros que condicionan el proyecto se fijan normalmente, a priori, basándose en la opinión subjetiva del redero y sin ningún cálculo previo.

En el proyecto de las artes de pesca, existen gran número de parámetros y condicionantes, que deben tenerse en cuenta al establecer unas hipótesis de partida. De este modo, además de los factores que determinan las características propias del sistema como: la velocidad de arrastre, la profundidad del lance, la forma de la red, la disposición más adecuada de los accesorios, el tipo de pesca, etcétera, hay que tener en cuenta otros factores tales como el cambio de las técnicas pesqueras, la adecuación —si ello fuera el caso— del arte a un nuevo prototipo del buque, la aplicación de nuevos materiales, etcétera.

Una vez desarrollado el esquema de trabajo, en consonancia con las premisas más arriba expuestas, se construye el arte de acuerdo con las especificaciones del proyecto, probándose a continuación en la mar durante las faenas de pesca. A la vista de los resultados de las pruebas, se procede a modificar el proyecto, construyéndose, a renglón seguido, la nueva variante para ser probada otra vez en el mar. Mediante un proceso interactivo de aproximaciones sucesivas (el número de las cuales depende de la experiencia del constructor), seguidas de las correspondientes pruebas del mar, se consigue llegar a una configuración del arte, cuyas pres-



taciones son, más o menos, las que, a priori, se fijaron en las condiciones del proyecto.

Mediante este procedimiento, se pueden necesitar, en algunos casos, varios años para proyectar y desarrollar un nuevo arte de pesca sin que, a veces, se consigan completamente los objetivos originales. Por otra parte, se pueden causar, además, grandes trastornos en la explotación integral de las nuevas unidades a causa del tiempo empleado en realizar las distintas pruebas aproximativas, amén del coste que ello supone.

El proceso del diseño y fabricación de los equipos de pesca en nuestro país sigue, en líneas generales, la mecánica expuesta más arriba, lo que ha traído consigo que el desarrollo de las artes en España haya sido, hasta el presente, un proceso evolutivo lento, antieconómico y, en la mayoría de los casos, incoherente.

Algunos armadores, conscientes de esta precaria situación y preocupados por la fuerte competencia que les presentan las embarcaciones de otros países (Japón, Corea, URSS, etc.), en caladeros que, hasta hace poco, eran considerados por los buques españoles casi de propiedad privada, se han dirigido repetidamente a la Administración pesquera en demanda de asistencia técnica y apoyo a sus propias iniciativas. Hasta el presente, si se exceptúan los planes de subvenciones para sustituir equipos viejos, la mayor parte de estas gestiones se han visto abocadas al fracaso. En el caso particular de las artes de pesca, se han solicitado reiteradamente, sobre todo en Galicia, la construcción y puesta a punto de un laboratorio para ensayo de redes a escala reducida para evitar la sangría que supone la importación de tecnología y equipos extranjeros, además del correspondiente gravamen para nuestra balanza de pagos. Todo parece indicar que este problema está en vías de pronta solución.

### 1.3. La experimentación con modelos

La técnica de experimentación con modelos a escala reducida, que normalmente se utiliza como herramienta imprescindible en el estudio de los elementos hidrodinámicos de un buque, puede aplicarse sin mayor problema a las artes de pesca. Evidentemente, la realización de los ensayos no será aplicable al mundo de la realidad si no se observan ciertas leyes, al igual que en el campo de la hidrodinámica naval, que dependen en su mayor parte de la naturaleza del flujo.

La analogía entre el movimiento del arte a tamaño real dentro del agua de mar y el movimiento del modelo dentro de su fluido, nos debe permitir pensar, a priori, que se pueden sacar enseñanzas valiosas en la experimentación con modelos a escala reducida. Los resultados de las medidas experimentales establecidas sobre el modelo son transferibles a tamaño real si, como ya se ha mencionado más arriba, los parámetros y coeficientes que definen tanto el modelo como el artefacto real, satisfacen un cierto número de relaciones que se conocen con el nombre de *Leyes de Similitud Mecánica*.

El empleo de los modelos físicos supone una serie de ventajas que se enuncian brevemente a continuación:

- Durante la observación del modelo de la red y de sus accesorios se pueden determinar las particularidades de funcionamiento de cada tipo de arte definiendo, en cada caso, la forma más apropiada de la red y determinando, además, la altura y anchura de la boca, la longitud del copo, la geometría de las puertas, etcétera.
- Durante el ensayo se pueden detectar y corregir los defectos de proyecto, los de montaje y las anomalías que se pueden presentar al paso del agua.
- Mediante dinamómetros de tracción se pueden medir las tensiones en los cables de los modelos,

dato imprescindible para dimensionar correctamente las maquinillas de pesca.

- Cualquier innovación que, en teoría, ha de contribuir al perfeccionamiento del arte puede ensayarse para sacar las consecuencias oportunas, evitándose así la pérdida de tiempo y dinero que supone realizar la prueba real.
- El tiempo y el coste de manufacturado de los modelos es considerablemente más reducido que si se hiciese a tamaño natural. Por otra parte, se prescinde del empleo del buque.
- Los resultados y observaciones de las experiencias con modelos proporcionan una excelente información para la realización de *pliegos de información técnica*, de indudable interés para las organizaciones pesqueras, las constructoras de buques pesqueros y las tripulaciones.

De todo lo expuesto, no parece que haya duda en las ventajas que supone la aplicación de los ensayos con modelos de redes a la técnica pesquera, tanto desde el punto de vista técnico como desde el económico.

## 2. DESCRIPCION DE LAS ARTES DE ARRASTRE

Como en tantos otros productos de la imaginación humana, el "invento" de la pesca de arrastre no corresponde a un solo individuo, ni tan siquiera a una región o grupo de individuos, pues parece casi seguro que la idea nació casi simultáneamente en distintos lugares impulsada por diferentes personas.

En Francia y en España, es frecuente considerar como antecesor del arte de arrastre la forma mediterránea del *rastro* (en catalán gánguil). También en Inglaterra se considera el dredge (equivalente a nuestro rastros) como el antecesor del arte de arrastre. No obstante, sea cual sea la procedencia, parece fuera de toda duda considerar que el arte antecesor del de arrastre es el *arte de playa*; este arte es mixto de *cercos* y *arrastré*, colocando un cabo corredizo en su relinga inferior para embolsar más fácilmente la pesca.

En cualquier caso, las artes de arrastre consisten básicamente (Figura 1), en un gran saco de malla con forma de embudo, dividido en dos mitades, uno superior y otro inferior. Dicho saco está abierto en su extremo delantero o boca que se prolonga hacia adelante mediante dos piezas laterales llamadas *bandas* o *alas* (wings) y hacia atrás por unos paños de malla, cazaretes, que forman la parte central de la red, denominada *cielo* o *vientre*, según se considere la parte superior o inferior, respectivamente. La sección intermedia antes descrita va reduciendo progresivamente su diámetro hasta terminar cerrándose en el extremo posterior, llamado *bolsa* o *copo*, que lleva su correspondiente *ante-bolsa*.

Normalmente, y dependiendo de los tipos, la parte superior de la boca se proyecta hacia delante formando una visera, con el fin de evitar que los peces eludan la acción de captura de la red.

Los extremos de las alas terminan en unos dispositivos de enganche, llamados *calones*, sobre los que se ejerce el tiro proveniente del buque que se transmite al copo a lo largo de dos fuertes cabos longitudinales (Figura 2).

Los paños que forman la boca de la red están unidos a dos cables, uno inferior y otro superior. El inferior es llamado *relinga* o *burlón inferior* o de los *plomos* (ground rope) que se lastra con cadena o plomo para que se



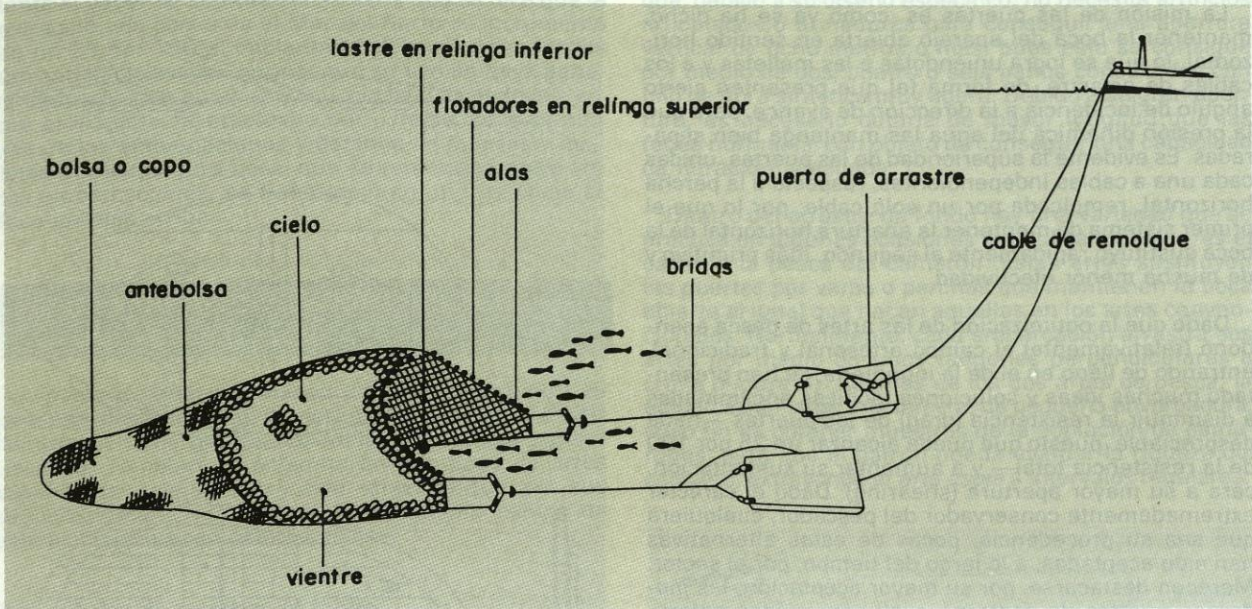


Figura 1.

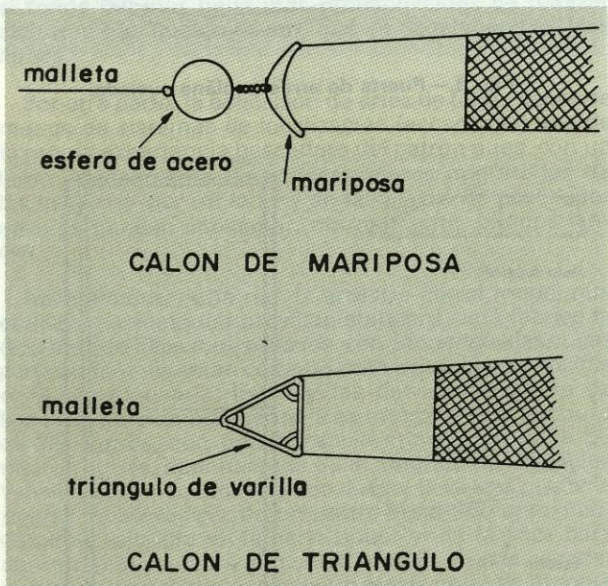


Figura 2.

mantenga en contacto con el fondo, protegiéndolo del roce con éste envolviéndolo con esparto o pasándolo a través de anillos de goma que evitan el desgaste; si el fondo es rocoso en vez de arenoso, para evitar que la relinga se enganche en las puntas —lo que inmovilizaría la red (embarre del aparejo), provocando su pérdida si el buque continúa arrastrando porque el patrón de pesca no lo ha advertido— se unen al cable unas esferas de hierro o *bolos*, que ruedan por el fondo y ayudan a que el arte se zafe de las piedras. El cable superior, conocido como *relinga* o *burlón superior* o de los *corchos* (Head rope) es de mayor calibre que el inferior y se le fijan un conjunto de flotadores con objeto de conseguir que la boca de la red tenga una buena apertura vertical; actualmente, los flotadores se construyen de cristal, aluminio o plástico, según sea la presión que hayan de soportar, de acuerdo con la profundidad a que se cale la red (Figura 3).

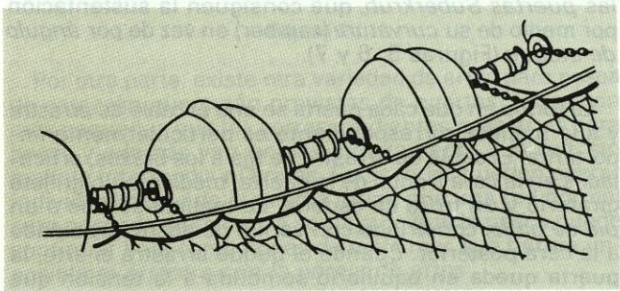


Figura 3.

Las relingas superior e inferior se unen por sus extremos a los calones mediante piezas de enlace llamadas *bridqs*. Cada uno de los calones se conecta mediante un cable llamado *malleta* (Ground cable o Sweep line) a una *puerta* (Otter Board o Door), cuya función principal es asegurar una buena apertura horizontal de la boca de la red. Las puertas son robustos tableros de madera, con fuertes guarniciones de acero y que se unen a los *cables de arrastre* (Towing warp o warp) remolcados por el buque.

La incorporación de las puertas al arte de arrastre, sustituyendo a la *percha horizontal* (Horizontal Beam Trawl) se remonta al año 1860, fecha en que se hicieron las primeras pruebas en Masgrave (Irlanda); no obstante, hasta 1892 no se conocen resultados prácticos, primero en Inglaterra y a continuación en Alemania, Francia (1895) y Japón (1905) (Figura 4).

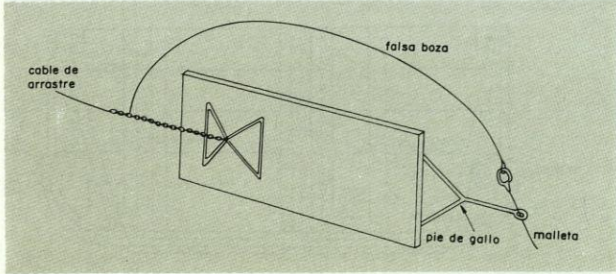


Figura 4.



La misión de las puertas es, como ya se ha dicho, mantener la boca del aparejo abierta en sentido horizontal, lo que se logra uniéndolas a las malletas y a los cables de arrastre, de forma tal que presenten cierto ángulo de incidencia a la dirección de avance, para que la presión dinámica del agua las mantenga bien separadas. Es evidente la superioridad de las puertas, unidas cada una a cables independientes, respecto a la percha horizontal, remolcada por un solo cable; por lo que el primer sistema de mantener la abertura horizontal de la boca sustituyó rápidamente al segundo, más primitivo y de mucha menor efectividad.

Dado que la optimización de las artes de pesca abandonó (relativamente) el campo artesanal y tradicional, entrando de lleno en el de la ingeniería, se han presentado muchas ideas y soluciones técnicas encaminadas a disminuir la resistencia (drag) de las puertas —nada despreciable, puesto que puede alcanzar un 25 por 100 de la resistencia total— y a aumentar su sustentación, cara a su mayor apertura (shearing). Dado el carácter extremadamente conservador del pescador, cualquiera que sea su procedencia, pocas de estas alternativas han sido aceptadas, a lo largo del tiempo, por el sector. Merecen destacarse, por su mayor aceptación, las modernas puertas de contorno oval, construidas enteramente metálicas y formando un diedro en vez de ser planas; esta variante está actualmente muy generalizada en la pesca de fondo. También, para pesca pelágica o de media agua, se encuentran fuertemente implantadas las *puertas Süberkrüb*, que consiguen la sustentación por medio de su *curvatura* (camber) en vez de por *ángulo de ataque* (Figuras 5, 6 y 7).

La forma en que cada puerta se une al cable de arrastre y a la malleta correspondiente es particularmente importante. El cable de arrastre se fija a los brazos, articulados en la cara frontal de la puerta, mediante un grillete giratorio y un trozo de cadena. La malleta se une a un *pie de gallo*, construido con varilla de acero, articulado a la cara posterior. Cuando el buque arrastra el arte, la puerta queda en equilibrio sometida a la tensión que

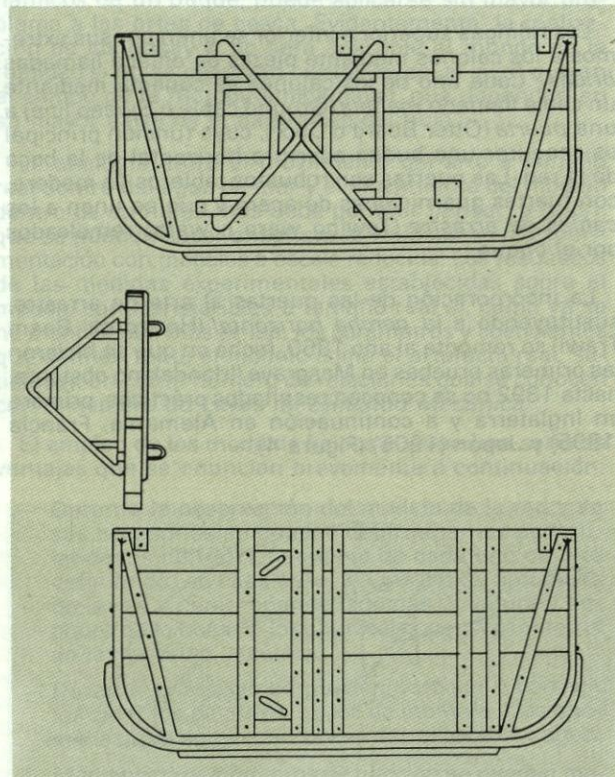


Fig. 5.—Puerta de arrastre plana rectangular típica.

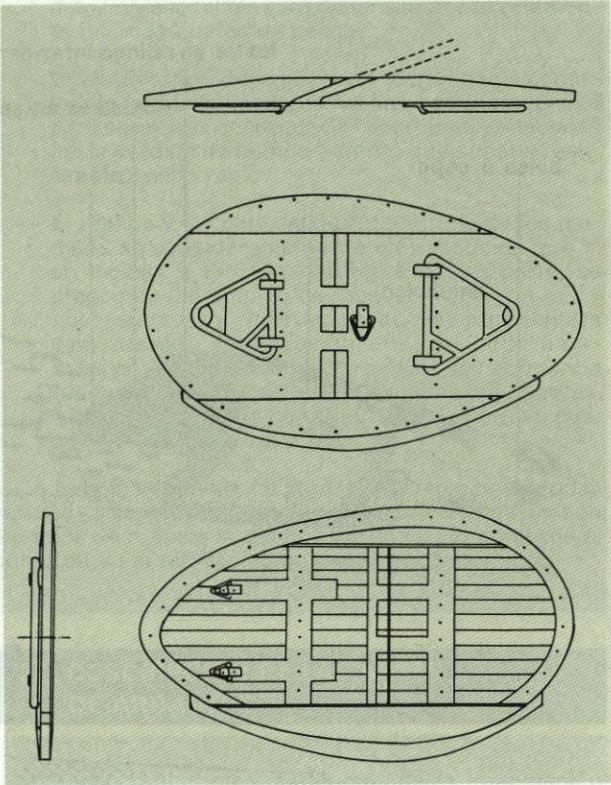


Fig. 6.—Puerta de arrastre plana ovalada.

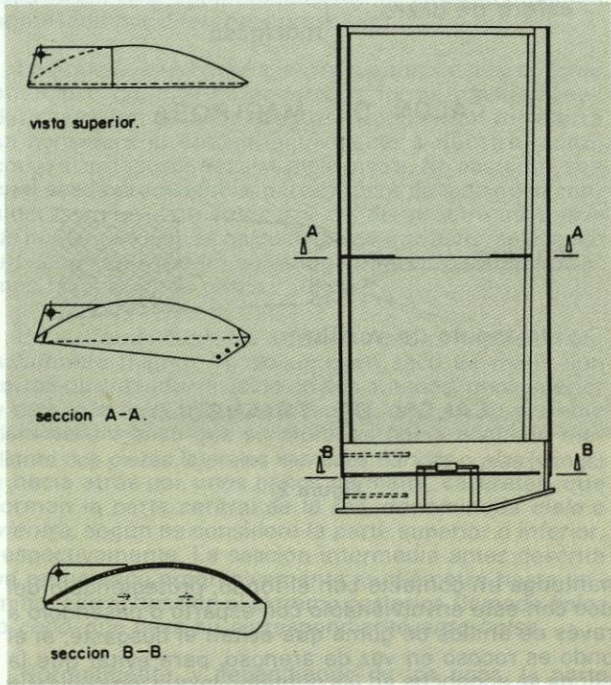


Fig. 7.—Puerta de arrastre curvada rectangular (tipo Süberkrüb) para arrastre pelágico.

ejerce el cable de arrastre, la reacción del aparejo y la presión dinámica del agua. Los lugares en que se articulan los brazos y el pie de gallo determinan, para cada velocidad de arrastre, el ángulo de incidencia de la puerta con respecto a la dirección del avance.

El arrastre con puertas y malletas, denominado simplemente *trawl* en los países anglosajones, aumentó



tanto el poder de captura del arrastre que se dice que la extracción de peces en el Mar del Norte se incrementó en un 25 por 100 al implantarla. Al ser los resultados tan satisfactorios, es normal que su uso se haya generalizado rápidamente; así, en muchas localidades en que el arrastre se efectuaba por parejas, se suprimió una de las embarcaciones y dotando de puertas y malletas el mismo ante-boca, que se remolcaba entre las dos embarcaciones, se transformó en un arte como el descrito más arriba.

### 3. DESARROLLO Y CLASIFICACION DE LAS ARTES DE PESCA

A pesar de que la variedad de artes de arrastre es inmensa, desde el punto de vista práctico conviene dividir las artes en dos grupos: *de fondo* y *de media agua* o *pelágica*. También se presentarán dos tipos de artes específicas: *arte danesa* y *arte escocesa* que, por sus especiales características y por su amplio campo de aplicación, merecen estudio aparte.

#### 3.1. Artes de arrastre de fondo

Dado que la mayoría de los peces pretenden escapar a un peligro potencial hundiéndose en las profundidades marinas, es evidente que el artefacto que vaya rastreando el fondo del mar tiene más probabilidades de realizar capturas que cualquier otro que se desplace entre dos aguas.

Por otra parte, la aplicación de artes de fondo depende menos de sistemas de localización (ecosondas) que de la propia experiencia pescadora del patrón pues, con un buen conocimiento de las costumbres migratorias de las especies, por un lado, y de las playas de pesca, por otro, se pueden conseguir, normalmente, buenos lances.

Normalmente, una red de arrastre por el fondo, que obedezca a cualquier proyecto standard, está fabricada de paños de hilos muy pesados, con pequeñas alas cuyas partes inferiores están cortadas para evitar lo más posible el riesgo de avería. Estas redes tienen una altura de boca de, aproximadamente, tres metros y una anchura de 25 metros, con una distancia entre puertas de 50 metros o más, dependiendo de la longitud de las bridas y malletas. A menudo, este tipo de arte lleva una pequeña *puerta de elevación*, de un metro cuadrado aproximadamente, situada en la parte superior de la boca para aumentar la apertura vertical (Figura 8). Puede suceder que la estela del buque ejerza un efecto perjudicial sobre la puerta de elevación, restándole sustentación, por lo que en algunos casos se ha sustituido por grandes flotadores fusiformes.

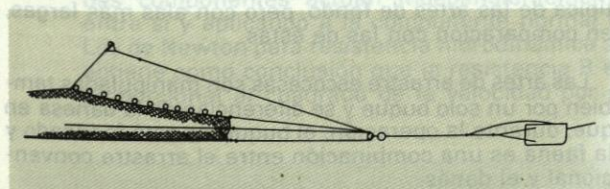


Figura 8.

Los aparatos de detección (ecosondas) revelan que existen numerosas especies que tienen su hábitat a cierta distancia del fondo y, por lo tanto, fuera del radio de acción del arte convencional. Este factor ha hecho desarrollar un tipo de red de fondo de gran apertura

que, debido a su diseño específico, no necesita artificios articulados o armaduras para conseguir una apertura vertical de ocho metros o más, pues esto se consigue por medio de dos, cuatro o seis paños contruados con hilo de fibra sintética muy ligera. Debido a su gran apertura, es necesario dotarla de mayor longitud que las redes normales, con objeto de conseguir una capacidad de filtración adecuada.

Dentro del arrastre de fondo hay una variedad que se practica en algunas ocasiones sin utilizar puertas, es el caso de la pesca del camarón. Estas artes sustituyen las puertas por varas o perchas que mantienen la boca abierta al igual que hacen aquellas en los artes convencionales. Normalmente, cada embarcación arrastra dos artes por medio de unos tangones perpendiculares a crujía (Figura 9). Además de los dos artes de pesca, la embarcación larga una tercera, de pequeña envergadura, cuyo fin es obtener muestras de la población de camarones, para que el patrón pueda evaluar la riqueza del caladero, extrayendo el *arte espía* a intervalos regulares.

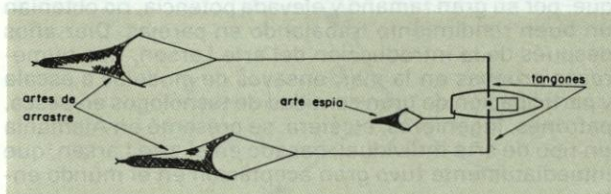


Figura 9.

Por otra parte, existe otra variedad de artes para pesca de camarón que están provistas de puertas. Estas son más pequeñas que las correspondientes a las artes para peces y además van unidas directamente a la red, sin malleta intermedia ni bridas. Estas redes pueden operar individualmente de la misma forma que una red normal para pescado, pero con la ventaja de que la pesca puede continuar bajo condiciones de mala mar que harían imposible el arrastre con la pareja de artes.

#### 3.2. Artes de arrastre pelágico o de media agua

El desarrollo del arte de media agua ha sido seguramente el más grande, si no el más importante, acontecimiento en la pesca industrial moderna. La implantación de esta nueva técnica ha permitido a los pescadores el acceso a vastas zonas de pesca que se extienden desde 100 metros por debajo de la superficie del mar hasta profundidades que hasta entonces sólo eran accesibles a algunos tipos de palangres.

El origen de las artes de media agua a nivel industrial se remonta al año 1948, en que el constructor de redes Robert Larse, de Skagen (Dinamarca) desarrolló un arte de media agua para pareja (Figura 10). Este arte tuvo un éxito inmediato en las capturas de arenques en el Mar del Norte y, lógicamente, fue adoptado en muchas de las pesquerías que en todo el mundo se dedican a la captura de otras especies, además del arenque.

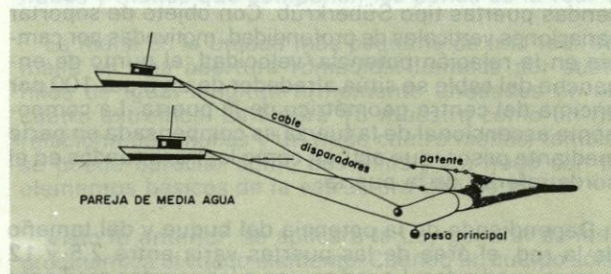


Figura 10.



El arte Larsen fue proyectado para buques comprendidos entre 13 y 30 metros y potencias desde 40 a 250 BHP, pero en la actualidad puede adoptarse para cualquier tipo de buque y rango de potencias, estando limitado sólo por consideraciones económicas.

La red tiene boca cuadrada y su sección también lo es, a lo largo de toda su longitud; sus dimensiones varían desde 28×28 pies hasta 60×60 pies su boca y desde 96 a 180 pies su longitud total. Su diseño es simple y consta de cuatro secciones: el techo, el fondo y los dos costados, todos ellos de igual forma y dimensiones. Los flotadores y los pesos están situados a lo largo de las relingas superiores e inferiores, para producir la apertura vertical necesaria.

No llevan puertas y los cables de arrastre y malletas, provenientes de cada esquina de la boca, están unidos dos a dos a cada embarcación.

El gran éxito del arrastre de media agua por parejas impulsó el desarrollo de artes para buques individuales que, por su gran tamaño y elevada potencia, no obtenían un buen rendimiento trabajando en parejas. Diez años después de la introducción del arte Larsen, tras numerosas pruebas en la mar, ensayos de modelos a escala y participación de gran cantidad de tecnólogos en pesca, patrones, ingenieros, etcétera, se presentó en Alemania un tipo de arte individual, basado en el arte Larsen, que inmediatamente tuvo gran aceptación en el mundo entero.

Básicamente este arte puede operar, bien en la modalidad de arrastre por el costado (side-trawler), bien en la de arrastre por popa (stern-trawler), aunque es más conveniente esta última, porque se puede evitar el riesgo de daño en el propulsor por una virada defectuosa del arte.

La potencia requerida para arrastrar este tipo de arte es mayor que la necesaria para un arte por pareja, ya que la incorporación de puertas supone un aumento de resistencia bastante considerable. Es muy común que este arte sea empleado por los grandes buques factorías de más de 100 metros de eslora y 4.000 BHP de potencia, los cuales llevan artes de fondo y de media agua, que emplean alternativamente, dependiendo de las condiciones puntuales de la pesca.

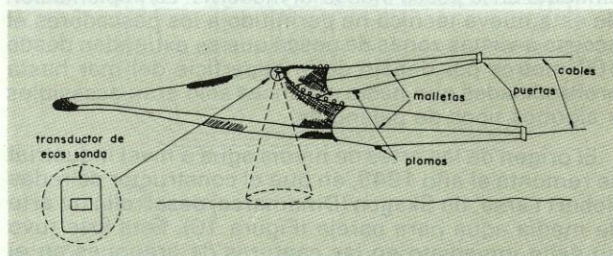


Figura 11.

El arte (Figura 11) es remolcado, exactamente igual que la de fondo, por dos cables que se entalingan a sendas puertas tipo Süberkrüb. Con objeto de soportar variaciones verticales de profundidad, motivadas por cambio en la relación potencia/velocidad, el punto de enganche del cable se sitúa alrededor de un 5 por 100 por encima del centro geométrico de la puerta. La componente ascensional de la fuerza es compensada en parte mediante pesos, que actúan como lastre, situados en el borde inferior de la puerta.

Dependiendo de la potencia del buque y del tamaño de la red, el área de las puertas varía entre 2,5 y 12 metros cuadrados. La red se une a las puertas mediante dos o tres malletas en cada lado, con una longitud com-

prendida entre 50 y 150 metros; estas malletas desempeñan un papel importante en la conducción del pez hacia la red.

Las redes de media agua fueron desarrolladas en principio para la pesca del arenque del Mar del Norte. No obstante, en muy poco tiempo, y gracias a su buen rendimiento, se extendió a numerosas especies, siendo hoy en día un arte universalmente aceptado.

### 3.3. Red de arrastre danesa y escocesa

Este tipo de arrastre es un método por el cual, sin utilizar puertas, una red puede dragar el fondo del mar utilizando un único buque. El aparejo consta nada más que de dos cables, de más de 1.000 metros de longitud cada uno, unidos a las de una red parecida a la convencional de arrastre por el fondo, con forma de triángulo (Figura 12).

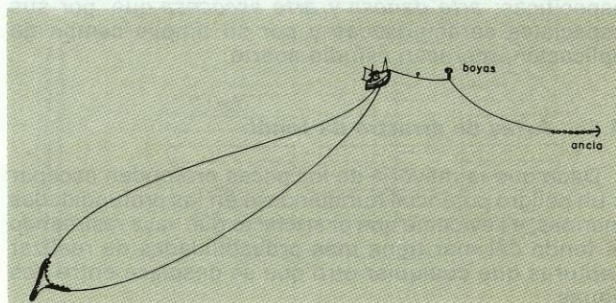


Figura 12.

El método de trabajo es el siguiente: el buque se fondea, mediante una boyas unida a un ancla, una vez ha largado el aparejo; a continuación empieza a cobrar uno de los cables, colocándose más o menos perpendicular a la trayectoria del arte en la playa. Cuando ha cobrado  $2/3$  ó  $3/4$  de la longitud del primer cable, vira  $90^\circ$  y cobra el resto, la red y parte del segundo cable.

El éxito de este tipo de arrastre depende especialmente del efecto que produzca en el pez el cable de arrastre, bien espantándolo, bien conduciéndolo hacia la boca de la red. En playas lisas y sin obstáculos, el movimiento de cerco de la red y los cables puede dar lugar a altos rendimientos pesqueros, como se ha podido comprobar en algunos caladeros del Mar del Norte.

Con este método de pesca de arrastre se puede faenar con grandes redes utilizando potencias instaladas muy modestas.

Las redes originales para pesca de peces planos no tenían una gran apertura de boca, condición muy deseable para la captura de peces redondos. Al aumentar el interés por estas últimas especies, las redes danesas han evolucionado, aproximándose a la configuración típica de las artes de fondo, pero con alas más largas, en comparación con las de éstas.

Las artes de arrastre escocesas son manipuladas también por un solo buque y se diferencian de la danesa en que, durante la operación, el buque no está fondeado y la faena es una combinación entre el arrastre convencional y el danés.

## 4. ANALISIS HIDRODINAMICO DE LAS ARTES DE ARRASTRE

La resistencia que se opone al empuje de la hélice de un buque arrastrero cuando está pescando —si se exceptúa la propia resistencia al avance de la embarca-



ción— está constituida en su mayor proporción por el arte que remolca.

Dado que el arte está compuesto por la red, las puertas y los cables, parece lógico analizar la componente de resistencia hidrodinámica de cada uno de los elementos por separado, teniendo en cuenta, si ello es posible, la resistencia adicional que presentan los elementos auxiliares que facilitan la faena de pesca, como: flotadores, lastres, bovinas, etcétera.

Según su magnitud y su grado de participación en la resistencia total pueden ordenarse los citados elementos como sigue: red, puertas y cables, y así los estudiaremos por separado.

Se considerará que la resistencia total del arte, a la velocidad de arrastre, es igual a la suma de las resistencias hidrodinámicas de su componentes, es decir:

$$R_T = R_r + R_p + R_c \quad [4.1]$$

donde:

- $R_T$  = Resistencia total del aparejo.
- $R_r$  = Resistencia de la red.
- $R_p$  = Resistencia de las puertas.
- $R_c$  = Resistencia de los cables yalletas.

#### 4.1. Resistencia de la red

Las redes de pesca están compuestas principalmente por hilos o cuerdas de varias clases. Consecuentemente es de importancia primordial tener una idea clara de las fuerzas hidrodinámicas que actúan sobre un elemento de hilo sometido a una corriente de fluido animado de velocidad relativa con respecto a aquél.

M. Tauti supone en su esquema teórico sobre la resistencia de una red sometida a una corriente de agua, las siguientes hipótesis:

- a) La magnitud de la fuerza resistente,  $R_r$ , por unidad de longitud, varía proporcionalmente con el seno del ángulo entre la dirección del hilo y la de la corriente. Dicha fuerza es perpendicular al plano definido por el hilo y la corriente.

Así:

$$R_r = R \sin \theta \quad [4.2]$$

donde  $R$  es la resistencia del paño o hilo por unidad de longitud, cuando actúa en un plano perpendicular a la corriente (Figura 13).

- b) Si se descompone la velocidad del flujo líquido en sus dos componentes normal,  $V_n$ , y tangencial,  $V_t$ , respecto a la dirección del hilo y se supone (basado en numerosas investigaciones empíricas) que ambas componentes actúan independientemente entre sí y aplicando a la componente normal la Ley de Newton para resistencia hidrodinámica se obtiene como conclusión que la resistencia  $R$  es proporcional al cuadrado de la velocidad por el

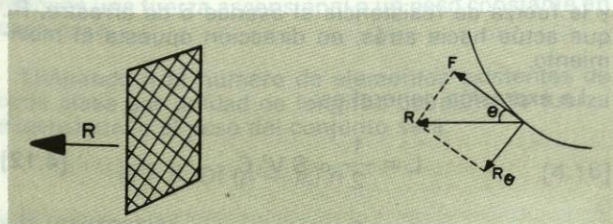


Figura 13.

cuadrado del seno del ángulo formado entre el paño y la corriente ( $V^2 \cdot \sin^2 \theta$ ), resultando:

$$R_r = R \sin^2 \theta \quad [4.3]$$

Efectivamente, de la Figura 14:

$$V^2 = V_n^2 + V_t^2$$

como:

$$V_n = V \sin \theta$$

resulta:

$$V^2 = V^2 \sin^2 \theta + V_t^2 \quad [4.4]$$

y si se desprecia  $V_t$  por su pequeño valor, teniendo en cuenta, por otra parte, que a mayor velocidad, mayor resistencia, se puede considerar que  $R$  es proporcional a la componente normal de la velocidad  $y$ , por tanto, a  $V^2 \sin^2 \theta$ .

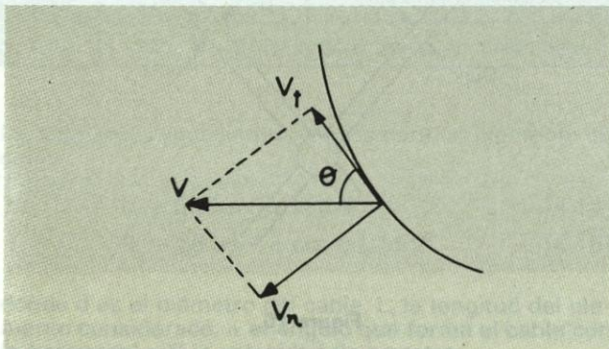


Figura 14.

- c) En cuanto a la componente tangencial, su determinación es bastante problemática. La experimentación demuestra que es mucho menor que la componente normal y sustancialmente independiente del ángulo  $\theta$  hasta que el paño está casi perpendicular a la corriente y, en este instante, su valor baja rápidamente a cero. Por ser tan pequeña dicha componente tangencial, es difícil medirla con exactitud y, por ello, el grado de su variación en relación con el ángulo  $\theta$  no se puede conocer con seguridad. Esto hace posible, que para simplificar el cálculo, se pueda suponer que la componente tangencial es constante para cualquier valor de  $\theta$ .

De acuerdo con las hipótesis anteriores, Thews y Landweber han realizado un análisis general de la configuración del equilibrio de un hilo flexible suspendido en una corriente uniforme. En el desarrollo del citado estudio, se llegan a establecer dos ecuaciones diferenciales que definen la condición de equilibrio del hilo en función de la tensión del hilo, su peso, las componentes hidrodinámicas de la fuerza (normal y tangencial) y el ángulo de incidencia.

Los estudios anteriores, de indudable calidad científica, ofrecen el inconveniente de la complejidad del cálculo que conllevan, amén de no considerar de una manera práctica las influencias de las fuerzas actuantes en los nudos y mallas que componen los paños de la red.

La malla es la unidad más pequeña de una red. Una malla es una abertura romboidal limitada por cuatro hilos de igual longitud firmemente anudados en sus cuatro extremos. La Figura 15 muestra cómo un hilo relaciona dos mallas y un nudo cuatro mallas; también se puede apreciar cómo dos hilos y un nudo son los elementos básicos de la estructura de una malla.

Visto lo anterior, se aplicará la Ley general de la hidrodinámica al citado elemento. Cuando un cuerpo sólido con una forma determinada se sitúa en el interior de una corriente uniforme de cualquier fluido, aparece una



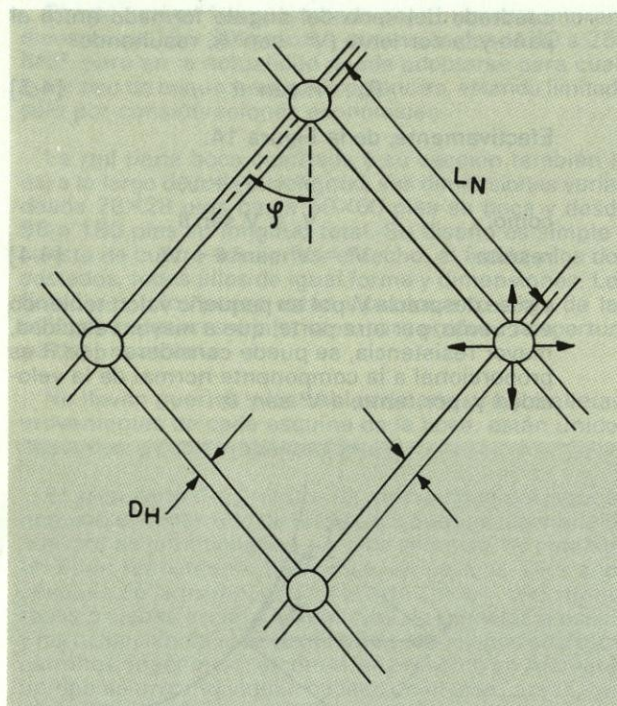


Figura 15.

fuerza hidrodinámica que se ejerce sobre dicho cuerpo sólido. La magnitud de esta fuerza depende principalmente de la densidad  $\rho_w$  del fluido, de la velocidad relativa  $V$  del cuerpo sobre el fluido y del área proyectada  $S$  del cuerpo sobre el plano normal a la corriente. Estos parámetros se pueden combinar en una expresión única:  $\rho_w V^2 S$ , para dar la dimensión de una fuerza. La componente de esta fuerza paralela a la dirección del flujo es lo que comúnmente se llama Resistencia y su expresión es:

$$R = C_D \frac{\rho_w V^2 S}{2} = b V^2 S \quad [4.5]$$

donde  $C_D$  y, en su caso,  $b$  es un coeficiente de resistencia constante que depende principalmente de la forma del cuerpo, si el fluido es agua. Estrictamente hablando, el valor de  $C_D$  no es constante pues varía dependiendo del número de Reynolds del fluido. Sin embargo, de acuerdo con resultados experimentales de ensayos de artes de pesca, el citado coeficiente puede considerarse constante para un amplio rango del número de Reynolds, por lo que puede suponerse que la resistencia varía proporcionalmente con el cuadrado de la velocidad a efectos prácticos.

De todos es sabido que esta Ley de la resistencia fue enunciada, en primer lugar, por Newton y se adecúa perfectamente a movimientos donde la resistencia es motivada por corrientes de inercia. De acuerdo con esto, no hay inconveniente en utilizar la ecuación [4.5] como la Ley de resistencia de redes de pesca.

Kawakami procedió a estimar teóricamente la resistencia de una malla de red situada perpendicularmente. A este fin, es suficiente con calcular la resistencia de dos hilos y un nudo.

Si el área proyectada de dos hilos es:  $2 L_N D_H$ , su resistencia viene dada por la expresión:

$$R = b (2 L_N D_H) V^2 \quad [4.6]$$

Se considera que el área proyectada de un nudo es proporcional a su volumen elevado a  $2/3$  ó, dicho de otra forma, el volumen de un nudo debe ser proporcional al volumen del hilo utilizado para atar el nudo. Matemáticamente se puede expresar:

$$\pi \left[ \frac{D_H^*}{2} \right] = \pi k \left[ \frac{p}{p^*} \right]^{3/2} \left[ \frac{D_H^3}{4} \right] \quad [4.7]$$

Según esto, la resistencia vendrá dada por:

$$R = c \left[ \pi k \left( \frac{p}{p^*} \right)^{3/2} \left( \frac{D_H^3}{4} \right)^{2/3} \right] V^2 = b^* D_H^2 V^2 \quad [4.8]$$

donde  $c$  es una constante de proporcionalidad que depende del tipo de nudo y, por otra parte,  $b^*$  es también una constante que depende, no sólo del tipo de nudo, sino también de su tensión.

Ahora se puede obtener la resistencia por unidad de área del entramado dividiendo la suma de las resistencias de los hilos y del nudo por el área de una malla:

$$R_{R(90^\circ)} = \frac{[2bL_N D_H + b^* D_H^2] V^2}{L_N^2 \sin 2\varphi} = \frac{2b}{\sin 2\varphi} \left[ \left( \frac{D_H}{L_N} \right) + \frac{b^*}{2b} \left( \frac{D_H}{L_N} \right)^2 \right] V^2 \quad [4.9]$$

En el caso de que la red esté situada paralelamente a la corriente, el área proyectada de los hilos puede reducirse a:  $2L_N D_H \sin \varphi$ , y la constante  $b^*$  de la expresión anterior puede sustituirse por un valor análogo  $b^{**}$ , de acuerdo con el tipo de nudo. En este caso, la resistencia que actúa por unidad de área del entramado viene dada por la expresión:

$$R_{R(\theta)} = \frac{2b \sin \varphi}{\sin 2\varphi} \left[ \left( \frac{D_H}{L_N} \right) + \frac{b^{**}}{2b \sin \varphi} \left( \frac{D_H}{L_N} \right)^2 \right] V^2 \quad [4.10]$$

Cuando la red está inclinada un ángulo  $\theta$  respecto al flujo, la resistencia puede expresarse en la forma:

$$R_{R(\theta)} = g(\varphi, \theta) \left[ \left( \frac{D_H}{L_N} \right) + h(\varphi, \theta) \left( \frac{D_H}{L_N} \right)^2 \right] V^2 \quad [4.11]$$

donde  $g$  y  $h$  representan funciones definidas de los ángulos  $\varphi$  y  $\theta$ .

## 4.2. Resistencia de las puertas

Las puertas tienen una gran importancia, como ya hemos visto, en el buen trabajo del arte y en su capacidad de capturas. Por otra parte, son un componente de primera fila en cuanto a resistencia, ya que absorben entre  $1/3$  y  $1/4$  del tiro que es capaz de desarrollar el buque.

Desde un punto de vista teórico, por tratarse de una placa sumergida en un flujo de agua, su rendimiento puede expresarse como la relación de dos fuerzas hidrodinámicas: la fuerza de separación hacia fuera  $L$ , que forma ángulo recto con la dirección del movimiento y la fuerza de resistencia al avance o de arrastre,  $R_p$ , que actúa hacia atrás, en dirección opuesta al movimiento.

La expresión general es:

$$L = \frac{1}{2} \rho S V^2 C_L \quad [4.12]$$

$$R_p = \frac{1}{2} \rho S V^2 C_D \quad [4.13]$$



Siendo  $C_L$  y  $C_D$  coeficientes adimensionales función de la posición y forma de la puerta,  $\rho$  es la densidad del agua,  $S$  es el área de la puerta de arrastre y  $V$  la velocidad de arrastre.

Los coeficientes varían de acuerdo con la forma de las puertas y también con el ángulo de inclinación. La

variación de  $C_L$  y  $C_D$  con el ángulo de ataque demuestra que mientras que  $C_L$  aumenta siempre con el ángulo,  $C_D$  sólo lo hace hasta un cierto ángulo y después disminuye.

Las características hidrodinámicas de los tipos de puertas más comunes aparecen reflejadas en la siguiente tabla:

Tabla 1

Tipo de puerta	Angulo de ataque	$C_L$	$C_D$	$C_L/C_D$	Comportamiento
Rectangular plana .....	40°	0,82	0,72	1,14	Buena en fondo
Ovalada diédrica .....	35°	0,93	0,74	1,25	Muy buena en fondo
Süberkrüb .....	15°	1,52	0,25	6,08	Muy buena en media agua

4.3. Resistencia de cables y malletas

La resistencia hidrodinámica de los cables y malletas es una fracción importante de la resistencia total del arte y, naturalmente, depende de la longitud de cable considerada y de su diámetro.

Los estudios realizados para determinar dicha resistencia son sumamente complicados porque los cables suelen ser muy pesados y toman, en el agua, una cierta curvatura, lo que implica que, además de la resistencia propia, aparezca una determinada sustentación. Estos esfuerzos fueron estudiados por MacLenan (1979) y Brabant (1979); el último de ellos da, para ambos esfuerzos,

las siguientes ecuaciones, válidas para un elemento de cable:

$$L_c = 55 \text{ sen}^2 \alpha \text{ } L_c \text{ d } V^2 \tag{4.14}$$

$$R_c = 55 \text{ sen}^2 \alpha \text{ cos } \alpha \text{ } L_c \text{ d } V^2 \tag{4.15}$$

donde  $d$  es el diámetro del cable,  $L_c$  la longitud del elemento considerado,  $\alpha$  el ángulo que forma el cable con la horizontal y  $V$  la velocidad de arrastre.

Este autor presenta los siguientes resultados de un arrastre realizado a cuatro nudos con un cable de 25 milímetros de diámetro y un peso de 2,4 kg./m.

Tabla 2

Profundidad	Longitud del cable	Longitud cable	Tracción total
		Profundidad	(kg.)
100	400	4,00	3.045
300	875	2,90	3.270
500	1.275	2,50	3.580
700	1.650	2,30	4.100
900	2.000	2,20	4.290
1.000	2.175	2,20	4.480

Se puede observar el efecto combinado de los dos esfuerzos y su importancia ya que, por ejemplo, con una profundidad de 300 metros y una longitud de cable de 875 metros, la tracción del cable es sólo de 305 kilogramos, sin embargo, con una profundidad de 1.000 metros y una longitud de 2.175 metros, la tracción del cable es de 1.480 kilogramos.

donde  $D_i$  y  $\rho_i$  son el diámetro y peso específico, respectivamente, de dichos elementos y  $K_i$  y  $K_{\text{a}}$  coeficientes que dependen de la forma de los accesorios.

4.5. Fuerzas generadas por el pez

La práctica de la pesca demuestra que las fuerzas generadas por el pez pueden afectar sustancialmente las faenas de pesca.

Fridman realiza un análisis muy interesante sobre las fuerzas estáticas generadas por el pez y sobre las fuerzas dinámicas durante sus tirones o intentos de escapar.

La resistencia del cuerpo del pez puede expresarse por:

$$R_F = k \text{ } F_H \text{ } V^2 \tag{4.18}$$

$$R_F = k_1 \text{ } L_F \text{ } V^2 \tag{4.19}$$

donde  $k$  y  $k_1$  son los coeficientes de resistencia;  $F$  es el área de la sección central del pez;  $L_F$  es la longitud del mismo y  $V$  es su velocidad.

4.4. Resistencia de flotadores y lastres

La misión de flotadores y lastres es mantener en las relingas una fuerza ascensional o un peso constante en cada caso.

Llamando  $n$  al número de elementos existentes de cada clase por unidad de longitud del paño, la fuerza ascensional o el peso del conjunto será:

$$F_i = K_i \text{ } D_i^3 \text{ } (\rho_i - \rho_a) \text{ } n \tag{4.16}$$

y la resistencia:

$$R_i = R_i \text{ } D_i^2 \text{ } V^2 \text{ } n \tag{4.17}$$



La potencia desarrollada por el pez en su movimiento es:

$$N_F = R_F V = k_1 L_F^2 V^3 \quad [4.20]$$

mientras que la Potencia máxima o  $N_o$  para que se produzca la máxima velocidad  $V_o$ :

$$N_o = k_1 L_F^2 V_o^3 \quad [4.21]$$

Por otra parte, la máxima potencia del pez es proporcional al peso de sus músculos y, consecuentemente, a su peso  $P_F$  o al cubo de su longitud y, entonces, la expresión anterior queda:

$$N_o = k_1 L_F^2 V_o^3 = k_2 L_F^3 \quad [4.22]$$

de donde

$$V_o = \frac{k_2 L_F^3}{k L_F^2} = k_3 L_F$$

El límite de resistencia o, lo que es lo mismo, su límite de tracción, será:

$$R_o = k_1 L_F^3 k_3^2 L_F^{2/3} = k_1 k_3^2 L_F^{8/3} \quad [4.23]$$

o bien:

$$R_o = k_4 L_F^3 L_F^{-1/3} \quad [4.24]$$

y como  $P_F$  es proporcional a  $L^3$ :

$$R_o = k_o P_F L_F^{-1/3} \quad [4.25]$$

Los valores de  $k_o$  pueden encontrarse experimentalmente si se puede medir la fuerza de tracción del pez, conocidos su peso y su longitud. Shuleikin afirma que un delfín de 1,5 metros de longitud y 40 kilogramos de peso genera una fuerza de tracción de 40 kilogramos, en este caso  $k_o = 0,9$ . (Figura 16).

La fuerza dinámica de un pez durante sus coletazos o tirones depende de su velocidad de movimientos, de la Energía Cinética correspondiente a aquéllos y también de la elasticidad del aparejo, lo cual determina la longitud de la trayectoria a lo largo de la cual es absorbida la Energía.

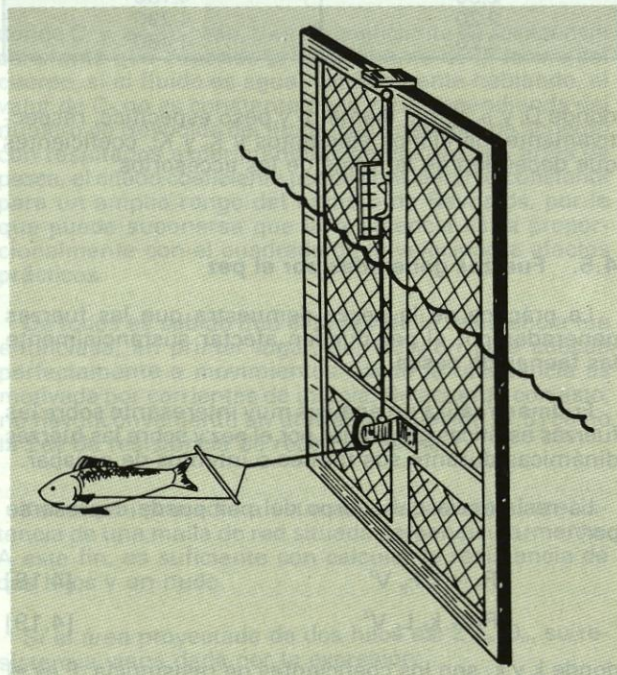


Figura 16.

Cuando la fuerza aplicada a un aparejo aumenta, la carga máxima,  $Q_r$ , tiene por expresión:

$$Q_r = C \xi \quad [4.26]$$

donde  $C$  es la rigidez del aparejo en kg./m. y  $\xi$  es el desplazamiento elástico.

El trabajo producido por el pez cuando la carga se incrementa desde 0 a  $Q_r$  es:

$$W = R \xi / 2 \quad [4.27]$$

mientras que la Energía Cinética es:

$$E_c = \frac{p}{g} \frac{V^2}{2} \quad [4.28]$$

identificando las dos expresiones anteriores:

$$\frac{R}{2} = \frac{p V^2}{g 2} \text{ ó también: } \frac{R}{p} = \frac{V^2}{g} = q \quad [4.29]$$

El coeficiente  $q$  expresa la relación entre la carga dinámica y el peso del pez. Este coeficiente depende de la velocidad del pez y del desplazamiento elástico del aparejo, dependiendo éste a su vez del material del aparejo y del método de fabricación o trazado.

## 5. SIMILITUD MECANICA EN LAS ARTES DE PESCA

Las analogías entre el arte original y su correspondiente modelo a escala reducida son de orden geométrico, cinemático y dinámico.

La similitud geométrica se obtiene adoptando una escala de reducción lineal que afectará a todas las dimensiones del original (longitud de hilos, de relingas, alturas de los paños, etcétera), debiendo prestarse especial atención al problema de las mallas.

Las similitudes cinemáticas y dinámicas implican, respectivamente, velocidades homólogas y relaciones de fuerzas constantes. En este sentido, las fuerzas que actúan sobre el original o sobre el modelo son las siguientes: *Fuerzas de inercia*, *Fuerzas de gravedad* o *pesos* y *Fuerzas de viscosidad*.

Las fuerzas de inercia se expresan por la fórmula general de la hidrodinámica:

$$F = \frac{1}{2} C \rho S V^2 \quad [5.1]$$

donde:  $V$  = Velocidad de desplazamiento del fluido.  
 $S$  = Área proyectada sobre el plano perpendicular a la corriente.  
 $\rho$  = Peso específico del fluido.  
 $C$  = Coeficiente que depende del Número de Reynolds.

El Número de Reynolds:

$$R = \frac{\rho V D}{\mu} \quad [5.2]$$

donde:  $\rho$  = Peso específico.  
 $\mu$  = Coeficiente de viscosidad dinámica.  
 $V$  = Velocidad del fluido.  
 $D$  = Dimensión característica del cuerpo (como, por ejemplo, el diámetro del hilo o la altura del paño).



representa la relación entre las fuerzas de inercia y la viscosidad.

Las leyes de semejanza mecánica obligan, en principio, a la identidad de Números de Reynolds del original y del modelo, lo que supone, admitiendo que las propiedades físicas de ambos fluidos (agua de mar y agua dulce), son lo suficientemente próximas para suponer que el

coeficiente:  $\nu = \frac{\mu}{\rho}$  es el mismo en los dos casos. Entonces, de acuerdo con la fórmula [5.2], identificando Números de Reynolds:

$$V_1 D_1 = V_2 D_2 \quad \text{ó también:} \quad V_1/V_2 = D_2/D_1 \quad [5.3]$$

Las fuerzas de gravedad son las debidas a los flotadores, dirigidas hacia arriba, y a los lastres, dirigidas hacia abajo.

Relacionado con estas fuerzas interviene el segundo número adimensional en las ecuaciones de la hidrodinámica: el Número de Froude:

$$F = \frac{V^2}{Dg} \quad [5.4]$$

donde V sigue siendo la velocidad del fluido, D la dimensión lineal característica del cuerpo y g la aceleración de la gravedad. Este Número representa la relación entre las fuerzas de inercia y las de gravedad.

La igualdad de Número de Froude implica que:

$$\frac{V_1^2}{D_1} = \frac{V_2^2}{D_2} \quad \text{ó también:} \quad \frac{V_2}{V_1} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}} \quad [5.5]$$

Si se pretende obtener una similitud completa, deberá imponerse teóricamente la igualdad simultánea de Números de Reynolds y de Froude, lo que supondría identificar las expresiones [5.3] y [5.5]:

$$\frac{D_1}{D_2} = \sqrt{\frac{D_2}{D_1}} \quad [5.6]$$

de donde:

$$D_1 = D_2 \quad [5.7]$$

igualdad que resulta imposible en el caso de ensayos con modelos reducidos.

Sin embargo, cuando se trata de flujos permanentes de fluidos incompresibles, con superficie libre y turbulenta y Números de Reynolds elevados; es de general aplicación que si se respeta la similitud geométrica entre el original y el modelo, la única identidad a cumplir es la de Números de Froude.

El abandono de la identidad de Números de Reynolds nos obliga a examinar la expresión de las fuerzas de resistencia y particularmente la resistencia que se ejerce en la dirección del desplazamiento:

$$R = \frac{1}{2} C_x \rho S V^2 \quad [5.8]$$

El coeficiente  $C_x$  de resistencia depende de:

- La naturaleza del flujo alrededor del obstáculo, tipificado por un tipo de obstáculo dado por el Número de Reynolds.
- La forma y rugosidad del obstáculo.

El empleo de la semejanza de Froude implica Números de Reynolds diferentes para el original y para el modelo. En estas condiciones, los coeficientes de resistencia  $C_x$ ,

función del Número de Reynolds, no serán los mismos en los dos casos.

No obstante, los resultados experimentales conocidos de  $C_x$  en función del Número de Reynolds para el caso de cilindros, esferas o placas planas, muestran que para ciertos valores de R, el coeficiente  $C_x$  permanece prácticamente constante. (Figura 17).

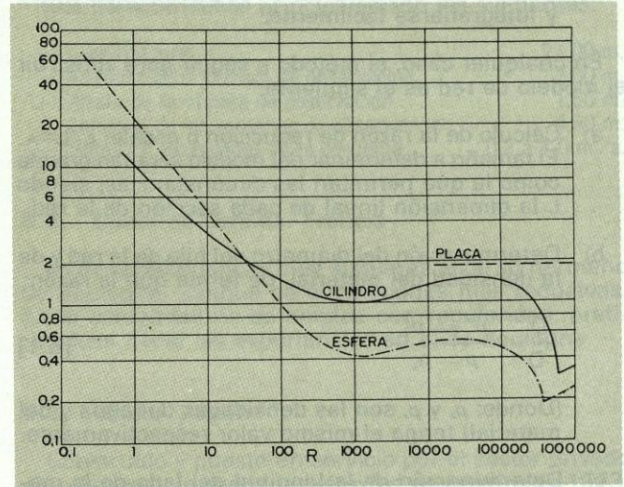


Figura 17.

Así, por ejemplo, en el caso de los hilos, supongamos un modelo realizado con hilos de 0,4 milímetros, correspondiente a un arte de arrastre de hilos normales de dos milímetros de diámetro (escala 1:5), remolcado a cuatro nudos.

Entonces:

$$\begin{aligned} D_1 &= 0,002 \text{ m} & D_2 &= 0,0004 \text{ m} \\ V_1 &= 2,0 \text{ m/s} & V_2 &= 0,5 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Se tomará para  $\nu = \mu/\rho$  el valor de  $1,31 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ , que puede ser considerado prácticamente idéntico para el agua dulce y el agua de mar.

En estas condiciones:

$$\begin{aligned} R_1 &= V_1 D_1 / \nu = 3.050 \\ R_2 &= V_2 D_2 / \nu = 152 \end{aligned}$$

Si se asimila el hilo a un cilindro de radio D, de longitud finita, se puede ver en la Figura 17 que para dichos valores,  $C_x$  varía muy poco, lo que viene a confirmar las hipótesis adoptadas.

## 6. REGLAS PRACTICAS EN EXPERIMENTACION CON MODELOS

Como es sabido, la aplicación de los métodos analíticos es limitada y, en muchos casos, resultan de más utilidad las pruebas con modelos.

Al efectuar una prueba con modelos, es básico conocer qué condiciones han de cumplirse para asegurar las relaciones de similitud mecánica y geométrica entre el modelo a escala y el arte de tamaño natural. La ley de similitud fue deducida por primera vez por Tauti, bajo las bases citadas en el apartado anterior.

Los experimentos con modelos se realizan, en general, en tanques experimentales, empleando indistintamente alguno de los dos métodos siguientes:



- 1) El agua está en reposo y el arte se remolca de la misma forma en que se realizan las pruebas con modelos de buques. Normalmente, el arte se engancha a un carro remolcador que se mueve sobre raíles.
- 2) La red permanece estacionaria dentro de un tanque y el agua fluye ("Tanque de Circulación"). Presenta la ventaja de que los cambios que se originan en la forma de la red pueden estudiarse y fotografiarse fácilmente.

En cualquier caso, el método a seguir para construir el modelo de red es el siguiente:

- a) Cálculo de la razón de reducción o escala:  $L'/L = \lambda$ . El tamaño a determinar del modelo será tan grande como la que permitan las circunstancias, siendo  $L$  la dimensión lineal de cada sección de la red.

- b) Determinación del diámetro del hilo de la red y de la densidad del material, de forma que la razón:

$$\frac{D'}{D} \frac{\rho' - \rho_a}{\rho - \rho_a} \quad [6.1]$$

(Donde:  $\rho_a$  y  $\rho$ , son las densidades del agua y del material) tenga el mismo valor respectivamente.

- c) Determinación de la longitud del lado de la malla:  $L$

$$\frac{D'}{D} = \frac{L'}{L} = m \quad [6.2]$$

Señalándose que la razón de reducción no ha de ser, necesariamente, la misma que la de la red.

- d) Unión de los paños del modelo de red con la misma razón  $\frac{\text{Armadura}}{\text{Paño}} = \chi$  que tiene el original:

$$\chi = \chi' \quad [6.3]$$

- e) Determinación de la relación de velocidades entre el original y el modelo construido de acuerdo con las premisas anteriores:

$$\frac{V'}{V} = \sqrt{e} \quad [6.4]$$

- f) La relación de tensiones  $T$  en el paño y en los cabos de la armadura  $T_i$  vienen dadas por las expresiones:

$$\frac{T'}{T} = \lambda e \quad y \quad \frac{T'_i}{T_i} = \lambda^2 e \quad [6.5]$$

- g) La relación entre los cabos de la red viene condicionada por la densidad del material  $\rho_c$  y el diámetro del hilo  $D_c$ , debiendo cumplirse simultáneamente las siguientes dos ecuaciones:

$$\frac{\rho'_c - \rho'_a}{\rho_c - \rho_a} = \frac{e}{\lambda} \quad y \quad \frac{D'_c}{D_c} = \lambda \quad [6.6]$$

- h) El tamaño y densidad del material de los accesorios (flotadores y lastres), debe ser elegido de forma que se cumplan simultáneamente las relaciones siguientes:

$$\frac{\rho'_i - \rho_a}{\rho_i - \rho_a} = \sqrt{\frac{n'}{n} \frac{e}{\lambda}} \quad y \quad \frac{D'_i}{D_i} \sqrt{\frac{n'}{n}} = \sqrt{\lambda} \quad [6.7]$$

donde:  $D_i$ : Diámetro del accesorio.  
 $\rho_i$ : Densidad del material de los accesorios.  
 $n$ : Número de accesorios.

- i) Si la red está firme al fondo por medio de sacos de arena —como es el caso de artes fijas o trampas—, el peso  $P$  del saco sumergido en el agua o del anclote, debe elegirse según la relación:

$$\frac{P' k'}{\rho k} = \lambda^2 e \quad [6.7]$$

siendo  $k$  el coeficiente de resistencia del saco.

- j) Cuando los accesorios están hechos de lona o cualquier otro material similar, se prescinde de su peso aparente en el agua y la dimensión  $L_i$  vendrá dada por:

$$\frac{L'_i}{L_i} = \lambda \quad [6.7]$$

- k) Cuando los accesorios afectan a las fuerzas hidrodinámicas, como es el caso de las puertas, su tamaño  $L_p$  y densidad  $\rho_p$ , deben satisfacer las razones:

$$\frac{L'_p}{L_p} = \lambda \quad y \quad \frac{\rho'_p - \rho'_a}{\rho_p - \rho_a} = \frac{e}{\lambda} \quad [6.9]$$

Cabe decir, para finalizar este apartado, que una realización rigurosa de la geometría del modelo permite estimar, con una precisión razonable, las distintas características principales de un arte de pesca.

## 7. EJEMPLO PRACTICO DE APLICACION

Hay que resaltar, en primer lugar, que la fiabilidad de los ensayos deja mucho que desear si la vena líquida en la que se realiza la experiencia, no posee unas buenas condiciones de homogeneidad a lo largo de la zona de experimentación. Gracias a los dispositivos de homogeneización de flujo instalados en la mayoría de los túneles de ensayos, es posible obtener medidas precisas de la distribución de velocidades, tanto en alturas como en anchuras, sin que las fluctuaciones del campo de aquellas se desvíen más de un 5 por 100 de un valor medio prefijado.

Se describe a continuación una red de arrastre de fondo y su correspondiente modelo. Este tipo de arte se utiliza normalmente para la pesca de merluzas, pescadillas, arenques y caballas, empleándose para ello buques arrastreros de 750 a 1.000 CV de potencia instalada.

El hilo se caracteriza, sobre todo, por su tupido recubrimiento en el cielo de la red y por su brevedad, sin embargo, en el vientre. Las mallas son de 70, 50, 30 y 25 milímetros (esta última se emplea normalmente para el arenque y la caballa) y, habitualmente, están fabricados en fibra de nylon de 400 m./kg.

El modelo ha sido construido empleando una relación de reducción de 1 a 20 sobre el diseño original. Esto significa que todas las dimensiones lineales y, especialmente, las longitudes de las mallas y de las relingas se han reducido siguiendo los principios expuestos en el apartado anterior.

Por otra parte, bien por razones de tipo constructivo, bien por permanecer dentro de los límites de los hilos



se han determinado en función de unas escalas diferentes (1/7 a 1/5). Así se obtiene globalmente una superficie de hilos que se ha reducido según la escala 1/20, siendo las aberturas de las mallas en el modelo de 10, 7, 6 y 5 milímetros fabricadas en hilo de nylon de 20.000 m./kg.

En contrapartida, la elección de una escala diferente para las mallas y los diámetros de los hilos, presenta el inconveniente de dar como resultado un modelo proporcionalmente más pesado que el arte original. Este aumento de peso es, de hecho, poco significativo, ya que el nylon tiene una densidad que no se diferencia mucho de la del agua.

Las características del aparejo, tanto del original como del modelo, aparecen reflejadas en la tabla 3:

Tabla 3

	ORIGINAL	MODELO
Malletas .....	27 m.	132 m.
Flotadores .....	32 unid.=106 dm <sup>3</sup>	8 unid.=13,6 cm <sup>3</sup>
Plomos .....	200 kg.	27,2 kg.
Puertas		
Dimensión .....	3,00X1,50 m.	14,8X7,3 cm.
Peso .....	1.000 kg.	125 gramos
Red		
Anchura alta .....	16 m.	80 cm.
Anchura media .....	15,80 m.	78 cm.
Anchura baja .....	16,20 m.	81 cm.
Velocidad .....	4 nudos	0,45 m./s.

La instalación es clásica en este tipo de artes: puertas rectangulares divergentes, cables, alas, etcétera. La comparación de los elementos correspondientes al arte original y al modelo muestra, efectivamente, que las longitudes han sido determinadas según la escala de reducción lineal, mientras que las superficies siguen el cuadrado de la citada escala y los pesos y/o volúmenes se definen en función del cubo de la relación de reducción; o sea: 1/400 y 1/800 respectivamente.

La velocidad de arrastre está alrededor de cuatro nudos en el original, a la que corresponde en el modelo una velocidad de 0,45 m./s., calculada según la Fórmula de Froude.

8. LOS LABORATORIOS DE ARTES DE PESCA EN EL MUNDO

Algunos países, interesados en el mejoramiento de su tecnología pesquera, han desarrollado y puesto a punto una serie de instalaciones cuyo fin primordial es la investigación y el estudio de las artes de pesca. Estos centros se encuentran localizados en los siguientes países:

- Francia.
- Japón.
- Reino Unido.
- Dinamarca.

8.1. Instituto de Pesca de Boulogne. Francia

El laboratorio ha sido puesto en servicio en 1967, bajo el patrocinio de la Cámara de Comercio e Industria de Boulogne y costado en parte gracias a una subvención estatal acogida al plan de desarrollo de la pesca marítima.

Construido por Les Ateliers et Chantiers Maritimes Boulonnais, consta de un dispositivo de agua circulante en circuito cerrado en el cual el modelo permanece fijo frente a una corriente de agua, impulsada por dos hélices sincronizadas. El fondo de la cámara de observación está constituido por una cinta deslizante que se mueve a la misma velocidad de la corriente con el fin de evitar la formación de torbellinos.

Sus características principales son las siguientes:

- Longitud total ..... 21,00 m.
- Anchura de la cámara de observación .... 2,00 m.
- Altura de la cámara de observación ..... 1,50 m.
- Longitud de las ventanas de observación . 4,50 m.
- Gama de velocidades de la corriente ..... 0,2 a 1,0 m./s.

8.2. Canal de Loraine. Francia

Es de características muy similares al de su hermano de Boulogne, aunque de dimensiones más reducidas. En la actualidad no se emplea con regularidad, prefiriéndose hacer las experiencias en el de Boulogne.

8.3. Uroko. Japón

Construido y puesto en servicio por el sector privado en colaboración con la universidad en octubre de 1973. Consta, al igual que los canales franceses, de un circuito de agua impulsado, en este caso, por un rotor cilíndrico acelerador. La cámara de observación tiene tres grandes ventanas situadas a ambas bandas del túnel y en el techo de éste.

Los medidores y resto de la instrumentación están dirigidos por control remoto, siendo analizados y procesados los datos en un ordenador adecuado para efectuar tal servicio.

Sus características son las siguientes:

- Longitud total ..... 19,45 m.
- Anchura de la cámara de observación ..... 1,70 m.
- Altura total del túnel ..... 6,10 m.
- Longitud de la cámara de observación ..... 6,00 m.
- Altura de la cámara de observación ..... 1,30 m.
- Velocidad de la corriente ..... hasta 1,00 m./s.

8.4. Fisheries Training Centre and Flume Tank of Hull. Reino Unido

En 1972 la White Fish Authority (WFA) Industrial Development Unit se vio en la necesidad de investigar y desarrollar para sus buques una serie de grandes artes de pesca pelágicos, destinados a la pesca de arrastre por parejas. Para ello y basándose en el laboratorio francés de Boulogne, cuyas características se han expuesto más arriba, se decidió a construir un canal de ensayos de redes de disposición semejante a los ya existentes, aunque de dimensiones mayores con el fin de utilizar modelos más grandes que permiten una mayor precisión en las medidas.

Fue diseñado por los técnicos de la WFA, en colaboración con el Departamento de Hidrodinámica de la Universidad de Glasgow, y financiado por la British Trawlers Federation, el Humberside County Council y por la propia WFA.

La obra civil del centro se terminó en noviembre de 1975, estando el canal en condiciones de operar en febrero de 1976.

Al igual que los anteriores, consta de un circuito cerrado de agua circulante, accionado, en este caso, por



cuatro impulsores movidos mediante un sistema eléctrico-hidráulico. El fondo de la cámara de observación está provisto de una cinta deslizante para mejor simulación de las condiciones reales.

— Longitud total .....	31,00 m.
— Anchura de la cámara de observación .....	5,00 m.
— Longitud de la cámara de observación .....	11,00 m.
— Capacidad .....	700 m <sup>3</sup>
— Gama de velocidades .....	0,2 a 1,0 m./s.
	(y hasta 1,5 m./s.)

Las escalas empleadas para la construcción de las diferentes artes de pesca que se ensayan en el centro están comprendidas entre 1/5 y 1/25.

El centro desarrolla también una activa labor pedagógica, pues se imparten continuamente cursos de entrenamiento y formación para toda clase de alumnos, tanto nacionales como extranjeros.

### 8.5. Danish Fisheries Technology Institute's Flume Tank of Hitshals. Dinamarca

Es el laboratorio de ensayos de artes de arrastre de mayores dimensiones de los existentes. Inaugurado en octubre de 1982, fue proyectado y construido en base a las características del laboratorio de la WFA inglesa, aunque procurando mejorar sus prestaciones.

Estructuralmente está compuesto por un gran tanque de hormigón reforzado, dividido horizontalmente en dos cámaras interconectadas en sus extremos para que pueda circular el agua libremente.

El tanque está especialmente diseñado y equipado para ensayos con modelos y para realizar demostraciones de artes de pesca, particularmente de arrastre. Sin embargo, es también apropiado para cualquier tipo de ensayos en los que se requiera la medición y observación submarina.

Sus dimensiones principales son las siguientes:

— Longitud total .....	30,00 m.
— Anchura de la cámara de observación .....	8,00 m.
— Longitud de la cámara de observación .....	21,00 m.
— Altura de la cámara de observación .....	2,70 m.
— Capacidad .....	1.200 m <sup>3</sup>

El agua se hace circular por medio de cuatro impulsores, cada uno de ellos conectado a un motor eléctrico de 64 kW. El fondo del tanque está ocupado por una cinta transportadora de 20 metros de longitud por 7,8 metros de ancho. La velocidad del agua puede variar entre 0 y 1,0 m./s.

Los cursos de entrenamiento y planificación comenzaron en marzo de 1983 y reúnen tripulaciones de gran número de países, lo que supone una magnífica plataforma para intercambiar ideas y técnicas propias entre alumnos.

### 8.6. Análisis comparativo de las diferentes instalaciones

Aunque todas las instalaciones existentes tienen el mismo principio de funcionamiento (túnel de circulación de agua en circuito cerrado con impulsión por medio de bombas axiales), se detectan diferencias más o menos acusadas entre las distintas soluciones que permiten analizar y sacar conclusiones sobre la mayor o menor bondad de cada una de ellas.

El autor ha visitado y estudiado a fondo la mayoría de los laboratorios existentes en Europa (a excepción de

los franceses), habiendo encontrado algunas diferencias (quizá influenciado por sus muchos años de prestar servicio en un centro de investigación hidrodinámica) que, en su opinión, pueden ser razonablemente evitadas en una instalación nueva.

Cualquier instalación de las existentes presenta una semejanza clara con respecto a los túneles de agua circulante que, en gran número, existen en los centros de experimentación hidrodinámica. Estos artefactos deben reunir una serie de requisitos o especificaciones que en los canales de artes de pesca se han solucionado con mejor o peor fortuna (Figura 18).

#### a) Uniformidad del campo de velocidades en la sección de entrada a la cámara de observación

Parece de todo punto imprescindible que el flujo llegue a la sección de medida lo más uniformemente posible. Dicho en otras palabras: el gradiente de velocidad en la sección de entrada no debe presentar diferencias apreciables.

La forma más práctica de conseguir la uniformidad del flujo es contrayéndolo aguas arriba del módulo de medida disponiendo, para ello, una tobera aceleradora intercalada en la propia configuración de la instalación.

Esta particularidad no ha sido contemplada ni en los laboratorios franceses ni en el de la WFA. Sólo aparece una ligera contracción en el danés que parece, a todas luces, insuficiente.

Sin embargo, en la instalación japonesa, que aunque no ha sido visitada se dispone de abundante información escrita, aparece reflejada claramente la contracción en la configuración del túnel.

#### b) Nitidez en la vena líquida

En un túnel de circulación, el agua al moverse produce gran cantidad de burbujas, fruto de la reunión de las moléculas de aire que el fluido transporta en suspensión, que dificultan la observación del objeto que se ensaya. Esta característica es mucho más relevante en este caso, dado que la mayoría de las experiencias y medidas que se realizan son puramente visuales y, por lo tanto, es necesaria una gran nitidez en la cámara de observación.

Dicho lo anterior, parece imprescindible extraer las burbujas de la corriente de agua. Esta operación que es de obligado cumplimiento en los túneles hidrodinámicos se realiza mediante un desairador al que se le aplica una bomba de vacío que aspira el aire acumulado en una cámara situada, expofeso, en un punto del circuito.

Aunque las instalaciones europeas disponen de una purificadora de agua, no parece que se contemple este aspecto específico en ninguna de las instalaciones visitadas. Unicamente, al igual que en el caso anterior, sólo el túnel japonés lleva incorporado un desairador.

#### c) Pérdidas de carga y perturbaciones del flujo durante el recorrido

Todo circuito debe estar cuidadosamente diseñado para que el agua, en su recorrido, no sufra pérdidas de carga elevadas y, por lo tanto, variaciones de velocidad apreciables. Si a las propias pérdidas que supone la presión hidrostática y el rozamiento en las paredes se le suma una componente exagerada, provocada por una mala configuración del circuito, la instalación puede llegar a ser antieconómica en su explotación, pues sería



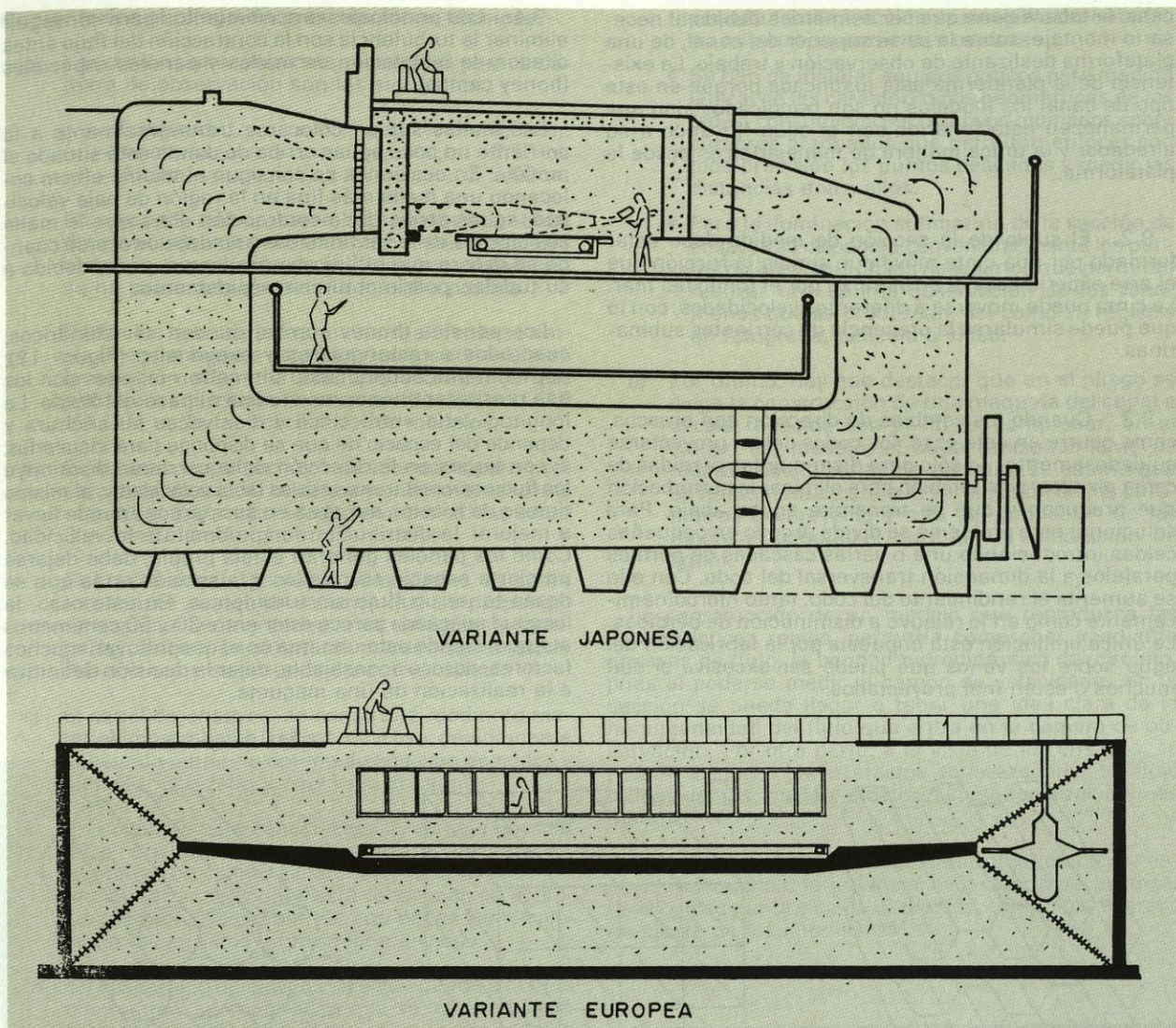


Figura 18.

necesaria una gran cantidad de energía para impulsar el agua.

Para minimizar las pérdidas y evitar, en lo posible, la formación de torbellinos, se suelen disponer aletas directas de flujo en los codos y ángulos del túnel. El efecto que se consigue con la incorporación de estos elementos es uniformar las líneas de corriente evitando cambios bruscos en la dirección del flujo.

En opinión del autor, la configuración de los túneles europeos y la disposición y forma de los elementos enderezadores de flujo no son los más apropiados para conseguir tal fin. Por lo general, en los codos no se han dispuesto radios de acuerdo adecuados para que no se produzca separación de flujo, careciendo la tubería, además, de zonas de transición entre los codos que amortigüen el efecto provocado por un cambio de dirección tan brusco.

Es una vez más en la instalación japonesa donde parece que se ha contemplado esta peculiaridad, pareciéndose mucho la configuración de aquella a la de un túnel de cavitación típico.

#### d) Rendimiento global de la instalación

Casi todos los tanques montan sistemas impulsores eléctricos o electro-hidráulicos en los que se divide la

potencia entregada en tres o cuatro ramales que albergan hélices de pequeño diámetro y muy revolucionadas. Esto conlleva a que los rendimientos globales de la instalación sean bajos y, por tanto, la demanda de potencia excesiva.

Como alternativa, parece conveniente elegir impulsores de gran diámetro y poco revolucionados, con lo que aumenta considerablemente el rendimiento. Aunque el coste de construcción de esta variante es, sin duda, más elevado que la otra, el menor consumo de potencia en servicio permite amortizar rápidamente el extracoste.

### 9. ALGUNAS IDEAS SOBRE EL DISEÑO OPTIMO DE UN CANAL PARA ENSAYOS DE ARTES DE PESCA

Una vez analizados los laboratorios existentes y evaluadas sus ventajas e inconvenientes, parece obligado exponer el conjunto de requisitos técnicos que, en opinión del autor, debe reunir una instalación de estas características.

9.1. Como ya se ha citado anteriormente, para conseguir un buen flujo en la sección de medida, se debe colocar antes de ella una tobera aceleradora. En este



caso, la tobera tiene que ser asimétrica debido al necesario montaje, sobre la parte superior del canal, de una plataforma deslizante de observación y trabajo. La existencia de la plataforma está justificada porque en este tipo de canal los modelos no son remolcados sino que permanecen estacionarios con el agua fluendo a su alrededor y la única manera de manejarlos es desde la plataforma.

9.2. El suelo de la sección de medida debe estar formado por una cinta móvil que simula la fricción que el arte experimenta al arrastrarse por el fondo del mar. La cinta puede moverse a diferentes velocidades, con lo que puede simularse la presencia de corrientes submarinas.

9.3. Cuando los cambios de dirección son bruscos, como ocurre en este caso, los codos deben proyectarse cuidadosamente, no sólo para disminuir las pérdidas de carga en ellos, sino también para eliminar la perturbación que producen y que se transmite aguas abajo. Para solucionar este problema se divide el codo en pequeñas celdas introduciendo una o varias cascadas de perfiles paralelos a la dimensión transversal del codo. Con ello se aumenta el rendimiento del codo, tanto hidrodinámicamente como en lo relativo a disminución de pérdidas. La única limitación está impuesta por la fabricación del agua sobre los vanos que puede ser excesiva si son muchos o están mal proyectados.

9.4. Los principales procedimientos para conseguir eliminar la turbulencia son la contracción del flujo antes citado y la instalación de mallas y paneles especiales (honey combs).

Las mallas suelen colocarse transversalmente a la corriente un poco aguas arriba de donde está situado el modelo. En ocasiones se consigue el mismo efecto colocando una malla más fina en la región de baja velocidad, aguas arriba de la contracción. Para que la malla sea efectiva debe ser uniforme y no debe colocarse cuando se espera que el flujo no sea limpio, pues, debido a su tupidéz, podría obturarse rápidamente.

Los paneles (honey combs) pueden ser cilíndricos, cuadrados o rectangulares y hexagonales (Figura 19); normalmente adoptan esta última forma, pues son los que presentan menor resistencia al paso del fluido. La longitud varía entre cinco y diez veces su anchura y depende del espacio de que se disponga para instalarlas; si son largos en la dirección de la corriente disminuye las fluctuaciones transversales de la velocidad y, al mismo tiempo, la fricción del agua en sus paredes puede llevar a mejorar la distribución longitudinal de la velocidad. Como los paneles generan estela propia, debe dejarse un cierto espacio entre ellos y la sección en la que se desea tener un flujo sin turbulencia. En este caso, la longitud adecuada parece estar entre 30 y 50 centímetros aunque, siendo este un tema en el que influyen muchos factores, parece aconsejable, dejar la decisión definitiva a la realización de una maqueta.

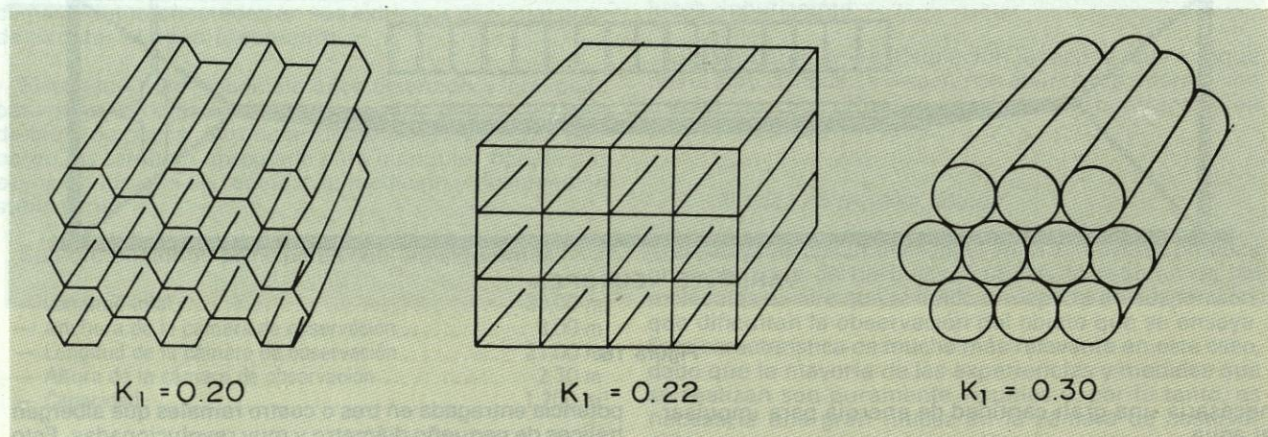


Fig. 19.— $K_1$ =Coeficiente de pérdidas.

9.5. En la descarga de las bombas deben situarse unos difusores, teniendo especial cuidado de que el ángulo que formen sus paredes no sea crítico. Los difusores a su vez descargarán a un colector común en el que el flujo de agua se uniformiza antes de cambiar de dirección con lo que se evitan grandes pérdidas de carga.

## 10. CREACION DE UN LABORATORIO DE ARTES DE PESCA EN GALICIA

Por resolución de 26 de junio de 1987 de la Consejería de Pesca, Marisqueo y Cultivos Marinos de la Comunidad Autónoma de Galicia, se anuncia concurso para la adjudicación de la redacción del proyecto técnico y la construcción de un "canal de experiencias pesqueras" en Vigo, Pontevedra.

Con esta iniciativa, de indudable acierto en su planteamiento, se viene a satisfacer, por un lado, una nece-

sidad perentoria de mejoramiento tecnológico del sector pesquero nacional y especialmente del gallego, y, por otro, se canalizan y llegan a buen término las innumerables gestiones y peticiones de los armadores y fabricantes de artes que, desde hace largo tiempo, están reclamando la creación de un centro de investigación y diseño de estas características.

No se ha podido elegir un emplazamiento más idóneo que el que figura en la resolución. La ciudad de Vigo es, con toda seguridad, el puerto pesquero más importante de España y, probablemente, también de Europa. Su floreciente actividad abarca todas las facetas del negocio pesquero: astilleros, empresas armadoras, fábricas de conservas, fábricas de redes, industria auxiliar, etcétera, y hacen de Vigo el lugar más adecuado para instalar un centro de este tipo. Si a esto se une que la ciudad es, sin duda, el centro de formación más importante de Galicia en enseñanzas marítimo-pesqueras, también se justifica plenamente la ubicación desde el punto de vista académico y formativo.



## Comentarios al pliego de prescripciones técnicas

- a) Las dimensiones mínimas requeridas para la cámara de observación son las siguientes:

— Longitud .....	15,00 m.
— Anchura .....	6,50 m.
— Altura .....	3,00 m.

Como puede comprobarse, se ha optado por unas dimensiones intermedias entre el canal inglés y el danés, a excepción de la altura que, al parecer, se ha procurado que sea la máxima posible.

Dados los tipos de artes que normalmente se emplean en los buques españoles, puede considerarse la solución adoptada más que sobrada, ya que permite la utilización de escalas adecuadas (1/15 a 1/25) en la fabricación de los modelos.

- b) El sistema impulsor será el adecuado para proporcionar un caudal continuo y uniforme, así como regulable, para velocidades comprendidas entre 0 y 2 m./s. en la cámara de ensayos.

Con esta amplia gama de velocidades se cubre totalmente cualquier variante que se proponga, en especial la de grandes artes pelágicas y semi-pelágicas que, en el natural, pueden ser arrastradas a cinco y seis nudos durante el lance.

- c) El canal de ensayos, se construirá mediante material impermeable, resistente y liso, debidamente adecuado para una óptima disposición de codos y aletas enderezadoras del flujo del agua.

A la vista de esta especificación, se deja libertad a los concursantes para que utilicen diversas alternativas en cuanto a materiales de construcción. Si bien el canal japonés está construido en acero, los europeos (exceptuando uno de los franceses) están contruidos en hormigón armado.

- d) En el apartado del pliego correspondiente a "Otros elementos" se comprueba que se han analizado en profundidad los equipamientos de los canales ya existentes requiriéndose, en consecuencia, una relación muy completa de los equipos e instalaciones que razonablemente debe montar el nuevo canal.

Cabe destacar las siguientes especificaciones:

- Se dispondrá puente grúa de capacidad suficiente para el montaje y mantenimiento del canal de ensayos.
- La plataforma móvil de observación, con sus correspondientes carriles, será movida eléctricamente y permitirá, desde un nivel superior, la visión ininterrumpida de los artes de pesca que se estén experimentando.
- La plataforma fija de trabajo consistirá en una estructura adecuada para preparar los artes previamente a ser ensayados.
- La plataforma de observación lateral permitirá la comprobación del arte en condiciones de trabajo a través de las ventanas del canal, así como realizar las mediciones ópticas de las características geométricas del arte que se está experimentando.
- El fondo flexible móvil debe situarse en una caja de profundidad suficiente para alojar la cinta y sus correspondientes apoyos.
- Se dispondrá equipo de medida de tracción en los cables de arrastre de las redes, constituidos

por células de tracción sumergibles montadas en sus correspondientes soportes.

- Se han de instalar equipos ópticos para medida lateral de las características geométricas de las redes, constituidos por objetivos montados sobre cursores graduados que permitan enfocar con toda precisión los puntos deseados y medir las distancias entre ellos.
  - Para la iluminación submarina de la sección de ensayos se dispondrá convenientemente los puntos de luz sumergibles necesarios que permitan realizar una óptima observación de los fenómenos que se produzcan, así como su registro en fotografía, película o video.
- e) Por último, hay que destacar que en el pliego se exige la construcción de una maqueta del canal a escala reducida con el fin de comprobar, en el campo del modelo, el buen funcionamiento de toda la instalación. Esta cláusula se estima que es fundamental para la verificación de los parámetros de proyecto y a la comprobación de las hipótesis adoptadas durante la elaboración de aquél.

La construcción de un modelo que reproduzca las características reales, permitirá comprobar, mediante ensayos de flujo, la bondad hidrodinámica del circuito, pues al poderse medir el campo de velocidades en la sección se puede llegar a tener una idea clara de la homogeneidad del flujo que entra en la cámara de observación. Por otra parte, a la vista de los ensayos, se podrán disponer los artefactos enderezadores del flujo (honey combs, mallas, etcétera) en su localización más efectiva.

Por último, también se debe determinar mediante ensayos adecuados, la potencia necesaria para alcanzar la velocidad punta exigida y, además, comprobar el grado de ajuste de los impulsores.

## 11. CONCLUSIONES

Habida cuenta de lo expuesto en este trabajo, pueden deducirse las siguientes conclusiones:

11.1. Se considera fundamental para el proyectista de un buque pesquero el conocimiento de las artes y aparejos que en cada caso son los más adecuados para las características operativas de la embarcación y para el caladero al que va a ser destinado. Una idea clara de los diferentes elementos del arte contribuirá a la realización de un diseño racional y de alto rendimiento.

11.2. Es interesante disponer de las características biológicas de las especies predominantes en los caladeros en los que se estima que va a faenar la embarcación, pues es necesario coordinar los aspectos mecánicos de las formas de las artes con el comportamiento de los peces, a fin de conseguir resultados satisfactorios en los lances.

11.3. La práctica ha demostrado que las artes tradicionales tienen varios y graves inconvenientes: las puertas tienden a enterrarse en el fondo y causan cambios constantes en la abertura de la red; los paños se comban durante la pesca y los peces se enmallan; el flujo del agua no es uniforme y es mucho más lento que la velocidad de remolque, causando turbulencias. Todo lo anterior refuerza la idea de que el proyecto y elaboración de las artes debe ser realizado empleando, no sólo la experiencia de los usuarios, sino los medios más modernos y las tecnologías más avanzadas en este campo.

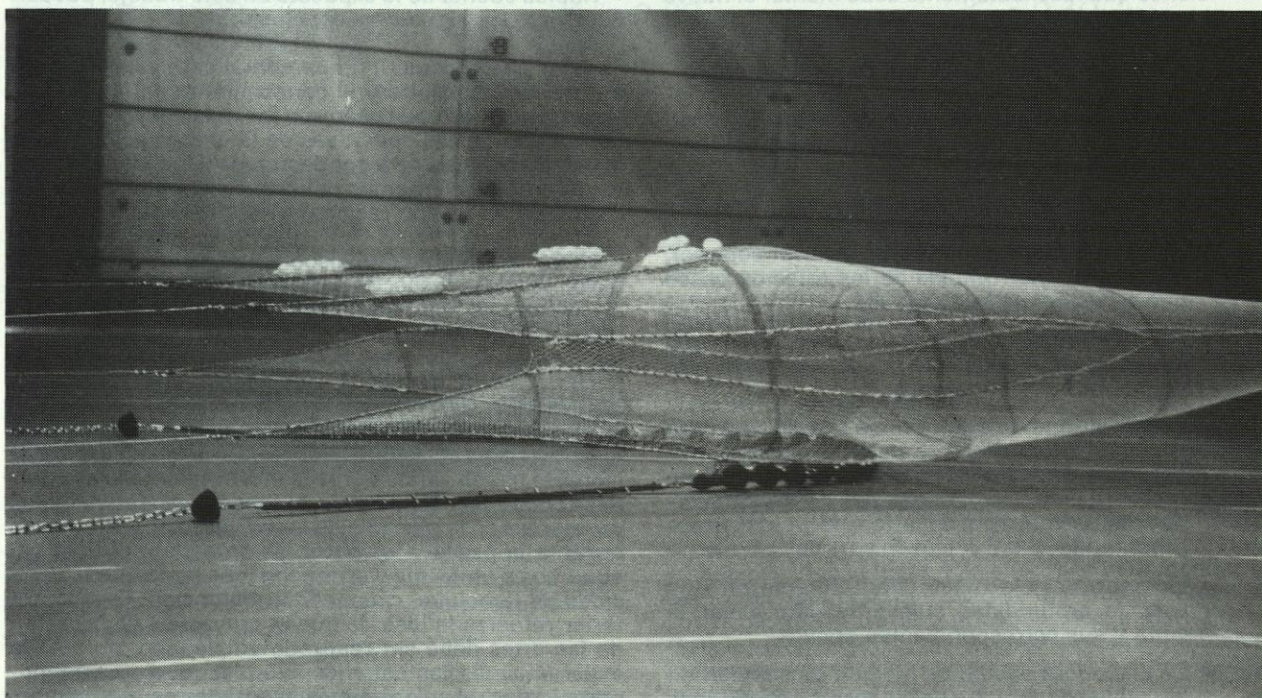
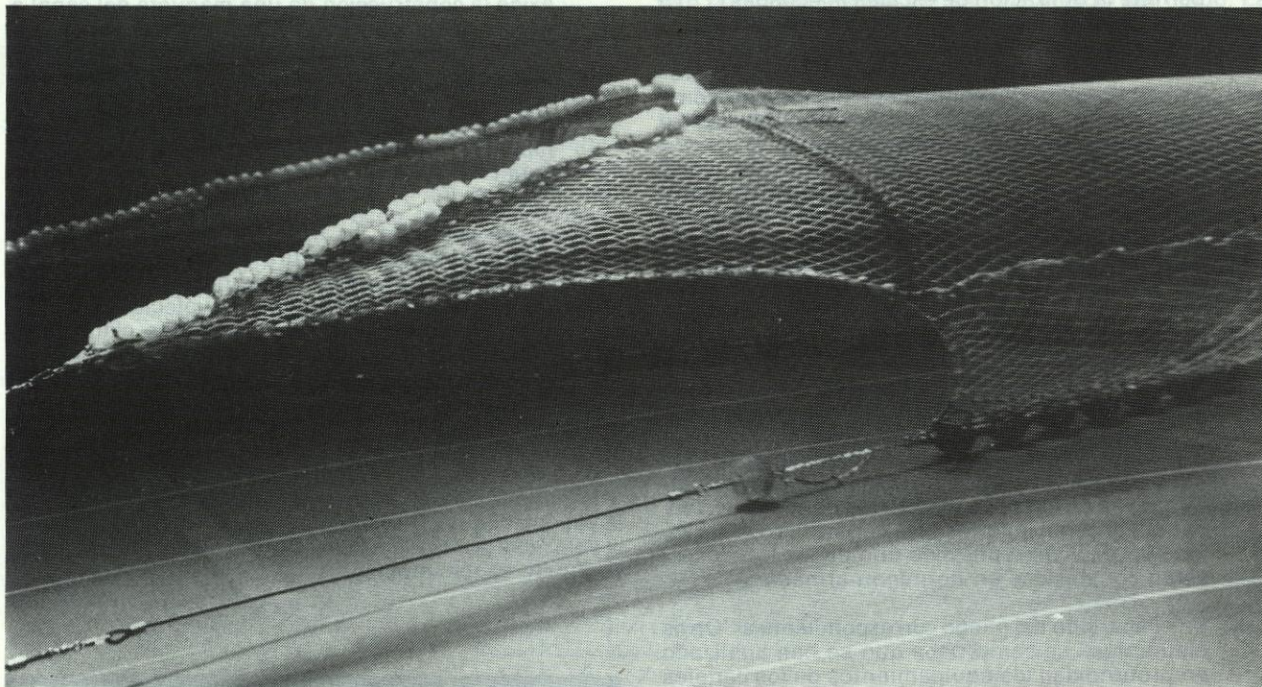


11.4. La necesidad de correlacionar las observaciones y medidas de los modelos con las realizadas en artes de tamaño natural, ha permitido encontrar una cierta concordancia entre el rendimiento de los modelos a escala reducida y las redes originales, siendo aquella lo suficientemente estrecha como para llegar a la conclusión de que pueden conseguirse resultados muy útiles con el uso de modelos, siempre y cuando las comparaciones se analicen con un sentido crítico.

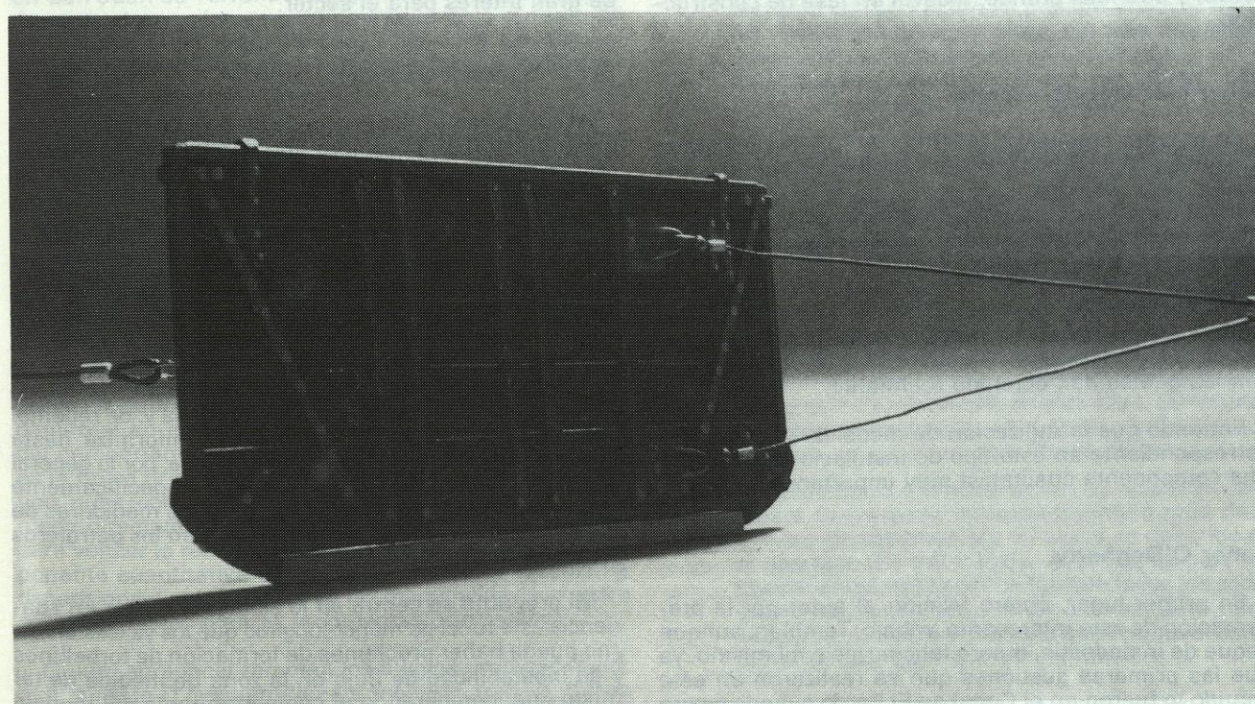
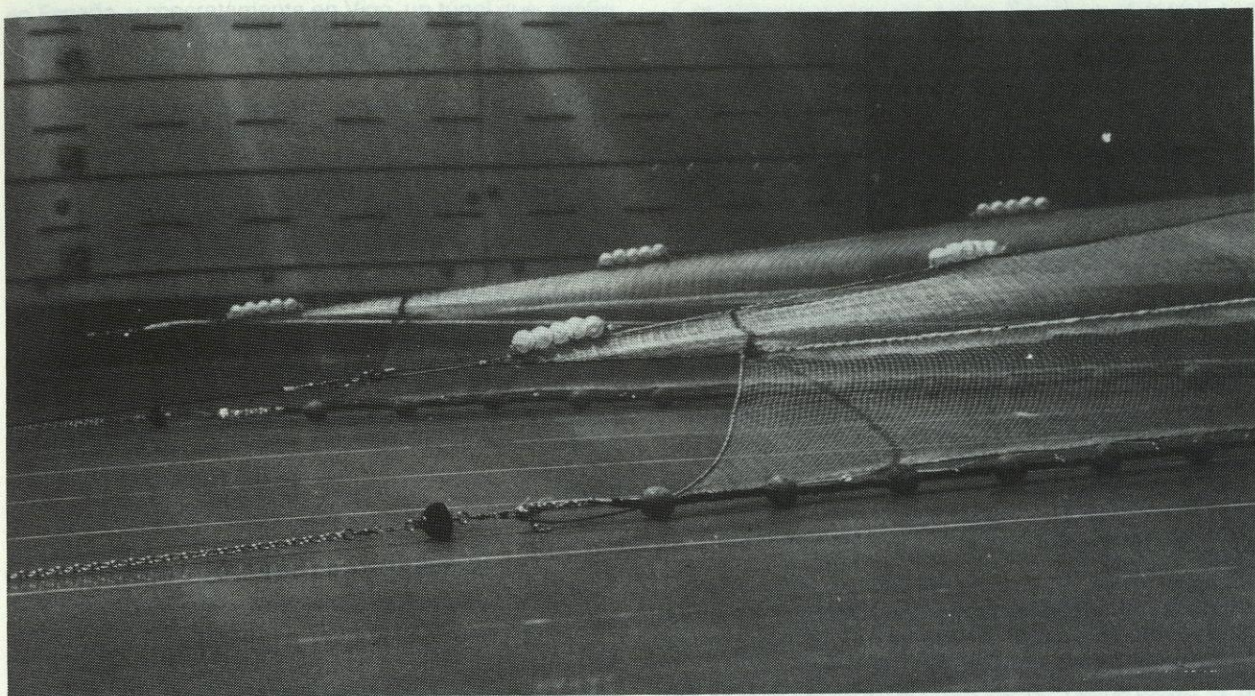
11.5. El estudio sistemático de las artes de pesca mediante ensayos con modelos a escala reducida ha de

llevarse a cabo siempre que se pueda, pues es evidente que su repercusión en la explotación del buque puede llegar a ser muy considerable. La optimización de las artes puede dar lugar a un aumento sustancial en el ritmo de las capturas, con la correspondiente mejora en la rentabilidad del buque.

11.6. La iniciativa del Gobierno Autónomo de Galicia, merece nuestra más sincera felicitación, ya que, sin duda, la existencia de este laboratorio será de gran utilidad para aumentar la productividad de la flota pesquera española y contribuirá notablemente a disminuir la dependencia tecnológica foránea en este campo.







## 12. BIBLIOGRAFIA

1. ANDREEV, N. N.: *Handbook of Fishing Gear and its Rigging*. I.P.S.T. Jerusalem, 1966.
2. DICKSON, W.: *The use of the Danish serie net*. Modern Fishing Gear of the World I.
3. DICKSON, W.: *Trawl Gear Geometry and Resistance*. FAO/URRS Seminar. Moscú, 3-22, october, 1966.
4. DICKSON, W.: *Trawl Gear Selection, Desing and Constrution in Relation to Fish Behaviour, Vessel and Fishing Condition*. Modern Fishing Gear of the World III. Fishing News Limited, 1971.
5. FAO: *Otter Board Design and Performance*. Rome, 1974.
6. FRIDMAN, A. L.: *Theory and Design of Comerical Fishing Gear*. Israel Program for Scientific Translation. 1973.
7. FRIDMAN, A. L.: *Geometry and Resistance of Trawls*. FAO/URRS Seminar. Moscú, 3-22, october, 1966.
8. KAWAKAMI, T.: *The Theory of Designin and Testing Fishing Nets in Model*. Modern Fishing Gear of the World II. Fishing News Limited, 1964.
9. KOYAMA, T.: *A Calculation Method for Matching Trawl Gear for Towing Power of Trawlers*. Modern Fishing Gear of the World III. Fishing News Limited, 1971.



10. LARSEN, R.: *Floating Trawl*. British Patent Specification. N.º 695, 1953.
11. MICOF: *Introducción a la Pesca Marítima*. Ciclo de Conferencias a los Alumnos del IUPFAN. Curso 1977/78. Caracas.
12. NEDELEC, C. y PORTIER, M.: *Théorie et Pratique des Maquettes D'Engines de Pêche*. Science et Pêche, Bull. Institute de Pêches Maritimes. N.º 227, juillet-août, 1973.
13. NUÑEZ, J. F.: *Resultados obtenidos en Arrastreros con Hélices en Tobera*. INGENIERIA NAVAL, febrero, 1975.
14. NUÑEZ, J. F. y BAQUERO, A.: *Estudios comparativos de distintos Sistemas Propulsores en un Buque Pesquero de Arrastre*. Publicación número 69, Canal de Experiencias Hidrodinámicas de El Pardo. Mayo, 1982.
15. NUÑEZ, J. F.: *Cálculo y Dimensionamiento de Plantas Propulsoras de Buques Pesqueros en función del Arte de Pesca*. Tesis Doctoral, E.T.S.I.N., 1985.
16. O'DOHERTY, P.; NUÑEZ, J. F. y otros: *Nuevas Tendencias en el Proyecto de Buques Pesqueros*. INGENIERIA NAVAL, junio, 1981.
17. SANTARELLI, M. F. y NUÑEZ, J. F.: *Consideraciones acerca del Sistema Propulsor en Arrastreros en Función del Arte de Pesca*. INGENIERIA NAVAL, noviembre y diciembre de 1981.
18. TAUTI, M.; MIURA, T. y otros: *Resistance of Plane Net in Water*. Japan Fishing Industries, 21 (2), 1925, 11.
19. THEWS, J. G. y LANDWEBER, L.: *On the Resistance of a Heavy Flexible Cable for Towing a Surface Float Behind a Ship*. R.E.M., 418, 1936. Appendix I.

## DISCUSION

### Señor Huther

Solamente deseo hacer dos precisiones al contenido de este trabajo: la primera, es que el nombre correcto del segundo canal operativo en Francia es *Lorient* y no *Loraine*, como aparece en el texto; la segunda, es que, además de los canales descritos en la Conferencia, existe otra instalación más en San Juan de Terranova, compuesto por un Canal de dimensiones reducidas, ya operativo, y otro más grande, todavía en fase de construcción.

### Señor Martínez de Azcoitia

En nuestra empresa (GABRIELITOS, S. A.) podemos comprobar fácilmente la correlación modelo-buque puesto que, una vez construido el buque, es relativamente sencillo comparar los resultados alcanzados en las pruebas de mar con las predicciones efectuadas a escala del modelo.

No ocurre lo mismo en cuanto al comportamiento del arte, ya que es difícil cuantificar y evaluar si las prestaciones que teóricamente podrían esperarse, corresponden con las que se han obtenido realmente.

Entiendo que la utilización de modelos, y su estudio correspondiente en este tipo de instalaciones, aportan una componente cualitativa muy importante.

### Señor O'Dogherty

En primer lugar, quiero felicitar al autor por la presentación de este interesante trabajo. También, aunque peque de inmodestia, quiero felicitarle a mí mismo, ya que las primeras gestiones que se realizaron en este sentido lo fueron en el Canal de El Pardo cuando yo era su director.

Después de numerosos contactos con la Administración pesquera, se consiguió una asignación presupuestaria para acometer este trabajo. De esta manera, se realizaron varias visitas a Alemania e Inglaterra, e incluso llegó a confeccionarse un proyecto básico de una instalación, más pequeña que la que hoy se presenta, pero con prestaciones muy similares.

Desgraciadamente la obra no se llevó a cabo debido a las innumerables trabas burocráticas que nos encontramos en el camino. Quizá también influyera, en aquellos tiempos, las posibles presiones que pudiera sufrir la Administración pesquera para que el laboratorio se instalara en algún punto de la costa, con más contacto

con el mundo pesquero, en lugar de un pueblo cercano a Madrid.

No obstante, como agua pasada no mueve molino, debemos felicitarnos todos puesto que, o bien en El Pardo o bien en Vigo, no cabe duda de que una iniciativa de estas características merece nuestro aplauso, ya que supone una mejora apreciable en cuanto a investigación pesquera se refiere y debe considerarse, en mi opinión, de gran interés para el sector.

### Señor Sánchez-Jáuregui

Al comparar las dimensiones de este Canal con los ya existentes en el extranjero, me llama la atención que, en general, las dimensiones principales, sobre todo la longitud y la anchura, son menores en el Canal de Vigo; cuando, sin embargo, la velocidad del flujo es mayor.

De mi experiencia en el diseño de servicios para cámaras de máquinas, me queda el recuerdo de los problemas de inestabilidad de flujo que se presentaban cuando, después de un codo, el conducto no tenía una longitud recta suficiente. En aquellos casos, y supongo que en éste debe ocurrir algo parecido, cuando un líquido es impulsado a una velocidad determinada y, de repente, cambia de dirección, el flujo no se uniformiza hasta haber recorrido una distancia determinada, por lo general bastante elevada. Me estoy refiriendo específicamente al problema típico que se presenta en los medidores de flujo y en otras instalaciones que montan los petroleros y barcos de turbina de vapor.

Mi pregunta se centra en lo siguiente: al ser en apariencia este túnel de menor longitud que los ya existentes, ¿no puede haber problemas de formación de torbellinos y de inestabilidad de flujo en la zona de medida de tal modo que, comparando el comportamiento del modelo con el del arte real que trabaja en flujo uniforme, aparezcan diferencias apreciables que falseen los resultados?

### Señor Gefaell Goróstegui (por escrito)

Hay que felicitar al autor y agradecerle este interesante y completo trabajo tanto más cuanto es escasa la literatura sobre el tema. Es particularmente interesante la información que se da a partir del Capítulo 5.º, donde se facilitan detalles originales sobre el proyecto y utilización de los laboratorios de experimentación con modelos de artes de pesca, y creo que debemos congratularnos todos los que, en alguna forma, tenemos algo que ver con la pesca, de que por fin se vaya a construir



en España, y concretamente en Vigo, un túnel que, según la información suministrada por el autor, va a ser muy adecuado y útil.

Una consulta que quiero hacerle al autor es la siguiente: entiendo que es importante la parte de resistencia debido al rozamiento contra el fondo del mar, sobre la resistencia total al avance de un arte de arrastre de fondo. ¿Podría el autor darnos alguna información o referencia que ayude a estimar el valor de esta resistencia adicional para las calidades de fondo más corrientes?

Cuando el arte se pruebe en el laboratorio, la existencia de la banda sin fin móvil en el fondo de la cámara de observación, supone añadir a la resistencia total de remolque del modelo el efecto de su rozamiento contra ese fondo, pero, en todo caso, será una superficie lisa que parece difícil que pueda representar las calidades de fondo reales, ni el peso del modelo ser equivalentes al del arte real.

### El autor

Agradezco al señor Huther sus precisiones sobre este trabajo. Efectivamente, el segundo Canal francés está situado en la Península de Bretaña, precisamente en la ciudad de Lorient; en el texto existe, por lo tanto, un error de transcripción. En cuanto al otro Canal que menciona, forma parte de un gran complejo de investigación hidrodinámica que el gobierno canadiense ha situado en San Juan de Terranova; según mis noticias el canal de aguas tranquilas ya está operativo pero el resto de las instalaciones —Flume Tank, Túnel de Cavitación, etcétera— todavía se encuentran en fase de construcción.

Estoy de acuerdo con el señor Martínez de Azcoitia en cuanto a la importante aportación al estudio de las artes de pesca que supone la construcción de este laboratorio. Como es lógico, el abaratamiento en tiempo y coste que supone estudiar e investigar a escala del modelo es claro y, en consecuencia, esta nueva instalación cubre una laguna en el desarrollo de las artes de pesca que otros países, con menor tradición pesquera que España, ya han cubierto hace tiempo.

En cuanto a la componente cualitativa a la que se refiere el señor Martínez Azcoitia, sin dejar de ser fundamental en el diseño —ya que la observación visual del comportamiento del arte es muy importante—, no es la única prestación que aportan los ensayos de este tipo, pues, como se ha descrito en el trabajo, se pueden medir directamente las fuerzas o tracciones necesarias para vencer la resistencia al avance del arte. Esta componente cuantitativa es de suma utilidad a efectos de dimensionamiento correcto de las maquinillas de arrastre e incluso de las plantas propulsoras principales.

Quiero agradecer también los elogios prodigados por el almirante O'Dogherty a este modesto trabajo. Como responsable de la Sección de Buques Pesqueros del Canal de El Pardo, fui también partícipe de todas las gestiones y trabajos que, a principios de los ochenta, tuvieron lugar en el Centro con el fin de dotarlo de tan interesante instalación. Luchamos duro pero, por las razones antes expuestas por el director del Canal en aquellos tiempos, no fue posible conseguirlo.

De todas maneras, y dado que tanto el almirante como yo estamos alejados en estos momentos de las actividades de El Pardo, no se puede dejar de reconocer que el emplazamiento más idóneo del laboratorio es Vigo, pues no hay más que darse un paseo por Orillamar y Bouzas para darse cuenta de que, sin duda, esta ciudad es, como creo que he reflejado en el texto, el puerto pesquero más importante de Europa.

Las observaciones del señor Sánchez-Jáuregui son muy acertadas y demuestran sus conocimientos sobre el comportamiento de los fluidos que circulan por tuberías. A sus comentarios y preguntas, no obstante, me gustaría hacerle las siguientes precisiones:

1) Las dimensiones útiles de la cámara de observación del Canal de Vigo son generosas y, hasta el momento, sólo han sido superadas por el Canal danés, y puede que en el futuro por el canadiense. Es cierto que estos dos canales superan en longitud y en anchura al español; de todas maneras, hay que tener en cuenta que las artes que se emplean para la pesca en las zonas de influencia de los citados canales y para las que, lógicamente, están diseñadas sus instalaciones, son bastante diferentes y de mayor tamaño que las que utilizan los pesqueros españoles. Así, por ejemplo, la mayoría de nuestras unidades se dedican a la pesca de fondo en sus diversas modalidades, siendo las artes empleadas de menor tamaño y envergadura que las artes semipelágicas o de media agua que, por lo general, son empleadas en el Mar del Norte y en el Atlántico Norte. Estos tipos de artes todavía no están demasiado extendidos en nuestra pesquería, aunque en un futuro próximo no deben, ni mucho menos, descartarse.

Cabe decir, por otra parte, que las dimensiones de la cámara de observación condicionan el tamaño del túnel, de la obra civil y, evidentemente, el coste. Por motivos presupuestarios no se ha podido ir más lejos, pero estoy convencido que con esta configuración se pueden ensayar todos los tipos y tamaños de artes, sin más que elegir adecuadamente la escala de los ensayos; así lo están haciendo los ingleses con una cámara bastante más pequeña que la nuestra.

2) Está claro que el problema más importante que se presenta en el diseño de estas instalaciones es el de conseguir la mayor uniformidad de flujo posible en la cámara de observación.

De entre las distintas soluciones que se pueden adoptar, se ha elegido la de contraer la tubería aguas arriba de la sección de medida. Está demostrado que todo fluido que circule por una tubería aumenta su velocidad al contraer la sección, manteniéndose así la ecuación de continuidad y, lo que es más importante en este caso, se reducen las diferencias de velocidad de las partículas que circulan en las diferentes líneas de corriente.

De acuerdo con lo anterior, se ha dispuesto una tobera convergente inmediatamente a proa de la cámara de observación, tal como se describe en el apartado 9.1 del trabajo. Además, se han dispuesto aletas directoras de flujo en todos los codos y paneles especiales (Honey-Combs) para minimizar lo más posible el efecto que apunta el señor Sánchez-Jáuregui en su intervención.

Por último, paso a contestar la intervención escrita del señor Gefaell Goróstegui:

Cuando algunos elementos del arte de pesca se desplazan apoyados directamente en el fondo, la resistencia que tienen que vencer es una componente de la resistencia total que se opone a la velocidad de arrastre. En este caso, dicha componente puede ser considerada resistencia de fricción, pero de características mucho más complejas que su equivalente hidrodinámica.

El efecto de los elementos del arte de pesca sobre el fondo por el que se mueven es como si lo cortara o cizallara, empujando o tratando de empujar la parte superior del lecho hacia adelante. Dado que esta situación se produce en un ambiente completamente saturado de



agua, es completamente imposible aplicar las teorías del rozamiento que comúnmente se emplean en construcción civil en donde los elementos que se estudian se encuentran en ambientes secos o ligeramente húmedos. Por las razones antes expuestas, es evidente que sólo con investigaciones específicas se puede obtener la información requerida para abordar el problema.

En primera aproximación, la resistencia de los elementos del arte que se mueven por el fondo puede ser considerada resistencia que se opone al deslizamiento, la cual puede ser determinada mediante la fórmula general del rozamiento:

$$F = N \cdot f = G \cdot f$$

donde:

- N es la reacción sobre el fondo;
- G es el peso del elemento sumergido en el agua, y
- f es el coeficiente de fricción.

En la Tabla siguiente se dan los valores de f para algunas parejas de elementos que se encuentran juntos normalmente.

Material	Coeficiente de fricción	
	Grava con arena	Arena fina
Acero .....	0,47	0,61
Madera .....	0,51	0,73
Piedra (granito) .....	0,54	0,70
Plomo .....	0,44	0,53
Bolsas de arena .....	0,63	0,76
Cables vegetales .....	0,70	0,80

El efecto de las fuerzas de fricción es particularmente importante cuando se trata de artes danesas en las que estas fuerzas son la componente principal de las cargas externas que actúan sobre el arte. Tanto es así que ellas son el factor determinante a la hora de diseñar los cables y, por lo tanto, su influencia en el rendimiento pesquero es muy grande.

Es interesante, asimismo, el estudio de la fricción de cables contra fondos arenosos rodeados de agua. Se ha demostrado, por medio de ensayos específicos, que el coeficiente de fricción de ambos elementos combinados (cables de acero y arena), depende de la dirección del movimiento y del espesor del cable. En la Figura A puede observarse que cuando el cable se mueve a lo largo de su eje (ángulo  $\beta=0$ ), el coeficiente de fricción es prácticamente el mismo para todos los modelos y materiales y su valor promedio es  $0,7 \pm 0,1$ . Por otra parte, también puede observarse que el coeficiente de fricción de los cables vegetales es prácticamente independiente de la dirección del movimiento y su valor promedio es, asimismo, igual a  $0,7 \pm 0,1$ .

- 1, 2, 3: Cables de cáñamo alquitranado de diámetro 3,4; 1,9 y 1,3 cm.
- 4: Cable tipo "Hércules" de 2,2 cm. de diámetro.
- 5: Cable de acero.

(Viene de la pág. 59.)

BIBLIOGRAFIA

I. CANO DE LA TORRE y GOMEZ DE LOS REYES: *Geometría Analítica*. Publicaciones Luz. Madrid. 1970.  
LOSADA, I.: *Geometría Analítica*. Publicaciones E.T.S.I.I. Bilbao. 1967.

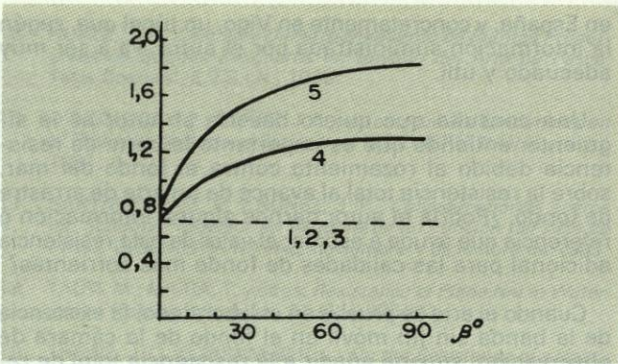


Figura A

Bidenko ha determinado experimentalmente la fuerza de fricción sobre rulos metálicos corriendo por el fondo de un Canal especialmente acondicionado para los ensayos. En los experimentos se pudo determinar la posición de los ejes de los distintos rulos mediante la observación de las huellas que iban dejando cuando el arte era arrastrado en una dirección determinada. Los resultados han sido reflejados en el gráfico de la Figura B; en ella puede observarse que el ángulo de tracción  $\gamma$  puede variar en la práctica entre 0 y 90 grados. Para  $\gamma=0^\circ$ , el rulo experimenta un deslizamiento puro; sin embargo, para  $90^\circ$  el movimiento del rulo es pura rodadura.

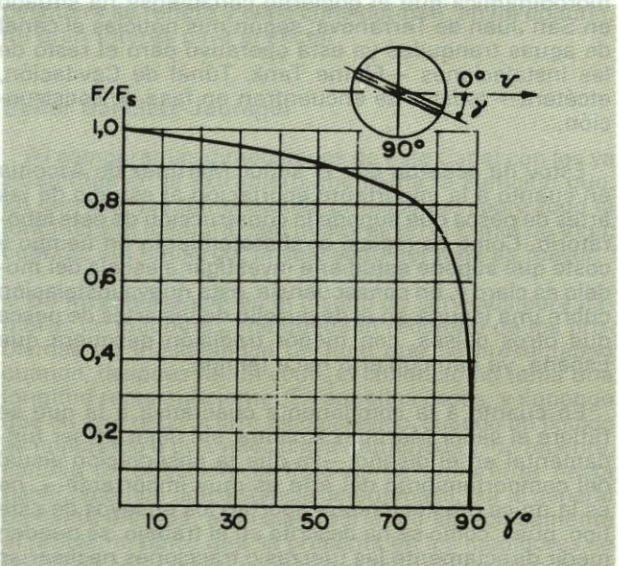


Figura B

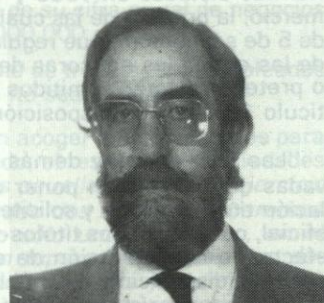
La mayor resistencia se presenta cuando el eje del rulo coincide con la dirección de la tracción, es decir: cuando  $\gamma$  es igual a 0. En este caso la fuerza de fricción tiene por valor  $0,6 G$ , donde  $G$  es el peso del rulo en el agua. La fricción total, combinación del deslizamiento y la rodadura, depende de  $\gamma$  y puede determinarse mediante la curva de la Figura B.

S. CAMARA: *Tratado de Geometría Analítica*. Artes Gráficas. Madrid. 1946.  
F. ENRIQUES: *Geometría Descriptiva*. Editorial.  
HOHENBERG, F.: *Geometría constructiva aplicada a la técnica*. Editorial Labor. Madrid. 1965.  
IZQUIERDO ASENSI: *Geometría Descriptiva Superior y Aplicada*. Editorial Dossat. Madrid. 1975.  
TAIBO: *Geometría Descriptiva*. Editorial Tebar. Madrid. 1985.



# La censura y auditoría de cuentas en la Legislación española

Por Pedro Suárez (\*)



Parafraseando la definición dada por el *Manual de Auditoría* editado por el Instituto de Censores Jurados de Cuentas de España, se entiende por auditoría o censura de cuentas la comprobación de los estados financieros de una entidad, realizada de conformidad con normas y procedimientos técnicos por un profesional cualificado e independiente, con el fin de expresar su dictamen sobre la veracidad y credibilidad con que esos estados presentan la información en ellos contenida, de acuerdo con ciertas regulaciones y principios.

La visión de conjunto del panorama legislativo español que ha regulado o regula tal actividad permite afirmar que existen tres etapas casi nítidamente diferenciadas: la comprendida entre la publicación en 1885 del vigente Código de Comercio hasta 1980, desde 1980 a 1987 y desde 1987 en adelante.

En la primera etapa la obligatoriedad de presentar estados financieros auditados es, más bien, la excepción estando recogidas las disposiciones que a ello se refieren en normas dispersas que van publicándose sin aparente conexión entre sí.

Al ser publicado en 1895 el vigente Código de Comercio el legislador no podía pensar, en general, más que en un tráfico mercantil entre pequeños comerciantes en el que las relaciones estaban fuertemente personalizadas, siendo un valor social la confianza en la forma habitual de proceder en los negocios.

La arcadia mercantil, que casi se reflejaba en la redacción del citado Código, no tuvo más remedio que deder terreno a la apertura de las fronteras comerciales realizada en la década de los cincuenta tras un período de casi quince años de autarquía económica. Por ello se comprende que en la redacción de la reformada Ley de Sociedades Anónimas de 1951 el legislador previera, en su artículo 108, la actuación de censores pertenecientes al Instituto de Censores Jurados de Cuentas (creado en 1945), cuando el voto de la Junta general no fuese unánime en la designación de los accionistas censores del balance, cuenta de pérdidas y ganancias, propuesta de distribución de beneficios y memoria del ejercicio. Tales censores serían nombrados por la minoría que representara, al menos, la décima parte del capital desembolsado.

Fue el Decreto-Ley de 30 de abril de 1964, imponiendo la certificación, por Censores Jurados de Cuen-

tas, de los balances de las sociedades de inversión mobiliaria y de sociedades con títulos cotizados en Bolsa, la norma que dio un segundo paso en la lenta marcha hacia la práctica general obligatoria de tal actividad controladora. Y en cierto modo parece vislumbrarse en tal norma un cambio cualitativo, pues si de la lectura e interpretación del mencionado artículo 108, de la modificada L.S.A., se aprecia el objetivo de defender los intereses de los socios (minoritarios), en la norma de 1964 mencionada, se apunta la idea, aunque no está expresada así, de que la auditoría se exige también en interés del público. Tal idea fue ya más claramente expresada en la reforma introducida por Ley de 21 de julio de 1973, del título III, del libro I, del Código de Comercio, cuyos artículos 41 y 42 quedaron redactados en tal fecha de la siguiente manera.

Artículo 41. "Sin perjuicio del secreto de la contabilidad de los comerciantes que se reconoce y ampara, el balance del ejercicio y la cuenta de resultados serán sometidos a verificación por experto titulado superior a los casos siguientes:

- Cuando la Ley lo establezca expresamente.
- A instancia de persona o entidad que ostente derecho reconocido por Ley.
- En los previstos en las normas reguladoras de las Bolsas Oficiales de Comercio y de los Jurados de Empresa.
- A petición fundada ante juzgado competente, en vía de jurisdicción voluntaria, por quien acredite un interés legítimo.

La verificación entrañará una comprobación por el experto, bajo su responsabilidad y en la medida que resulte indispensable, de la contabilidad y sus justificantes.

Se aplicarán, a quienes realicen funciones de verificación, las normas que reglamentariamente se dicten sobre responsabilidad, incompatibilidades, retribución y régimen de actuación, en el que se exigirá la guarda del secreto de la contabilidad."

Artículo 42. "Cuando se incumpla el deber de verificación reconocido en los apartados a), b) y c) del artículo anterior, el Juez competente, a petición de parte interesada, ordenará que se realice el examen de la contabilidad por el experto titulado que el propio Juez designe..."

(\*) Presidente del Comité de Derecho Marítimo del Principado de Asturias.



Los artículos 41 y 42 han quedado modificados por la reciente reforma global de la legislación mercantil como veremos más adelante.

El final de la primera de las tres etapas indicadas e iniciación de la segunda marcada por una serie de normas dictadas en 1980 y 1981 sobre Bolsas de Comercio, la primera de las cuales es el R.D. 1.847/1980, de 5 de septiembre, que regula la información financiera de las entidades emisoras de títulos-valores que estén o pretendan estar admitidos a cotización oficial. El artículo 1.º de dicha disposición legal indica:

"Las sociedades y demás entidades públicas o privadas que pretendan poner o hayan puesto en circulación títulos-valores y soliciten su admisión a cotización oficial, cuando dichos títulos-valores no tengan a estos efectos la consideración de efectos públicos, deberán poner a disposición del público un *folleto explicativo de sus características, de la operación financiera, en su caso, y de la situación económica, financiera y jurídica de la entidad emisora.*"

Es el R.D. 1.536/1981, 13 de julio, el que dejó redactado el contenido de la documentación a presentar por tales entidades del modo siguiente:

"Artículo 27. Se acompañarán, asimismo, a la solicitud anteriormente citada:

j) Las memorias, balances, cuentas de pérdidas y ganancias, aplicación de resultados y cuadros de financiamiento adaptados al plan general de contabilidad que sean necesarios para la autorización del folleto que obligatoriamente se difundirá gratuita y previamente a la admisión de los títulos a la cotización oficial. *Dicha documentación deberá haber sido verificada en los términos previstos en las leyes.*"

La O.M. de 17 de noviembre de 1981 sobre información financiera de las entidades emisoras de títulos-valores indica en el párrafo 1.2 de su anexo I:

"Mención sobre la *verificación o auditoría de los estados económicos-financieros* y de la información contenida en el folleto, haciendo constar su alcance y las personas que la han llevado a cabo, así como su cualificación profesional conforme a la legislación vigente..."

Parece clara en el principio de esta segunda fase de la historia de la Legislación española sobre la auditoría de cuentas, la intención del legislador de defender los intereses de los inversores particulares mediante el control y verificación de los estados financieros de ciertas sociedades mercantiles.

El cierre de esta segunda etapa está marcada por la publicación de legislación diversa relacionada con la reconversión industrial.

El R.D.-Ley de 5 de junio de 1981 sobre medidas para la reconversión industrial indica en su art. 1.º-5:

"Cada Real Decreto de reconversión determinará el procedimiento adecuado para el seguimiento y control de la ejecución del Plan y de los programas correspondientes."

La Ley de 9 de junio de 1982, también sobre medidas de reconversión industrial repite prácticamente tal indicación en su art. 1.º-1 d), lo cual viene a ser expresado más o menos de la misma manera por el art. 6.º-2 del R.D.-Ley de 30 de noviembre de 1983 sobre reconversión y reindustrialización, y por el art. 33-1 de la ley de 26 de julio de 1984 sobre la misma materia.

Y descendiendo al detalle de lo que está redactado en alguno de los reales decretos se observa lo siguiente:

El art. 11 del R.D. de 3-8-81 sobre medidas de reconversión de la Industria Textil asigna entre otras competencias a la Comisión de Control:

"b) *Recabar de las Empresas que se acogen al Plan la realización de las auditorías que se precisen para el control del adecuado uso de los beneficios y recursos concedidos y del cumplimiento de los compromisos adquiridos.*"

El R.D. de 8 de mayo de 1981, Plan de reconversión de la siderurgia integral, indicaba en su art. 3-1: "las empresas de la siderurgia integral estarán obligadas a facilitar a la Comisión (de coordinación) los informes y estudios que fuesen necesarios, así como las *auditorías contables* que se consideren oportunas a los efectos de conocimiento de la estructura financiera y evolución de las empresas".

El R.D. de 26 de marzo de 1982 sobre medidas de reconversión del subsector de aceros comunes, fabricantes de redondos y perfiles ligeros, en su art. 13-4 b), indicaba, entre otras competencias de la Comisión Ejecutiva del Plan, "recabar de las empresas que se acogen al Plan de la realización de *auditorías* que se precisen para el control del adecuado uso de los beneficios y recursos concedidos y del cumplimiento de los compromisos adquiridos."

Y el R.D. de 1984 de medidas de reconversión del sector naval en el art. 30-3:

"Para ejercer un estricto y eficaz control sobre el destino de los fondos públicos puestos a disposición del sector, la Gerencia definirá un *sistema de auditorías.*"

Se cierra, pues, esta segunda etapa con la obligatoriedad impuesta desde la Administración Central del Estado a las empresas que se acogen a planes de reconversión industrial de presentar auditorías que aseguren el cumplimiento de los planes pactados, así como la correcta aplicación de los fondos públicos destinados a tal fin.

La entrada en vigor, en 1986, del Tratado de Adhesión a la Comunidad Económica Europea obliga a España a incorporar a su ordenamiento jurídico la Legislación comunitaria. Así como los Reglamentos quedan automáticamente incorporados sin necesidad de ser publicados en el "B.O.E.", y pueden ser invocados directamente en las relaciones jurídicas entre los particulares (lo que se viene en llamar invocabilidad horizontal), las Directivas no son de aplicación inmediata y sólo pueden ser invocadas en las relaciones entre un particular y un Estado; obligan a este último a desarrollar una legislación que, como mínimo, cumpla con el contenido de cada Directiva.

Así se ha hecho respecto al contenido de las ocho Directivas comunitarias en materia de sociedades mercantiles (sus textos íntegros se pueden encontrar en el número 26 de la "Gaceta Jurídica de la C.E.E.", enero de 1987, editado por EINSa).

El 15 de julio de 1988 fue publicada en el "B.O.E." la Ley 19/88, de 12 de julio, sobre regulación de auditoría de cuentas. Esta norma, además de regular el ejercicio de tal función definiendo las condiciones de las personas físicas o jurídicas autorizadas para realizarla que, obligatoriamente, han de estar inscritas en el Registro Oficial de Auditores de Cuentas dependiente del Ministerio de Economía y Hacienda, *impone la obligación de someterse a auditoría de cuentas (sin perjuicio de*



lo que se establezca en otra disposición) a las sociedades que:

- Coticen sus títulos en cualquiera de las Bolsas Oficiales de Comercio.
- Emitan obligaciones en oferta pública.
- Se dediquen de forma habitual a la intermediación financiera.
- Tengan por objeto social cualquier actividad sujeta a la Ley 33/84, de 2 de agosto, de Ordenación del Seguro Privado.
- Reciban subvenciones, ayudas o realicen obras, prestaciones, servicios o suministren bienes al Estado y demás organismos públicos dentro de los límites que reglamentariamente se establezcan.

Ya se aprecia en los párrafos transcritos la intención generalizadora del legislador sobre la obligatoriedad de someter a las entidades mercantiles a auditoría de cuentas, puesto que además de ciertas empresas que deben ser auditadas en función de su actividad o de sus relaciones con el Estado como beneficiarias de subvenciones o de contratos de suministros de cualquier bien, deja la puerta abierta para, en otras disposiciones, ampliar el espectro.

Este espectro se ha ampliado siguiendo lo indicado por la 4.ª Directiva del Consejo de la C.E.E., de 25 de julio de 1978 (D.O.C.E. L 222, de 14-4-78), relativa a las cuentas anuales de determinadas sociedades. Y lo ha sido mediante parte de las normas contenidas en la Ley 19/89, de 25 de julio, sobre reforma parcial y adaptación de la legislación mercantil a las Directivas de la C.E.E. en materia de sociedades, el Real Decreto legislativo 1.564/89, de 22 de diciembre, que publica el texto refundido de la Ley de Sociedades Anónimas, y el Real Decreto 1.597/1989, de 29 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento del Registro Mercantil.

La Ley 19/89, de 25 de julio, de reforma parcial de la legislación mercantil modifica, entre otros, los arts. 25 a 49 del Código de Comercio que describen en su redacción actual cómo deberán llevar la contabilidad los empresarios y cómo habrán de presentar las cuentas los grupos de sociedades.

El párrafo primero del art. 40 del Código de Comercio reformado indica:

*"Sin perjuicio de lo establecido en otras leyes que obliguen a someter las cuentas anuales a la auditoría de una persona que tenga la condición legal de auditor de cuentas y de lo dispuesto en los arts. 31 y 32 de este Código, todo empresario vendrá obligado a someter a auditoría las cuentas anuales de su empresa cuando así lo acuerde el Juzgado competente... si acoge la petición fundada de quien acredite un interés legítimo."*

El Real Decreto Legislativo 1.564/1989, de 22 de diciembre (texto refundido de la Ley de Sociedades Anónimas), dedica con cierta minuciosidad el Capítulo VII (arts. 171 a 222) al modo en que se deberán presentar las cuentas anuales (Balance, Cuentas de Pérdidas, Ganancias, Memoria) y el informe de gestión. De los arts. 203 a 211 que se refieren a la verificación de las cuentas anuales es interesante transcribir al menos el primero.

1. Las cuentas anuales y el informe de gestión deberán ser revisados por Auditores de Cuentas.
2. Se exceptúa de esta obligación a las Sociedades que puedan presentar balance abreviado."

Estas últimas (las exceptuadas) son, según el art. 181 de la norma comentada, aquellas en las que durante

dos años consecutivos en la fecha del cierre del ejercicio concurren, al menos, dos de las circunstancias siguientes:

- a) Que el total de las partidas del Activo no supere los 230.000.000 de pesetas.
- b) Que el importe neto de su cifra anual de negocios sea inferior a 480.000.000 de pesetas.
- c) Que el número medio de trabajadores empleados durante el ejercicio no sea superior a 50.

Salvo las que se puedan acoger a los supuestos para presentar balance abreviado, el resto de las Sociedades Anónimas, es decir, *todas aquellas que en el ejercicio a considerar hayan superado dos de los tres baremos o que habiendo superado sólo uno o ninguno, en el ejercicio anterior hubiesen superado dos o los tres, deberán presentar las cuentas anuales y el informe de gestión debidamente auditados.*

Por otra parte, prevé el art. 205-2 de la disposición comentada que:

*"En las Sociedades que no están obligadas a someter las cuentas anuales a verificación por un Auditor, los accionistas que representen, al menos, el 5 % del capital social podrán solicitar del Registrador Mercantil del domicilio social que, con cargo a la Sociedad, nombre un auditor de cuentas para que efectúe la revisión de las cuentas anuales de un determinado ejercicio siempre que no hubieran transcurrido tres meses a partir desde la fecha de cierre de dicho ejercicio."*

En resumen, de lo anteriormente expuesto se puede indicar que la evolución de las disposiciones legales relacionadas con la auditoría de cuentas, parece, pues, haber llegado casi a un máximo de entidades que cubra o pueda cubrir su ámbito:

Como se indicó al principio de estas líneas, una primera etapa se caracterizó por la casi total ausencia de regulación con la excepción de la anterior Ley de Sociedades Anónimas para defender, en su caso, intereses de minorías superiores al 10 % del capital social, así como de normas dispersas sobre verificación de cuentas de determinadas sociedades que podían atraer ahorros de pequeños inversores.

En una segunda etapa se consolida la legislación sobre auditoría de cuentas de sociedades relacionadas con las Bolsas de Comercio y se generaliza la obligatoriedad de tal práctica para las empresas relacionadas con los sectores industriales en reconversión.

Y la tercera y última etapa se caracteriza por una casi generalización de la obligación de someter auditoría las cuentas de las sociedades. Recuérdese que, aun cuando en principio ello no sea obligatorio, los accionistas que sumen un 5 % del capital social pueden solicitar, como arriba se ha indicado, el nombramiento de un auditor cuyos honorarios serán a cargo de la sociedad que verifique las cuentas de ésta. Ello significa que en una sociedad mercantil con un capital social de 50 millones de pesetas, socios que representen en total 2,5 millones de capital social pueden pedir tal actuación.

He utilizado deliberadamente el término Sociedad Mercantil y no Sociedad Anónima porque según el art. 12 de la Ley 19/1989, de 25 de julio, de Reforma de la Legislación Mercantil, el art. 26 de la Ley de 17 de julio de 1953 sobre sociedades de responsabilidad limitada ha quedado redactado así:

*"Se aplicará a las cuentas anuales de las sociedades de responsabilidad limitada lo dispuesto en el Capítulo VII de la Ley de Sociedades Anónimas..."*, lo que quie-

(Pasa a la pág. 92.)



## Antecedentes históricos de astilleros en Cádiz

Por María Francisca Martínez Romero (\*)

Es en la Restauración, cuando surgen las iniciativas para la instalación de los astilleros en Cádiz una vez que habían fracasado otros intentos de industrialización.

La primera iniciativa fue llevada a cabo, aunque sin éxito, por la "Liga de Contribuyentes de Cádiz" que convocó un concurso abierto para promover el establecimiento del mayor número posible de industrias (1).

En 1887 se inauguró la "Exposición Marítima Internacional" que se aprovechó para mostrar las grandes posibilidades de la industria naval en la bahía. Esta exposición tubo gran éxito y estuvo nutrida de planos, maquetas de buques, proyectos de varaderos y un gran número de instrumentos náuticos, incluyó también un Salón Náutico, un Museo de Pesca y una sección de Bellas Artes. Fue inaugurada por Moret, Ministro de Estado (2).

A raíz de la Restauración borbónica se va olvidando en España, la filosofía librecambista, renaciendo el proteccionismo económico, iniciándose una nueva política arancelaria de apoyo al desarrollo industrial (3). Dentro de este espíritu se promulgó la "Ley de Escuadra", de 1887. Lo auténticamente importante de esta Ley era la obligación de que todos los buques del plan tendrían que ser contruidos en factorías nacionales. Se aseguró un crucero a cada uno de los tres arsenales militares, a la par que se convocó un concurso para la construcción de los restantes, pudiendo acudir constructores nacionales y aquellos extranjeros que se comprometieran a acometer el proyecto en territorio nacional.

En esta época tan sólo el 0,2 % del tonelaje bruto de los barcos metálicos bajo bandera nacional provenía de nuestros astilleros y el 0,8 % del número de buques. Con respecto a los barcos de madera los porcentajes eran del 0,3 % y 0,1 %, respectivamente (4).

En estas circunstancias se encontraban las factorías del país cuando adelantándose a los aranceles de 1891 se promulgó la ya mencionada "Ley de Escuadra" cuya finalidad era fomentar la industria del país y robustecerla hasta que fuera capaz de satisfacer todas las necesidades del ramo de la guerra (5).

Esta Ley fue objeto de muchas polémicas teniendo la oposición de Juan Costa (6) y de diferentes sectores de la sociedad española. Fue el Almirante Rafael Ro-

dríguez Arias, Ministro de Marina, quien obtuvo la aprobación, en el Congreso, de esta Ley para ser desarrollada durante un período de diez años y obteniendo luz verde para gastar un presupuesto de 225 millones de pesetas. Se trataba, pues, de una auténtica innovación, toda vez que la Marina olvidaba el sistema de ir aprobando la construcción de unidades una a una, según las perentorias necesidades del momento, mientras que con el proyecto de Rodríguez Arias se hacían por primera vez previsiones a largo plazo (7).

Al amparo de la "Exposición Marítima Internacional" y por la "Ley de Escuadra" nacieron en Cádiz los "Astilleros de Veá Murguía".

La convocatoria para la realización de estos cruceros acorazados movilizó a numerosos grupos financieros y a diversas ciudades, buscándose todo tipo de influencias, montándose campañas a las que se unieron presiones de toda índole, por ejemplo, la "Maquinista Terrestre y Marítima" con el fin de asegurarse el suministro de las máquinas de las nuevas unidades, rehabilitó sus viejos varaderos, ofreciendo a la Armada la iniciación de la construcción de los navíos inferiores a 500 toneladas, aumentando su oferta si se le otorgaba un año para organizarse, a la realización de todos los buques del concurso que no superasen las 1.500 toneladas (8).

Pero la actividad de la "Maquinista" no se detuvo en el marco de sus instalaciones de la Barceloneta, y así, en unión de un grupo de hombres de negocios de Cádiz, crean una sociedad denominada "La Gaditana" que, sin éxito, se ofrece al Gobierno para la explotación del astillero de la Carraca durante un período de veinticinco años en los cuales se comprometen a modernizar y ampliar las instalaciones existentes, construyendo un dique de 130 metros. Todas estas instalaciones quedarían como propiedad de la Armada, una vez agotada la concesión (9).

De las nueve firmas que se presentaron, cinco eran españolas y de éstas, dos se destacaron como favoritas, "José Martínez de las Rivas y Charles Palmer", de Bilbao, y la "Factoría Naval Gaditana", de la que formaban parte ilustres gaditanos (Veá Murguía, Ana de Viya, del Toro, Lacave, etcétera.) (10).

Estas sociedades se presentaron sin instalaciones propias, presentando proyectos de modernas factorías cuya construcción se realizaría como un compromiso más del contrato. Pocas veces, y de forma tan apasionada,

(\*) Directora del Departamento de Economía Aplicada. E.U. Empresariales. Universidad de Cádiz.



se vieron envueltas dos capitales de la geografía española, Bilbao y Cádiz, en la noble pugna por conseguir el fallo favorable de un concurso que, según la prensa de aquellos días, "movía ciudades".

Las esperanzas de Cádiz fueron grandes, pero el 28 de agosto de 1889 se supo que el Consejo de Marina había acordado, por mayoría de votos, la concesión a la sociedad de Bilbao, "Rivas-Palmer", hispano-británica (11), que se asentó en terreno de Sestao, contando la fábrica con una población obrera de 4.000 hombres, sin embargo, al partir de cero, sin ningún tipo de infraestructura y teniendo que conseguir mediante incentivo de un mejor jornal a obreros de El Ferrol, hizo que pronto surgieran dificultades económicas, quebrando en 1892. Si la sociedad que fundó "Astilleros del Nervión" fracasó, bien es cierto que quedaron unas magníficas instalaciones que abriría posibilidades y futuro a la construcción naval en la ría bilbaína (12).

Si el fallo del famoso concurso resultó ser un impulso para la industria naval vizcaína, por contra supuso un tremendo y amargo desengaño para la ciudad de Cádiz en la que hubo hasta disturbios callejeros.

Solamente tres socios fundadores, los hermanos Vea Murguía no se amilanaron y siguieron adelante, formando una nueva sociedad, llamada "Vea Murguía Hermanos" con un capital social de cinco millones de pesetas. Rápidamente acometieron la construcción de unos astilleros en los mismos terrenos en que se había celebrado la "Exposición Naval Internacional". Se construyeron dos gradas de 150 metros, cuatro de 90 metros, un dique seco de 148 metros, tres varaderos y un muelle, su dique fue el mayor de los existentes en Europa, pues sólo le aventajaban el de Londres y Glasgow. El astillero fue inaugurado el 24 de julio de 1891. Al mismo tiempo gestionó el Gobierno la construcción de un crucero, el "Emperador Carlos V", mediante un concurso celebrado el 1889. El presupuesto del crucero fue de 14.980.000 pesetas, más 3.770.000 pesetas por el incremento de tonelaje. La construcción del crucero "Carlos V" ocasionó fuertes discusiones en el Senado sobre la capacidad de la industria nacional, poniéndose de manifiesto que el coste de una toneladas en España era de 2.500 pesetas, en tanto que en el extranjero no ascendía a más de 1.700 pesetas (13).

El Gobierno les exigió fuertes garantías que nunca había solicitado anteriormente, además de aumentar el tamaño del crucero sin reflejarse todo el incremento en el precio, formalizándose la hipoteca de los astilleros a favor del Estado (14).

Algún tiempo más tarde, se hubo de acudir a la emisión de obligaciones y una ampliación de capital que supuso la incorporación de nuevos socios. Todas estas vicisitudes de tipo económico llevaron a que los hermanos Vea Murguía vendieran sus instalaciones al acaudalado indiano don Ignacio Noriega, continuando las instalaciones bajo la denominación de "Vea Murguía Hermanos, Noriega y Cía". Esto ocurría en el otoño de 1894.

No fue el "Emperador Carlos V" el primer buque botado en los astilleros de Cádiz, sino el torpedero "Filipinas", no teniendo larga vida este buque, pues se le consideró inútil para la navegación, siendo vendido a precio de saldo en la Martinica. También se construyeron los vapores "Cádiz" y "San Fernando", y en 1895 seis lanchas cañoneras que se enviaron a las Antillas.

Poco después de la entrega del "Emperador Carlos V", la factoría naval gaditana, controlada por don Ignacio Noriega, entra a formar parte de unas negociaciones en las que también intervienen "Vickers sons and Maxim Company Limited" y la "Maquinista", fruto de éstas

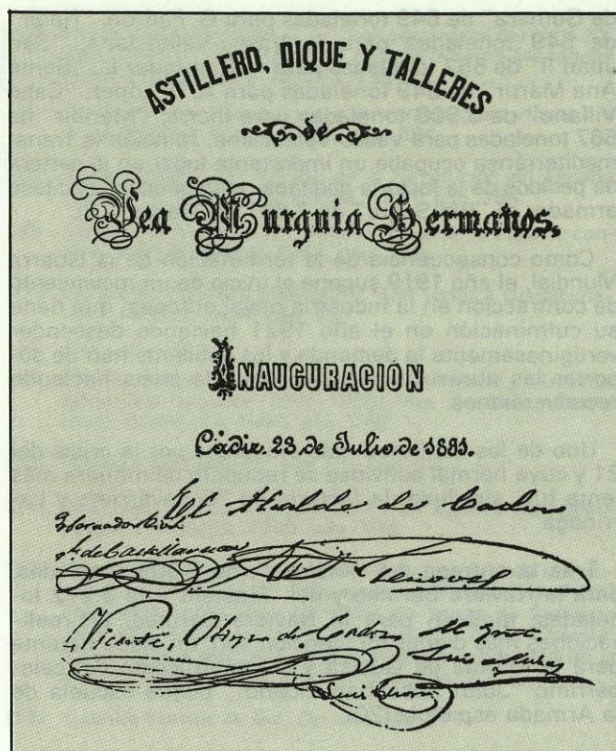


Figura 1.

nacería una nueva empresa, bajo la denominación de "La Constructora Naval Española", con un capital de 10 millones de pesetas (15). La primera unidad realizada por esta sociedad fue el crucero "Extremadura" en el que se instalaron por primera vez en España las antenas de telegrafía inalámbricas. Este barco fue financiado por suscripción popular de los españoles residentes en México.

No se puede decir que los antiguos astilleros de los hermanos Vea Murguía tuvieran gran actividad. Más bien podríamos asegurar que la languidez no se apartó en ningún momento de la nueva sociedad. De estos años destacan en el Registro del Lloyd's, el "Udala", construido para la Naviera Aznar en 1901, de 2.066 toneladas; el "Mar Blanco", para la Marítima del Nervión, en 1901 y de 2.084 toneladas; el "Asón" para la Montañesa, en 1902, de 2.084 toneladas, y, por último, el "Pedro Luis Lacave" para la Compañía Naviera a Vapor, en 1903, de 1.105 toneladas (16).

Tras la entrega del popular "Extremadura" y de los primeros vapores de los primeros años de siglo "La Constructora Naval Española" pasaba por unos momentos de muy baja ocupación en sus gradas. Pero, una vez más, nos encontramos ante la fuerza promotora que ocasiona el conflicto del 14, y ante lo favorable de la situación dos hombres de negocios bilbaínos, Echevarrieta y Larrinaga, compran, en 1918, la factoría gaditana, en la que tan buenos propósitos habían depositado sus anteriores propietarios (17).

Con la nueva dirección, y aprovechando la especial coyuntura, vuelve de nuevo la ciudad de Cádiz a ver, con sentido orgullo, el relanzamiento de su industria naval (18). A estos años corresponden gran cantidad de encargos, aunque la mayoría de ellos no serían entregados a sus armadores hasta terminada la guerra europea, y que van desde las 577 toneladas del "Agadir" para la Vasco-Cantábrica; "Arichacum" para la Naviera Bermeo; "Cabo Espartel" de 3.500 toneladas para Ibarra; "Gadir", de 538 toneladas para Vasco-Valenciana; "Isla



de Gomera" de 549 toneladas para G. Padrón; "Nadir" de 549 toneladas para la Vasco-Valenciana; "San Juan II" de 552 toneladas para A. Rodríguez L.; "Santa Ana Mártir" de 549 toneladas para A. R. López; "Cabo Villano" de 3.300 toneladas para Ibarra; "Menhir" de 567 toneladas para Vasco-Valenciana. También la Transmediterránea ocupaba un importante lugar en la cartera de pedidos de la factoría gaditana, entregándose al citado armador el "Río Segre" de 2.661 toneladas (19).

Como consecuencia de la terminación de la Guerra Mundial, el año 1919 supone el inicio de un movimiento de contracción en la industria naval europea, que tiene su culminación en el año 1921 haciendo descender vertiginosamente la demanda y los astilleros han de soportar las duras consecuencias de la crisis haciendo reconversiones.

Uno de los astilleros más afectados por la crisis del 21 y cuya normal actividad se recuperó de manera más lenta fue, sin duda, la factoría de "Echevarrieta y Larrinaga".

Tras la entrega del "Atalaya", de 3.309 toneladas, para la Naviera Bermeo y del "Gastelu", de 3.272 toneladas, también para la Naviera Bermeo, las realizaciones más dignas de mención son: un dique flotante para la Marina de Guerra y la construcción del celeberrimo "Juan Sebastián Elcano", buque-escuela de la Armada española (20).

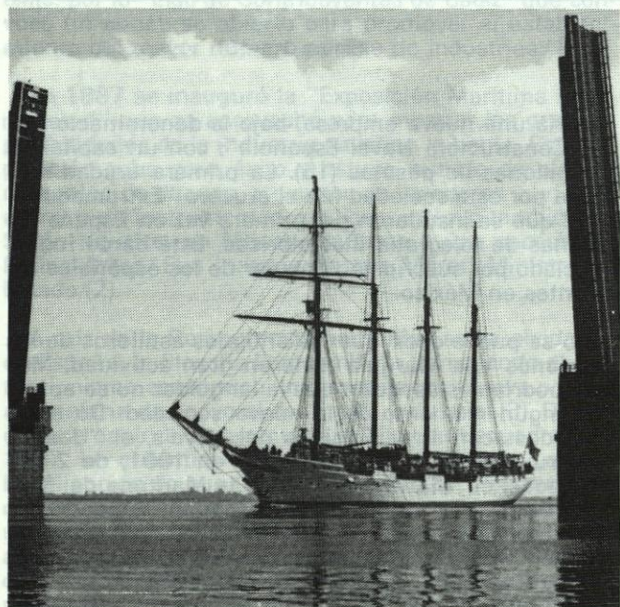


Figura 2.

El 5 de mayo de 1927 fue una fecha importante no sólo para nuestra Marina de Guerra, sino también para la construcción naval española y, muy especialmente, para la ciudad de Cádiz, ya que en uno de sus astilleros se efectuaba, a las tres de la tarde de dicho día, el lanzamiento de su construcción número 15. Así se hacía realidad un ferviente deseo de nuestra Armada, y que era contar con un auténtico buque escuela que no procediera de las transformaciones de otros buques como hasta ese momento había sucedido con sus antecesores, siempre comprados al extranjero y ya viejos en el momento de su adquisición. Así, una vez dada de baja la corbeta "Nautilus", se compró en Italia el motovelero "Minerva". Las obras de este motovelero se empezaron a realizar en los astilleros de "Echevarrieta y Larrinaga", ello ocasionó un respiro para la factoría que se encontraba sin trabajo en muy mal estado, no siendo rentable seguir con las obras.

Por un Real Decreto, del 30 de junio de 1924, se concedió la construcción de un buque-escuela nuevo con casco de acero.

La quilla fue colocada por don Miguel Primo de Rivera el día 24 de noviembre de 1925.

Concebido, fundamentalmente, para la navegación a velas, se encargó su diseño a la firma inglesa Camper and Nicholson, de Southampton, era un velero mixto con aparejo de bergantin-goleta, además estaba dotado de un motor auxiliar diesel de 800 caballos. En la ceremonia de botadura fue madrina la señorita Carmen Primo de Rivera, hija del marqués de Estella. Este veteránísimo cuatró palos, todavía sigue causando, hoy día, admiración en cuanto desfiles navales participa.

También en esta factoría se construiría el "Esmeralda", gemelo del "Juan Sebastián Elcano", sería entregado en 1954 a la Marina de Guerra de Chile. Construyó también unidades para el gobierno mexicano, el último de los cuales debiera haber sido el "Zacatecas", pero fue incautado en julio de 1936 cuando aún se hallaba en las gradas pasándose a llamar "Calvo Sotelo".

También se construyó el submarino E-1 que terminaría por ser adquirido por la Marina turca, realizándose igualmente diversas construcciones para CAMPSA y para la Compañía Transmediterránea.

La guerra civil generó una cierta actividad en los astilleros lógicamente incautados, tal fue el caso de Echevarrieta y Larrinaga en donde se terminaron el "Calvo Sotelo", realizándose reparaciones en los cruceros "Canarias", "Almirante Cervera", en los minadores "Vulcano" y "Júpiter", y en numerosos torpederos y mercantes (21).

Durante la década de los cuarenta la factoría siente, como los demás astilleros españoles, la escasez de acero, manteniendo una relativa actividad, destacando la construcción de algunos fruteros y cargueros.

La evolución de los sistemas de construcción unida a la conveniencia de rectificar los métodos de trabajo, habían impuesto la necesidad de acometer urgentes e importantes reformas, en estos trabajos estaba la factoría cuando le sorprende la explosión de un arsenal de minas cercana a la factoría, ocurrido el 18 de agosto de 1947, destruyendo en casi su totalidad los edificios con que contaba el astillero, así como la maquinaria y talleres (22).

El Gobierno, asumiendo cierta responsabilidad del siniestro, concede un crédito de cien millones de pesetas, a muy bajo interés, a la firma gaditana. Pero las dificultades se hacen cada vez mayores, por lo que sus gestores inician contactos con algunas entidades privadas —caso de Sestao y Euskalduna—, para una posible venta de la factoría. Las conversaciones no llegan a concretarse en un acuerdo, por lo que "Echevarrieta y Larrinaga" se declara imposibilitada para continuar haciéndose cargo del astillero. Intervendrá entonces, una vez más, y a través del I.N.I., la acción estatal, creándose en 1951, un Consejo de Incautación, que estará integrado por representantes del Instituto y de "Echevarrieta y Larrinaga". Un año más tarde, en 1952, tendrá lugar la constitución de la nueva sociedad "Astilleros de Cádiz, S. A." que se hará cargo de las instalaciones, ya en fase de reconstrucción (23).

Quizá fuesen estos astilleros unos adelantados en la aplicación de la soldadura, ya que desde la construcción del submarino E-1, los talleres gaditanos habían contado con equipos de soldadura y los diseños precisos de la reconstrucción del astillero, contemplaban, tímidamente, la prefabricación.



Los aumentos reseñados en las consignaciones del crédito naval y la mayor disponibilidad de acero de importación, así como la inauguración de la planta siderúrgica de Avilés, permitieron que la industria naval empezara a describir una trayectoria claramente ascendente. Dentro de esta línea "Astilleros de Cádiz" perteneciente ya al "holding" estatal adquirió gran relevancia dentro de la industria naval española. Contaba al final de los cincuenta, con un conjunto de gradas, previsto de un notable servicio de grúas, que permitieron el montaje de buques de hasta 31 metros de manga. Punto y aparte merece el apartado de diques de reparación de que disponía la factoría. El primero de ellos, el dique seco "Nuestra Señora del Rosario" entregado al I.N.I. en 1950, midiendo 237 metros de eslora, pudiendo atender buques de hasta 50.000 toneladas de peso muerto. De 2.000 toneladas de fuerza ascensional era el dique flotante "Amalia". Asimismo, y para poder dar la necesaria atención a las carenas de grandes buques, se construyó el dique flotante "Nuestra Señora de la Luz", capaz para 45.000 toneladas de fuerza ascensional.

Durante la década de los sesenta, el cambio de la coyuntura económica española, la liberalización de nuestro comercio exterior, el fomento de la exportación y la gran competitividad de la industria naval nacional, crearon la base adecuada para que los astilleros desplegaran una creciente actividad en el mercado internacional, dentro de este contexto se encontró "Astilleros de Cádiz", sin olvidar el mercado nacional dirigido este último principalmente para la flota de "Elcano".

El día 1 de diciembre de 1969 se funda "Astilleros Españoles, S. A." como consecuencia de la Acción Concertada por la fusión de "Astilleros de Cádiz, S. A.", "Compañía Euskalduna de Construcción y Reparación de Buques" y "Sociedad Española de Construcción Naval" y de sus sociedades filiales.

"Astilleros de Cádiz" fue sucesivamente cesando en la construcción naval, especializándose hasta la fecha en las reparaciones navales, según lo pactado por la Acción Concertada.

## NOTAS BIBLIOGRAFICAS

- (1) Millán Chirite, J. L.: "Cádiz en los tiempos contemporáneos", en *Historia de Cádiz y su provincia*, tomo III, Cádiz, 1984, pág. 90.
- (2) Rétegui Besusau, M.: *La factoría naval Vea Murguía hermanos*. Cádiz, 1975, pág. 15.

- (3) Véase García Delgado, J. L.: "Los comienzos del siglo XX (1891-1931)", en *Historia de España (Ramón Menéndez Pidal)*. Espasa-Calpe. Madrid, 1984.
- (4) De Alzola, B.: *Las primas a la construcción naval y a la navegación*. Bilbao, 1985, pág. 384.
- (5) Nadal Oller, J.: *El fracaso de la Revolución en España (1814-1913)*. Ariel. Barcelona, 1981, pág. 184.
- (6) Fernández Almagro, M.: *Política Naval de la España contemporánea*. Madrid, 1946, pág. 259.
- (7) Centro de Estudios Marítimos: "Del vapor a Construnaves". Madrid, 1984, pág. 70.
- (8) *Ibid.*, pág. 79.
- (9) Castillo Yurrita, A. del: *La Maquinista Terrestre y Marítima: personaje histórico (1855-1955)*. Imp. Gr. Seix y Barral Hnos. Barcelona, 1955, pág. 246.
- (10) Rétegui Basusau, M.: *Op. cit.*, pág. 18.
- (11) Harrison, G.: *Historia económica de España contemporánea*. Barcelona, 1985, pág. 104.
- (12) "Astilleros del Nervión" debutaron construyendo los cruceros "Infanta Teresa", "Oquendo" y "Vizcaya", de 7.000 toneladas, que serían hundidos en aguas de Santiago de Cuba. Ibáñez García y Vidaucárraga Acha: *Orientaciones generales para el desarrollo y prosperidad de la provincia de Vizcaya*. Bilbao, 1933, pág. 20.
- (13) Castillo Yurrita, A. del: *Op. cit.*, pág. 271.
- (14) Centro de Estudios Marítimos: *Op. cit.*, pág. 89.
- (15) Castillo Yurrita, A. del: *Op. cit.*, pág. 286.
- (16) Centro de Estudios Marítimos: *Op. cit.*, pág. 103.
- (17) *Ibid.*, pág. 153.
- (18) El relanzamiento de la industria naval se debe a la Ley de Comunicaciones Marítimas que Maura presentó al Congreso, defendiéndola éste y oponiéndose a ella Moret. Alonso Herrera, G.: *Los medios jurídicos y económicos de la política naval en España*. Madrid, 1982, pág. 21.
- (19) Datos Lloyd's Register, recogidos en Anexos, Centro de Estudios Marítimos, "La Construcción Naval en España".
- (20) El "Juan Sebastián Elcano" tiene 3.673 toneladas de desplazamiento. Centro de Estudios..., *op. cit.*, pág. 203.
- (21) Documentos de la Empresa (Archivo de AESA).
- (22) En esos momentos se encontraba en grada el buque escuela "Escuela Esmeralda" (ex Juan de Austria) que resultó gravemente dañado. Centro de Estudios..., *op. cit.*, pág. 321.
- (23) *Ibid.*, pág. 322.



## NOTICIAS

### ASTILLEROS

#### NUEVO TIPO DE PORTACONTENEDORES

La NEDLLOYD LINES ha contratado cinco portacontenedores de 3.100 TEU, de un nuevo proyecto, que serán clasificados por el Lloyd's Register y construidos por M.H.I. e I.H.I., en Japón.

Estos barcos, proyectados por Nedlloyd Fleet Services son los mayores que se construyen sin tapas de escotillas. Llevarán guías celulares continuas para los contenedores desde el doble fondo hasta un nivel equivalente a una altura sobre cubierta de cuatro contenedores.

Este proyecto se ha bautizado como "Ultimate Container Carrier" (UCC), dado que el tiempo de manejo de los contenedores y de estancia en puerto se reducirá drásticamente, teniendo en cuenta que se evitará el tiempo que se emplea en asegurar los contenedores a la cubierta.

En este avanzado proyecto se han incorporado dispositivos especiales y se han examinado a fondo las exigencias reglamentarias en completa colaboración con la Administración del país de abanderamiento.

#### REACTORES DUPLEX EN SISTEMAS ELECTRICOS DE PROPULSION

El Germanischer Lloyd (GL) ha desarrollado y probado con éxito un nuevo método para prevenir la migración de corrientes armónicas desde el sistema de propulsión eléctrica a los servicios auxiliares.

El Ministro de Investigación y Tecnología de Alemania Federal y otras autoridades interesadas han apoyado este proyecto bajo la dirección técnica del GL y auxiliado por científicos de la Universidad Técnica de Hamburgo. Como organismo de pruebas y certificación de sistemas eléctricos, el GL está familiarizado con los problemas de las interferencias electromagnéticas de los armónicos generados por convertidores de potencia controlados por tiristores de los sistemas de propulsión eléctrica o generadores de cola.

Los sistemas de propulsión diesel-eléctrica son fácilmente adaptables a diferentes condiciones de tráfico o velocidades de operación y cada vez son más apreciados por los armadores. Por razones económicas es necesario suministrar todas las demandas de potencia para propulsión, aire acondicionado, servicios auxiliares, alumbrado, control y comunicaciones desde la misma fuente de potencia eléctrica. En este contexto, la generación de armónicos por convertidores controlados por tiristores es un inconveniente importante.

Los armónicos reducen la eficiencia del sistema y pueden interferir con la función propia del equipo electrónico. Con el fin de evitar las excesivas corrientes armónicas es normal instalar alternadores con baja reactancia subtransitoria, así como filtros para la absorción parcial de armónicos importantes. La potencia para el equipo electrónico sensitivo es suministrada con frecuencia por convertidores rotativos, evitando, por tanto, la inmigración de armónicos desde el sistema de potencia. Instalaciones costosas aunque necesarias, hasta ahora.

El uso de filtros sólo para la absorción de armónicos puede ser peligroso en sistemas con frecuencia inestable. Los sistemas de potencia aislados de buques e instalaciones "offshore" son normalmente de frecuencia inestable debido a la necesidad de arrancar motores con consumo de potencia relativamente alto y a la posibilidad de error del regulador de velocidad.

En 1980/81 el GL publicó "Un nuevo sistema de distribución de potencia eléctrica para buques". Era importante la introducción de reactores DUPLEX para la reducción de corrientes de cortocircuitos y la capacidad para mantener la estabilidad del voltaje en la mitad del sistema dividido, incluso en el caso de fallo de cortocircuito en la barra bus. En 1983/84 se equiparon con éxito con los sistemas divididos los primeros buques con sistemas de potencia eléctrica de bajo voltaje de hasta 12 MVA.

Estimulado por el uso satisfactorio de los reactores DUPLEX, el GL empezó a pensar en los sistemas divididos. Dichos sistemas tienen un ramal "sucio" con distorsión de voltaje importante por armónicos para el suministro de convertidores controlados por tiristores y un ramal "limpio" con corriente sinusoidal para el suministro de las máquinas auxiliares, alumbrado, circuitos de control, comunicaciones y servicios sensibles de procesos de datos. Se encontró otra disposición para mantener los armónicos sólo dentro del sistema de propulsión incluso en buques con un sistema de potencia común para la propulsión y los servicios auxiliares. Para un gran número de buques de investigación y buques multipropósito con sistemas de propulsión flexibles es usual la configuración siguiente. Hasta seis generadores en paralelo entregan la energía eléctrica a una barra-bus común. Algunos convertidores controlados por tiristores están conectados directamente a esta barra-bus mediante conmutación de reactores. Debido a las características de los convertidores se produce distorsión de alto voltaje durante algunos microsegundos, seis veces durante cada ciclo, combinada con armónicos de orden 5° y 7° son dominantes entre el generador neutro y los puentes del convertidor.

El GL ha introducido reactores DUPLEX con dos bobinas separadas, en lugar de reactores sencillos. La bobina primaria se usa para mantener las condiciones apropiadas para la comunicación de corriente dentro del convertidor tiristor. La bobina secundaria es magnéticamente antiparalela a la bobina primaria y genera un voltaje que es opuesto e igual a la distorsión de voltaje que se produce en el arrollamiento del generador, debido a la conmutación de corriente. Conectado el alimentador principal para el suministro de circuitos de la categoría "limpia" a la barra-bus "sucia" principal, a través de todas las bobinas del reactor secundario en línea, la corriente será sinusoidal, siempre que la relación de los arrollamientos del reactor DUPLEX sea correcta. Las pruebas han demostrado que por este reactor se eliminan el 80 % de todos los armónicos.

En la primavera de 1989 el GL comenzó una serie de ensayos y pruebas en dos buques convertidos y los resultados han sido convincentes. Tres buques actualmente en construcción serán equipados con reactores DUPLEX y el GL ha recibido peticiones para instalar dichos reactores en buques existentes.

#### PORTACONTENEDORES SIN TAPAS DE ESCOTILLA

En los últimos 15 a 20 años, las empresas de transporte de contenedores han considerado muchos proyectos de buques diferentes, entre los cuales el más



reciente es uno sin tapas de escotillas y sistemas de trincado, como un medio de proporcionar un método más eficiente de carga y descarga de los contenedores. En consecuencia, se reduce el tiempo total en puerto, lo que puede dar lugar a ahorros considerables para el operador.

Sin embargo, de principal importancia es el problema del embarque del agua del mar, así como la entrada del agua de lluvia en las bodegas. El American Bureau of Shipping tiene programas de ordenador para predecir la posibilidad y el volumen de agua que entrará en las bodegas abiertas debido al embarque del agua del mar, y ha correlacionado los resultados calculados con los datos de ensayos con modelos. También ha realizado un estudio detallado para el caso de un portacontenedores oceánico de 3.000 TEU de capacidad, sin tapas de escotillas.

Este estudio de correlación entre los resultados de ensayos con modelos y el análisis numérico usando los programas de ordenador del ABS, demuestra que los resultados del análisis numérico pueden usarse eficazmente para la predicción de la entrada de agua debido al embarque de agua en proyectos de portacontenedores sin tapas de escotilla, particularmente para diversas configuraciones de proa y cubierta. El programa de ordenador también permite evaluar los proyectos de los portacontenedores en varios estados del mar y a diferentes velocidades; ha demostrado que es una herramienta fiable para predecir la entrada de agua en los proyectos de buques citados y, por tanto, para determinar durante la etapa de proyecto la capacidad de bombeo necesaria y otros equipos adicionales.

## REUNIONES Y CONFERENCIAS

### XXX SESIONES TECNICAS DE INGENIERIA NAVAL

Con el tema "LA PESCA Y SU ENTORNO", la Asociación de Ingenieros Navales de España celebrará en Bilbao, en coincidencia con SINAVAL-EUROFISHING'90, durante los días 14 (miércoles) al 16 (viernes) de noviembre de 1990, sus XXX Sesiones Técnicas.

Dentro del carácter monográfico de las Sesiones, se pretende darle gran amplitud. Así, pueden ser temas, entre otros, objeto de consideración: acuicultura, explotación, comercialización, construcción, equipos, legislación...

En caso de presentar algún trabajo en estas Sesiones, el título, junto con el resumen e índice del contenido, debe obrar en la A.I.N.E. antes del día 31 del próximo marzo.

### JORNADAS SOBRE EL BUQUE DEL FUTURO

La Society of Naval Architects and Marine Engineers (SNAME) y la Administración Marítima de Estados Unidos, patrocinan unas jornadas nacionales relativas a las exigencias en la tecnología de los buques del futuro. Otras organizaciones que copatrocinan estas jornadas son el American Institute of Merchant Shipping, Shipbuilders Council of America, la United Shipowners of America y el National Institute of Standards and Technology.

Esta histórica reunión tendrá lugar en el National Institute of Standards and Technology (NIST) en Gaithersburg, Maryland del 14 al 16 de mayo de 1990. Los objetivos de las jornadas son:

- Revisión de las exigencias para el proyecto, construcción y operación de buques mercantes en el siglo XXI.
- Revisión de los activos tecnológicos actuales y futuros que son importantes para dichos buques.
- Definir el proyecto deseable y características operacionales del buque del siglo XXI.
- Resumir las acciones necesarias dentro de la comunidad técnica marítima para obtener tales buques del futuro.

La primera de las dos jornadas incluirá ponencias presentadas por los líderes de la industria sobre las futuras necesidades operacionales para buques de carga general, de línea, graneleros, de pasaje y otros buques. Cada presentación será seguida por sesiones de trabajo paralelas dirigidas a encontrar las técnicas diversas relativas a dichas necesidades operacionales futuras.

El programa incluye las siguientes ponencias presentadas por relevantes personalidades:

- General cargo liner ship requirements for the 21st century.
- Bulk cargo ship requirements for the 21st century.
- U.S. National technology assets.
- Passenger vessel requirements for the 21st century.
- Sealift ship requirements for the 21st century.
- Reaching for the 21st century at sea.
- Personal observations and future actions.

Los paneles de trabajo cubrirán once segmentos vitales de la industria marítima y son los siguientes:

- Industry requirements.
- Ship concepts.
- Structural design.
- Hydrodynamic performance.
- Propulsion systems.
- Cargo systems.
- Vessel navigation.
- Ship control.
- Fleet management.
- Manning and human factors.
- Safety and environment.

En las reuniones de trabajo, los paneles técnicos analizarán estos conceptos junto con necesidades tecnológicas y conclusiones y recomendaciones relacionadas con los objetivos de las jornadas.

Durante el tercer día, se presentarán los resultados de las deliberaciones de cada panel a todos los asistentes. Un completo juego de los trabajos se publicará posteriormente y se remitirá a todos los participantes.

### SINAVAL-EUROFISHING'90

Este certamen dedicado al sector pesquero se celebrará en la Feria Internacional de Bilbao del 14 al 18 de noviembre del presente año, contará con una importante participación extranjera reflejada en la presencia institucional de los gobiernos de Portugal, Dinamarca y Gran Bretaña, así como de empresas procedentes de países como Noruega, Finlandia y Francia, principalmente.



Los sectores participantes a EUROFISHING'90 son los de acuicultura, almacenamiento de pescado, instalaciones de proceso, conservación y manipulación de pescado, artes de pesca, astilleros, equipamiento de buques, ingeniería y diseño de buques, investigación pesquera y servicios e instalaciones.

Durante la celebración de la Feria Internacional de la Industria Pesquera, se llevará a cabo en las instalaciones de la institución ferial de Bilbao una serie de Jornadas Técnicas y actos profesionales del sector.

En concreto, se desarrollarán unas Jornadas Técnicas sobre "Seguridad Marítima", organizadas por la Dirección General de la Marina Mercante. Otros actos serán la Asamblea General de la Asociación Europea de Organizaciones de Productores; Reunión de la IMEC (International Marine Council); y las XXX Sesiones Técnicas de Ingeniería Naval, en las cuales se tratará, de forma monográfica, el tema Pesca, y que serán organizadas por la Asociación de Ingenieros Navales de España.

Para llevar a cabo el éxito de esta nueva edición de EUROFISHING'90, la Feria Internacional de Bilbao ha contado con el patrocinio de la Asociación de Constructores Navales de España (CONSTRUNAVES); Asociación de Ingenieros Navales de España; Asociación Española de Fabricantes de Equipos, Material e Instalaciones para Buques (INDUNARES); Consejería de Agricultura y Pesca del Gobierno Vasco; Federación Española de Armadores de Buques de Pesca; Federación Nacional de Asociaciones de Fabricantes de Conservas, Semiconservas y Salazones de Pescados y Mariscos; Federación Nacional de Cofradías de Pescadores, y Secretaría General de Pesca Marítima.

Hay que señalar que, coincidiendo con EUROFISHING'90, se celebrará el certamen SINAVAL'90 (Feria Internacional de la Industria Naval, Marítima, Portuaria y Offshore) que cuenta, asimismo, con una importante

representación de expositores que han confirmado su asistencia.

## PUBLICACIONES

### ESPAÑA Y EL MAR EN EL SIGLO DE CARLOS III

Como uno de los actos conmemorativos del bicentenario de Carlos III, acaba de presentarse en Madrid la obra del epígrafe, cuyo propósito, al decir de sus autores, no ha sido otro que el de contribuir a que sea accesible al gran público el tema de la importancia del mar en los destinos de España en el siglo XVIII, el siglo de Carlos III.

Obra dirigida por el profesor don Vicente Palacio Atard, y escrita con la colaboración de ilustres académicos y prestigiosos especialistas, que ofrece un panorama completo de todos los aspectos políticos, militares, sociales, culturales y económicos de la Historia de España, en relación con el mar, en el siglo XVIII.

Libro de gran formato (305x209 mm.) y excelente presentación, que incluye más de 400 grabados y reproducciones de cuadros, muchos de ellos inéditos, que le dan un gran valor iconográfico, así como una información enciclopédica, con una reseña cronológica de 198 entradas sobre los hechos más sobresalientes de la época, un índice onomástico de más de 500 personajes, y una referencia bibliográfica de 210 títulos para consulta.

Pedidos directos al Editor: MARINVEST, S. A., Goya, 15, 1.º - 28001 Madrid. Tel.: 431 78 29. Descuento especial para el C.O.I.N.

(Viene de la pág. 85.)

re decir que todo lo expresado por los arts. 171 a 222 de la L.S.A., incluyendo los baremos para la verificación de las cuentas anuales y el informe de gestión por profesional habilitado y el porcentaje de minoría de capital que lo puede exigir es aplicable, también, a esta modalidad de sociedad mercantil, la de responsabilidad limitada.

Pero no sólo ello, a las sociedades en comandita por acciones definidas en los arts. 151 a 157 del recientemente modificado Código de Comercio se les debe aplicar (art. 152) "... la Ley de Sociedades Anónimas, salvo en lo que resulte incompatible con las disposiciones de esta Sección..."

Y es más, según la nueva redacción del art. 2.º de la Ley 15/86 de Sociedades Anónimas Laborales:

"En lo no previsto en esta Ley, las sociedades anónimas laborales se regirán por las normas aplicables a las sociedades anónimas."

Por tanto, en la práctica, todas las sociedades mercantiles bien por superar los baremos establecidos o bien a iniciativa de un porcentaje del capital social deben o pueden tener que presentar las cuentas anuales y el informe de gestión debidamente auditados.

Ello ha inducido a afirmar que el número de auditorías anuales que se realicen en España a partir de ahora puede ser de diez a veinte veces superior a las que se venían realizando antes de la reforma de la legislación mercantil.

El destino de tales auditorías, en el caso de las sociedades que obligatoriamente las tengan que efectuar, no va a ser exclusivamente los archivos de las entidades mercantiles correspondientes: han de ser depositadas en el Registro Mercantil del domicilio de la Sociedad dentro del mes siguiente a su aprobación (art. 329 del recientemente reformado Reglamento de Registro Mercantil).

*La publicidad de las cuentas anuales y documentos complementarios depositados en el Registro Mercantil se hará efectiva por medio de certificación expedida por el Registrador, o por medio de copia de los documentos depositados, a solicitud de cualquier persona, según el art. 333 del citado Reglamento.*

Las cuentas anuales y documentos complementarios habrán de ser conservados durante seis años a contar desde la publicación del anuncio del depósito en el "Boletín Oficial del Registro Mercantil", según el art. 341 de su Reglamento. Por tanto, cualquier persona tendrá acceso a las cuentas anuales e informe de gestión de los seis últimos ejercicios de las sociedades mercantiles que hayan de depositarlos en aquél.