

# Cuaderno 10

## **Definición de la planta propulsora**

---

Autor: Diego Pérez Martí

Tutor: Leandro Ruiz Peñalver



# **Índice.**

1. Elección de la maquinaria propulsora. ....	3
2. Disposición de la maquinaria. ....	5
3. Comprobación de capacidades. ....	7
4. Servicios auxiliares del motor principal. ....	8
5. Tratamiento de residuos generados. ....	13
6. Grupo auxiliar.....	14
7. Disposición de la chumacera de empuje.....	15
8. Anexo I. Plano de cámara de máquinas.....	16

## **1. Elección de la maquinaria propulsora.**

El tipo de máquina propulsora viene fijado en los requisitos de proyecto, que indican debe ser un motor diesel.

Para la potencia requerida al Motor Principal en el buque proyecto, según la disposición adoptada, el Mercado ofrece algunas marcas como:

- Wartsila 4L20.
- ABC DZC 8L.
- MAK 6L20.
- Caterpillar 3508B.

El estudio de alternativas para la elección de la más favorable, se hace bajo dos restricciones principalmente:

- Limitación de Peso y Espacio

Como todos los demás componentes de un barco, y en el caso de un barco de ‘pequeño porte’ esta restricción se hace más patente.

- Disponibilidad-Economía,

Hay que mantener presente el aspecto económico, y para este proyecto en concreto, debido a su futura actividad, más que minimizar el coste de adquisición o del ciclo de vida, lo que hay que garantizar es un servicio técnico para evitar una parada prolongada que supondría unas pérdidas no asumibles por el Armador, por lo tanto en la comparación de las alternativas se prima a la marca que ofrezca un mejor servicio técnico internacional más que la que ofrezca un menor coste de venta y/o del ciclo de vida.

Según los criterios adoptados para el estudio de las diferentes marcas, las alternativas seleccionadas son:

-Motores de menor peso y empacho son el Wartsila 4L20 y el Caterpillar 3508B.

De estas dos alternativas la que ofrece un servicio técnico con mejores prestaciones a nivel internacional es CATERPILLAR, por lo que el Motor Principal elegido es el CAT3508B.

### **Características Técnicas de la Alternativa elegida ‘CATERPILLAR 3508B’**

Motor Diesel Turboalimentado-postenfriado.

Potencia-Revoluciones----- 746 kw, 1200 rpm.

Diámetro----- 170 mm.

Carrera----- 190 mm.

Configuración----- 8V.

Consumo Específico----- 196 gr / kw x h.

Largo----- 2117 mm

Ancho----- 1703 mm

Alto----- 1821 mm.

Peso----- 5216 kgf.

La MCR para el motor principal se justifica en el cuaderno nº6, y es de 735.6 kw, la diferencia con la MCR del motor propuesto es un 1.3% mayor, la consecuencia será que cuando éste se encuentre a régimen del 85% proporcionará al propulsor una SHP =384 kw, cuando la SHP demandada para 10 nudos es inferior (382.6 kw), con lo que la velocidad será ligeramente mayor, casi insignificante al variar según  $SHP \approx K \times v^3$ .

Con diferencias mayores entre SHP ofrecida y demandada, o lo que es lo mismo, entre MCR del proyecto y del Motor, habría que estudiar el derrateado del Motor y comprobar con la curva característica de funcionamiento que en la zona de trabajo existe un margen suficiente, tanto en par como en revoluciones.

Una consecuencia importante de tomar la MCR del Motor como MCR de proyecto, es que el consumo específico, para el régimen normal de trabajo, es con mucha seguridad el mínimo.

## **2. Disposición de la maquinaria.**

La disposición de equipos principales en Cámara de Máquinas se realiza siguiendo dos criterios, primero, asegurar la operatividad del barco con un funcionamiento de los equipos dentro de los regímenes recomendados por el fabricante y segundo, integrar dichos equipos de manera que se reduzca su número sin que el conjunto pierda fiabilidad.

La alternativa seleccionada, después de estudiar las diferentes posibilidades, la describo brevemente:

### **Disposición de Equipos Principales y Condiciones de Trabajo**

El Motor Principal a través de una reductora alimenta dos P.T.O's y al eje que mueve el propulsor, una P.T.O. alimenta un alternador de 215 kw y la otra alimenta la bomba hidráulica de 150 kw que da potencia a la maquinilla.

Para describir las diferentes situaciones de trabajo que se plantean, diferencio entre 'navegación libre', 'arrastrando' y 'virando el aparejo'.

En navegación libre la bomba está desembragada, así el motor principal trabajando al 85% de su M.C.R. da potencia al alternador y al propulsor. La potencia que queda para propulsión depende de la carga que demande el alternador con la condición que cuando éste esté trabajando en su condición de máxima demanda, la potencia restante sea suficiente para que el propulsor desarrolle el empuje suficiente para mover el barco a 10 nudos (requisito de proyecto).

En arrastre la diferencia de potencias (motor principal al 85% y alternador) tiene el mismo destino, y aunque la resistencia que ofrece la carena es baja a esas velocidades, la resistencia total (carena y aparejo) se mantiene o incluso crece, con lo que la potencia requerida por el propulsor se mantiene del orden de la condición anterior.

Virando el aparejo, el motor principal trabajando al mismo régimen (85% MCR) alimenta a las dos P.T.O.'s (embargadas) y al propulsor que está desarrollando empuje nulo o bajo según la demanda de potencia de los anteriores.

### **Alternativas Estudiadas y Desechadas**

- Central Hidráulica alimentada por un grupo diesel en CC.MM., Motor Principal alimentando a través de la Reductora a un alternador y al Eje propulsor.
- Central Hidráulica alimentado por un Motor Eléctrico como un consumidor más en el Balance, el equipo estaría situado cerca del consumidor hidráulico.
- Central Hidráulica alimentada por un grupo diesel situado el conjunto cerca del consumidor hidráulico (en cubierta superior).

### **3. Comprobación de capacidades.**

#### **Tanques de Combustible.**

De partida se supone que el motor se encuentra en toda la campaña alimentando la P.T.O. a plena carga (alternador) y al propulsor, con lo que según definimos anteriormente:

Potencia consumida =  $0.85 \times 746 = 634$  kw.

Horas de funcionamiento =  $30 \text{ días} \times 24 \text{ horas/día} = 720$  horas.

Consumo específico =  $196 \text{ gr / kw} \times \text{h} = 196 \times 10^{-6} \text{ Tn / kw} \times \text{h}$ .

Consumo de combustible =  $196 \times 10^{-6} \times 634 \times 720 = 89.47$  Tn.

Margen del 10%, Combustible necesario =  $1.1 \times 89.47 = 98.42$  Tn.

El volumen requerido para los tanques de Combustible, teniendo en cuenta la permeabilidad de estos espacios del 98% y la densidad del fluido de 0.85 Tn/m<sup>3</sup>:

Volumen requerido para los tanques de Combustible =  $98.42 / 0.85 \times 0.98 = 118$  m<sup>3</sup>.

Volumen total de Combustible disponible = 119 m<sup>3</sup>.

#### **Tanque de Aceite Lubricante.**

Volumen de aceite para lubricación = 220 litros.

Horas de trabajo = 500 h.

Renovaciones de aceite por marea =  $720/500 = 2$

Volumen necesario por marea =  $2 \times 220 = 440$  litros = 0.44 m<sup>3</sup>

#### **Tanque de Aceite Hidráulico.**

Volumen de aceite para la Central en circuito cerrado (150 kw) = 250 litros.

Estimo el Volumen requerido para la central en circuito abierto de 67 kw =  $0.5 \times 250 = 125$  litros.

Volumen total de aceite hidráulico = 375 litros = 0.37 m<sup>3</sup>.

## 4. Servicios auxiliares del motor principal.

### Servicio de Combustible.

Formado por los tanques almacén, tanque de uso diario, bomba de trasiego de combustible, bomba de alimentación y purificadora de combustible.

#### **Bomba de Trasiego.**

Esta bomba aspira gasoil de un tanque almacén (o pareja de) y lo lleva al tanque de uso diario, el circuito está formado por la boca de aspiración, la tubería, el plano de válvulas distribuidoras, la bomba, una válvula de retención tras la bomba y dos válvulas de compuerta (aguas arriba y abajo de la bomba).

La capacidad del tanque de uso diario son 4.8 m<sup>3</sup>, con un caudal de 3 m<sup>3</sup>/h, llenamos el tanque en  $\approx 1$  hora 30 min.

La presión de descarga de la Bomba puedo estimarla:

Velocidad y diámetro en la aspiración, 0.67 m/s, 40 mm.

Velocidad y diámetro en la descarga, 1.03 m/s, 32 mm.

La diferencia de altura entre el punto más bajo de los tanques almacén (reboses) y el punto más alto del tanque de uso diario es de 6.22 m.

Longitud de tubería recta equivalente en la aspiración:

Longitud de tubo recto entre tanque N°1 y bomba (en c21) =13.5 m.

Longitud recta de los 2 ramales de aspiración =2x13.5 =27 m.

8 codos a 90°(4 por ramal)(metros de tubo recto equivalente para pérdidas =2.5 m, c/u)

2 válvulas de compuerta(m. de tubo recto eq. para pérdidas =1.7 m, c/u)

Longitud equivalente en la aspiración =27+8x2.5+2x1.7 =50.4 m.l.eq.

Pérdida de carga en la aspiración =50.4 x 1.6/100 =0.81 m.c.a.

Longitud de tubería recta equivalente en la descarga:

Longitud de tubo recto entre la bomba y el tope del tanque de uso diario =17 m.

6 codos a 90°.(m.t.recto eq. para pérdidas =2.5 m)

1 válvula de retención.( m. de tubo recto eq. para pérdidas =3 m)



1 válvula de compuerta (m. de tubo recto eq. para pérdidas =1.3 m)

Longitud equivalente en la descarga =  $17+6 \times 2.5+3+1.3=36.3$  m.

Pérdidas de carga en la descarga =  $36.3 \times 6/100=2.2$  m.c.a.

Altura de carga de la bomba Bomba,  $H_B=6.22+0.81+2.2=9.23$  m.c.a.

Aumento el resultado por tratarse de una estimación preliminar en un 20%.

$H_B=1.2 \times 9.23=11$  m.c.a.

NOTA: para el cálculo se usan las tablas de Bombas Azque para fluido de trabajo agua dulce, el combustible tiene una viscosidad mayor por lo que las pérdidas de carga en conductos será mayor, esta deficiencia se compensa con el exceso de energía potencial supuesto, utilizo 6.22 m, cuando en realidad son  $h=0.85 \times 6.22=5.29$  m.c.a., por la diferencia de densidades entre el agua y el combustible.

Bomba de engranajes 'ITUR' RC-1, bhp =1 hp

Potencia del motor =  $1.25 \times 1=1.25$  hp = 920 w.

\*para potencias menores de 7.5 hp, el margen de potencia para el motor de accionamiento es del 20/25 %.

### **Purificadora de Combustible.**

Se instala una purificadora 'ALFA-LAVAL' MAB 103, con capacidad de 1.15 m<sup>3</sup>/h, con lo que filtra todo el combustible del tanque de uso diario en  $3.6 / 1.15 \approx 3$  horas.

La purificadora trabaja en circuito cerrado con el tanque de uso diario, recirculando el combustible desde el fondo del tanque a su parte alta.

Dependiendo de la calidad del combustible la purificadora realizará uno o más ciclos de  $\approx 3$  horas.

Potencia de la purificadora =600 w.

### **Bomba de alimentación.**

Ésta toma el combustible del tanque de uso diario para la bomba de inyección, el motor cuenta con una ya integrada y arrastrada por él, dispondremos de una bomba de reserva de características iguales, para alimentación en caso de fallo de la primera. Según Caterpillar:

**ElectroBomba de reserva de Alimentación, de engranajes.**

$Q = 1.26 \text{ m}^3/\text{h}.$

$H = 37 \text{ m.c.a.}$

Bomba de engranajes 'ITUR' RC-1, bhp = 1.2 hp

Motor eléctrico de accionamiento =  $1.25 \times 1.2 = 1.5 \text{ hp} = 1.1 \text{ kw}.$

### **Servicio de Refrigeración.**

Compuesto por 1 bomba de agua salada que toma del colector de agua salada y refrigera a través de un intercambiador el agua dulce de refrigeración del motor, movida por su bomba. Ambas bombas son arrastradas por el motor, dispongo unas de reserva que dimensiono según el fabricante.

Según la información de Caterpillar:

#### **Bomba de Agua dulce.**

Electrobomba centrífuga de reserva.

$Q = 37 \text{ m}^3/\text{h}.$

$H = 8.5 \text{ m.c.a.}$

Bomba centrífuga 'ITUR' 100/190,  $P = 3 \text{ kw}$

Potencia del motor  $= 1.25 \times 3 = 3.75 \text{ kw}.$

#### **Bomba de Agua Salada.**

Electrobomba centrífuga de reserva.

$Q = 79 \text{ m}^3/\text{h}.$

$H = 7.9 \text{ m.c.a.}$

Bomba centrífuga 'ITUR' 100/200,  $P = 5 \text{ kw}$

Potencia del motor  $= 1.25 \times 5 = 6.25 \text{ kw}.$

### **Servicio de Aire de Arranque.**

Compuesto por dos electrocompresores de aire 'ABC' VA30EPC ( $Q = 17.4 \text{ m}^3/\text{h}$ )  $3 \text{ kw}.$  , dos botellas de aire de 250 l a 30 bar y un enfriador de placas 'APV' N35 MGS10 C/1 de 764 kw de capacidad.

### **Servicio de Lubricación.**

Compuesto por una purificadora que toma del tanque almacén al tanque de uso, del tanque de uso al motor se circula en circuito cerrado con una bomba arrastrada, que antes de volverlo lo pasa por un intercambiador para que el aceite recupere sus propiedades lubricantes, cuando el aceite pierde sus propiedades irreversiblemente se vacía el tanque de uso a la sentina y se vuelve a llenar con el tanque almacén.

#### **Bomba de reserva de Lubricación.**

De engranajes.

$Q = 15 \text{ m}^3/\text{h}.$

$H = 26 \text{ m.c.a.}$

Bomba de engranajes 'ITUR' RC-1,  $P = 2 \text{ hp}$

Motor eléctrico de accionamiento  $= 1.25 \times 2 = 2.5 \text{ hp} = 1.84 \text{ kw}.$

#### **Purificadora de aceite.**

MAB 205S, 4750 L/h, 4.5 cv

## **5. Tratamiento de residuos generados.**

Los derrames de combustible y aceites así como el aceite lubricante usado pasa a la sentina, de allí, una bomba la conduce al separador de sentinas de dónde sale, por un lado el residuo que se almacena en el tanque de lodos, y por otro el agua limpia que es descargada al mar.

### **Separador de sentinas.**

‘Delta’ 0.5 Tn/h

Potencia 1.5 kw

### **Bomba de Lodos**

‘Azcue’ 2YE, Q =3.3 m<sup>3</sup>/h, P=1.4 hp

Motor eléctrico, P =1.25 x 1.4 =1.7 hp =1.3 kw

## 6. Grupo auxiliar.

Como se define en el cuaderno 11 la planta eléctrica está compuesta por dos alternadores de 215 kw a 1500 rpm, 380 V, 50 Hz., alimentados por una P.T.O. y por un auxiliar.

A partir de la potencia requerida por el alternador se determina la potencia del Motor diesel auxiliar:

Potencia del Alternador = 215 kw.

Rendimiento = 96%

Potencia demandada al Motor Auxiliar =  $215/0.96 = 224$  kw.

Régimen de Trabajo del Auxiliar recomendado = 85%.

M.C.R. del Auxiliar =  $224/0.85 = 264$  kw

Motor Auxiliar Caterpillar 3406C 265 kw a 1500 rpm.

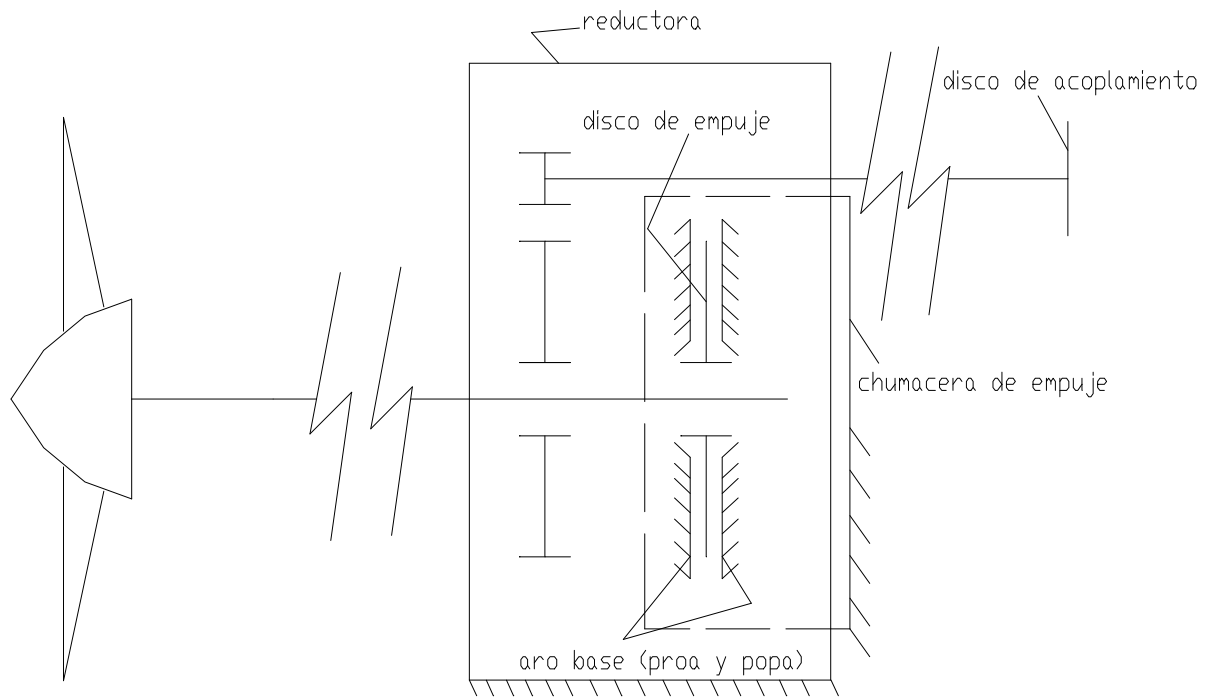
\*suponiendo que no se pierde potencia en la transmisión.

Escojo como Auxiliar el CAT 3406C porque el Motor Principal es de la misma marca y de esta forma tengo compatibilidad de repuestos y utillaje y el derivado ahorro de peso y empacho. También es importante tener una homogeneidad de marcas para facilitar el adiestramiento del personal de máquinas.

## 7. Disposición de la chumacera de empuje.

Por ser un equipo imprescindible para la navegación, aclaro que la chumacera de empuje está integrada en la Reductora, de manera que en navegación tanto avante como ciando transmite al barco la potencia desarrollada por el sistema propulsor necesaria para desplazarse con la velocidad deseada.

En el croquis siguiente se muestra un cojinete de empuje genérico, los elementos representados no están a escala y no aparecen las salidas de potencia.



## **8. Anexo I. Plano de cámara de máquinas.**