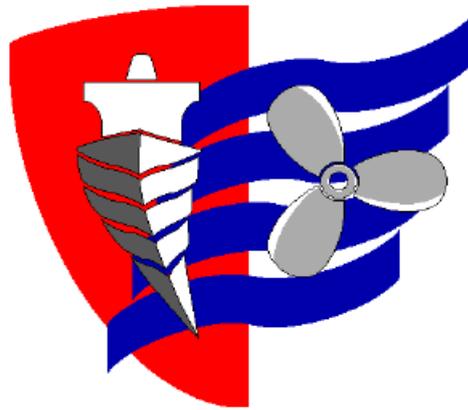


ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE NAUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Proyecto Fin de Carrera

**MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGETICA
DE UN BUQUE DE RO-PAX**

*IMPROVING THE ENERGY EFFICIENCY OF
A RO-PAX SHIP*

Para acceder al Título de

Ingeniero Técnico Naval.

**Especialidad en Propulsión y Servicios del
Buque**

Autor: Jorge Ruiz Canet

Junio -2013

A mi familia y mi novia

Agradecimientos

En primer lugar me gustaría agradecer a todos los Maestros que han intervenido en mi formación, desde la Educación Primaria hasta mi etapa Universitaria, por su paciencia, esfuerzo y dedicación. Maestros de profesión, Maestros de vida. En especial al Profesor J. M. Oria Chaveli, por confiar en mí para la realización de este ilusionante proyecto y por toda la ayuda prestada.

Pero principalmente me gustaría dedicar este proyecto, con todo el cariño del mundo, a mi familia y mi novia por todo el apoyo recibido durante todos estos años sin el cual, hubiera sido imposible llegar hasta aquí. Muchas gracias.

INDICE GENERAL

PARTE 1: MEMORIA DESCRIPTIVA

PARTE 2: CALCULOS

PARTE 3: ELECCION DE ELEMENTOS

PARTE 4: PRESUPUESTO

PARTE 5: PLANOS

PARTE 6: PLIEGO DE CONDICIONES

PARTE 7: ANEXOS

PARTE 8: CONCLUSIONES

PARTE 9: BIBLIOGRAFIA

PARTE 1: MEMORIA DESCRIPTIVA

1. General	pag.12
1.1 Título.....	pag.12
1.2 Destinatario	pag.12
1.3 Sistema de codificación.....	pag.12
2. Introducción	pag.13
3. Objeto del proyecto.....	pag.13
3.1 Necesidad de la Eficiencia Energética en Buques	pag.15
3.1.1 Necesidades ambientales	pag.15
3.1.2 Necesidades económicas.....	pag.22
4. Normas y reglamentos	pag.24
4.1 MARPOL 1973/1978	pag.25
4.2 Comité de Protección del Medio Marino (MEPC)	pag.31
4.3 Índice de Eficiencia Energética	pag.33
4.3.1 EEDI	pag.34
4.3.2 EEOI	pag.44
4.4. Plan de Gestión de la Energía SEEMP	pag.48
4.4.1 Orientaciones sobre mejoras practicas.....	pag.50
4.4.1.1 Medida operacionales	pag.51
4.4.1.1.1 Optimización del gobierno	pag.53
4.4.1.1.2 Otras medidas.....	pag.55
4.4.1.2 Medidas técnicas.....	pag.56
4.4.1.2.1 Medidas obra viva.....	pag.57
4.4.1.3 Medidas en el sistema propulsor.....	pag.58
4.4.1.4 Otras medidas	pag.59
4.4.2 Ejemplo del Plan SEEMP	pag.64

4.5 Conclusiones.....	pag.65
5. Descripción general del buque.....	pag.67

PARTE 2: CALCULOS

1. Introducción	pag.70
2. Análisis de soluciones y planificación	pag.70
3. Medición y monitorización energética	pag.72
4. Eficiencia energética pasiva.....	pag.74
4.1 Luminarias.....	pag.74
4.1.1 Potencia eléctrica instalada	pag.75
4.1.2 Potencia eléctrica absorbida	pag.82
4.1.3 Instalación nueva luminaria	pag.86
4.1.4 Cálculo del ahorro energético	pag.91
4.1.5 Calculo del ahorro económico.....	pag.92
4.1.6 Calculo de las emisiones de CO2.....	pag.92
5. Eficiencia energética activa.....	pag.93
5.1 Regulación y control de motores eléctricos	pag.95
5.2 Programa de cálculo Schneider Electric ECO2.....	pag.103
5.2.1 Bombas de refrigeración.....	pag.103
5.2.2 Bombas de combustible.....	pag.110
5.2.3 Sistemas auxiliares de calderas.....	pag.111
5.2.4 Bombas de agua sanitaria	pag.112
5.2.5 Calculo del ahorro energético	pag.114
5.2.6 Cálculo del ahorro económico	pag.115

5.2.7 Calculo de las emisiones de CO2.....	pag.116
--	---------

PARTE 3: ELECCION DE ELEMENTOS

1. Introducción	pag.118
2. Sistemas de monitorización	pag.118
3. Luminarias	pag.122
4. Variadores de frecuencia	pag.134

PARTE 4: PRESUPUESTO

1. Introducción	pag.139
2. Inversión	pag.139
2.1 Monitorización	pag.139
2.2 Luminaria.....	pag.140
2.3 Variadores de frecuencia.....	pag.140
2.4 Mano de obra	pag.141
2.5 Materiales adicionales	pag.142
3. Balance final del presupuesto	pag.142
4. Estudio de viabilidad	pag.144

PARTE 5: PLANOS

1. Introducción	pag.149
2. Monitorización.....	pag.149
3. Luminaria	pag.149
4. Variadores de frecuencia	pag.149
4.1 Bombas de refrigeración	pag.149
4.2 Bombas de combustible	pag.149

4.3 Sistemas auxiliares de calderas	pag.149
4.4 Bombas de agua sanitaria.....	pag.149

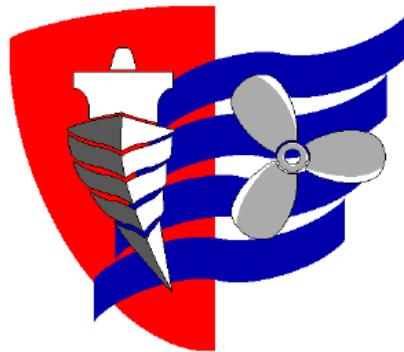
PARTE 6: PLIEGO DE CONDICIONES

1. Objeto	pag.159
2. Generalidades.....	pag.159
3. Códigos y normas	pag.159
4. Especificaciones de cableado eléctrico	pag.159
4.1 Alcance de suministro	pag.160
4.2 Condiciones de servicio.....	pag.160
4.2.1 Características eléctricas.....	pag.160
4.2.2 Códigos y normas	pag.160
4.3 Características constructivas.....	pag.161
4.3.1 Conductores	pag.161
4.3.2 Aislamientos	pag.161
4.3.3 Cubierta	pag.162
4.3.4 Colores	pag.162
4.3.5 Terminales	pag.163
4.4 Tipos de cables	pag.163
4.4.1 Cables de baja tensión	pag.163
4.5 Inspección y ensayos	pag.164
5. Equipos de alumbrado	pag.165
5.1 Objeto.....	pag.165
5.2 Condiciones de servicio.....	pag.165

5.3	Codigos y normas	pag.166
5.4	Descripción de características.....	pag.166
5.4.1	Luminaria fluorescente.....	pag.166
5.4.2	Luminaria fluorescente tipo regleta.....	pag.166
5.4.3	Proyectores.....	pag.167
5.4.4	Conjunto de alumbrado exterior mediante brazo ...	pag.167
5.4.5	Apliques tipo “Ojo de buey”	pag.167
5.4.6	Apliques para fluorescencia.....	pag.167
5.4.6.1	Apliques para adosar a la pared.....	pag.167
5.4.6.2	Apliques circulares	pag.168
5.4.7	Apliques para incandescencia circulares	pag.168
5.4.8	Generalidades	pag.168
5.4.8.1	Características de operación.....	pag.169
5.5	Pruebas.....	pag.169
5.6	Documentación	pag.170
6.	Montaje eléctrico.....	pag.170
6.1	Generalidades	pag.170
6.2	Objeto.....	pag.171
6.3	Condiciones de servicio.....	pag.171
6.4	Normas y reglamentos	pag.172
6.5	Alcance del trabajo	pag.173
6.6	Garantías.....	pag.176
6.7	Suministro de equipos y materiales.....	pag.177

7. Instalación de alumbrado.....	pag.178
7.1 Cables para alumbrado	pag.180
7.2 Instalación de alumbrado	pag.180
8. Materiales	pag.181
9. Normas de montaje.....	pag.182
10. Pruebas.....	pag.183
11. Documentación técnica.....	pag.184
12. Obligaciones del contratista	pag.186
13. Seguridad y salud	pag.188
PARTE 7: ANEXOS	
1. Anexo 1	pag.190
PARTE 8: CONCLUSIONES	
1. Conclusiones finales	pag.199
PARTE 9: BIBLIOGRAFIA	
1. Libro.....	pag.201
2. Publicaciones.....	pag.201
3. Catálogos y manuales	pag.203
4. Normativa.....	pag.203
5. Páginas web	pag.204

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE NAUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



MEMORIA DESCRIPTIVA

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 12 de 205

Parte 1: Memoria descriptiva

1. General

1.1 Titulo

Mejora de la eficiencia energética de un buque RO-PAX.

1.2 Destinatario

El destinatario del siguiente proyecto será la Escuela Técnica Superior de Náutica de la Universidad de Cantabria, donde se presentara como Proyecto Fin de Carrera al objeto de obtener el título de Ingeniero Técnico Naval especialidad en Servicios y Propulsión del Buque.

1.3 Sistema de codificación

Se definirá un sistema de codificación para ayudar en el seguimiento del presente proyecto, mostrando en cada página del proyecto la parte en la que nos encontramos. Las diferentes partes se definen en el siguiente cuadro:

Código	Tipo de documento
ME	MEMORIA
CA	CALCULOS
EE	ELECCION DE ELEMENTOS
PR	PRESUPUESTO
PL	PLANOS
PC	PLIEGO DE CONDICIONES
AN	ANEXOS
CO	CONCLUSIONES
BI	BIBLIOGRAFIA

Tabla 1-Tipo de documento

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 13 de 205

2. Introducción

El transporte marítimo es uno de los pilares básicos de la economía mundial. En la actualidad existen alrededor de 70 000 buques mercantes que transportan el 90 % de las mercancías que se mueven en de todo el mundo.

La navegación marítima es el modo de transporte más respetuoso con el medio ambiente, desde el punto de vista de las emisiones de gases de efecto invernadero, con la relación más baja de emisiones de CO₂ por tonelada transportada y kilómetro. Aun así, el transporte marítimo es responsable del 4 % de las emisiones mundiales de CO₂ de origen humano. Este porcentaje supone una huella de carbono equiparable a la producida por Alemania de, aproximadamente, una gigatonelada al año.

Las previsiones apuntan a que, de no tomar ningún tipo de medida, las emisiones contaminantes de los buques podrían aumentar de aquí a 2050 entre un 150 % y un 200 %. Se estima que, a lo largo del 2014, las emisiones de óxidos de azufre derivadas del transporte marítimo aumenten entre un 10-20%, lo que supondría un 5,2% de las emisiones totales de óxidos de azufre a la atmosfera. Con el objetivo de controlar estas emisiones contaminantes, y reducir la cantidad de CO₂ emitido a la atmósfera, la IMO ha desarrollado por primera vez un paquete de medidas obligatorias para mejorar la eficiencia energética de los buques.

Con la mejora de la eficiencia energética se actúa directamente sobre el consumo de combustible, logrando una reducción de este y consiguientemente el descenso de la emisión de CO₂ y otras sustancias contaminantes.

3. Objeto del proyecto

Según el estudio '*Exhaust Emissions from Combustion Machinery*', publicado en el año 2000 por *The Institute of Marine Engineers*, los barcos son responsables del 5% del consumo mundial de petróleo, alrededor de 140 millones de toneladas.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 14 de 205

Sirvan estos datos para poner de manifiesto la doble importancia que tiene la cantidad de combustible utilizado por la flota: económica y ambiental.

La necesidad de abordar un cambio drástico en las empresas del sector para acometer la incorporación de medios técnicos que permitan reducir el coste del combustible empleado en su actividad (siguiendo el camino que otros sectores iniciaron hace décadas) es incuestionable.

En este proyecto se tratarán de reflejar algunas de las posibilidades de mejora energética que están disponibles y que son aplicables a barcos que operan en la actualidad, y que sean factibles técnicamente y abordables económicamente, para que el tiempo de amortización sea relativamente rápido y pueda resultar atractiva para el armador.

Se han obviado aquellos estudios o posibles soluciones que, aun prometiendo importantes ahorros, no sean aplicables a los barcos existentes. Por ejemplo, puede ser muy evidente desde el punto de vista de la reducción del consumo una modificación de la configuración del casco del buque como mejora hidrodinámica, pero en barcos operativos no es una solución que resulte atractiva económicamente debido a la gran inversión que requiere. Por otro lado, la construcción mundial de nuevos buques se ha ralentizado, por lo que resulta más realista plantear soluciones técnica de mejora a barcos que están operando a día de hoy, y que se ven muy afectados por el coste energético de su actividad productiva.

Es necesario indicar que el proyecto realizado sobre el análisis de la eficiencia energética, debe formar parte de los documentos que constituyan el “Plan de gestión de la eficiencia energética del buque” (SEEMP), definido en la Regla 21 del Capítulo IV sobre “Reglas sobre la eficiencia energética de los buques” del Convenio MARPOL 73/78 y en la Resolución MEPC.213(63) de 2 de marzo de 2012.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 15 de 205

3.1 Necesidad de la Eficiencia Energética en Buques

3.1.1 Importancia Ambiental

El impacto sobre la salud y el medio ambiente de los contaminantes del aire dependen de la distancia entre las fuentes de emisión y los lugares receptores sensibles. Esto significa que, en comparación con las fuentes terrestres, por lo menos algunas emisiones marítimas tienen un impacto menos evidente sobre la salud y el medioambiente, ya que dichos contaminantes puede ser puesto en libertad lejos de las zonas pobladas o ecosistemas sensibles. Sin embargo, en las ciudades portuarias, las emisiones de los buques son a menudo una fuente principal de contaminación urbana.

Por otra parte, las emisiones procedentes de los buques son transportados por la atmósfera durante varios cientos de kilómetros, y por lo tanto pueden contribuir a los problemas de calidad del aire en la tierra, incluso si se emiten en el mar. Esta vía es especialmente relevante para la deposición de compuestos de azufre y nitrógeno.

También debe tenerse en cuenta que, la mayor parte de los barcos utilizan, por razones económicas, derivados del petróleo con alto contenido de azufre (2.700 veces mayor que la del diésel convencional para automoción). Este tipo de combustibles marinos es generalmente considerado como combustibles de baja calidad. Cuando hablamos de fueloil nos referimos al combustible residual procedente del refinado del petróleo crudo. El término más comúnmente utilizado para este tipo de combustible es fueloil pesado (HFO). Es el combustible para uso marítimo de menor calidad y contiene significativas cantidades de azufre.

Su contenido medio de azufre es de 2,7% en masa, que es 90% más alto que el diésel o la gasolina convencional. Sin embargo, por razones económicas, es el más ampliamente utilizado.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 16 de 205

En la combustión de combustibles fósiles residuales se forman los siguientes compuestos; dióxido de carbono (CO₂), vapor de agua (H₂O), óxidos de nitrógeno (NO_x), óxidos de azufre (SO_x), monóxido de carbono (CO), compuestos orgánicos volátiles (COV) y partículas (PM).

Composición típica de los gases de escape de un motor diesel de 2T usando HFO								
N ₂ (%)	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	H ₂ O (%)	NO _x (ppm)	SO _x (ppm)	CO (ppm)	COV (ppm)	Partículas (mg/Nm ³)
76	13	5	5	1.500	600	60	180	120

Tabla 2-Composición de gases

A. Óxidos de Nitrógeno (NO_x):

A la combinación de monóxido de nitrógeno (NO) y dióxido de nitrógeno (NO₂) se les llama conjuntamente (NO_x).

En procesos de combustión la mayoría de los óxidos de nitrógeno se forman como NO, sin embargo algunos se oxidan formando NO₂. Los procesos de formación de los NO_x se deben a múltiples causas y complejos mecanismos: NO_x combustible, NO_x termal (térmico), NO_x prompt (NO_x inmediato), NO_x formado por N₂O.

El NO_x combustible es producido por la oxidación del nitrógeno en la fuente del combustible. La combustión de combustibles con alto contenido de nitrógeno, tales como el carbón y los aceites residuales, produce mayores cantidades de NO_x que aquellos con bajo contenido de nitrógeno, tales como aceite destilado y gas natural.

El NO_x termal se forma por la fijación de nitrógeno y oxígeno molecular a temperaturas mayores 1500 °C.

El NO_x inmediato se forma de la oxidación de radicales de hidrocarburos cerca de la llama de la combustión.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 17 de 205

La componente de NO_x formado por N_2O se produce al oxidarse NO en reacciones químicas con compuestos de O, H o CO. Algunos estudios sugieren que el NO_x formado por N_2O en motores Diésel supone del 12 al 30% de la emisión total de NO_x . El alto contenido en nitrógeno del HFO (hasta 0,5%) puede incrementar las emisiones totales de NO_x hasta un 10 %.

B. Óxidos de Azufre (SO_x):

En procesos de combustión de motores diésel la formación de (SO_x) se debe al contenido en azufre del combustible utilizado. Todo el azufre que entra en la cámara de combustión del motor en la combustión forma SO_x , que se libera a la atmósfera por medio de los gases de escape. El azufre absorbido por el lubricante (alcalino) es insignificante, luego las emisiones del motor son prácticamente proporcionales al contenido de azufre del combustible y al consumo.

C. Dióxido de Carbono (CO_2)

El dióxido de carbono (CO_2) es el principal producto de la combustión de combustibles basados en el carbono. El CO_2 es un gas incoloro, inodoro y no tóxico.

En procesos de combustión de motores diésel, prácticamente todo el carbono que entra en la cámara de combustión del motor se oxida para formar CO_2 que se libera a la atmósfera con los gases de escape. El carbono procedente de la oxidación del lubricante es despreciable, luego las emisiones de CO_2 son prácticamente proporcionales al contenido de carbono del combustible y a su consumo.

El CO_2 es un gas con un tiempo de residencia en la atmósfera muy elevado (100 años o más). Un incremento en la concentración de este gas altera el balance de radiación de la tierra, contribuyendo al calentamiento global por lo que es denominado gas de efecto invernadero.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 18 de 205

D. Partículas (PM)

La combustión puede producir partículas de composición y dimensiones variables. La cantidad producida y sus características son muy dependientes de la composición del combustible, y del sistema de combustión. Las PM están compuestas de materiales carbonosos, cenizas, metales, óxidos, sulfatos y partículas de combustible. La mayor parte de las PM de los grandes motores diésel marinos que operan con HFO son cenizas, metales, óxidos y sulfatos (alrededor del 65% para un motor diésel de velocidad media).

La gran influencia de la calidad de los combustibles en la formación PM se ilustra por el hecho de que un cambio de HFO a un combustible destilado ligero para los motores Diésel, daría una reducción en PM de 50 a 90%.

E. Monóxido de Carbono (CO)

El monóxido de carbono se forma en condiciones de combustión con mezcla rica en combustible debido a la insuficiencia de oxígeno para completar la reacción al CO_2 , y en condiciones de alta temperatura, produciéndose la disociación de CO_2 .

Las emisiones de CO en motores diésel lentos son principalmente dependientes de su índice de exceso de aire (definición de la mezcla aire-combustible), la temperatura de combustión, y la uniformidad de la mezcla aire-combustible en la cámara de combustión.

F. Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)

Los COV emitidos a la atmósfera por los motores diésel se originan por dos fuentes; el combustible y en el aceite lubricante. La principal emisión de COV de los motores diésel es debida a las propias condiciones del proceso de combustión y a la carga del motor (bajas cargas aumenta la emisión de COV).

La cantidad de gases de escape que producen los motores marinos está directamente relacionada con el consumo total de combustible que depende principalmente de la potencia del motor y de su estado de carga. Pero

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 19 de 205

existen diferentes factores que pueden aumentar o disminuir el consumo del motor tales como la forma del casco, el estado de la mar, el buen funcionamiento del motor, etc.

Los motores auxiliares encargados de la generación de corriente eléctrica abordo también contribuyen a la emisión de gases de escape. Esta contribución a las emisiones atmosféricas es particularmente significativa para los cruceros, que tienen una necesidad constante de potencia auxiliar para cumplir con la iluminación y ventilación exigente, tanto en el mar como en los puertos. En general, las emisiones del barco en el puerto dependerán del tiempo de maniobra y las operaciones de estiba.

Las emisiones también puede ser resultado de la incineración de los residuos a bordo, lo que puede producir la liberación a la atmosfera de dioxinas y otros metales pesados.

Como resultado de ello, sobre todo en las zonas portuarias, los buques contribuyen al aumento de los niveles dañinos de contaminantes como partículas en suspensión, ozono, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre, monóxido de carbono y plomo. Algunos de estos contaminantes pueden contribuir a muchos problemas de salud graves.

La presencia de estos contaminantes tienen impactos locales y globales. Los impactos sobre la calidad del aire local (o regional) se deben principalmente a la presencia de partículas nitrógeno (NO_x) y de azufre (SO_x), mientras que los gases de efecto invernadero (por ejemplo CO_2) tienen un impacto mundial en el clima.

En cuanto a la contaminación del aire local se refiere, las zonas portuarias se han construido muy cerca de las zonas urbanas, y las operaciones portuarias pueden afectar a las personas que viven y trabajan en estas áreas. Los efectos negativos sobre la calidad del aire local y la salud humana son en gran parte debidas a la presencia de NO_x .

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 20 de 205

El exceso de nitrógeno puede ser perjudicial para el equilibrio de los ecosistemas frágiles, incluidos los ecosistemas marinos. Además las emisiones de SO_x también provocan un impacto negativo en la salud pública; en particular, las partículas de sulfato pueden provocar insuficiencias respiratorias (asma, bronquitis, etc.) y problemas cardiovasculares. Los compuestos de azufre y nitrógeno emitidos por los barcos también pueden producir efectos directamente no relacionados con la salud humana. Pueden, en efecto, causar deposiciones ácidas que pueden ser perjudiciales para el medio ambiente (lagos, ríos, suelos, fauna y flora).

Las emisiones de estos compuestos en el mar pueden ejercer una influencia sobre la vegetación a muchos miles de kilómetros de distancia. Esta influencia puede tener efectos sobre la salud al reducir el suministro de oxígeno a los tejidos del cuerpo y órganos (tales como el corazón y el cerebro).

Las partículas de monóxido de carbono (CO) pueden tener efectos cardiovasculares significativos en personas que sufren enfermedades del corazón. El sistema nervioso central también puede verse afectado. Respirar altos niveles de monóxido de carbono puede causar visión borrosa, disminución de la capacidad para trabajar o aprender, y la reducción de la destreza manual. El CO también contribuye a la formación de "Esmog" que es una forma de contaminación originada a partir de la combinación del aire con contaminantes durante un largo período de altas presiones, que provoca el estancamiento del aire y, por lo tanto, la permanencia de los helios en las capas más bajas de la atmósfera, debido a su mayor densidad.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 21 de 205

Emisiones del sector marítimo a nivel mundial por tipo de buque								
TIPO DE BUQUE	TOTAL BUQUES EN EL MUNDO	% TONELAJE MUNDIAL BUQUES COMERCIALES	NO_x (MTm/año)		SO_x (MTm/año)		PM (MTm/año)	
Buques Tanque >1000 TRB	6.781	36%	2,9	23,02%	2,1	20,00%	0,16	18,39%
Graneleros de carga seca >1000 TRB	5.726	31%	2,9	23,02%	1,8	17,14%	0,14	16,09%
Portacontenedores >1000 TRB	2.382	11%	2,6	20,63%	1,8	17,14%	0,14	16,09%
Transbordo rodado >1000 TRB	1.432	5%	1,1	8,73%	1,1	10,48%	0,1	11,49%
Crucero/Pasaje >1000 TRB	283	4%	0,3	2,38%	0,3	2,86%	0,02	2,30%
Otras cargas >1000 TRB	11.224	13%	2,8	22,22%	3,0	28,57%	0,26	29,89%
Buques 250-1000 TRB	30.000	4%	0,4	3,17%	0,5	4,76%	0,04	4,60%
TOTAL	57.826	100%	12,6	100,00%	10,5	100,00%	0,87	100,00%

Tabla 3-Emisiones del sector marítimo

El análisis de los principales impactos de las actividades del transporte marítimo en el aire pone de manifiesto, la responsabilidad del sector de una cantidad notable de las emisiones totales de CO₂ y contaminantes atmosféricos.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 22 de 205

Estos resultados muestran la complejidad de la situación y la necesidad urgente de adoptar medidas. La creciente presión del sector marítimo en el medio ambiente podría reducirse a la mitad mediante la adopción de políticas restrictivas de emisiones locales y globales. Es necesario aumentar la sensibilización en cuanto a los impactos ambientales y sanitarios del transporte marítimo mundial.

Hay un potencial considerable de reducción de las emisiones del sector del transporte marítimo. Pueden aplicarse fácilmente soluciones técnicas para reducir el consumo de combustible, los contaminantes atmosféricos y los gases de efecto invernadero, por ejemplo perfeccionando el diseño, la propulsión y la maquinaria de los buques y optimizando su funcionamiento

Las soluciones tecnológicas (con respecto a los combustibles y a los motores), sin embargo, deben completarse con otras medidas para reducir de forma significativa las emisiones de carbono y la contaminación atmosférica. También deben tenerse en cuenta opciones basadas en el mercado que se refieran a medidas a nivel mundial y regional.

El sector del transporte marítimo tiene una mayor inercia al cambio en comparación con otros sectores. Sin embargo, una mayor conciencia de los impactos ambientales del sector puede representar el catalizador que le obligue a avanzar hacia mayor eficiencia.

3.1.2 Importancia Económica

El actual período de incertidumbre económica ha llevado a una reducción en los gastos ocasionados por los buques llevada a cabo por los dueños de las compañías navieras, ya que en los últimos años han visto reducido drásticamente su margen de beneficios. El principal impulsor de este fenómeno ha sido el aumento impredecible en los precios del combustible. De hecho, la dependencia de los combustibles fósiles hace que el sector

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 23 de 205

marítimo sea considerado como un sector frágil. Por ello, las nuevas estrategias y tecnologías para reducir el consumo de combustible de los buques están atrayendo el interés de toda la comunidad marítima, en su intento de reconciliar los objetivos ambientales y económicos relacionados con el consumo de combustible.

La estimación de los costes de tales tecnologías es fundamental para evaluar la factibilidad de su aplicación en el sector. Sin embargo, esta tarea es compleja debido a la información adicional que es requerida. En términos generales, los costos relacionados con las tecnologías de reducción se pueden dividir en capital (o inversión) y los costos de operación. Los costos de capital incluyen la construcción, la mano de obra, los derechos de licencia, la entrega de la instalación y todos los gastos acumulados en la preparación de la puesta en marcha de la instalación. Los costos de operación se refieren a los gastos anuales. Estos incluyen los gastos fijos, tales como los gastos de mantenimiento y administración y costos variables, como mano de obra adicional o aumento de las necesidades de energía para el funcionamiento del dispositivo. Los costes medios anuales se calculan teniendo en cuenta los costes de inversión, los costos de operación fijos y variables y la vida útil normal de la instalación.

La rentabilidad se calcula dividiendo el costo anual de la medida por la reducción anual de emisiones atribuibles a dicha medida. Por otra parte, los costes relacionados con las tecnologías de reducción de consumo varían dependiendo de si la embarcación es nueva o no.

Las nuevas tecnologías ya están disponibles, listas para usar, y con resultados probados. Estos incluyen los sistemas de aire de cavidad, la energía eólica, aditivos de combustible, hélices gemelas, nuevos diseños de palas de hélice, la recuperación del calor de gas residual, etc...

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 24 de 205

Todas estas medidas, junto con el uso de biocombustibles, pueden ayudar a reducir las emisiones de NO_x en un 80%, PM hasta en un 90%, SO_x hasta en un 90% y CO₂ hasta en un 70%.

4. Normas y reglamentos

Al hablar sobre normativa referente a la reducción de contaminantes atmosféricos pensamos en primera instancia en el Protocolo de Kyoto. Pero dicho Protocolo apenas hace una mención al transporte marítimo, que queda excluido de los objetivos generales de reducción de emisiones. Se dice únicamente:

Las Partes incluidas en el Anexo I procurarán limitar o reducir las emisiones de gases de efecto invernadero no controlados por el Protocolo de Montreal generadas por los combustibles del transporte aéreo y marítimo internacional trabajando por conducto de la Organización de Aviación Civil Internacional y la Organización Marítima Internacional, respectivamente.

No hay por tanto cuotas obligatorias de reducción de emisiones para el transporte marítimo en este Protocolo.

Es la Organización Marítima Internacional (OMI) la encargada de la regularización de las emisiones a la atmosfera procedentes del sector Marítimo. En concreto, El Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación por los Buques (MARPOL 1973/1978) que representa el principal convenio de la OMI actualmente en vigor en materia de protección del medio ambiente marino.

La normativa actual sobre las emisiones procedentes de buques que naveguen bajo el pabellón de la OMI que naveguen en aguas internacionales es el Anexo VI del Convenio MARPOL 73/78 de la IMO aprobado en 1.997.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 25 de 205

4.1 MARPOL 1973/1978

Los principales artículos del convenio tienen que ver principalmente con jurisdicción y facultades de ejecución e inspección. Las regulaciones anticontaminación se indican más detalladas en los anexos, los cuales pueden ser aprobados o modificados por el Comité de Protección del Medio Marino (MEPC) de la OMI con la aceptación de una serie de países que representan el 50% del tonelaje bruto de la flota mercante mundial.

Son seis los anexos del Convenio que cubren las diferentes fuentes de contaminación por los buques y proporcionar un marco global para los objetivos internacionales, pero, sin la ratificación y aplicación por los Estados soberanos, no son suficientes para proteger al medio marino de la contaminación provocada por los buques.

Cada país es responsable de promulgar la legislación nacional para aplicar la Convención y efectivamente se compromete a cumplir con el Convenio, sus anexos y las leyes relacionadas con el de otras naciones.

En 1997, la contaminación del aire se incluyó en el anexo VI. Se establecieron límites sobre el óxido de azufre (SO_x) y óxidos de nitrógeno (NO_x) en los gases escapes de buques y se prohíbe las emisiones deliberadas de sustancias que agotan la capa de ozono.

El Anexo VI fue ratificado por 60 Estados contratantes con 84,04% del tonelaje de la flota mercante mundial. El 19 de mayo de 2005 entro en vigor.

Dicho Anexo fija una serie de medidas encaminadas a controlar las emisiones a la atmósfera producidas por los buques, no sólo de azufre, sino de otras sustancias contaminantes como:

– **Substancias que agotan la capa de ozono:** se prohíben las emisiones deliberadas de estas sustancias (que incluyen halones y clorofluocarbonos), así como las instalaciones en buques de nuevos equipos

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 26 de 205

que las contengan, con la excepción de los CFC permitidos hasta el 1de enero de 2020.

- **NO_x**: el Código Técnico sobre este tipo de emisiones establece procedimientos obligatorios de prueba, reconocimiento y certificación de los motores marinos, fijando límites en las emisiones de óxidos de nitrógeno. Se aplica a motores diésel con potencia superior a 130 kW (que no sean los utilizados únicamente en situaciones de emergencia), instalados en buques construidos el 1 de enero de 2000 o posteriormente, así como en aquellos que hayan sido sometidos a una “transformación importante” en esa fecha o posteriormente. Dichos límites son:

Límites de emisión de NO _x en motores Diesel	
n _n [min ⁻¹]	NO _x [g/Kwh]
Fase I, Comienzo desde 01.01.2000	
<130 min ⁻¹	17 g/Kwh
130-2000 min ⁻¹	45.n _n ^(-0,2) g/Kwh
> 2000 min ⁻¹	9,8 g/Kwh
Fase II, Comienzo desde 01.01.2011	
<130 min ⁻¹	14,4 g/Kwh
130-2000 min ⁻¹	44.n _n ^(-0,23) g/Kwh
> 2000 min ⁻¹	7,0 g/Kwh
Fase III, Comienzo desde 01.01.2016 en áreas de control de emisiones (ECA)	
<130 min ⁻¹	3,4 g/Kwh
130-2000 min ⁻¹	9.n _n ^(-0,2) g/Kwh
> 2000 min ⁻¹	2,0 g/Kwh

Tabla 4-Limite de emisiones de NO_x

Se permitiría no obstante el funcionamiento de un motor diésel si en lugar de esta norma:

- i. El motor consta de un sistema de limpieza de los gases de escape aprobado por la Administración y de conformidad con lo dispuesto en el Código Técnico sobre NO_x para reducirlos a los límites especificados en la Fase I.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 27 de 205

ii. Se utiliza un método equivalente aprobado por la Administración.

- **Compuestos Orgánicos Volátiles (COV):** las Administraciones podrán reglamentar y controlar las emisiones en puertos o terminales de COV procedentes de buques, asegurando que en los mismos existen sistemas de control aprobados que funcionan en condiciones adecuadas de seguridad.

- **Incineración a bordo:** se permitirá únicamente en un incinerador aprobado por la Administración, que tendrá en cuenta las especificaciones normalizadas elaboradas por la OMI sobre estos equipos. Se prohíbe la incineración de ciertas sustancias, tales como difenilos policlorados (PCBs), basuras con concentraciones apreciables de metales pesados, materiales de embalaje contaminados, etc. Asimismo, el personal encargado del funcionamiento del equipo deberá recibir formación adecuada al respecto y vigilar en todo momento la temperatura de salida del gas de combustión.

- **Calidad del combustible:** los combustibles que se utilicen en los buques estarán compuestos por mezclas de hidrocarburos derivados del refinado del petróleo, no contendrán ningún ácido orgánico ni sustancia añadida o desecho químico que sea perjudicial para el personal o comprometa la seguridad de los buques. Además, se deben conservar a bordo las notas de entrega del combustible durante un periodo de tres años a partir de la fecha en que se efectúe la entrega del mismo, que podrán ser objeto de inspección por parte de las autoridades competentes. Según el anexo VI de MARPOL, los combustibles Marinos utilizados serán:

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 28 de 205

Tipos de combustibles marinos				
Nombre	Denominación ISO Viscosidad	Composición	Máximo contenido de azufre	Contenido medio de azufre
Fuel oíl 380 (IFO 380)	MRG35 360cst	98% aceite residual 2% aceites destilados	3,50%	2,67%
Fuel oíl 180 (IFO180)	RME25 180cst	88% aceite residual 12% aceites destilados	3,50%	2,67%
Diésel oíl marino	DMB	Aceites destilados con muestras de aceite residual	2%	0,65%
Gas oíl marino	DMA	100% aceites destilados	1,00%	0,38%

Tabla 5-Tipos de combustibles marinos

- **SO_x**: respecto a los óxidos de azufre, el Anexo VI establece unos límites máximos del contenido de los mismos en los combustibles marinos debido a que la emisión de SO_x es proporcional al contenido de azufre en el combustible.

Se establecen zonas de control de emisiones de SO₂ (SECA). De acuerdo con el artículo 12 del MEPC 58/22 "una zona de control de emisiones será cualquier zona marítima, incluida toda zona portuaria, designado por la Organización", en el que las estrictas normas de emisión internacionales se aplicará a los buques. Zonas de Control de Emisiones existentes:

- El Mar Báltico (para SO_x, aprobado en 1997 y entró en vigor el 19 de mayo de 2006)

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 29 de 205

- El Mar del Norte, que también incluye el Canal de la Mancha (para SO_x, aprobado en 2005 y entró en vigor el 22 de noviembre de 2007)
- América del Norte, incluyendo la mayor parte de los EE.UU. y la costa canadiense (para NO_x y SO_x, adoptado en 2010 y entró en vigor en 2011).

Cuando el buque se encuentre en una zona de Control de SO_x se cumplirá al menos una de las siguientes condiciones:

- a) Contenido de azufre máximo en el fuel: 1,0 %.
- b) Utilización de un sistema de limpieza de gases de escape como p.ej. scrubber para reducir a 6 g/Kwh de SO_x o menos calculada en forma de SO₂. Los flujos o desechos del sistema de depuración no se descargarán en puertos cerrados o estuarios.
- c) Utilización de cualquier otro método o tecnología verificable y aprobada por la administración.

Los siguientes límites para el contenido de azufre en los combustibles se acordaron en la MEPC 57 (Marine Environment Protection Committee) y fueron adoptados en la reunión del MEPC 58 en Octubre del 2008.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 30 de 205

Límites de emisiones de SO _x en motores Diésel	
MARPOL 73/78	
Contenido de azufre máximo en combustible	
ÁREA	Fecha de entrada en vigor
SECA Max. 1,0 % S	1 Jul 2010
GLOBAL Max. 3,5 % S	1 Ene 2012
SECA Max. 0,1 % S	1 Ene 2015
GLOBAL Max. 0,5 % S	1 Ene 2020

Tabla 6-Límites de emisiones de SO_x

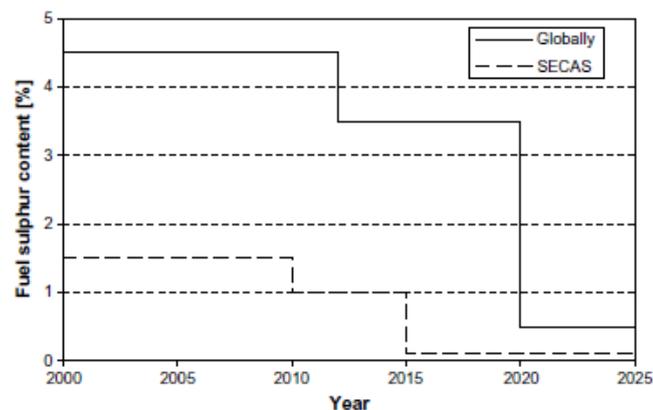


Tabla 7-Limite de SO_x

Como consecuencia de las limitaciones en el contenido de azufre del combustible, el precio del combustible pesado es muy probable que aumente. Para reducir el contenido de azufre en el HFO hay diferentes métodos, y el incremento del precio dependerá de la cantidad final requerida. La producción masiva de combustibles con bajo contenido en azufre requerirá inversiones en sistemas de desulfuración e instalaciones de conversión en las refinerías.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 31 de 205

Un estudio llega a sugerir que si el contenido de azufre de todos los HFO marinos producidos en todo el mundo llega a reducirse a 1,5%, el precio del combustible pesado podría llegar a un nivel similar al MGO.

Actualmente, el consumo de combustible de uso naval se divide de la siguiente manera: 84% de fueloil pesado (HFO), 5% de dieseloil para motores marinos (MDO) y 11% de gasoil marino (MGO). Además, como promedio, el contenido de azufre es 2,7% en el HFO, 1% en el MDO y 0,2% en MGO.

4.2 Comité de Protección del Medio Marino (MECP)

El Comité de Protección del Medio Marino (MECP) es un comité creado por la OMI. El Comité se reúne cada 9 meses para desarrollar los convenios internacionales relativos a los problemas ambientales marinos, incluyendo el reciclaje de buques, control de emisiones, y las especies invasoras.

En el caso que nos compete, el MECP ha sido el encargado de redactar las enmiendas al Anexo VI que completan las normas establecidas por la OMI. En este apartado destacaremos aquellas enmiendas al Anexo VI que tienen como objetivo mejorar la eficiencia energética de los buques a través de un conjunto de normas de funcionamiento técnico que se traducirían en una reducción de las emisiones de todas las sustancias procedentes del fueloil y de su proceso de combustión.

En el presente proyecto se detallan muchas medidas técnicas y operacionales que pueden utilizarse para reducir las emisiones de GEI procedentes de los buques; sin embargo, dichas medidas no podrán implantarse a menos que se establezcan políticas que apoyen su puesta en práctica.

Ha sido en el informe sobre emisiones de gases de efecto invernadero que se presentó en abril del 2009 en la 59 reunión del MEPC donde se han

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 32 de 205

presentado una reseña completa de dichas opciones políticas. Las opciones pertinentes que se debate actualmente en la OMI son las siguientes:

1. Un límite obligatorio del índice de eficiencia energética de proyecto (EEDI) para los buques nuevos.
2. La notificación obligatoria o voluntaria del EEDI para los buques nuevos.
3. La notificación obligatoria o voluntaria del indicador de eficiencia energética operacional (EEOI).
4. El uso obligatorio o voluntario de un plan de gestión de eficiencia del buque (SEMP).
5. El límite obligatorio del valor de EEOI combinado con una sanción en caso de incumplimiento.
6. Un régimen de comercio de los derechos de emisión marítimos (METS).
7. Un fondo de indemnización internacional que podría financiarse con un gravamen impuesto a los combustibles líquidos.”

Como podemos ver, es la primera vez que se menciona la posibilidad de establecer una obligatoriedad de cumplimiento de límites en relación a la eficiencia energética de los buques. Surgen nuevos términos como son:

- Índice de Eficiencia Energética de Diseño (EEDI)
- Índice de Eficiencia Energética de Operación (EEOI).
- Plan de Gestión de la Eficiencia Energética del Buque (SEEMP).

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 33 de 205

4.3 Índice de Eficiencia Energética

En la Circular MEPC.1/Circ.683, la OMI define las directrices provisionales para la elaboración del plan de eficiencia energética para barcos viejos y el cálculo del índice de eficiencia energética de proyecto para buques nuevos.

La definición de una metodología deriva de la necesidad de establecer una medida de referencia sobre la eficiencia energética de los buques nuevos que para que de esta manera, ser capaces de estimular la innovación y el desarrollo tecnológico en este campo.

La idea de establecer un índice obligatorio diseño fue propuesta a la OMI, por primera vez en Dinamarca en la 57^a reunión del Comité de Protección del Medio Marino (MEPC) en 2008.

La definición de un índice único para todas las categorías de buques no es sencilla y por lo tanto la metodología definida hasta ahora es sólo temporal, y tendrán que ser más refinada. En su forma actual, la metodología tiene diez categorías de buques en consideración (los buques de pasaje, de carga seca, los gaseros, petroleros, portacontenedores, buques de ro-ro, buques ro-ro con cargas voluminosas, buques ro-ro con cargas pesadas, buques de carga general y los buques ro-pax).

El índice de eficiencia energética es un ejemplo de como el sistema internacional regula el transporte marítimo y de la forma en que el tema del medio ambiente se integra dentro de este marco. De hecho, una intervención legislativa para el control de las emisiones atmosféricas del transporte marítimo internacional deben integrarse en un complejo sistema normativo internacional que rige este sector.

Hay dos posibles indicadores de eficiencia de un barco: el indicador de operación de la eficiencia energética (EEOI) y el índice de eficiencia energética (EEDI), ambos desarrollados por la OMI.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 34 de 205

4.3.1. EEDI

El MEPC reconoció en Julio del 2009 la necesidad de elaborar un índice de eficiencia energética de proyecto para los buques nuevos a fin de estimular la innovación y el desarrollo técnico de todos los elementos que afectan a la eficiencia energética de un buque a partir de su fase de proyecto. El Comité, para mejorar el método de cálculo de dicho índice, acordó distribuir las directrices provisionales sobre el método de cálculo del índice de eficiencia energética de proyecto para los buques nuevos.

El índice de eficiencia energética de diseño (EEDI) se define como una medida de la eficiencia de un barco y se calcula mediante una fórmula específica detallada más adelante.

El índice permite la definición de un umbral (EEDI requerido) por encima del cual un barco nuevo no puede ser aprobado, y proporciona un instrumento que ayuda a los constructores del buque para calcular cómo y hasta qué punto la eficiencia en general debe ser mayor.

El EEDI es la primera medida global obligatoria para mejorar la eficiencia energética de nuevas embarcaciones y limitar las emisiones de carbono del transporte marítimo internacional. También es un mecanismo basado en el desempeño, el cual permite que la industria escoger la tecnología usada en el diseño de sus embarcaciones mientras éstas cumplan con el nivel de eficiencia energética deseado.

El EEDI ayudará a reducir las emisiones de carbono entre un 25-30% hacia 2030 en comparación con el escenario de negocios habitual. El índice se aplicará a los segmentos más grandes de la marina mercante mundial, y se espera que cubra alrededor del 70% de las nuevas flotas.

El Índice de eficiencia energética de proyecto obtenido para los buques nuevos (EEDI) indica la eficiencia de los buques en cuanto a las emisiones de CO₂ y se calcula aplicando la siguiente fórmula:

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 35 de 205

$$\frac{(\prod_{j=1}^M f_i) (\sum_{i=1}^{n_{ME}} P_{ME(i)} C_{FME(i)} F_{ME(i)}) + (P_{AE} C_{FAE} SFC_{AE} *) + ((\prod_{j=1}^M f_i \sum_{i=1}^{n_{PTI}} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{n_{eff}} f_{eff(i)} P_{AEeff(i)}) C_{FAE} SFC_{AE}) - (\sum_{i=1}^{n_{eff}} f_{eff(i)} P_{eff(i)} C_{FME} SFC_{ME})}{f_i \cdot \text{Capacidad} \cdot V_{ref} \cdot f_w}$$

* Si parte de la carga nominal máxima en el mar se obtiene con generadores acoplados al eje, para dicha parte de la potencia podrá utilizarse *SFCME* en vez de *SFCAE*.

Nota: Es posible que esta fórmula no sea aplicable a la propulsión diésel-eléctrica, a la propulsión por turbina o a los sistemas de propulsión híbridos.

Dónde:

1. C_F es un factor de conversión adimensional entre el consumo de combustible (medido en g) y las emisiones de CO₂ (también medidas en g) basándose en el contenido de carbono. Los subíndices MEI y AEI se refieren al motor principal y auxiliar, respectivamente. C_F corresponde al combustible utilizado al determinar el *SFC* que figura en el certificado EIAPP aplicable.

Los valores de C_F son los siguientes:

Valores de C_F según el tipo de combustible			
Tipo de combustible	Referencia	Contenido de carbono	C_F (ton. De CO₂ /ton. de combustible)
1. Diésel/gasoil	ISO 8217 – Grados DMX a DMC	0,875	3,20600
2. Fueloil ligero	ISO 8217 – Grados RMA a RMD	0,86	3,15104
3. Fueloil pesado	ISO 8217 – Grados RME a RMK	0,85	3,11440

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 36 de 205

4. Gas de petróleo licuado (GPL)	Propano	0,819	3,00000
	Butano	0,827	3,03000
5. Gas natural licuado (GNL)		0,75	2,75000

Tabla 8-Valores de C_F

2. V_{ref} es la velocidad de proyecto del buque, medida en millas marinas por hora (nudos) en aguas profundas y con la carga máxima de proyecto (*capacidad*) tal como se define en el párrafo 3, en el eje de salida del motor o motores de acuerdo con la definición del párrafo 5 y dando por supuestas condiciones meteorológicas favorables, sin viento ni olas. La condición de carga máxima de proyecto se definirá utilizando el calado máximo, con su asiento correspondiente, a los que se permite funcionar al buque. Dicha condición se obtiene consultando el cuadernillo de estabilidad aprobado por la Administración.

3. *Capacidad* se define de la manera siguiente:

3.1. Para los buques de carga seca, buques tanque, gaseros, buques portacontenedores, buques de carga rodada y buques de carga general debería utilizarse el peso muerto como *capacidad*.

3.2. Para los buques de pasaje y los buques de pasaje de transbordo rodado debería utilizarse como *capacidad* el arqueo bruto de conformidad con la regla 3 del Anexo I del Convenio internacional sobre arqueo de buques, 1969.

3.3. Para los buques portacontenedores, el parámetro de capacidad debería establecerse en el 65 % del peso muerto.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 37 de 205

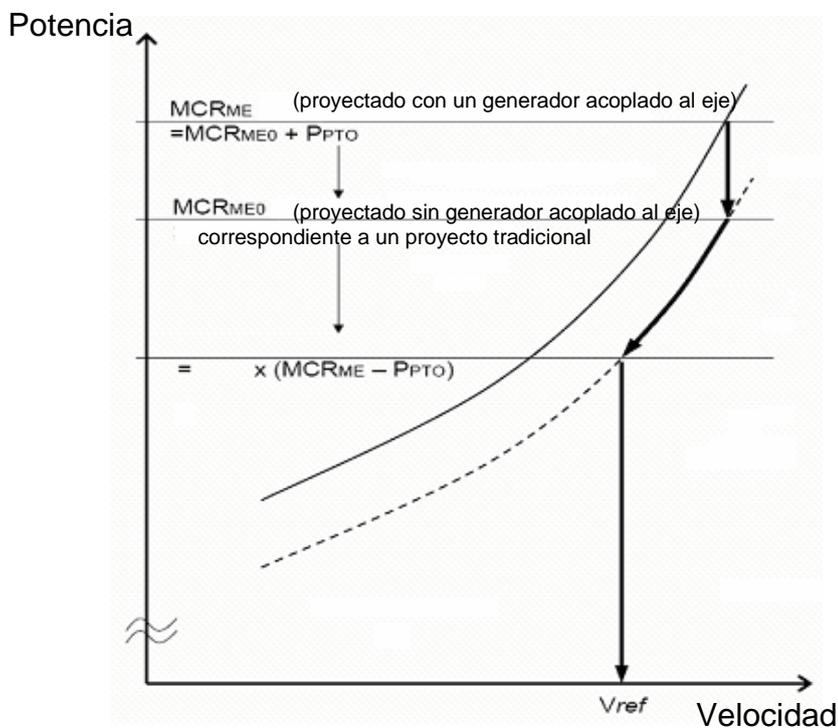
4. *Peso muerto* es la diferencia, expresada en toneladas, entre el desplazamiento de un buque en aguas de densidad relativa de 1,025 kg/m³ al calado máximo operacional y el peso en rosca del buque.

5. *P* es la potencia de proyecto de los motores principales y auxiliares, medida en kW. Los subíndices _{ME} y _{AE} se refieren a los motores principal y auxiliares, respectivamente. El sumatorio de *i* es para todos los motores, siendo el número de motores (ⁿME).

5.1. $P_{ME(i)}$ es el 75 % de la potencia nominal instalada (régimen continuo máximo, MCR) de cada motor principal (*i*) deduciendo la potencia utilizada por los generadores acoplados al eje que haya instalados:

$$P_{ME(i)} = 0,75 \times (MCR_{MEi} - P_{PTOi})$$

El siguiente gráfico contiene orientación para el cálculo de $P_{PME(i)}$:



Gráfica 1- Calculo del P_{PME}

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 38 de 205

5.2. $P_{PTO(i)}$ es el 75 % de la potencia de cada generador acoplado al eje dividida por la eficiencia de dicho generador.

5.3. $P_{PTI(i)}$ es el 75 % del consumo nominal de potencia de cada motor del eje dividido por la eficiencia media ponderada del generador o generador(es).

En caso de PTI/PTO combinado, la modalidad de funcionamiento normal en el mar determinará cuál de estos parámetros se utiliza para el cálculo.

Nota: Puede tenerse en cuenta la eficiencia de la cadena del motor acoplado al eje para el cálculo de la pérdida de energía del equipo entre el cuadro de distribución y el eje acoplado, si la eficiencia de la cadena del motor acoplado al eje está indicada en un documento verificado.

5.4. $P_{eff(i)}$ es el 75 % de la reducción de potencia del motor principal debida a tecnologías innovadoras de eficiencia de la energía mecánica. No es necesario medir la energía mecánica residual recuperada directamente por acoplamiento a los ejes.

5.5. $P_{AEeff(i)}$ es la reducción de la potencia de los motores auxiliares debida a la introducción de tecnologías innovadoras de eficiencia de la energía eléctrica, medida con $P_{ME(i)}$.

5.6. P_{AE} es la potencia del motor auxiliar necesaria para desarrollar la carga máxima normal en el mar, incluida la potencia requerida para la maquinaria y los sistemas de propulsión y los espacios de alojamiento, por ejemplo, las bombas del motor principal, los sistemas de navegación, el equipo y la vida a bordo, pero excluye la potencia no utilizada para la maquinaria/sistemas de propulsión, por ejemplo, impulsores, bombas de carga, equipo de carga, bombas de lastre, mantenimiento de la carga, como, por ejemplo, equipo

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 39 de 205

de refrigeración y ventiladores de las bodegas de carga en las condiciones en las que el buque emprendió el viaje a la velocidad (V_{ref}) y la condición de carga de proyecto de *capacidad*.

5.6.1. Para buques de carga en los que la potencia del motor principal es igual o superior a 10 000 kW, P_{AE} se define como:

$$P_{AE(MCRME > 10\ 000\ kW)} = (0,025 \times \sum_{i=1}^{nME} MCR_{MEi}) + 250$$

5.6.2. En los buques de carga en los que la potencia del motor principal es inferior a 10 000 kW, P_{AE} se define como:

$$P_{AE(MCRME < 10\ 000\ kW)} = 0,05 \times \sum_{i=1}^{nME} MCR_{MEi}$$

5.6.3 En los tipos de buque en los cuales el valor de P_{AE} calculado según los apartados anteriores difiere considerablemente de la potencia total utilizada durante la navegación normal en el mar, por ejemplo, en el caso de los buques de pasaje, el valor de P_{AE} debería estimarse utilizando la potencia eléctrica consumida (excluida la propulsión) en las condiciones en que el buque esté navegando a una velocidad de referencia (V_{ref}) que debe incluirse en el cuadro de energía eléctrica (muestra la carga de los generadores en kW y presenta una lista de generadores en servicio en distintas condiciones de funcionamiento del buque), dividido por el factor de eficiencia media ponderada del generador o de los generadores.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 40 de 205

6. V_{ref} , capacidad y P deberían ser coherentes entre sí.

7. SFC es el consumo de combustible específico certificado de los motores, medido en g/kWh. Los subíndices $ME(i)$ y $AE(i)$ se refieren al motor principal y auxiliar, respectivamente. En los motores certificados para los ciclos de servicio E2 o E3 del Código Técnico sobre los NO_x de 2008, el consumo de combustible específico del motor ($SFC_{ME(i)}$) es el que figura en el o los certificados EIAPP para el 75 % del régimen continuo máximo (MCR) o el par nominal de los motores. En el caso de motores certificados para los ciclos de servicio D2 o C1 del Código Técnico sobre los NO_x de 2008, el consumo específico de combustible ($SFC_{AE(i)}$) es el que figura en el certificado o certificados EIAPP para el motor funcionando al 50 % del régimen continuo máximo (MCR) o al par nominal.

Para buques en los que el valor de la P_{AE} calculada según 5.6.1. y 5.6.2. es significativamente distinto de la potencia total utilizada para la navegación marítima normal, por ejemplo, en los buques de pasaje convencionales, el consumo específico de combustible (SFC_{AE}) de los generadores auxiliares es el que figura en el certificado o certificados EIAPP con el motor funcionando al 75 % P_{AE} del régimen continuo máximo (MCR) o al par nominal.

SFC_{AE} es el promedio ponderado entre los $SFC_{AE(i)}$ del i de los motores respectivos.

En el caso de los motores que no tengan un certificado EIAPP porque su potencia sea inferior a 130 kW, debería utilizarse el SFC especificado por el fabricante y refrendado por una autoridad competente.

8. El coeficiente f_j es un factor de corrección que permite tener en cuenta los elementos de proyecto específicos del buque.

El coeficiente f_j para los buques que tienen una clasificación para la navegación en hielo se determinará utilizando el valor de f_j normalizado que se indica en el siguiente cuadro:

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 40 de 205

Factor de corrección de la potencia f_j para los buques que tienen una clasificación para la navegación en hielo					
Tipo de buque	f_j	Límites según la clasificación de navegación Tipo de en hielo			
		IC	IB	IA	IA Super
Buque tanque	$\frac{0,516 \cdot L_{PP}^{1,87}}{\sum_{i=1}^{n_{ME}} P_{iME}}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,0 \\ \text{mín. } 0,72 L_{PP} \end{array} \right. 0,06$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,0 \\ \text{mín. } 0,61 L_{PP} \end{array} \right. 0,08$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,0 \\ \text{mín. } 0,50 L_{PP} \end{array} \right. 0,10$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,0 \\ \text{mín. } 0,40 L_{PP} \end{array} \right. 0,12$
Buque de carga seca	$\frac{2,150 \cdot L_{PP}^{1,58}}{\sum_{i=1}^{n_{ME}} P_{iME}}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,0 \\ \text{mín. } 0,89 L_{PP} \end{array} \right. 0,02$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,0 \\ \text{mín. } 0,78 L_{PP} \end{array} \right. 0,04$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,0 \\ \text{mín. } 0,68 L_{PP} \end{array} \right. 0,06$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,0 \\ \text{mín. } 0,58 L_{PP} \end{array} \right. 0,08$
Buque de carga general	$\frac{0,045 \cdot L_{PP}^{2,37}}{\sum_{i=1}^{n_{ME}} P_{iME}}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,0 \\ \text{mín. } 0,85 L_{PP} \end{array} \right. 0,03$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,0 \\ \text{mín. } 0,70 L_{PP} \end{array} \right. 0,06$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,0 \\ \text{mín. } 0,54 L_{PP} \end{array} \right. 0,10$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,0 \\ \text{mín. } 0,39 L_{PP} \end{array} \right. 0,15$

Tabla 9-Factor de corrección

Para otros tipos de buques, f_j debería tomarse como 1,0.

9. f_w es un coeficiente adimensional que indica la disminución de velocidad en condiciones del mar representativas en cuanto a la altura y frecuencia de las olas y la velocidad del viento (por ejemplo, el nivel 6 de la escala Beaufort), y debería determinarse de la manera siguiente:

9.1. Puede determinarse realizando la simulación específica del funcionamiento del buque en condiciones de mar representativas. La metodología de simulación debería prescribirse en las Directrices que elaboren la Organización, y la Administración o una organización reconocida por ésta comprobarán el método y los resultados obtenidos para un buque concreto.

9.2. En el caso de que no se realice la simulación, el valor f_w debería tomarse del cuadro/curva de " f_w normalizado". El cuadro/curva de " f_w normalizado", que va a incluirse en las Directrices, depende del tipo de buque (el mismo buque que en la "línea de base" que se indica

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 42 de 205

infra) y se expresa en función del parámetro *capacidad* (por ejemplo, toneladas de peso muerto). El cuadro/curva de " f_w normalizado" debe determinarse con un planteamiento moderado basado en datos reales sobre la reducción de velocidad de tantos buques existentes como sea posible en condiciones del mar representativas.

9.3. f_w debería considerarse igual a 1 (1,0) hasta que se disponga de las directrices para la simulación específica del buque (párrafo 9.1.) o del cuadro/curva de f_w (párrafo .9.2).

10. $f_{eff}(i)$ es el factor de disponibilidad de cada tecnología innovadora de eficiencia energética. Para los sistemas de recuperación de energía residual $f_{eff}(i)$ debería tomarse como 1 (1,0).

11. f_i es el factor de capacidad para cualquier limitación técnica/reglamentaria de la capacidad y puede considerarse igual a 1 (1,0) si el factor no se estima necesario.

El coeficiente de f_i para los buques que tienen una clasificación para la navegación en hielo se determinará utilizando el valor de f_i normalizado que se indica en el cuadro siguiente:

Factor de corrección de la capacidad f_i para los buques que tienen una clasificación para la navegación en hielo					
Tipo de buque	f_i	Límites según la clasificación de navegación Tipo de en hielo			
		IC	IB	IA	IA Super
Buque tanque	$\frac{0,00115L_{PP}^{3,36}}{Capacity}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,31L_{PP}^{-0,05} \\ \text{min. } 1,0 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,54L_{PP}^{-0,07} \\ \text{min. } 1,0 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,80L_{PP}^{-0,09} \\ \text{min. } 1,0 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 2,10L_{PP}^{-0,11} \\ \text{min. } 1,0 \end{array} \right.$
Buque de carga seca	$\frac{0,000665L_{PP}^{3,44}}{Capacity}$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,31L_{PP}^{-0,05} \\ \text{min. } 1,0 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,54L_{PP}^{-0,07} \\ \text{min. } 1,0 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 1,80L_{PP}^{-0,09} \\ \text{min. } 1,0 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{máx. } 2,10L_{PP}^{-0,11} \\ \text{min. } 1,0 \end{array} \right.$

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 43 de 205

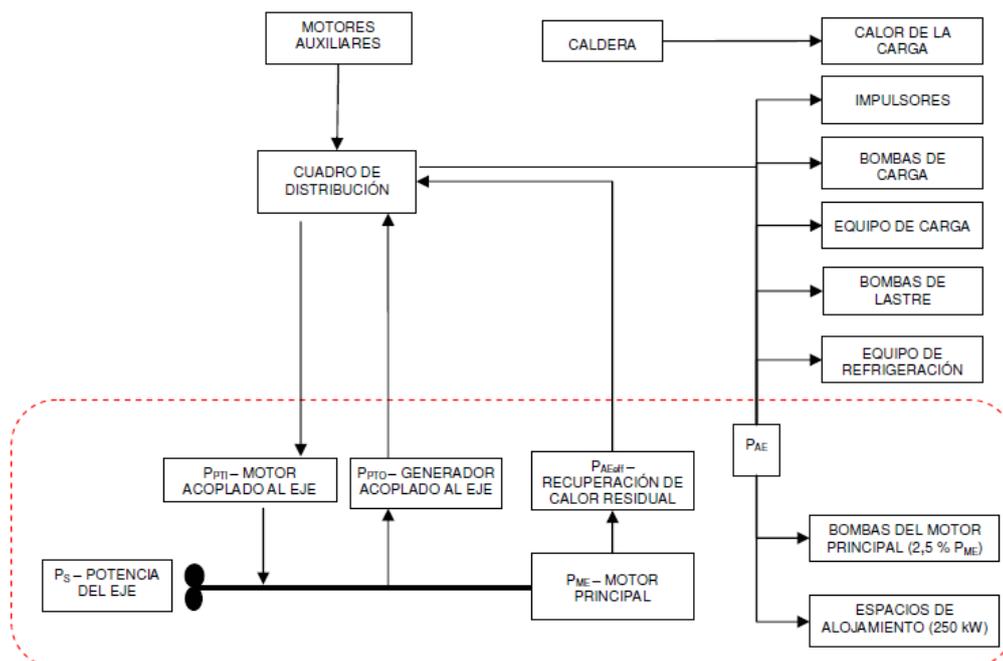
Buque de carga general	$\frac{0,000676L_{pp}^{3,44}}{Capacity}$	1,0	$\begin{cases} \text{máx. } 1,08 \\ \text{min. } 1,0 \end{cases} 0,06$	$\begin{cases} \text{máx. } 1,12 \\ \text{min. } 1,0 \end{cases}$	$\begin{cases} \text{máx. } 1,25 \\ \text{min. } 1,0 \end{cases}$
Buque contenedor	$\frac{0,1749 \cdot L_{pp}^{2,29}}{Capacity}$	1,0	$\begin{cases} \text{máx. } 1,25L_{pp}^{-0,04} \\ \text{min. } 1,0 \end{cases}$	$\begin{cases} \text{máx. } 1,60L_{pp}^{-0,08} \\ \text{min. } 1,0 \end{cases}$	$\begin{cases} \text{máx. } 2,10L_{pp}^{-0,12} \\ \text{min. } 1,0 \end{cases}$
Buque gasero	$\frac{0,1749 \cdot L_{pp}^{2,33}}{Capacity}$	$\begin{cases} \text{máx. } 1,25L_{pp}^{-0,04} \\ \text{min. } 1,0 \end{cases}$	$\begin{cases} \text{máx. } 1,60L_{pp}^{-0,08} \\ \text{min. } 1,0 \end{cases}$	$\begin{cases} \text{máx. } 2,10L_{pp}^{-0,12} \\ \text{min. } 1,0 \end{cases}$	1,0

Tabla 10-Factores de corrección f_i

Para otros tipos de buques, f_i debería tomarse como 1,0.

12. *Eslora entre perpendiculares (L_{pp}):* el 96 % de la eslora total en una flotación situada al 85 % del puntal mínimo de trazado medido desde el canto superior de la quilla, o la eslora tomada en esa línea de flotación medida desde el canto exterior de la roda hasta el eje de la mecha del timón en dicha flotación, si ésta fuera mayor. En los buques proyectados con quilla inclinada, la flotación en que se medirá la eslora será paralela a la flotación de proyecto. La eslora entre perpendiculares (L_{pp}) se medirá en metros.

SISTEMA DE MOTORES MARINOS GENÉRICO Y SIMPLIFICADO



PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 44 de 205

Nota 1: No es necesario medir la energía mecánica residual recuperada directamente por acoplamiento a los ejes.

Nota 2: En caso de una combinación de PTI/PTO, la modalidad de funcionamiento normal en el mar determinará cuál de ellos se utilizará en el cálculo.

4.3.2. EEOI

El indicador operacional de la eficiencia energética del buque (EEOI) se enmarca dentro acciones de la OMI en materia de reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero procedentes de los buques.

Con este índice la OMI pretende establecer un nivel de referencia para las emisiones de gases de efecto invernadero y elaborar una metodología para describir la eficiencia de un buque para controlar las emisiones de gases de efecto invernadero, expresada en forma de un indicador de las emisiones de gases de efecto invernadero de dicho buque.

Este índice presenta el concepto de un indicador operacional de la eficiencia energética de un buque, expresada en forma de CO₂ emitido por unidad de actividad de transporte.

La utilización del EEOI es de carácter voluntaria, pero se aconseja su elaboración ya que permitirá a los propietarios y gestores de buques, y a otras partes interesadas, evaluar la eficiencia de su flota en términos de emisiones de CO₂. Dado que la cantidad de CO₂ emitida por un buque está directamente relacionada con el consumo de combustible líquido, el EEOI también puede proporcionar información útil sobre el rendimiento de un buque en cuanto a la eficiencia del consumo de combustible.

El EEOI no es un parámetro adecuado para una política obligatoria por las siguientes razones:

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 45 de 205

- El valor de la EEOI varía mucho a lo largo del ciclo económico, y depende, además, de la densidad de carga, origen y destino, el tiempo, etc
- Es difícil, si no imposible comparar la EEOI de todo tipo de buques en términos de emisiones de CO₂.
- La OMI ha aprobado el uso del EEOI como medida voluntaria para evaluar la explotación de los buques por los propietarios y armadores de buques, no como una métrica para el rendimiento de un barco en una política obligatoria, si bien la aplicación obligatoria no se puede descartar completamente.

A continuación se expondrán las directrices emitidas por el MEPC para la elaboración del EEOI, donde se presenta el concepto de un indicador operacional de la eficiencia energética de un buque, expresada en forma de CO₂ emitido por unidad de actividad de transporte.

En dichas directrices el MEPC define el indicador EEOI como la relación de masa de CO₂ (M), emitida por unidad de actividad de transporte:

$$\text{Indicador} = M_{CO_2} / (\text{actividad de transporte})$$

La fórmula básica para calcular el EEOI de un viaje es la siguiente:

$$EEOI = \frac{\sum_j FC_j \times C_{Fj}}{m_{carga} \times D}$$

Cuando la media del indicador se obtenga para un periodo o un número de viajes, el indicador se calculará como sigue:

$$EEOI \text{ (medio)} = \frac{\sum_i \sum_j (FC_{ij} \times C_{Fj})}{\sum_i (m_{carga i} \times D_i)}$$

siendo:

- j el tipo de combustible;
- i el número del viaje;

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 46 de 205

- FC_{ij} la masa del combustible j consumido durante el viaje i ;
- CF_j el factor de conversión entre la masa de combustible y la masa de CO_2 correspondiente al combustible j (detallado en apartados anteriores);
- $mcarga$ la carga transportada (toneladas) o la actividad realizada (número de TEU o pasajeros) o el arqueo bruto de los buques de pasaje; y
- D la distancia, en millas marinas, correspondiente a la carga transportada o la actividad realizada.

Las unidades en que se expresa el EEOI dependen de la medida utilizada para la carga transportada o la actividad realizada, por ejemplo: toneladas CO_2 /(toneladas • millas marinas), toneladas CO_2 /(TEU • millas marinas), toneladas CO_2 /(persona • millas marinas), etc.

Pueden recopilarse los datos que abarquen un viaje o un periodo de tiempo, por ejemplo, un día, junto con los datos correspondientes al consumo de combustible/carga transportada y la distancia recorrida en cada viaje dentro de un sistema de navegación continua, tal como se indica en la siguiente hoja de notificación.

NOMBRE Y TIPO DEL BUQUE:						
Viaje o día (i)	Consumo de combustible (FC) en el mar y en puerto, en toneladas				Datos del viaje o del periodo de tiempo	
	Tipo de combustible ()	Tipo de combustible ()	Tipo de combustible ()		Carga (m) (toneladas o unidades)	Distancia (D) (MM)
1						
2						
3						

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 47 de 205

Nota: En los viajes en los que $mcarga = 0$, sigue siendo necesario incluir el combustible utilizado durante este viaje al efectuar la suma anterior.

A continuación se facilita, solamente a modo de ilustración, un ejemplo sencillo que incluye un viaje en lastre. El ejemplo ilustra la aplicación de la fórmula basada en la hoja de notificación de datos.

NOMBRE Y TIPO DEL BUQUE:						
Viaje o día (i)	Consumo de combustible (FC) en el mar y en puerto, en toneladas				Datos del viaje o del periodo de tiempo	
	Tipo de combustible ()	Tipo de combustible ()	Tipo de combustible ()		Carga (m) (toneladas o unidades)	Distancia (D) (MM)
1	20	5			25000	300
2	20	5			0	300
3	50	10			25000	750
4	10	3			15000	150

$$EEOI = \frac{100 \times 3,114 + 23 \times 3,151}{(25000 \times 300) + (0 \times 300) + (25000 \times 750) + (15000 \times 150)}$$

$$= 13,47 \times 10^{-6}$$

Unidades: toneladas CO₂/(toneladas • millas marinas)

Tanto el EEOI como el EEDI serán aplicables a todas las embarcaciones que excedan las 400 toneladas, y exigirán que aquellos barcos construidos después de 2013 mejoren su eficiencia en un 10%, para el periodo correspondiente a 2020 y 2024 un 20%, y posteriormente un 30%.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 48 de 205

4.4. Plan de gestión de la eficiencia energética del buque SEEMP

El Comité de Protección del Medio Marino, en su 59º periodo de sesiones (13 a 17 de julio de 2009), tras reconocer la necesidad de elaborar herramientas de gestión para asistir a las compañías navieras en la gestión del comportamiento ambiental de sus buques, acordó distribuir las Orientaciones para la elaboración de un plan de gestión de la eficiencia energética del buque.

El Plan de gestión de la eficiencia energética del buque (SEEMP) tiene por objeto establecer un mecanismo que permita a una compañía y/o a un buque mejorar la eficiencia energética de las operaciones del buque. El SEEMP, que es específico del buque, debería preferentemente enmarcarse en una política más amplia de gestión energética de la compañía propietaria del buque, o que tenga a cargo la explotación de éste o la controle, dado que dos compañías navieras o propietarios de buque nunca son iguales y que los buques operan en condiciones muy diversas.

En la circular del MEPC.1/Circ.683 y en la resolución MEPC.213 (63) sobre orientaciones para la elaboración de un plan de gestión de la eficiencia energética del buque, encontramos una serie de medidas que deberían ser estudiadas para su implantación individual en cada buque en servicio. Dichas medidas producen un incremento de la eficiencia que a su vez permite reducir el consumo de combustible, ahorrar dinero y atenuar las repercusiones ambientales de cada buque. Si bien el efecto de cada una de estas medidas puede ser limitado, el efecto colectivo en la totalidad de la flota será considerable.

El SEEMP representa un enfoque posible para vigilar la eficiencia de los buques y la flota en el transcurso del tiempo y ofrece algunas opciones que deben tenerse en cuenta al tratar de optimizar la explotación del buque.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 49 de 205

A nivel mundial, debería reconocerse que las eficiencias operacionales que logren un gran número de armadores van a tener un efecto positivo muy importante en la reducción de las emisiones mundiales de carbono.

Muchas compañías ya tendrán un sistema de gestión ambiental instituido en virtud de la norma ISO 14001 que contenga procedimientos para seleccionar las mejores medidas para cada buque a fin de definir objetivos para la medición de los parámetros pertinentes, junto con controles pertinentes e intercambio de información. En consecuencia, la vigilancia de la eficiencia ambiental de explotación debería tratarse como un elemento integral de los sistemas de gestión de las compañías en un sentido más amplio.

El Plan de gestión de la eficiencia del buque puede utilizarse como una herramienta de gestión que ayude a las compañías a gestionar sistemáticamente el comportamiento ambiental de sus buques, y por ello se recomienda que las compañías elaboren procedimientos para implantar el plan de manera que limite al mínimo necesario toda carga administrativa a bordo.

El SEEMP tiene por objeto incrementar la eficiencia energética de un buque en cuatro fases: *planificación, implantación, vigilancia y autoevaluación y mejora*. Estos componentes desempeñan un papel decisivo en el ciclo continuo para mejorar la gestión energética del buque. Con cada iteración del ciclo, algunos elementos del SEEMP variarán necesariamente, mientras que otros no lo harán.

Planificación: La planificación es la etapa más importante del SEEMP, ya que en ella se establece tanto la situación actual del consumo de energía de un buque como la mejora prevista de la eficiencia energética del mismo. Por lo tanto, conviene dedicar suficiente tiempo a la planificación para que pueda elaborarse el plan más apropiado, eficaz y viable.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 50 de 205

Implantación: Una vez que el buque y la compañía hayan determinado las medidas que deben implantarse, es fundamental establecer un sistema de implantación de las medidas determinadas y seleccionadas mediante la elaboración de procedimientos para la gestión energética, la definición de tareas y la asignación de dichas tareas a personal cualificado. Por lo tanto, en el SEEMP debería describirse cómo implantar cada medida y quiénes son las personas responsables. Cabe considerar que la creación de tal sistema es parte de la planificación, y por lo tanto, puede ultimarse en la etapa de planificación.

Vigilancia: Se debería hacer una vigilancia cuantitativa de la eficiencia energética aplicando un método establecido, preferiblemente una norma internacional. El EEOI elaborado por la Organización es una de las herramientas establecidas en el ámbito internacional para obtener un indicador cuantitativo de la eficiencia energética de un buque y/o de la flota en funcionamiento, y puede utilizarse con tal fin. Por lo tanto, podría considerarse el EEOI como el principal instrumento de vigilancia, aunque también pueden ser útiles otras medidas cuantitativas.

Autoevaluación y mejora: La autoevaluación y mejora es la fase final del ciclo de gestión. En esta fase debería obtenerse información útil para la primera etapa siguiente, es decir, la etapa de planificación del siguiente ciclo de mejora. El objetivo de la autoevaluación es evaluar la eficacia de las medidas previstas y su implantación, profundizar en la comprensión de las características generales del funcionamiento del buque, como por ejemplo, qué tipo de medidas pueden o no funcionar eficazmente y cómo y/o por qué, conocer la tendencia de la mejora de la eficiencia de ese buque y elaborar un SEEMP mejorado para el siguiente ciclo.

4.4.1 Orientaciones sobre mejoras prácticas

Al tratar de incrementar la eficiencia en la totalidad de la cadena de transporte, las responsabilidades van más allá de las que pueda asumir el

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 51 de 205

propietario/armador por su cuenta. La lista de todas las partes que influyen en la eficiencia de un determinado viaje es larga; las partes obvias en lo que hace a las características del buque son los proyectistas, los astilleros y los fabricantes de motores y, en lo relativo a cada viaje en particular, los fletadores, los puertos, los servicios de gestión del tráfico marítimo y otros. Todas las partes pertinentes deberían considerar la posibilidad de tomar medidas para incrementar la eficiencia en sus actividades, tanto a nivel individual como colectivo.

4.4.1.1 Medidas operacionales

Las medidas operacionales hacen referencia a acciones que se llevan a cabo durante el día a día del barco. Aplicables tanto a buques nuevos como existentes, en combinación pueden suponer una reducción de las emisiones de CO2 de hasta el 40%.

Mejora de la gestión de la flota

En muchos casos se puede aprovechar mejor la capacidad de la flota introduciendo mejoras en la planificación de la misma. Por ejemplo, mejorando la planificación de la flota podrían evitarse o reducirse las travesías largas en lastre. Los fletadores tienen aquí una oportunidad para promover la eficiencia. Eso puede relacionarse de manera estrecha con el concepto de llegada "justo a tiempo".

Se puede utilizar la eficiencia, la fiabilidad y el intercambio de datos orientados al mantenimiento dentro de una empresa a fin de promover las mejores prácticas entre los buques de una empresa, lo cual debería alentarse activamente.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 52 de 205

Mejora de la planificación de la travesía

Planificando minuciosamente los viajes y siguiendo dicha planificación puede lograrse la ruta óptima y mejoras de eficiencia. La planificación minuciosa del viaje requiere tiempo, pero existen varios soportes lógicos de planificación.

La resolución A.893(21) de la OMI (25 de noviembre de 1999) sobre la planificación del viaje contiene orientaciones esenciales para la tripulación del buque y para los encargados de planificar la travesía.

Navegación meteorológica

La navegación meteorológica tiene un gran potencial de incremento de la eficiencia en rutas concretas. Está disponible en el mercado para todos los tipos de buque y para muchas zonas de navegación. Se pueden lograr ahorros considerables pero, por otra parte, la navegación meteorológica puede conllevar un aumento del consumo de combustible para un determinado viaje.

Justo a tiempo

Debería tratar de mantenerse una buena comunicación temprana con el próximo puerto de recalada a fin de obtener información con un máximo de antelación sobre la disponibilidad de atraques y así facilitar la navegación a la velocidad óptima, siempre que los procedimientos operacionales de los puertos apoyen este enfoque.

Para optimizar las operaciones de los puertos podría ser necesario modificar los procedimientos respecto de los distintos medios de manipulación en los puertos. Se debería alentar a las autoridades portuarias a que aumenten a un máximo la eficiencia y reduzcan las demoras.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 53 de 205

4.4.1.1.1 Optimización del gobierno del buque

Optimización de la velocidad

Optimizando la velocidad se pueden obtener ahorros considerables. Sin embargo, por velocidad óptima se entiende la velocidad a la cual se consume el nivel mínimo de combustible por tonelada/milla para dicho viaje. No significa la velocidad mínima; navegando a una velocidad inferior a la velocidad óptima se consume más combustible. Se debería consultar la curva de potencia/consumo del fabricante del motor y la curva de la hélice del buque. Algunos de los efectos adversos de la navegación a baja velocidad que deberían tenerse en cuenta son el aumento de las vibraciones y los depósitos de hollín.

Como parte del proceso de optimización de la velocidad, es posible que sea preciso tener en cuenta la necesidad de coordinar los horarios de llegada con la disponibilidad de atraques de carga o descarga, etc. Al examinar la optimización de la velocidad, es posible que sea necesario tener en cuenta el número de buques dedicados a una ruta en particular.

Aumentar la velocidad al salir de un puerto o un estuario a la vez que se mantiene la carga del motor dentro de ciertos límites podría ayudar a reducir el consumo de combustible.

Se reconoce que, en muchos contratos de fletamento, la velocidad del buque no la determina el armador, sino el fletador. Al concertar contratos de fletamento se debería intentar fomentar que los buques naveguen a la velocidad óptima para conseguir la máxima eficiencia energética.

Optimización de la potencia al eje

Es posible que sea más eficiente navegar a un régimen constante que ajustar continuamente la velocidad del buque regulando la potencia del motor. En vez de depender de la intervención humana, quizá sería conveniente utilizar sistemas de gestión automatizada del motor para controlar la velocidad.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 54 de 205

Asiento óptimo

La mayoría de los buques están proyectados para transportar una cantidad de carga estipulada a cierta velocidad y con un cierto consumo de combustible. Para ello, se deben especificar las condiciones correspondientes a un asiento dado. Con o sin carga, el asiento influye considerablemente en la resistencia que ofrece el agua al buque, y optimizando el asiento se pueden lograr reducciones considerables del consumo de combustible. Para cada valor de calado existe una condición de asiento en la cual el buque experimenta una resistencia mínima. En algunos buques es posible evaluar las condiciones de asiento óptimo para el consumo eficiente de manera continua durante la totalidad del viaje. Es posible que, por factores de proyecto o de seguridad, no se pueda aplicar plenamente la optimización del asiento.

Lastre óptimo

El lastre se debe ajustar teniendo en cuenta las prescripciones necesarias para satisfacer las condiciones óptimas de asiento y gobierno y las condiciones de lastre óptimo, que se logran con una buena planificación de la carga.

Al determinar las condiciones de lastre óptimo para un buque se deben tener en cuenta los límites, condiciones y medios de gestión del lastre que figuran en el plan de gestión del agua de lastre del buque.

Las condiciones de lastre afectan considerablemente al gobierno del buque y a los reglajes del piloto automático y cabe señalar que no necesariamente se logra el máximo de eficiencia con una cantidad menor de agua de lastre.

Uso óptimo del timón y de los sistemas de control del rumbo (pilotos automáticos)

Se han introducido grandes innovaciones en la tecnología de automatización de los sistemas de control del rumbo y del gobierno. Si bien en sus orígenes estos sistemas se desarrollaron con el objeto de lograr un funcionamiento

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 55 de 205

más eficaz del equipo del puente, los pilotos automáticos actuales pueden lograr mucho más. Con un sistema integrado de navegación y gobierno se pueden lograr ahorros de combustible considerables simplemente reduciendo las desviaciones con respecto al rumbo.

El principio es simple: un mejor control del rumbo, con correcciones menores y menos frecuentes, minimiza las pérdidas debidas a la resistencia del timón. Podría tenerse en cuenta la posibilidad de instalar un piloto automático más eficiente en los buques existentes.

Durante las entradas a puerto y a las estaciones de práctico, el piloto automático no siempre puede utilizarse de manera eficiente, dado que el timón debe responder rápidamente a las órdenes. Por otra parte, es posible que en cierta fase de la travesía sea necesario desactivarlo o ajustarlo con mucho cuidado, por ejemplo, en caso de condiciones meteorológicas adversas y en los accesos a los puertos.

Se debería considerar la posibilidad de instalar modelos mejorados de pala de timón en buques existentes (por ejemplo, el timón *twist-flow*).

4.4.1.1.2 Otras medida

Mejora de la manipulación de la carga

En la mayoría de los casos, la manipulación de la carga está bajo el control del puerto y se deberían buscar soluciones óptimas adaptadas a las necesidades del buque y del puerto.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 56 de 205

Medidas operacionales para la reducción de emisión de CO₂			
Opción	Potencial de ahorro combustible/co₂	Combinado	Total
Gestión de la flota	5-15%		
Planificación de la travesía	1-3%		
Navegación meteorológica	1-5%		
Justo a tiempo	2-4%		
Optimización del gobierno del buque		5-19%	
Optimizar velocidad	5-15%		
Optimizar potencia al eje	0-1%		
Asiento óptimo	0-1%		
Lastre óptimo	0-1%		
Uso óptimo timón	0-1%		
Otras medidas		1-4%	
Manipulación carga	1-4%		

Tabla 11-Medidas operacionales para la reducción de CO₂.

4.4.1.2 Medida técnicas

Las medidas técnicas son aquellas que hacen referencia principalmente a acciones que se pueden realizar sobre la maquinaria (tanto sobre los equipos como en el combustible) o el casco, con tal de mejorar la eficiencia energética. Con la combinación de distintas medidas en buques nuevos se podría alcanzar una reducción del 30% en la emisión de CO₂ (directamente ligada a la reducción del consumo de combustible). Y en buques existentes, ya que no se puede actuar sobre todas las partes de la misma manera, esta reducción alcanzaría el 20%.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 57 de 205

4.4.1.2.1 Medidas obra viva

Mantenimiento del casco

Los periodos entre entradas a dique deberían integrarse con la evaluación de la explotación del buque que lleva a cabo continuamente el armador. La resistencia del casco puede optimizarse con sistemas de revestimiento avanzados que podrían aplicarse aprovechando los intervalos de limpieza. Se recomienda llevar a cabo inspecciones periódicas del estado del casco con el buque a flote.

Limpiando o puliendo la hélice o aplicándole un revestimiento adecuado se puede incrementar de manera considerable la eficiencia de consumo. Los Estados rectores de puertos deberían reconocer la necesidad de que los buques mantengan su eficiencia mediante la limpieza del casco con el buque a flote y facilitar dichas operaciones.

Se debe examinar la posibilidad de eliminar completamente y sustituir de manera oportuna los sistemas de pintura de la obra viva a fin de evitar el aumento de las superficies irregulares del casco que se ocasionan por el decapado por chorro y por las reparaciones realizadas en las distintas entradas a dique.

Por lo general, cuanto más liso esté el casco, mayor será la eficiencia energética del buque.

Aspectos relativos a la optimización de la hélice y de su flujo

La hélice se selecciona normalmente en la fase de proyecto y construcción del buque, pero las innovaciones en el proyecto de las hélices han posibilitado hacer reformas a buques existentes para instalar proyectos más modernos a fin de reducir el consumo de combustible. Si bien la hélice es un aspecto que ciertamente se debe examinar, no es más que una parte del

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 58 de 205

tren de propulsión, por lo cual si solamente se cambia la hélice es posible que no haya ningún efecto en la eficiencia y, de hecho, hasta se podría aumentar el consumo de combustible.

Las mejoras del flujo de agua en la hélice utilizando medios como aletas y/o boquillas podrían incrementar la eficiencia de la potencia de propulsión y con ello reducir el consumo de combustible.

4.4.1.3 Medidas en el sistema de propulsión

Los motores diésel marinos tienen una alta eficiencia térmica (~50 %). Este rendimiento notable solamente es superado por las tecnologías de pilas de combustible, las cuales tienen una eficiencia térmica media del 60 %. Ello se debe a la minimización sistemática de las pérdidas mecánicas y de calor. En particular, la nueva generación de motores con control electrónico puede incrementar la eficiencia. No obstante, para lograr el máximo beneficio, se tendrá que examinar la posibilidad de impartir la formación específica al personal pertinente.

Mantenimiento del sistema de propulsión

El mantenimiento de conformidad con las instrucciones del fabricante que figuran en el programa de mantenimiento de la empresa también ayuda a la eficiencia. La vigilancia del estado del motor puede ser una herramienta útil para mantener una eficiencia elevada.

Otros medios para incrementar la eficiencia del motor podrían ser los siguientes:

- el uso de aditivos en el combustible;
- el ajuste del consumo de aceite lubricante de los cilindros;
- mejoras en las válvulas;

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 59 de 205

- análisis de par; y
- sistemas automatizados de vigilancia del motor.

Recuperación del calor residual

Actualmente ya está disponible en el mercado tecnología para la recuperación del calor residual en algunos buques. Los sistemas de recuperación del calor residual aprovechan las pérdidas térmicas de los gases de escape para generar electricidad o para potenciar la propulsión utilizando un motor eléctrico acoplado al eje.

Si bien estos sistemas podrían ser una opción conveniente para los buques nuevos, es posible que no se puedan instalar en buques existentes. Se debería alentar a los constructores de buques a que incorporen las nuevas tecnologías en sus proyectos.

4.4.1.4 Otras medidas

Gestión de la energía

Examinando los servicios eléctricos de a bordo se puede encontrar potencial para lograr mejoras de eficiencia no previstas. No obstante, se debe tener cuidado en evitar generar nuevos riesgos para la seguridad al desactivar servicios eléctricos (por ejemplo, el alumbrado). Una manera obvia de ahorrar energía es el aislamiento térmico. Véanse también las observaciones siguientes sobre alimentación eléctrica desde tierra.

La optimización de la ubicación de la estiba de los contenedores refrigerados puede ser útil para reducir el efecto de la transferencia térmica de las unidades de compresión. Ello podría combinarse, según fuera apropiado, con la calefacción o la ventilación de los tanques de carga, etc. También podría tenerse en cuenta la posibilidad de utilizar plantas frigoríficas refrigeradas por agua, que consumen menos energía.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 60 de 205

Tipos de combustible

Podría considerarse la posibilidad de utilizar combustibles alternativos y fuentes de energía alternativas debido a su gran potencial de reducción o eliminación de las emisiones de gases de efecto invernadero en los buques.

Se puede conseguir un alto porcentaje de reducción de emisiones de emisiones de gases de efecto invernadero o GHG (Greenhouse gas) si el transporte marítimo sustituye el petróleo crudo (HFO) por diesel marino (DMO) o gas natural licuado (LNG). El uso de LNG junto con fuentes de energía alternativa, puede reducir las emisiones hasta un 40% de los niveles actuales hasta el 2050. Otras opciones de combustible y fuentes de energía como, células solares fotovoltaicas y células de combustible parecen ser opciones a largo plazo, primero porque aún están en desarrollo y segundo por el alto precio actualmente; aunque ya hay algunos buques nuevos que las han puesto en práctica.

Los biocombustibles y el gas natural licuado LNG liberan emisiones inferiores de CO₂ en su ciclo de vida. El consumo de biocombustibles a bordo de los buques es posible desde el punto de vista técnico; sin embargo, la primera generación de biocombustibles supone ciertos desafíos técnicos y también podría aumentar el riesgo de pérdida de. No obstante, estos problemas son menores comparados con la falta de disponibilidad y los precios elevados de dichos combustibles, aspectos que hacen poco probable que esta opción se implante a gran escala en el futuro próximo. Sin embargo, se cree que el LNG va a cobrar importancia, principalmente por razones económicas, para los buques que efectúan viajes regionales dentro de las zonas de control de las emisiones SECA en las cuales se dispone de LNG.

Se deberían hacer los esfuerzos necesarios para utilizar combustible de mejor calidad a fin de reducir al mínimo la cantidad de combustible necesario para desarrollar una potencia dada.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 61 de 205

Medida futuras

Podría examinarse la posibilidad de elaborar soportes lógicos para el cálculo del consumo de combustible y el establecimiento de una "huella" de emisiones a fin de optimizar la navegación y determinar metas para incorporar mejoras y evaluar el progreso.

En los últimos años las fuentes de energía renovable, como las tecnologías eólicas o de células solares (fotovoltaicas), han mejorado enormemente y debería examinarse la posibilidad de integrarlas a bordo.

En algunos puertos se dispone de alimentación eléctrica desde tierra para algunos buques, aunque esto está principalmente pensado para mejorar la calidad del aire en la zona portuaria. Si la fuente eléctrica basada en tierra es eficiente desde el punto de vista del carbono, quizá se logre un incremento neto en eficiencia. Los buques podrían examinar la posibilidad de utilizar alimentación eléctrica desde tierra en los lugares en que esté disponible. Incluso podría examinarse la propulsión asistida por el viento.

Medidas técnicas en buques existentes			
Medidas, buques existentes	Potencial de ahorro combustible/co₂	Combinado	Total
<i>Medidas obra viva</i>		4-8%	12,5-23%
Mantenimiento del casco	3-5%		
Optimización hélice y flujo	1-3%		
<i>Sistemas de propulsión y maquinaria</i>		2,5-5%	
Mantenimiento S. propulsor	0,5-1%		
Recuperación calor residual	2-4%		

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 62 de 205

Otras medidas		6-10%	
Gestión de la energía	2-5%		
Tipos de combustible	4-5%		
Medidas futuras	-		

Tabla 12-Medidas técnicas en buques existentes

Medidas técnicas en buques de nueva construcción			
Medidas, buques nuevos	Potencial de ahorro combustible/co₂	Combinado	Total
Medidas obra viva		10-30%	20,5-54%
Configuración del casco	5-20%		
Optimización hélice y flujo	5-10%		
Sistemas de propulsión y maquinaria		2,5-13%	
Mantenimiento S. propulsor	0,5-1%		
Rendimiento optimizado	2-12%		
Otras medidas		8-11%	
Gestión de la energía	4-6%		
Tipos de combustible	4-5%		
Medidas futuras	-		

Tabla 13-Medidas técnicas en buques de nueva construcción

Compatibilidad de las medidas

En este proyecto se indica una amplia variedad de posibilidades para las mejoras de la eficiencia energética de la flota existente. Si bien se dispone de muchas opciones, éstas no son acumulativas, dependen por lo general de la zona y del tipo de travesía, y para utilizarse del modo más eficaz, es posible que requieran el acuerdo y el apoyo de varias partes.

Edad y vida útil del buque

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 63 de 205

Dado el elevado precio de los hidrocarburos, todas las medidas indicadas en este documento tienen potencial de reducción de costos. Es posible que ciertas medidas, que previamente se consideraban demasiado onerosas o poco interesantes desde el punto de vista comercial, ahora sean viables y que valga la pena volver a examinarlas. Obviamente, esta ecuación depende en gran parte de la vida útil restante del buque y del costo del combustible.

Zona de explotación y navegación

La viabilidad de muchas de las medidas descritas en esta orientación dependerá de la zona de explotación y navegación del buque. En ocasiones, algunos buques cambian de zona de navegación al modificarse las prescripciones del fletamento, pero esto no puede darse por supuesto de manera general. Por ejemplo, es posible que las fuentes de energía potenciadas por el viento no sean viables en el caso de los viajes cortos, dado que estos buques suelen navegar en zonas con gran densidad de tráfico o en vías navegables restringidas. Otro aspecto es que cada océano y mar tiene características específicas, por lo cual los buques proyectados para rutas o travesías específicas podrían no obtener los mismos beneficios si adoptaran las mismas medidas o una combinación de medidas que otros buques. También es posible que algunas medidas tengan un efecto mayor o menor en distintas zonas de navegación.

El tipo de viaje que realice el buque también determinará la viabilidad de alguna de las medidas. Los buques que efectúan servicios en el mar (tendido de tuberías, reconocimientos sísmicos, buques de suministro mar adentro, dragas, etc.) tienden a utilizar distintos métodos para reducir sus emisiones de carbono en comparación con los buques de transporte de carga comunes.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 64 de 205

Otros parámetros importantes son la duración del viaje y los aspectos de seguridad impuestos a algunos buques. Como resultado, es posible que el método para lograr la combinación más eficiente de medidas sea único para cada buque y cada compañía naviera.

4.4.2 Ejemplo del Plan SEEMP

A continuación se mostrara un ejemplo de SEEMP que fue publicado en el MEPC.1/Circ.683 a efectos ilustrativos:

PLAN DE GESTIÓN DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA DEL BUQUE

Nombre del buque:		Arqueo bruto:	
Tipo de buque:		Capacidad:	
Fecha de elaboración:		Elaborado por:	
Periodo de implantación:	Desde: Hasta:	Implantado por:	
Fecha prevista de la próxima evaluación:			

1 MEDIDAS

Medidas de eficiencia energética	Implantación (incluida la fecha de inicio)	Personal responsable
Navegación meteorológica	<Ejemplo> Contratado con [proveedores del servicio] para utilizar su sistema de navegación meteorológica y empezar su utilización con carácter experimental a partir del 1 de julio de 2012.	<Ejemplo> El capitán es responsable de seleccionar la derrota óptima basándose en la información facilitada por los [proveedores del servicio].
Optimización de la velocidad	Si bien la velocidad de proyecto (85 % de la potencia máxima continua) es de 19,0 nudos, a partir del 1 de julio de 2012 a velocidad máxima se fija en 17,0 nudos.	El capitán es responsable de mantener la velocidad. Debería comprobarse cada día la entrada correspondiente en el diario de navegación.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 65 de 205

2 VIGILANCIA

- Descripción de los instrumentos de vigilancia

3 OBJETIVO

- Objetivos cuantificables

4 EVALUACIÓN

- Procedimientos de evaluación

4.5 Conclusiones

- 1) La introducción de un límite obligatorio al índice de eficiencia energética de proyecto (EEDI) para buques nuevos es, en apariencia, una solución eficaz en función de los costos que puede proporcionar un incentivo importante para potenciar la eficiencia de proyecto de los buques nuevos. La principal limitación del EEDI es que solamente trata el proyecto de los buques, sin tener en cuenta las medidas operacionales, lo que limita la eficiencia ambiental. El efecto también se ve limitado en que solamente se aplica a buques nuevos;
- 2) La notificación obligatoria y/o voluntaria del EEDI o el EEOI no tendría en sí efecto ambiental. En vez de ello, la eficiencia ambiental y la eficacia en función de los costos dependerían de la introducción de regímenes de incentivos a fin de utilizar esta información. La evaluación de una gran cantidad de posibles regímenes de incentivos superaba el alcance de este informe;
- 3) En apariencia, el plan de gestión de eficiencia del buque (SEEMP) es un enfoque viable para potenciar la concienciación respecto de las medidas eficaces en función de los costos para reducir las emisiones. No

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 66 de 205

- 4) obstante, como este instrumento no requiere una reducción de las emisiones, su eficacia dependerá de la disponibilidad de medidas eficaces en función de los costos para reducir las emisiones (es decir, medidas para las cuales los ahorros de combustible superan los gastos de capital y de explotación). Por otra parte, tampoco va a incentivar la innovación y la investigación y el desarrollo más allá de la situación en que "todo sigue igual";
- 5) La introducción de un límite obligatorio del EEOI parece ser una solución eficaz en función de los costos que puede proporcionar un incentivo importante para reducir las emisiones procedentes de todos los buques dedicados al transporte. Proporciona incentivos tanto para medidas técnicas como operacionales. Sin embargo, esta opción es muy difícil desde el punto de vista técnico dadas las dificultades que supone establecer y actualizar líneas de base de eficiencia operacional y definir cifras objetivo.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 67 de 205

5. Descripción general del buque

Para la realización de este proyecto se ha utilizado un buque ficticio tipo Passenger/RoRo Ship con las siguientes características:

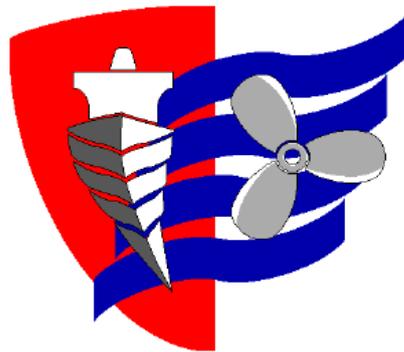
Passenger/RoRo Ship	
Desplazamiento en rosca	11.568 t
Desplazamiento a máxima carga	16.555 t
Registro bruto	26.916 t
Registro neto	14.308 t
Eslora total	172,00 m
Eslora e.p.p.	157,00 m
Manga de trazado	26,20 m
Puntal de trazado a cubierta principal	9,20 m
Puntal a cubierta superior	14,84 m
Calado máximo de diseño	6,200 m
Calado de escantillonado	6,700 m
Capacidad de vehículos	De 80 camiones y 336 turismos a 98 camiones y 165 turismos
Capacidad de carga rodada	1.800 metros lineales
Ancho de líneas de carga	3 m
Habilitación	1.100 personas entre pasajeros y tripulación alojadas en 202 cabinas con 744 literas y 356 en cubierta. Tripulación de proyecto: 71 tripulantes

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: ME	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 68 de 205

Potencia de propulsión	28.960 kW (39.372 bhp)
Velocidad	23 nudos
Planta propulsora	<p>4 motores Wärtsilä 46A, 4 tiempos, simple acción, 8 cilindros c/u de 460 mm de diámetro por 580 mm de carrera y 500 r.p.m.</p> <p>Acoplados dos a dos, mediante acoplamiento flexible, a un reductor y su correspondiente eje de cola.</p>
Hélices de maniobra	2 hélices transversales de paso controlable en proa, Rolls-Royce Marine tipo 250 TV, de 1.880 mm de diámetro y 1.000 kW de potencia a 320 r.p.m.
Grupos electrógenos auxiliares	<p>3 alternadores Leroy Somer LSAM53M85 C6/6 AREP de 1.962 kVA - 380 V - 50 Hz, accionados por 3 motores Wärtsilä 20, de 9 cilindros en línea, 1.620 kW a 1.000 r.p.m.</p> <p>2 alternadores de cola Leroy Somer LSAM53M85 C6/6 AREP de 1.962 kVA - 380 V - 50 Hz accionados por las tomas de fuerza de los reductores.</p> <p>1 grupo auxiliar de emergencia para generación eléctrica Demp accionado por un motor MAN D2842LE301 de 12 cilindros en V y 514 kW a 1.500 r.p.m.</p>
Maquinaria auxiliar especial	<p>2 Calderas con una producción de vapor de 2.800 kg/h a 7 bar.</p> <p>2 calderas de gases de escape con una producción de vapor de 2.500 kg/h.</p> <p>1 generador de agua dulce por ósmosis inversa de 100 m³/día.</p> <p>1 generador de agua dulce tipo evaporador de vacío de 22 t/día</p>

Tabla 14-Descripción general del buque

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE NAUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



CALCULOS

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 70 de 205

Parte 2: Cálculos

1. Introducción

El plan de gestión de la energía SEEMP, puede abarcar potencialmente múltiples campos de actuación tal y como se ha descrito en el apartado 3.4 de la Memoria. La gestión energética de los servicios eléctricos de a bordo, puede llegar a lograr un ahorro potencial de combustible y CO₂ de un 2-5% en función de las medidas adoptadas.

En esta segunda parte del proyecto definiremos las medidas realizadas en nuestro buque, así como los cálculos y planos necesarios para su instalación a bordo.

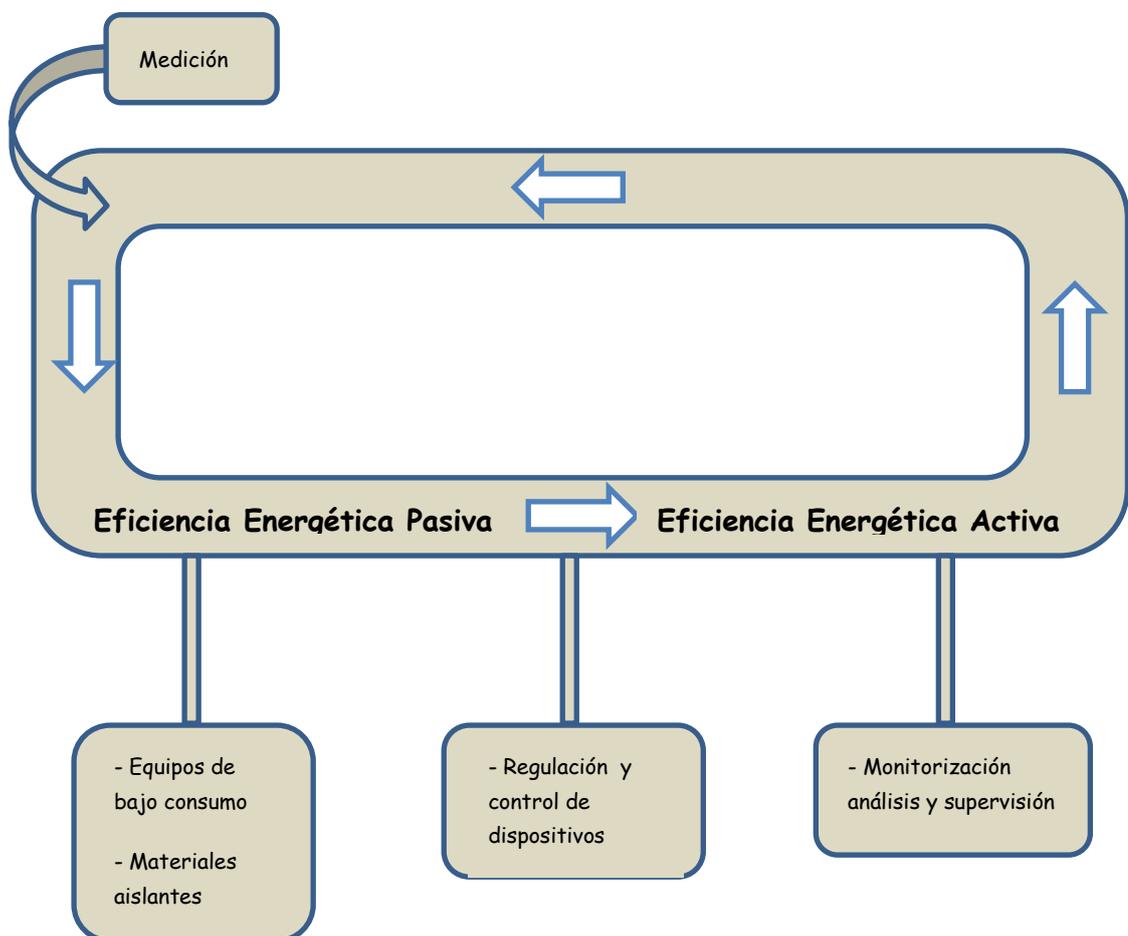
2. Análisis de soluciones y planificación

En este proyecto, se han llevado a cabo diversas medidas de gestión energética de servicios eléctricos para mejorar la eficiencia energética de un buque ROPAX operativo, siguiendo el principio del ciclo de la eficiencia energética:

1. Medición o monitorización energética: el proceso de eficiencia energética debe comenzar evaluando cómo y dónde se utiliza la energía, y cuánta se consume. La medida básica de la energía permite identificar las principales áreas de consumo y optimizar su uso energético, así como verificar el impacto de las medidas energéticas adoptadas. El uso de un software de análisis utilizado para realizar los cálculos permite identificar los equipos con potencial de ahorro y posteriormente evaluar el resultado de las acciones adoptadas.
2. Eficiencia energética pasiva: consiste en el establecimiento de bases de ahorro energético, como por ejemplo el reemplazamiento de viejos dispositivos por nuevos dispositivos de bajo consumo.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 71 de 205

3. Eficiencia energética activa: consiste en optimizar los procesos mediante sistemas de control sustituyendo las tecnologías tradicionales por otras más actuales que nos permitan ser eficientes.
4. Supervisión: para una óptima gestión energética, es necesario tener un sistema de supervisión que nos suministre un flujo constante de información.



A continuación, se realizará una descripción técnica de las soluciones que se han decidido adoptar en cada apartado del ciclo de eficiencia energética.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 72 de 205

La segunda gran medida de ahorro será la instalación de variadores de frecuencia en aquellos equipos susceptibles de instalación. Para ello se realizará previamente un estudio detallado sobre dichos equipos.

3. Medición y monitorización energética

La eficiencia energética necesita un enfoque estructurado. La medición, la supervisión y el control de la potencia eléctrica que se consume en el buque proporcionan una valiosa información que ayudará, sin lugar a duda, a la reducción del consumo de energía eléctrica.

Gracias a la monitorización de la potencia eléctrica del buque, podremos definir las actuaciones que se han de llevar a cabo a la hora de elaborar cualquier proyecto sobre eficiencia energética abordo.

Con la monitorización energética se quiere dotar al proyecto de un sistema que permita conocer el consumo energía de forma continua para tomar medidas correctivas en el caso de que se encuentren situaciones en las que se están produciendo unos consumos mayores de los esperados.

La visualización permanente del consumo contribuye a un uso más eficaz de la energía. Es el primer paso importante hacia una completa estrategia de gestión energética.

Este proyecto no es entendible sin dicha monitorización ya que, sin lugar a duda servirá como justificación de las mejoras energéticas instaladas en el buque.

La monitorización que se va a realizar en nuestro caso consiste en la instalación de unos dispositivos capaces de medir y almacenar los valores referidos tanto a la potencia generada como a la consumida.

Comenzamos monitorizando los sistemas generadores de energía eléctrica que en nuestro buque están formados por:

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 73 de 205

Número de equipos	Equipos instalados
2	Alternadores de cola Leroy Somer de 1.962 kVA 380 V y 50 Hz
3	Alternadores Leroy Somer de 1.962 kVA 380 V y 50 Hz

Tabla 15-Equipos generadores

Los elementos consumidores que hemos decidido monitorizar, son sistemas que absorben gran cantidad de energía eléctrica, los cuales nos interesa tener controlados debido a que con el uso estos equipos pueden llegar a ser muy ineficientes. Dichos elementos son:

Número de equipos	Equipos instalados
2	Cuadro Motor
1	Cuadro servicios M.P.
1	Cuadro bombas
1	Cuadro caldera
1	Cuadro ventilación garajes
1	Cuadro compresores
1	Cuadro ventilación maquina
1	Cuadro aire acondicionado
1	Cuadro gambuza
1	Cuadro servicios combustible aceite
1	Cuadro servicios 400V
1	Cuadro fuerza habilitación
1	Cuadro alumbrado
1	Cuadro servicios 230V
1	Cuadro taller

Tabla 16-Equipos consumidores

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 74 de 205

Es importante conocer el consumo de energía de la instalación cuando se considera el coste-efectividad de medidas para mejorar su eficiencia energética. Tales medidas requerirán una inversión económica, pero reducirán el consumo de energía en el futuro.

4. Eficiencia energética pasiva

En este apartado realizaremos un estudio sobre diferentes equipos con grandes consumos de energía que sean susceptibles de cambio por otros equipos de mayor eficiencia. En la actualidad las tecnologías pueden evolucionar en cortos periodos de tiempo. Por eso, es imprescindible comprobar la viabilidad de su sustitución por nueva y eficiente tecnología.

Otra forma de eficiencia energética pasiva será la instalación de elementos que eviten pérdidas energéticas de tipo residual, como calor o energía eléctrica derivada, pero no será objeto de nuestro estudio ya que dicho estudio deberá llevarse a cabo durante el diseño y construcción del buque.

La primera medida de eficiencia energética pasiva será el cambio de gran parte de la luminaria del buque. Nuestro barco posee un sistema de iluminación anticuado y podremos observar el gran potencial de ahorro que tenemos gracias a la nueva tecnología de iluminación LED.

4.1 Luminaria

Al tratarse de un buque de pasaje, la iluminación juega un papel fundamental a la hora de diseñar nuestro sistema de eficiencia energética. Representa una parte importante de la energía consumida a bordo y que posee un gran potencial de ahorro energético.

El uso de sistemas de iluminación adecuados para nuestro buque y la aplicación de la última tecnología disponible en el mercado (en términos tanto de calidad y bajo consumo como en vida útil de los equipos) permiten una importante reducción en el consumo energético así como en el coste de mantenimiento y reposición.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 75 de 205

En el diseño de nuestra instalación de alumbrado se han tenido en cuenta diferentes aspectos como el nivel de iluminación y la uniformidad de esta, el espacio o zona donde cada luminaria va a ser instalada etc., de tal manera que la instalación resultante sea la más eficaz, tanto desde el punto de vista energético como de coste.

La energía consumida por una instalación de iluminación depende de la potencia del sistema de alumbrado instalado y del tiempo que está encendida. Ambos aspectos son importantes ya que sus variaciones pueden afectar a la eficiencia energética de la instalación.

Para calcular el consumo energético de una instalación es necesario considerar los siguientes factores: Potencia Instalada y Horas de Uso.

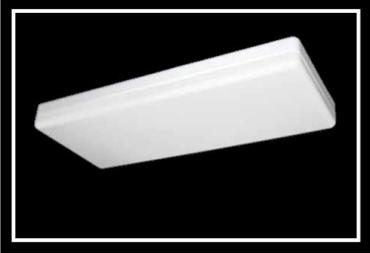
4.1.1 Potencia eléctrica instalada

Como ya existe un sistema iluminación el cálculo de la potencia instalada será muy sencillo. La potencia instalada se calculará multiplicando el número de lámparas instaladas por su potencia unitaria, teniendo en cuenta que en la potencia de la lámpara es necesario incluir la potencia del equipo auxiliar (en caso de que la lámpara lo requiera).

El cálculo de la potencia instala comenzara definiendo cada tipo de luminaria que tenemos a bordo y su potencia unitaria:

TIPO 1	DESCRIPCION
	<ul style="list-style-type: none"> - Luminaria compuesta por dos tubos fluorescente. - Es la luminaria interior más utilizada abordo debido a su simplicidad. - Potencia: $2 \times 18W = 36W$

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 76 de 205

TIPO 2	DESCRIPCION
	<ul style="list-style-type: none"> - Luminaria estanca compuesta por dos tubos fluorescentes. - Luminaria muy utilizada en lugares susceptible de humedad. - Potencia: 2x18W = 36W
TIPO 3	DESCRIPCION
	<ul style="list-style-type: none"> - Luminaria estanca compuesta por dos tubos fluorescente. - Luminaria característica de iluminación de garajes. - Potencia: 2x36W = 72W
TIPO 4	DESCRIPCION
	<ul style="list-style-type: none"> - Luminaria formada por dos tubos fluorescentes y plafón decorativo. - Luminaria utilizada en zona de pasaje. - Potencia: 2x18W = 36W
TIPO 5	DESCRIPCION
	<ul style="list-style-type: none"> - Proyector halógeno estanco. - Luminaria utilizada en exteriores. - Potencia: 1x150W = 150W

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 77 de 205

TIPO 6	DESCRIPCION
	<ul style="list-style-type: none"> - Proyector halógeno estanco. - Luminaria utilizada en exteriores. - Potencia: 1x400W = 400W
TIPO 7	DESCRIPCION
	<ul style="list-style-type: none"> - Proyector de cuarzo estanco. - Luminaria utilizada para alumbrado de zonas comunes. - Potencia: 1x1.000W = 1.000W
TIPO 8	DESCRIPCION
	<ul style="list-style-type: none"> - Proyector espacial estanco. - Luminaria utilizada en las rampas de acceso de popa. - Potencia: 1x2.000W = 2.000W
TIPO 9	DESCRIPCION
	<ul style="list-style-type: none"> - Lámpara de techo fluorescente con aplique decorativo. - Luminaria utilizada para alumbrado interior. - Potencia: 1x80W = 80W
TIPO 10	DESCRIPCION
	<ul style="list-style-type: none"> - Luminaria estanca compuesta por bombilla incandescente. - Luminaria utilizada en el alumbrado exterior. - Potencia: 1x60W = 60W

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 78 de 205

TIPO 11	DESCRIPCION
	<ul style="list-style-type: none"> - Aplique cabecero con bombilla incandescente. - Luminaria utilizada en camarotes. - Potencia: 1x40W = 40W
TIPO 12	DESCRIPCION
	<ul style="list-style-type: none"> - Lámpara Downlight circular de aluminio. - Luminaria utilizada para alumbrado interior. - Potencia: 2x25W = 50W
TIPO 13	DESCRIPCION
	<ul style="list-style-type: none"> - Lámpara halógena dicroica. - Luminaria utilizada en zona de pasaje. - Potencia: 1x50W = 50W
TIPO 14	DESCRIPCION
	<ul style="list-style-type: none"> - Lámpara decorativa bombilla incandescente - Luminaria utilizada para alumbrado interior. - Potencia: 1x60W = 60W

Tabla 17-Luminaria antigua

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 79 de 205

En la siguiente tabla se mostraran los diferentes cuadros de distribución del sistema eléctrico que numeraremos para mayor comodidad:

Cuadro alumbrado cámara de máquinas Cta.2	Cuadro 1
Cuadro alumbrado cámara de máquinas Cta.1	Cuadro 2
Cuadro alumbrado cámara de máquinas Proa	Cuadro 3
Cuadro alumbrado exterior popa	Cuadro 4
Cuadro alumbrado exterior proa	Cuadro 5
Cuadro alumbrado garaje Cta.1-2 y 3-4	Cuadro 6
Cuadro alumbrado garaje Cta.5-6	Cuadro 7
Cuadro alumbrado Cta.9 Proa - proa	Cuadro 8
Cuadro alumbrado Cta.9 Proa - popa	Cuadro 9
Cuadro alumbrado Cta.9 Proa - centro	Cuadro 10
Cuadro Alumbrado Cta.7 Proa - Proa	Cuadro 11
Cuadro alumbrado Cta.7 Proa -popa	Cuadro 12
Cuadro alumbrado Cta.8 Bar Cervecería	Cuadro 13
Cuadro alumbrado Cta.8 Club del conductor	Cuadro 14
Cuadro alumbrado Cta.9 Restaurante	Cuadro 15
Cuadro alumbrado Cta.9 Piscina	Cuadro 16
Cuadro alumbrado Cta.8 Centro.	Cuadro 17
Cuadro alumbrado Cta.8 Tienda	Cuadro 18
Cuadro alumbrado cta.7 Centro -proa	Cuadro 19
Cuadro alumbrado Cta.7 Centro - popa	Cuadro 20
Cuadro alumbrado Cta.8 comedor	Cuadro 21
Cuadro alumbrado Cta.9 Popa	Cuadro 22
Cuadro alumbrado Cta.9 Salón Disco	Cuadro 23
Cuadro alumbrado Cta.8 Popa Er.	Cuadro 24
Cuadro alumbrado Cta.7 Popa Er.	Cuadro 25
Cuadro alumbrado Cta.7 Popa Br.	Cuadro 26
Cuadro alumbrado Cta.8 Salón Café Pub	Cuadro 27

Cuadro 17-Cuadros de distribución

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 80 de 205

La siguiente tabla nos mostrara el número de luminarias instaladas. El mismo sistema eléctrico de la iluminación del buque sirve como alimentación a las tomas de 230V distribuidas por todo el buque a los que se conectan numerosos equipos pero que no será objeto de nuestro estudio

Cuadros	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7	Tipo 8	Tipo 9	Tipo 10	Tipo 11	Tipo 12	Tipo 13	Tipo 14	230V
1	10	90													18
2	5	150													26
3		80													11
4					5	4	5			50					3
5					11	4	4	2		85					4
6		20	121			4									7
7	140	20	181			2									3
8				20					60		15	10			101
9				50					5		35	35			117
10	20			40									50		16
11	5			110								55			212
12	210			80								40			160
13	20												35		13
14	90											35	35		14
15	10	5		10		2							20		11
16	30									90			95	27	18
17													30		42
18	5			65								25	140		69
19	20			65								60	130		97
20	25			40		2						40	30		118
21	92											35	40		14
22	10	5		10									20		12
23	5	5				2							95	16	18
24	23	5		5								90	30		42
25													130		7
26	2			75								75	65		115
27	2	10				3							75	31	22
Potencia unitaria	36	36	72	36	150	400	1000	2000	80	60	40	50	50	60	

Tabla18-Numero de luminarias antiguas

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 81 de 205

La potencia instalada del sistema de alumbrado será el resultado de multiplicar la potencia unitaria de cada elemento de iluminación, por el número de elementos instalados abordo. A esta potencia debemos de sumarle la potencia utilizada por las tomas de 230V ya que en este buque el sistema eléctrico es el mismo. Consideraremos para todos los cálculos un Factor de Potencia de 0,85 para luminarias. En la siguiente tabla se calculara la potencia instalada así como otros parámetros que nos ayudaran en nuestro estudio:

Cuadros	Intensidad consumida (kA)	Tensión (V)	FDP	Potencia luminaria instalada (KW)	Potencia reserva cuadros de fuerza (KW)	Potencia absorbida por iluminación (%)	Potencia instalada (KW)
1	18,41	230	0,85	3,60	15,70	18,65	19,30
2	28,54	230	0,85	5,58	46,32	10,75	51,90
3	14,73	230	0,85	2,88	33,69	7,88	36,57
4	52,94	230	0,85	10,35	25,87	28,58	36,22
5	83,63	230	0,85	16,35	64,55	20,21	80,90
6	56,43	230	0,85	11,03	39,43	21,86	50,46
7	100,21	230	0,85	19,59	46,13	29,81	65,72
8	35,29	230	0,85	6,90	13,88	33,21	20,78
9	27,37	230	0,85	5,35	88,87	5,68	94,22
10	23,84	230	0,85	4,66	89,24	4,96	93,90
11	35,24	230	0,85	6,89	15,61	30,62	22,50
12	63,63	230	0,85	12,44	11,82	51,28	24,26
13	12,63	230	0,85	2,47	4,83	33,84	7,30
14	34,48	230	0,85	6,74	14,46	31,79	21,20
15	13,81	230	0,85	2,70	17,15	13,60	19,85
16	65,73	230	0,85	12,85	4,98	72,07	17,83
17	7,67	230	0,85	1,50	61,45	2,38	62,95
18	55,09	230	0,85	10,77	46,41	18,84	57,18
19	64,25	230	0,85	12,56	9,88	55,97	22,44
20	33,96	230	0,85	6,64	3,49	65,55	10,13
21	36,12	230	0,85	7,06	27,69	20,32	34,75
22	9,72	230	0,85	1,90	32,80	5,48	34,70
23	30,23	230	0,85	5,91	65,11	8,32	71,02
24	35,85	230	0,85	7,01	67,54	9,40	74,55
25	33,25	230	0,85	6,50	10,99	37,16	17,49
26	49,98	230	0,85	9,77	16,43	37,30	26,20
27	37,04	230	0,85	7,24	11,25	39,17	18,49
TOTAL				207,2 KW			1092,8 KW

Cuadro 19-Potencia instalada

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 82 de 205

4.1.2 Potencia eléctrica absorbida

En este apartado calcularemos la potencia eléctrica que se consume a lo largo de un año debido a la iluminación de nuestro barco. Para ello multiplicaremos la potencia consumida en los diferentes estados del buque por el número de horas que el buque se encuentra en cada estado.

En este proyecto se van a distinguir dos estados diferentes de carga para la iluminación: diurno y nocturno.

Teniendo en cuenta que la disponibilidad del buque a lo largo del año es del 100% y que un año tiene un total de 8760 horas y además que el sistema de iluminación utilizado será el mismo en navegación en maniobra y en puerto. Consideraremos que las horas diurnas serán las mismas que las nocturnas, 50% horas diurnas y 50 % horas nocturnas al año, por lo tanto:

Horas al año	Estado de carga
4.380	Diurno
4.380	Nocturno

Tabla 20-Estados de carga

Para calcular la potencia eléctrica consumida durante el día en el buque, multiplicaremos la potencia unitaria de cada sistema de iluminación por el número de luminarias en uso. Para el cálculo anual, lo obtenido lo multiplicaremos por las horas al año que cada estado de carga permanece activo.

Diurno

Durante las horas de luz el consumo en iluminación no es muy elevado, pero existen espacios en el buque que necesitan una iluminación permanente, como pueden ser, la sala de máquinas, estancias sin iluminación exterior, etc...

A continuación se muestra el número de luminaria en servicio durante el día:

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 83 de 205

Cuadros	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7	Tipo 8	Tipo 9	Tipo 10	Tipo 11	Tipo 12	Tipo 13	Tipo 14
1	10	87												
2	3	148												
3		74												
4														
5														
6			60											
7	70		90											
8				10					25		5	5		
9				20							15	15		
10	19			15									20	
11	3			50								25		
12	110			40								20		
13	20												16	
14	86											15	16	
15	8			8									5	
16	26												40	
17													15	
18	2			62								60	80	
19	20			62								30	70	
20	23			40								20	20	
21	45											15	20	
22	6			8									10	
23	3												50	
24	21			4								42	15	
25													100	
26	2			74								35	30	
27	2												40	
Potencia unitaria	36	36	72	36	150	400	1000	2000	80	60	40	50	50	60

Tabla 21-Numero de luminarias diurnas

Una vez tenemos el número de luminarias y su potencia unitaria, procedemos a calcular potencia consumida durante el día.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 84 de 205

Cuadros	Intensidad consumida (kA)	Tensión (V)	FDP	Potencia consumida (KW)
1	17,86	230	0,85	3,49
2	27,81	230	0,85	5,44
3	13,63	230	0,85	2,66
4	0,00	230	0,85	0,00
5	0,00	230	0,85	0,00
6	22,10	230	0,85	4,32
7	46,04	230	0,85	9,00
8	14,37	230	0,85	2,81
9	10,59	230	0,85	2,07
10	11,38	230	0,85	2,22
11	16,15	230	0,85	3,16
12	32,74	230	0,85	6,40
13	7,77	230	0,85	1,52
14	23,76	230	0,85	4,65
15	4,23	230	0,85	0,83
16	15,32	230	0,85	3,00
17	3,84	230	0,85	0,75
18	47,59	230	0,85	9,30
19	40,68	230	0,85	7,95
20	21,83	230	0,85	4,27
21	17,24	230	0,85	3,37
22	5,14	230	0,85	1,00
23	13,34	230	0,85	2,61
24	19,18	230	0,85	3,75
25	25,58	230	0,85	5,00
26	30,62	230	0,85	5,99
27	10,60	230	0,85	2,07
TOTAL				97,6 KW

Tabla 22-Potencia diurna consumida

Nocturno

Durante la noche, el consumo de energía necesaria para la iluminación del buque se dispara. Además de los espacios iluminados durante el día, existen numerosos espacios utilizados por el pasaje que deben de estar continuamente iluminados.

En la siguiente tabla definiremos la cantidad de luminarias encendidas durante la noche así como la potencia unitaria de cada luminaria.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 85 de 205

Cuadros	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7	Tipo 8	Tipo 9	Tipo 10	Tipo 11	Tipo 12	Tipo 13	Tipo 14
1	10	87												
2	3	148												
3		74												
4					5	4	5			50				
5					11	4	4	2		85				
6		20	121			4								
7	137	18	181			2								
8				20					56		15	10		
9				50					3		32	35		
10	20			38									50	
11	5			104								52		
12	210			80								40		
13	20												35	
14	86											35	33	
15	10	5		8		2							18	
16	30									83			92	25
17													28	
18	5			62								25	136	
19	20			62								50	130	
20	23			40		2						40	30	
21	92											35	38	
22	10	5		8									17	
23	3	4				2							95	13
24	21	4		4								87	30	
25													125	
26	2			74								75	65	
27	2	8				3							70	31
Potencia unitaria (KW)	36	36	72	36	150	400	1000	2000	80	60	40	50	50	60

Tabla 23-Numero de luminarias nocturnas

Una vez tenemos el número de luminarias y su potencia unitaria, procedemos a calcular potencia consumida durante el día.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 86 de 205

Cuadros	Intensidad consumida (kA)	Tensión (V)	FDP	Potencia consumida (KW)
1	17,86	230	0,85	3,49
2	28,17	230	0,85	5,51
3	13,63	230	0,85	2,66
4	52,94	230	0,85	10,35
5	83,63	230	0,85	16,35
6	56,43	230	0,85	11,03
7	99,29	230	0,85	19,41
8	33,66	230	0,85	6,58
9	25,93	230	0,85	5,07
10	23,47	230	0,85	4,59
11	33,37	230	0,85	6,52
12	63,63	230	0,85	12,44
13	12,63	230	0,85	2,47
14	33,23	230	0,85	6,50
15	12,93	230	0,85	2,53
16	62,20	230	0,85	12,16
17	7,16	230	0,85	1,40
18	53,51	230	0,85	10,46
19	61,14	230	0,85	11,95
20	33,60	230	0,85	6,57
21	35,61	230	0,85	6,96
22	8,58	230	0,85	1,68
23	29,68	230	0,85	5,80
24	34,53	230	0,85	6,75
25	31,97	230	0,85	6,25
26	49,80	230	0,85	9,74
27	35,40	230	0,85	6,92
TOTAL				202,1 KW

Tabla 24-Potencia nocturna consumida

Podemos observar que la potencia eléctrica absorbida por el sistema de iluminación durante la noche, se aproxima a la potencia eléctrica instalada dedicada a la iluminación.

4.1.3 Instalación nueva luminaria

El cambio de una instalación de alumbrado existente por una energéticamente más eficiente supondrá una inversión inicial pero, en un futuro, los costes de operación y mantenimiento se verán reducidos

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 87 de 205

En los últimos años se han logrado un gran número de notables mejoras en lo referido a la iluminación. Una de dichas mejoras ha sido la evolución de la tecnología LED.

Las siglas LED corresponden a “Diodo emisor de luz”. Un diodo es un dispositivo electrónico formado por dos materiales semiconductores diferentes que permiten circular corriente eléctrica en una sola dirección. Este movimiento provoca una liberación de energía que se manifiesta en forma de luz.

No es ninguna sorpresa que la iluminación LED está alcanzando una gran popularidad. En comparación con el alumbrado tradicional, los LEDs son extremadamente eficientes y duraderos. Son ideales para una gran cantidad de aplicaciones, desde la iluminación exterior del buque hasta la decoración de zonas comunes en el interior o incluso la iluminación de lugares de difícil acceso, donde la longevidad de los LEDs es fundamental.

La iluminación con LED ofrece las siguientes ventajas:

- Vida útil extremadamente larga. Pueden llegar a durar 20 años de uso normal.
- A prueba de impactos ya que los LEDs no utilizan vidrio ni filamentos frágiles, por lo que son muy sólidos y más duraderos que cualquier otra fuente de luz.
- Alta eficiencia energética. Los LEDs necesitan mucha menos energía que las lámparas convencionales, apenas una fracción de la energía consumida por éstas. Su uso es más económico porque consumen menos energía para producir una luz brillante.
- Seguridad a baja tensión Los LEDs utilizan muy baja tensión con las consiguientes ventajas en costes y seguridad.
- Baja emisión térmica. Los LEDs generan muy poco calor, por lo que son más seguros de usar y no dañan los objetos iluminados.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 88 de 205

- **Tamaño.** Sus reducidas dimensiones permiten el desarrollo de soluciones con diseños compactos y fáciles de utilizar y mantener, al tiempo que facilitan un control preciso de la dirección del haz de luz en cada aplicación.
- **Encendido inmediato.** A diferencia de otras lámparas conocidas, en los LEDs se produce de forma instantánea.
- **Posibilidad de regulación y control,** incluyendo cambios y variaciones de color sin apenas limitación.

En este apartado calcularemos la potencia eléctrica que somos capaces de ahorrar al cambiar la iluminación convencional que lleva instalada el barco por luminaria LED de alta eficiencia.

A continuación mostraremos el consumo de potencia de los sistemas LEDs elegidos y en el apartado “Elección de elementos” los describiremos dichos sistemas de forma detallada.

Tipo	Potencia iluminación convencional (W)	Potencia tecnología LED (W)	Ahorro (%)
1	36	20	44,4
2	36	20	44,4
3	72	38	47,2
4	36	20	44,4
5	150	70	53,33
6	400	150	62,5
7	1000	400	60
8	2000	1000	50
9	80	22	70
10	60	24	60
11	40	8	80
12	50	27	46
13	50	10	80
14	60	15	75

Tabla 25-Consumos luminaria nueva

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 89 de 205

Como podemos observar en la tabla, existe una gran diferencia de consumo entre la iluminación convencional y la iluminación LED, llegando en algún caso a un 80 % de ahorro energético.

Debemos tener en cuenta, que dicho ahorro no solo se refleja en potencia eléctrica, sino también en vida útil. Un uso adecuado de la tecnología LED puede alargar la vida útil de la luminaria una media de 50.000 horas.

En la siguiente tabla calcularemos la potencia consumida por nuestro nuevo alumbrado LED en las dos situaciones de carga, en este caso FDP 0,95:

Diurno

Cuadros	Intensidad consumida (kA)	Tensión (V)	FDP	Potencia consumida (KW)
1	8,88	230	0,95	1,94
2	13,82	230	0,95	3,02
3	6,77	230	0,95	1,48
4	0,00	230	0,95	0,00
5	0,00	230	0,95	0,00
6	10,43	230	0,95	2,28
7	22,06	230	0,95	4,82
8	5,15	230	0,95	1,13
9	4,23	230	0,95	0,93
10	4,03	230	0,95	0,88
11	7,94	230	0,95	1,74
12	16,20	230	0,95	3,54
13	2,56	230	0,95	0,56
14	10,46	230	0,95	2,29
15	1,69	230	0,95	0,37
16	4,28	230	0,95	0,94
17	0,69	230	0,95	0,15
18	16,93	230	0,95	3,70
19	14,42	230	0,95	3,15
20	9,15	230	0,95	2,00
21	6,89	230	0,95	1,51
22	1,74	230	0,95	0,38
23	2,56	230	0,95	0,56
24	8,16	230	0,95	1,78
25	4,58	230	0,95	1,00
26	12,65	230	0,95	2,77
27	2,01	230	0,95	0,44
TOTAL				43,3 KW

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 90 de 205

Tabla 26-Consumos diurnos, nueva luminaria

Nocturno

Cuadros	Intensidad consumida (A)	Tensión (V)	FDP	Potencia consumida (KW)
1	8,88	230	0,95	1,94
2	14,00	230	0,95	3,06
3	6,77	230	0,95	1,48
4	18,99	230	0,95	4,15
5	32,08	230	0,95	7,01
6	25,62	230	0,95	5,60
7	47,04	230	0,95	10,28
8	8,34	230	0,95	1,82
9	10,38	230	0,95	2,27
10	7,60	230	0,95	1,66
11	16,40	230	0,95	3,58
12	31,49	230	0,95	6,88
13	3,43	230	0,95	0,75
14	13,71	230	0,95	3,00
15	4,30	230	0,95	0,94
16	17,79	230	0,95	3,89
17	1,28	230	0,95	0,28
18	15,45	230	0,95	3,38
19	19,63	230	0,95	4,29
20	13,46	230	0,95	2,94
21	14,49	230	0,95	3,17
22	2,88	230	0,95	0,63
23	6,36	230	0,95	1,39
24	14,41	230	0,95	3,15
25	5,72	230	0,95	1,25
26	19,20	230	0,95	4,20
27	8,31	230	0,95	1,82
TOTAL				84,8 KW

Tabla 27-Consumos nocturnos, nueva luminaria

Podemos observar el decremento de la potencia necesaria para la iluminación del buque. Gracias a la tecnología LED hemos conseguido disminuir dicha potencia eléctrica en un 44,36% durante el día y en un 41,95% durante la noche.

Podemos incrementar aún más la eficiencia en la iluminación del buque. Con la ayuda de un estudio lumínico podríamos instalar en el barco sistema de control lumínica como, detectores de movimiento, células fotovoltaicas,

PROYECTO FIN DE CARRERA		
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 91 de 205

conmutadores horarios, etc...aunque ese tipo de eficiencia ya entraría en la parte de eficiencia energética activa.

4.1.4 Calculo del ahorro energético

En el siguiente apartado calcularemos la potencia ahorrada y su consiguiente ahorro económico propiciador por el cambio de luminaria. Para ello calcularemos en primer lugar y de forma conservadora, lo que cuesta producir un kilo vatio hora eléctrico (kWhe) en nuestro buque. Para ello utilizaremos la siguiente formula

$$C_{kWhe} = \frac{C_{esp}}{\eta_t \cdot \eta_d}$$

dónde:

- C_{kWhe} = consumo de combustible por kwh eléctrico producido.
- C_{esp} = consumo específico de combustible del motor Diesel para generar un kwh mecánico (dato del fabricante del motor)
- η_t = pérdidas por transformación
- η_d = pérdidas por distribución

Por lo tanto:

$$C_{kWhe} = \frac{136 \text{ gr}/kWh_{mec}}{0,95 \cdot 0,9} = 204,67 \text{ gr}/kWhe$$

A continuación calcularemos la potencia ahorrada a lo largo de un año en los dos estados de carga, al instalar la nueva luminaria.

$$Pot. \text{ elec. ahorrada} = (Pot. \text{ Lumin. ant.} - Pot. \text{ Lumin. nue.}) \cdot h/\text{año}$$

$$\text{Diurno: } Pot. \text{ e. aho. año} = (97,6 - 43,3) \cdot 4.380 = 237.834 \text{ kWhe/año}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 92 de 205

$$\text{Nocturno: } Pot. e. aho. \text{ año} = (202,1 - 84,8) \cdot 4.380 = \mathbf{513.774 \text{ kWhe/año}}$$

$$\text{Total: } 237.834 + 513.774 = \mathbf{751.608 \text{ kWhe/año}}$$

Por lo tanto el combustible ahorrado a lo largo de un año será:

$$Comb. aho. \text{ año} = Pot. e. aho. \text{ año} \cdot C_{kWhe}$$

$$Cm. aho. \text{ año} = 751.608 \text{ kWhe/año} \cdot \frac{204,64 \text{ gr/kWhe}}{1.000.000 \text{ gr/Tm}} = \mathbf{153,81 \text{ Tm año}}$$

4.1.5 Calculo del ahorro económico

Tomando como referencia el precio de una tonelada de combustible Diésel a día 21/06/2013 es de 613 €/Tm, por lo tanto:

$$Ahorro \text{ economico} = Comb. aho. \text{ año} \cdot Coste \text{ combustible} / Tm$$

$$\text{Ahorro economico} = \mathbf{153,81 \cdot 613 = 94.285,53 \text{ €/año}}$$

A de tenerse en cuenta que existe otro beneficio económico al instalar estas lámparas y es debido a su larga duración. Con una media de 50000 horas de vida existe una gran diferencia con respecto a las lámparas que el buque llevaba instaladas.

4.1.6 Calculo de las emisiones de CO2

Una de las metas principales de nuestro trabajo es la reducción de las emisiones de CO₂ a la atmosfera. En este apartado calcularemos las toneladas que hemos dejado de emitir al no utilizar las toneladas de combustible ahorrado.

Para calcular dicha reducción de emisiones de CO₂ utilizaremos los datos aportados por el fabricante en la que se nos indica que para cada kWh mecánico producido por sus motores se generan 560 y 620 gramos de CO₂.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 93 de 205

Nosotros realizaremos un cálculo de la emisión de CO₂ conservador y supondremos que se generan 560 gramos de CO₂ por cada kWh mecánico, producido, por lo tanto:

$$Emisión\ de\ CO_2\ específica = gr\ CO_2 / kWh_{e} = \frac{gr\ CO_2 / kWh_{mec}}{\eta_t \cdot \eta_d}$$

$$Emisión\ de\ CO_2\ específica = gr\ CO_2 / kWh_e = \frac{560}{0,95 \cdot 0,9}$$

$$= 654,9\ gr\ CO_2 / kWh_e$$

Ya solo nos quedara multiplicar los gramos de CO₂ que genera cada kWh_e consumido por el número de kWh_e que hemos conseguido ahorrar:

$$Ahorro\ neto\ Tm\ CO_2\ al\ año = gr\ CO_2 / kWh_e \cdot kWh_e / año$$

$$Ahorro\ neto\ Tm\ CO_2\ al\ año = \frac{654,9\ gr\ CO_2 / kWh_e}{1.000.000\ gr / Tm} \cdot 751.608\ kWh_e / año$$

$$= 492,23\ Tm\ CO_2 / año$$

5. Eficiencia energética activa

La eficiencia energética activa se define como el cambio permanente que se consigue mediante el uso de las mediciones, la monitorización y el control del uso de la energía.

En el caso de la eficiencia energética activa el control del uso de la energía se realizara gracias a sistemas de control que nos permitan optimizar su uso decidiendo en cada momento la energía justa y necesaria.

Los sistemas auxiliares más importantes de nuestro barco poseen un gran potencial de control, lo que nos permitiría importantes ahorros energéticos. La climatización del buque es un buen ejemplo ya que es necesario un gran

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 94 de 205

aporte de energía para mantener las condiciones necesarias en las distintas partes del buque.

Para el control del sistema de refrigeración y climatización podremos estudiar la instalación de un controlador que optimice la programación del compresor y del ventilador proporcionará un control de la temperatura y un funcionamiento mejorado, consiguiendo importantes ahorros energético.

Se pueden combinar distintos métodos para conseguir ahorros entre el 15 y el 30% en los costes energéticos para dicho sistema. Algunos de ellos son:

- Programar el punto de ajuste de temperatura en función de la ocupación.
- Adaptar la potencia de calefacción o refrigeración según las necesidades reales del buque.
- Elevar la temperatura al nivel cómodo cuando se detecte la presencia de pasaje.
- Adaptar el flujo de ventilación según la ocupación o el nivel de contaminación del aire interno.
- Recuperar energía de calefacción o refrigeración del aire extraído.

La iluminación sería otro de los sistemas en los que al aplicar una regulación y un control se alcanzarían grandes tasas de ahorro energético. Cambiar los sistemas de iluminación antiguos por otros que ahorren energía es un primer paso que debe completarse con el uso de dispositivos eficaces que activen y desactiven las luces cuando sea necesario y adapten la iluminación según la ocupación o la intensidad.

Las soluciones pueden abarcar desde medidas pequeñas y muy locales, como los temporizadores, hasta soluciones centralizadas muy sofisticadas y personalizadas pero también flexibles que formen parte de los sistemas de automatismo del buque.

Por último hablaremos de la regulación y el control de las bombas y ventiladores accionados por motores eléctricos. En una instalación

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 95 de 205

convencional de bombeo y ventilación, el motor eléctrico recibe directamente la alimentación de la línea eléctrica y funciona a su velocidad nominal.

La oportunidad de ahorro energético con la variación de velocidad se fundamenta en el hecho de que la bomba o ventilador opera fuera de su punto de operación óptimo en la mayoría de los casos.

En la gran parte de las aplicaciones, la regulación final de la bomba (caudal o presión) se realiza mecánicamente mediante una válvula a la descarga o con bypass. Cerrando las válvulas parcialmente se puede reducir el caudal mientras que el motor continúa operando a la misma velocidad. Con este método incluso cuando se reduce el caudal de forma apreciable, el consumo del motor se reduce ligeramente. Lo mismo sucede en la regulación de ventiladores, el caudal y la presión están regulados por dampers tanto en la admisión como en la salida, produciendo una pérdida de energía.

De todos los sistemas de eficiencia energética activa descritos, en este proyecto nos centraremos en la regulación de bombas y ventiladores accionados por motores eléctricos ya que su instalación se considera la más factible.

Para conseguir el ahorro de energía sustuiremos, cuando sea factible, el sistema de arranque del motor eléctrico (contactor o arrancador suave) y el dispositivo de restricción o regulación del sistema por un variador de frecuencia que permite ajustar la velocidad del sistema y, por lo tanto, el flujo.

5.1 Regulación y control de motores eléctricos

Como hemos comentado en el apartado anterior, la regulación y el control de motores eléctricos se realizaran mediante la instalación de variadores de frecuencia. Los variadores son dispositivos electrónicos, que permiten el control completo de motores eléctricos de inducción; los hay de corriente continua (CC) (variación de la tensión), y de corriente alterna (CA) (variación

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 96 de 205

de la frecuencia); los más utilizados son los de motor trifásico de inducción y rotor sin bobinar (jaula de ardilla). También se les suele denominar inversores (inverter) o variadores de velocidad.

Su funcionamiento es sencillo, el variador de frecuencia rectifica o transforma la CA de la alimentación en corriente directa (CD), para ello cuenta con un circuito de rectificadores formado por diodos, un contactor interno, unas resistencias y unos capacitores que permiten obtener una CD lo más plana posible (sin rizo). Posteriormente, la CD se transforma nuevamente en CA de la frecuencia deseada diferente o igual a los 50 ciclos por segundo estándar en la línea de alimentación; esta variación de la frecuencia es la que propiciará que el motor gire más rápido a más lento según sea requerido.

Para lograr la conversión de CD a CA, internamente en el inversor existen dos tarjetas electrónicas, una de control que tiene un procesador similar al de una computadora y que es el cerebro del aparato quien mandará a otra tarjeta electrónica llamada de disparo o de potencia que regulará la operación de un circuito de transistores de potencia IGBT quienes son los últimos encargados de formar la nueva corriente alterna de la salida hacia el motor mediante el sistema PWM, "Pulse Width Modulation", "Modulación por ancho de pulso").

Los motores se fabrican para una velocidad nominal o de trabajo determinada, pero mediante el variador de frecuencia dicha velocidad puede controlarse de manera progresiva. Por ejemplo, un motor de 50 Hz y 1500 rpm (4 polos), podría girar, con variación de frecuencia entre 5 y 120 Hz a velocidades comprendidas entre 150 rpm y 3600 rpm según la fórmula siguiente en la que despreciaremos el deslizamiento:

$$n = 60 \frac{f}{2p}$$

dónde : n = velocidad [rpm]

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 97 de 205

f = frecuencia de la red [Hz]

$2p$ = número de pares de polos del motor

Y por lo tanto:

$$n = (60 \cdot 5) / 2 = 150 \text{ rpm}$$

$$n = (60 \cdot 120) / 2 = 3.600 \text{ rpm}$$

Dicha reducción de velocidad produce grandes ahorros de potencia eléctrica. Una bomba centrífuga o un ventilador funcionando a media velocidad sólo consumen un octavo de la energía si se compara a su funcionamiento a plena velocidad. Esto es debido a que la potencia eléctrica absorbida por el motor es proporcional al cubo de la velocidad del eje. Y así lo demuestran las leyes de la afinidad que expresan la relación matemática que existe entre el caudal, la velocidad de la bomba (rpm), la altura y el consumo de energía:

- $\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2}$
- $\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$
- $\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3$

dónde : Q = caudal [m³/h]

N = velocidad de la bomba [rpm]

H = altura [bar]

P = potencia [kW]

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 98 de 205

Las leyes muestran que incluso una pequeña reducción en la velocidad se convertirá en reducciones importantes de potencia y, por tanto, de consumos energéticos. Las leyes son la base de los ahorros energéticos.

Esta ley presupone que la eficiencia de la bomba o ventilador permanece constante, es decir, $\eta_1 = \eta_2$.

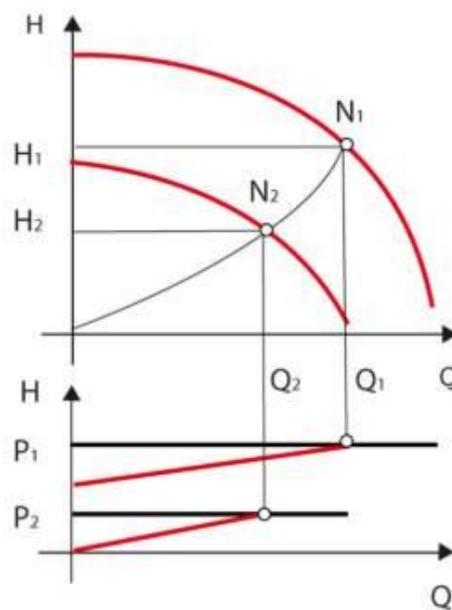


Gráfico 2-Comparativa caudal, potencia y altura manométrica

Sin variador de frecuencia, la regulación se efectúa mediante mecanismos auxiliares, tales como válvulas, instalados usualmente a la salida del equipo accionado por el motor, con la pérdida de energía que ello conlleva.

El uso de variadores de frecuencia en el barco nos aporta numerosas ventajas, entre ellas:

- El par de salida se adapta para satisfacer el requisito de par real de los sistemas ofreciendo así una velocidad precisa y un menor consumo de energía eléctrica.
- Los convertidores de frecuencia hacen posible que las bombas y ventiladores se adapten a las variaciones repentinas de carga, pero cumpliendo con las características técnicas de los motores.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 99 de 205

- Posibilidad de aumentar la velocidad del motor, en caso de que sea necesario, por encima de su velocidad nominal.
- Ahorro en mantenimiento, por no contar con piezas mecánicas que puedan sufrir envejecimiento por desgaste mecánico.
- Posibilidad de realizar lazos de control y de interactuar con el proceso gracias a que actualmente muchos variadores de velocidad cuentan con funciones de control PID, además de activar señales de alarmas en casos de falla del proceso entre otras muchas posibilidades.
- Contar con la posibilidad de funciones de PLC básico, y de frenado dinámico.
- Tener accesibilidad y control desde cualquier punto.

El sistema con variador de frecuencia no produce un arranque violento del motor eléctrico con picos de intensidad. Por lo tanto, tienen las siguientes ventajas sobre los arrancadores suaves o por contactor:

- No causan problemas eléctricos debidos a transitorios de tensión y de intensidad provocados por los arranques directos o en estrella-triángulo que pueden sobrecargar la red y provocar variaciones de tensión inaceptables e interfieren en el funcionamiento de otros equipos eléctricos conectados a la red.
- No existen problemas mecánicos que afectan a todo el accionamiento, desde el propio motor hasta el equipo accionado, que incluso pueden llegar a provocar esfuerzos extremos en los materiales.
- No hay problemas funcionales, como aumentos bruscos de presión en conducciones de líquidos.

En la siguiente tabla mostraremos los sistemas del buque que han sido objeto de análisis para decidir la instalación o no del variador de frecuencia en sus motores eléctricos:

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 100 de 205

UNIDAD	ELEMENTO	VARIADOR (Si/No)
4	Bombas de agua salada MMPP	Si
2	Bombas de agua salada MMAA	Si
4	Bombas de prelubricación de aceite MMPP	No
8	Bombas de combustible MMPP	Si
2	Bomba centrífuga de achique sentinas	No
1	Bomba alternativa achique de sentinas	No
2	Bombas de lastre	No
1	Bomba agua salada evaporador	No
2	Bombas condensador gambuza	No
4	Bombas de alimentación caldera	Si
4	Bombas alimentación caldera recuperación	Si
2	Unidades servomotor	No
2	Ventilador aire de admisión caldera	No
1	Bomba alimentación agua salada osmosis	No
2	Bomba agua sanitaria caliente	Si
3	Bombas agua sanitaria fría	Si
6	Ventilador/extractor sala de maquinas	No
1	Ventilador/extractor servotimon	No
1	Ventilador sala AACC	No
6	Compresores	No

Tabla 29-Elementos del buque

De las 4 bombas de las que consta el sistema de refrigeración de agua salada del MMPP se colocara variador a la mitad de ellas, al igual que en circuito de refrigeración de los MMAA, ya que el resto son bombas de respeto a las que debido rápida disponibilidad en caso de emergencia y a su poco uso a lo largo del año no es factible la instalación del variador en ellas.

Las bombas de prelubricación se conectan poco tiempo antes del arranque de los MMPP por lo que su uso es muy limitado.

Las bombas de combustible cumplen dos funciones. En el mismo sistema, unas bombas mantienen lleno el tanque de desaireación y otras funcionan continuamente suministrando al motor el combustible necesario, funcionando siempre al 100%. Se instalaran variadores de frecuencia en una bomba de cada sistema que suministran el fueloil al desaireador y así, con la ayuda de un transmisor de nivel analógico, mantendremos el nivel del tanque constante.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 101 de 205

Existen dos sistemas de combustible, babor y estribor, por lo tanto colocaremos variados en dos bombas.

Las bombas de lastre son bombas de gran potencia que en este tipo de buques se utilizan unas 600 horas al año para dotar al buque de una estabilidad cómoda para los pasajeros. Por lo tanto podría ser factible la instalación de un variador de frecuencia en una de las dos bombas del sistema, pero debido que su utilización siempre es al 100% no necesita regulación.

Parecido es el caso de las bombas de sentina (centrifuga y alternativa) puesto que son bombas utilizadas en momentos puntuales y que igualmente no necesitan regulación, ya que se conecta para achicar la sentina y cuando esta se vacía se desconectan.

La producción de agua dulce, tanto sanitaria como para sus diferentes usos en la máquina, se realiza mediante un sistema de ósmosis inversa y por un evaporador de vacío. Las bombas que alimentan dichos evaporadores funcionan solo en determinados momentos del día en el que la demanda de agua es elevada y sobre todo, estas bombas funcionan siempre al 100% de capacidad, por lo que la instalación de un variador no es necesaria en ninguno de los dos casos

Frecuentemente las bombas de agua de alimentación de las calderas están sobredimensionados, funcionando una gran parte del tiempo en condiciones muy por debajo de las nominales.

Por este motivo, los sistemas empleados para la regulación del caudal provocan pérdidas de energía durante gran parte del tiempo. La sustitución de los sistemas convencionales de regulación por variadores de frecuencia evita esta pérdida de energía. Con el uso del variador en la regulación de la caldera también logramos que la respuesta ante los cambios repentinos de carga sea inmediata y mucho más precisa.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 102 de 205

Por lo tanto colocaremos variadores de frecuencia en 2 de las 4 bombas que suministran el agua de alimentación a las calderas auxiliares y a las recuperadoras.

El las bombas hidráulicas que accionan los servotimones será inviable su colocación, ya que son sistemas críticos en los que el ahorro de energía no compensa al aumento de riesgo que toda modificación conlleva.

Nuestro buque consume una gran cantidad de agua sanitaria y para mantener la presión en las líneas utiliza 5 bombas (2 para el agua caliente 3 para el agua fría) y dos tanques hidróforos. Se implantara variador de frecuencia en las 5 bombas para mantener la presión de la línea constante llegando a pararse la bomba si fuera necesario.

Existen numerosos ventiladores en el buque, y aunque el uso de variadores de frecuencia para regular la velocidad de ventiladores está muy extendido. No los incluiremos en nuestro proyecto, ya que sería necesaria la realización de un estudio completo aparte para definir los distintos parámetros de ventilación, como son caudal y la temperatura del aire, renovaciones de aire, etc...

Existen aplicaciones terrestres en la que se instalan variadores de frecuencia en los compresores. En el ámbito naval su aplicación debería ser estudiada en detalle, en este caso no incluimos su instalación.

En los siguientes apartados concretaremos los cálculos para cada elemento al que se le va a instalar variador de frecuencia. Para ello es muy importante definir la cantidad de horas que cada elemento va a estar trabajando a un régimen determinado para calcular y comparar la potencia consumida antes y después de la instalación del variador. Para poder ayudarnos en nuestros cálculos, a continuación definiremos los servicios que el buque realiza y las horas de cada uno de ellos emplean a lo largo del año.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 103 de 205

Servicios	Numero de servicios	Horas del servicio	Horas al año
Navegación	180	34	6.120
Maniobra	360	1	360
Puerto	180	6	1080

Tabla 30-Servicios del buque

La diferencia hasta las 8.760 horas que tiene un año, es decir 1.200 horas, se destinaran a periodos de reparación o mantenimiento en dique.

5.2 Programa de ayuda ECO2

En los siguientes apartados desarrollaremos los cálculos necesarios para conocer las potencias consumidas por los elementos objeto de estudio antes de instalarles el variador de frecuencia y después. Para ello en primer lugar lo desarrollaremos para las bombas de refrigeración de forma teórica explicando cada paso. Para los demás dispositivo utilizaremos un programa de cálculo suministrado por la empresa “Schneider electric” llamado ECO2.0, al que se accede de forma gratuita desde la página web que aparece en la bibliografía.

Los parámetros que pide el programa para la realización de los cálculos son:

- Elección de elemento (bomba o ventilador)
- Sistema de regulación
- Tensión de alimentación (V)
- Potencia del motor kW
- Rendimiento del motor (%)
- Tipo de variador
- Tiempo de funcionamiento
- Horas al año en cada estado de carga

5.2.1 Bombas de refrigeración

Como hemos dicho en el apartado 5.1, dotaremos de variador de frecuencia a dos bombas del sistema de refrigeración de baja temperatura del MM.PP y a una bomba de la refrigeración de baja temperatura de los MM.AA, serán

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 104 de 205

las que funcionen normalmente, dejando las bombas de respeto sin variador para fallo, mantenimientos o emergencia.

El variador de frecuencia hará que la temperatura se mantenga en un determinado rango, variando la velocidad de giro de la bomba en cada diferente estado de carga del motor. Para conseguir dicha regulación se deberán disponer transmisores de temperatura en la salida de agua de alta del intercambiador, los cuales mandaran la señal a los variadores de frecuencia para actuar según los rangos de respuesta a los que estén configurados.

Para poder calcular el ahorro con la instalación de dichos elementos debemos aproximar las diferentes situaciones de carga y cantidad de horas en cada carga, que las bombas van a trabajar a lo largo del año.

Para dicha aproximación debemos tener numerosos factores en cuenta, como:

- Diferente temperatura del agua dependiendo de la estación en la que nos encontremos. Definiremos dos estaciones de 6 meses cada una verano e invierno.
- Los MM.PP se paran cada vez que se llega a puerto y se arrancan una hora antes de partir. Al arrancar el MM.PP la bomba queda en stand-by durante unos instantes.
- La limpieza de los intercambiadores de calor también influirá en la carga de la bomba de refrigeración.
- La velocidad del motor también será un factor decisivo ya que no es necesaria la misma refrigeración al 80% de motor que al 20%.
- Se considera posee un sobredimensionamiento de un 10%.

En las siguientes tablas definiremos las horas que a lo largo del año las bombas de refrigeración van a utilizar para cubrir los distintos servicios, la cantidad de horas que emplean en los diferentes estados de carga así como la potencia unitaria de cada elemento:

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 105 de 205

Elemento	Navegación(h)	Maniobra(h)	Puerto(h)	Total (h)
B. refrigeración MM.PP	6.120	360		6.480
B. refrigeración MM.AA	6.120	360	1.080	7.560

Tabla 31-Horas de funcionamiento

Estados de carga										
Flujo nominal	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Funcionamiento bomba MM.PP (%)	2	5	0	0	15	13	10	15	10	30
Funcionamiento bomba MM.AA (%)	3	6	2	10	20	10	8	4	7	30

Tabla 32-Estados de carga

Elemento	Potencia unitaria (kWh)
Bomba refrigeración MM.PP	20
Bomba refrigeración MM.AA	15

Tabla 33-Potencia unitaria

Es importante aclarar que los siguientes cálculos son los cálculos teóricos, con lo que consideraremos que la potencia absorbida por el motor sin variador será siempre la nominal, aunque en realidad exista una pequeña absorción de potencia si la carga es menor. Otra consideración a tener en cuenta es que en el variador estudiado, las variaciones de carga provocan iguales variaciones en la frecuencia, es decir; 10% carga = 10% frecuencia nominal. No se tienen en cuenta los rendimientos del motor eléctrico, 93%, ni del variador de frecuencia, 97%.

Por lo tanto la potencia absorbida por las bombas de refrigeración del MM.PP y de los MM.AA sin la utilización de variador a lo largo de un año será:

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 106 de 205

$$P_{abs} = P_{unitaria} \cdot \text{Horas año} = (\text{kWh/año})$$

Para una bomba de refrigeración del MM.PP:

$$P_{abs} = 20 \cdot 6480 = 129.600 \text{ kWh/año}$$

Para una bomba de refrigeración del MM.AA:

$$P_{abs} = 15 \cdot 7.560 = 113.400 \text{ kWh/año}$$

Ahora calcularemos la potencia consumida por dichas bombas a lo largo de un año con el variador de velocidad instalado, aplicando las leyes de la afinidad y los estados de carga definidos con anterioridad:

Bomba de refrigeración MM.PP: $P_1=20 \text{ kW}$ y $f_1=50\text{Hz}$

- al 10% de carga:

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{N_1}{N_2}\right)^3$$

$$P_2 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3 \cdot P_1 = \left(\frac{60 \frac{f_2}{2p}}{60 \frac{f_1}{2p}}\right)^3 \cdot P_1$$

$$P_2 = \left(\frac{0,1 \cdot f_1}{f_1}\right)^3 \cdot P_1 = (0,1)^3 \cdot P_1$$

$$P_2 = (0,1)^3 \cdot 20 = 0,02 \text{ kW}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 107 de 205

- al 20% de carga:

$$\frac{P_1}{P_3} = \left(\frac{N_1}{N_3}\right)^3$$

$$P_3 = \left(\frac{0,2 \cdot f_1}{f_1}\right)^3 \cdot P_1 = (0,2)^3 \cdot P_1$$

$$P_3 = (0,2)^3 \cdot 20 = 0,16 \text{ kW}$$

- al 50% de carga:

$$\frac{P_1}{P_4} = \left(\frac{N_1}{N_4}\right)^3$$

$$P_4 = \left(\frac{0,5 \cdot f_1}{f_1}\right)^3 \cdot P_1 = (0,5)^3 \cdot P_1$$

$$P_4 = (0,5)^3 \cdot 20 = 2,5 \text{ kW}$$

- al 60% de carga:

$$\frac{P_1}{P_5} = \left(\frac{N_1}{N_5}\right)^3$$

$$P_5 = \left(\frac{0,6 \cdot f_1}{f_1}\right)^3 \cdot P_1 = (0,6)^3 \cdot P_1$$

$$P_5 = (0,6)^3 \cdot 20 = 4,32 \text{ kW}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 108 de 205

- al 70% de carga:

$$\frac{P_1}{P_6} = \left(\frac{N_1}{N_6}\right)^3$$

$$P_6 = \left(\frac{0,7 \cdot f_1}{f_1}\right)^3 \cdot P_1 = (0,7)^3 \cdot P_1$$

$$P_6 = (0,7)^3 \cdot 20 = 6,86 \text{ kW}$$

- al 80% de carga:

$$\frac{P_1}{P_7} = \left(\frac{N_1}{N_7}\right)^3$$

$$P_7 = \left(\frac{0,8 \cdot f_1}{f_1}\right)^3 \cdot P_1 = (0,8)^3 \cdot P_1$$

$$P_7 = (0,8)^3 \cdot 20 = 10,24 \text{ kW}$$

- al 90% de carga:

$$\frac{P_1}{P_8} = \left(\frac{N_1}{N_8}\right)^3$$

$$P_8 = \left(\frac{0,9 \cdot f_1}{f_1}\right)^3 \cdot P_1 = (0,9)^3 \cdot P_1$$

$$P_8 = (0,9)^3 \cdot 20 = 14,58 \text{ kW}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 109 de 205

- al 100% de carga: $P_9=P_1$

$P_9=20\text{kW}$

Potencia al año										
Flujo nominal	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Horas al año(h)	129	324	0	0	972	842	648	972	648	1.944
Potencia en cada estado (kW)	0,02	0,16	0	0	2,5	4,32	6,86	10,24	14,58	20
Potencia total (kWh/año)	2,58	51,84	0	0	2.430	3.637	4.445	9.953	9.447	38.880
ΣP Total	68848,26 kWh/año									

Tabla 34-Potencia consumida a lo largo del año

Diferencia de consumos:

Consumo sin variador	129.600 kWh/año
Consumo con variador	68.848,26 kWh/año
Diferencia	60.750,74 kwh/año (53,12%)

Tabla 35-Diferencia de consumo

Son dos las bombas de refrigeración a las que se les va a instalar el variador de frecuencia, así que a los datos anteriores los multiplicaremos por dos, obteniéndose:

Consumo sin variador	259.200 kWh/año
Consumo con variador	137.696,52 kWh/año
Diferencia	121.501,48 kwh/año (53,12%)

Tabla 36-Diferencia de consumo total

Como se expresó al empezar los cálculos, estos valores son los teóricos, en los que tuvimos en cuenta las consideraciones citadas con anterioridad.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 110 de 205

Pero los valores que utilizaremos en nuestro estudio sobre eficiencia serán los valores obtenidos a partir del programa ECO2, cuyos resultados se adjuntan en el ANEXO 1

5.2.2 Bomba combustible

Existen ocho bombas de desplazamiento positivo que hacen llegar fueloil a las bombas de inyección de los motores de forma continua. Se distribuyen en cuatro bombas para el eje de motores de babor y cuatro para el de estribor. Se colocara variador de frecuencia en las bombas que suministran el fueloil al desaireador, una de cada pareja, dejando una siempre a disposición en caso de mantenimiento, fallo o emergencia.

Para poder realizar los cálculos de potencia se deberá aproximar el número de horas que las bombas trabajan en los diferentes estados. Para dicha aproximación se supondrán los diferentes estados de carga de la bomba a lo largo del año. Las bombas actuaran en función de la señal del transmisor de nivel analógico y así mantener el nivel de dicho tanque igual en momento.

A continuación mostraremos las horas de funcionamiento a lo largo del año, los diferentes estados de carga y la potencia unitaria de la bomba.

Elemento	Navegación(h)	Maniobra(h)	Puerto(h)	Total (h)
B. combustible MM.PP	6.120	360	180	6.660

Tabla 37-Horas de funcionamiento

Estados de carga										
Flujo nominal	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Funcionamiento bomba MM.PP (%)	0	0	10	0	20	0	20	50	0	0

Tabla 38-Estados de carga

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 111 de 205

Elemento	Potencia unitaria (kW)
Bomba combustible MM.PP	2

Tabla 39-Potencia unitaria

Los cálculos de eficiencia energética de las bombas de combustible los podemos encontrar en el ANEXO1

5.2.3 Sistemas auxiliares de calderas

Los elementos objeto de nuestro estudio serán:

- Bombas de agua de alimentación de calderas
- Bombas de agua de alimentación de calderas de recuperación

La implantación de los variadores de frecuencia se realiza en calderas de nueva construcción ya que aumentan la eficiencia en valores significativos.

En las bombas de alimentación, la utilización del variador puede suponer un importante ahorro en la cantidad de energía eléctrica consumida. Su funcionamiento dependerá de la demanda de vapor en cada momento suministrando el agua justamente necesaria sin necesidad de utilizar otros métodos de regulación del caudal menos eficientes.

Para la regulación de calderas, tanto pirotubulares como acuotubulares, con variadores de frecuencia debemos instalar controladores de nivel analógicos, en domo de mezcla o en el tanque de acumulación de agua dependiendo si la caldera es acuotubular o pirotubular. Dichos niveles harán actuar al variador de frecuencia para mantener el mismo nivel de agua independientemente de la demanda de vapor.

Supondremos que las calderas auxiliares no se paran ni durante la navegación ni durante la estancia en puerto, solo varia la producción de vapor.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 112 de 205

Por otro lado, el funcionamiento de la bomba de alimentación de la caldera de recuperación dependerá del estado del motor, ya que serán los gases de escape de este, los encargados de suministrar la energía necesaria para la producción de vapor.

Elemento	Navegación(h)	Maniobra(h)	Puerto(h)	Total (h)
B. de agua alimentación caldera	6.120	360	1.080	7.560
B. de agua alimentación C recuperación	6.120	360	180	6.660

Tabla 40-Horas de funcionamiento

Estados de carga										
Flujo nominal	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Funcionamiento bomba caldera (%)	0	0	15	25	10	10	10	30	0	0
Funcionamiento bomba C. Recuperación (%)	0	8	13	4	22	13	15	10	5	10

Tabla 41-Estados de carga

Elemento	Potencia unitaria (kW)
B. de agua alimentación caldera	5,5
B. de agua alimentación c. Recuperación	4

Tabla 42-Potencia unitaria

Los cálculos de eficiencia energética de los sistemas auxiliares de las calderas los podremos encontrar en el ANEXO 1

5.2.4 Bombas de agua sanitaria

Estas bombas son las encargadas hacer llegar a todos los puntos del buque agua sanitaria fría y caliente con presión suficiente.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 113 de 205

Lo que pretendemos es que, con la instalación de variadores de frecuencia en las cinco bombas que forman el sistema, consigamos tener una presión estable en las dos líneas de agua, haciendo que las bombas funcionen dependiendo de la demanda de agua en cada momento.

Mediante la regulación de velocidad el equipo se ajusta a las variaciones de demanda de caudal. En tiempo real, se realiza la lectura de la presión mediante un transmisor de presión con el consiguiente ahorro energético.

En las siguientes tablas se supondrán las horas de funcionamiento de las bombas así como los diferentes estados de carga. También indicaremos la potencia unitaria de cada bomba.

En caso de que la demanda de caudal aumente por encima del valor prefijado, el variador ordena el arranque a las demás bombas auxiliares.

El arranque de ambas bombas se realiza en alternancia y en cascada

Elemento	Navegación(h)	Maniobra(h)	Puerto(h)	Total (h)
B. de agua sanitaria fría	3.060	100	500	3.660
B. de agua sanitaria caliente	2.200	150	600	2.950

Tabla 43-Horas de funcionamiento

Estados de carga										
Flujo nominal	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%
Funcionamiento bomba de agua sanitaria fría (%)	0	8	7	16	12	15	8	12	4	18
Funcionamiento bomba de agua sanitaria caliente (%)	0	3	12	11	12	15	12	17	5	13

Tabla 44-Estados de carga

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 114 de 205

Elemento	Potencia unitaria (kW)
B. de agua sanitaria fría	3.5
B. de agua sanitaria caliente	3.5

Tabla 45-Potencia unitaria

Los cálculos de eficiencia energética de las bombas de agua sanitaria los podemos encontrar en el ANEXO 1

5.2.5 Calculo del ahorro energético

En este apartado calcularemos la reducción de potencia que, gracias a la instalación de variadores de frecuencia, hemos logrado así como el consiguiente ahorro económico. Para ello utilizaremos el dato obtenido en el apartado 4.1.4 sobre la cantidad de combustible consumido en producir un kWhe.

$$C_{kWhe} = \frac{136 \text{ gr}/kWh_{mec}}{0,95 \cdot 0,9} = 204,67 \text{ gr}/kWhe$$

En la siguiente tabla se dispondrán las potencias en kWh ahorradas por cada elemento a lo largo de un año, calculadas con el programa ECO2 y añadidas en el ANEXO 1

Elemento	Pot. Abs. sin variador kWh	Pot. Abs.con variador kWh	Pot. Ahorrada kWh
Bom. Ref. MM.PP	137.743	83.353	54.390
Bom. Ref. MM.AA	120.861	65.419	55.442
Bom. Comb. MM.PP	15.487	6.606	8.881
Bom. Alimn. Caldera	44.926	14.716	30.210
Bom. Alimn. Cal. Recuperación	29.796	11.636	18.160

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 115 de 205

Bom. Agua S. Fria	14.364	6.409	7.955
Bom. Agua S. Caliente	11.667	5.073	6.594
		Total	181.632 kWh

Tabla 46-Potencia ahorrada con variador

Del producto de la potencia ahorrada y el consumo específico para generar un kWh, obtenemos los gramos de combustible ahorrado (dividido entre mil para expresarlo en Tm):

Elemento	Pot. Ahorrada kWh	C_{kWhe}	Tm
Bom. Ref. MM.PP	54.390	204,67	11,132
Bom. Ref. MM.AA	55.442	204,67	11,348
Bom. Comb. MM.PP	8.881	204,67	1,818
Bom. Alimn. Caldera	30.210	204,67	6,183
Bom. Alimn. C. Recuperación	18.160	204,67	3,717
Bom. Agua S. Fria	7.955	204,67	1,628
Bom. Agua S. Caliente	6.594	204,67	1,350
		Total	37,176

Tabla 47-Toneladas de combustible ahorradas en un año

5.2.6 Calculo del ahorro económico

El producto de las toneladas de combustibles ahorradas y el precio de la tonelada de combustible Diesel, que establecimos en 613€/Tm, da como resultado el ahorro económico anual:

$$\text{Ahorro economico} = 37,176\text{Tm/año} \cdot 613\text{€/Tm} = 22788,88 \text{ €/año}$$

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CA	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 116 de 205

5.2.7 Calculo de las emisiones de CO2

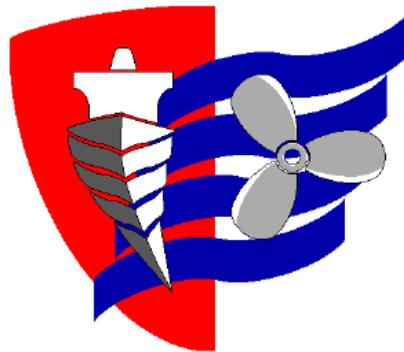
En este apartado calcularemos las toneladas de CO₂ que hemos dejado de emitir a la atmosfera debido al ahorro de combustible anual.

Para calcular dicha reducción de emisiones de CO₂ utilizaremos el dato de emisión específica de CO₂ por kWh, calculado en el apartado 4.1.5 a partir de los datos aportados por el fabricante:

$$\text{Ahorro neto Tm CO}_2 \text{ al año} = \text{gr CO}_2 / \text{kWhe} \cdot \text{kWhe/año}$$

$$\begin{aligned} \text{Ahorro neto Tm CO}_2 \text{ al año} &= \frac{654,9 \text{ gr CO}_2 / \text{kWhe}}{1.000.000 \text{ gr/Tm}} \cdot 181.632 \text{ kWhe/año} \\ &= \mathbf{118,95 \text{ Tm CO}_2 / \text{año}} \end{aligned}$$

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE NAUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



ELECCION DE ELEMENTOS

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 118 de 205

Parte 3: Elección de elementos

1. Introducción

En los siguientes apartados definiremos los equipos o elementos que vamos a utilizar en nuestro proyecto de eficiencia energética. Algunos de estos elementos, como la iluminación LED, sustituirán a los antiguos equipos mientras que otros se utilizarán como complementos de equipos ya instalados para mejorar su eficiencia, como es el caso de los variadores de frecuencia.

2. Sistemas de monitorización

Una parte importante de nuestro proyecto será la monitorización de los sistemas generadores y de los consumidores.

Para llevar a cabo tal cometido se han seleccionado dos tipos diferentes de medidores de la marca "Schneider Electric". Los equipos del primer tipo serán los encargados de monitorizar la potencia suministrada por los equipos generadores, mientras que los segundos, medirán la potencia absorbida por los consumidores.

Tipo 1: **PM820**



Para la monitorización de los sistemas generadores se ha optado por la instalación del PM820. Es una central de medida capaz de medir con una precisión excepcional altas cargas no lineales.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 119 de 205

Su sofisticada técnica de muestreo permite realizar mediciones rms (medias cuadráticas) reales y precisas hasta el armónico de orden 63. Se pueden visualizar más de 50 valores de medición, además de la gran cantidad de datos máximos y mínimos directamente en la pantalla o de forma remota con el software. En la siguiente tabla se resumen las lecturas disponibles en la central de medida.

Lecturas en tiempo real	Análisis de la potencia
<ul style="list-style-type: none"> - Intensidad (por fase, residual, trifásico) - Tensión (L–L, L–N, trifásico) - Potencia activa (por fase, trifásica) - Potencia reactiva (por fase, trifásica) - Potencia aparente (por fase, trifásica) - Factor de potencia (por fase, trifásico) - Frecuencia - THD (intensidad y tensión) 	<ul style="list-style-type: none"> - Factor de potencia de desplazamiento (por fase, trifásico) - Tensiones fundamentales (por fase) - Intensidades fundamentales (por fase) - Potencia activa fundamental (por fase) - Potencia reactiva fundamental (por fase) - Desequilibrio (intensidad y tensión) - Rotación de fases - Ángulos y magnitudes armónicos
Lecturas de energía	Lecturas de la demanda
<ul style="list-style-type: none"> - Energía acumulada, activa - Energía acumulada, reactiva - Energía acumulada, aparente - Lecturas bidireccionales - Energía reactiva por cuadrante - Energía incremental - Energía condicionada 	<ul style="list-style-type: none"> - Demanda de intensidad (por fase presente, media trifásica) - Media de factor de potencia (total trifásico) - Demanda de potencia activa (por fase presente, punta) - Demanda de potencia reactiva - Demanda de potencia aparente - Lecturas coincidentes - Demandas de potencia pronosticadas

Tabla 48-Lecturas del PM820

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 120 de 205

A continuación se presentan algunas de las funciones principales de la central de medida:

- Medición de rms real hasta el armónico de orden 63
- Acepta entradas de TI y TT estándar
- Conexión directa de 600 voltios en las entradas de tensión
- Certificación ANSI C12.20 para precinto de contaje y precinto de contaje IEC clase 60687 0.5S
- Alta precisión—0,075% de intensidad y tensión (condiciones típicas)
- Lecturas mínima/máxima de datos resultantes de la medición
- Lecturas de calidad de la energía—THD
- Magnitudes y ángulos armónicos a tiempo real hasta el armónico de orden 31
- Firmware descargable
- Fácil configuración con la pantalla integrada (con protección)
- Funciones de relé y alarma controladas por umbral de activación/desactivación
- Alarma incorporada y registro de datos
- Amplio rango de temperatura de funcionamiento: –25 a +70 °C para la unidad principal, –10 a 50 °C para la pantalla
- Comunicaciones RS-485

Tipo 2: **ION6200**



Este tipo de medidores ofrecen las capacidades de medición básicas necesarios para el seguimiento de una instalación eléctrica.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 121 de 205

Se caracteriza por su construcción robusta, tamaño compacto, y los bajos costos de instalación. Sus principales características son:

- Fácil lectura de la pantalla
- Rápido acceso a la información
- Instalación rápida y sencilla
- Comunicación mediante puerto RS-485

El sistema de monitorización se completa con la implantación de un servidor **EG X300** que nos permitirá controlar los parámetros monitorizados desde cualquier ordenador a bordo e incluso desde tierra si existe conexión a internet.

Este dispositivo nos ayudará a optimizar el consumo de energía e identificar posibles problemas de los dispositivos del buque, pudiendo mostrar datos en tiempo real y trazados de tendencia de hasta 64 dispositivos del sistema.



El EGX300 es un dispositivo basado en Ethernet que proporciona una interfaz transparente entre las redes y los dispositivos de campo. Los dispositivos de campo que podemos tener a bordo son: monitores, relés de protección, PLCs, unidades de disparo, controles de motor, etc....

El EGX300 utiliza Modbus TCP / IP para acceder a la información de los dispositivos de campo a través de una red de área local (LAN) o una red de amplia área.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 122 de 205

Esta capacidad permite el uso de software de supervisión para acceder información de los dispositivos de recogida de datos, tendencias, alarmas / eventos, gestión, análisis, y otras funciones.

Con lo cual podremos tener un absoluto control sobre parte de los equipos importantes del buque.

3. Luminaria

Para la luminaria se ha decidido utilizar mayoritariamente la tecnología LED de la empresa "Philips" por la gran versatilidad de sus productos, su amplia garantía y calidad del producto.

A la hora de elegir cada luminaria, se ha tenido en cuenta que las nuevas lámparas deben de igualar o mejorar las características técnicas de la luminaria instalada anteriormente

Dichas características a tener en cuenta serán:

- Clase:

 **Clase I** : Luminarias con al menos un aislamiento normal de conjunto y toma de tierra, y para luminarias diseñadas para conexión con cable flexible o manguera, provistas, bien sea como enchufe hembra con toma de tierra, o con cable flexible inseparable o manguera con conductor de tierra y enchufe con contacto de tierra.

 **Clase II** : Con doble aislamiento o aislamiento reforzado de conjunto sin toma de tierra.

 **Clase III** : Diseño especial para conexión de circuitos de muy baja tensión, sin otros circuitos internos o externos que operen a otras tensiones distintas a la mencionada

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 123 de 205

- Índices de protección: **IP** 55

Primera cifra

- 0: No protegida contra la penetración de cuerpos sólidos.
- 1: Protegida contra los cuerpos sólidos superiores a 50 mm.
- 2: Protegida contra los cuerpos sólidos superiores a 12 mm.
- 3: Protegida contra los cuerpos sólidos superiores a 2,5 mm.
- 4: Protegida contra los cuerpos sólidos superiores a 1,0 mm.
- 5: Protegida contra el polvo.
- 6: Hermética al polvo.

Segunda cifra

- 0: No protegida contra la penetración del agua.
- 1: Protegida contra los golpes de agua verticales.
- 2: Protegida contra los golpes de agua con inclinación máxima de 15°.
- 3: Protegida contra la lluvia.
- 4: Protegida contra las salpicaduras.
- 5: Protegida contra los chorros de agua.
- 6: Protegida contra chorros de agua a presión.
- 7: Estanca al agua.
- 8: Estanca al agua a presión.

- Protección contra choques mecánicos: **IK**

Código IK	Energía de choque	Descripción
IK01	0,1 J	
IK02	0,2 J	Estandar
IK03	0,3 J	
IK04	0,5 J	Estandar plus
IK05	0,7 J	
IK06	1 J	
IK07	2 J	Reforzada
IK08	5 J	Protegida vandalismo
IK09	10 J	
IK10	20 J	Protegida vandalismo

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 124 de 205

- Temperatura de color e índice de reproducción cromática:

La temperatura de color y el índice de reproducción cromática son parámetros completamente independientes. Como ejemplo sirva pensar en la diferencia entre la luz solar y una lámpara incandescente. Ambas tienen una reproducción cromática excelente, puesto que en su espectro se encuentran todos y cada uno de los colores, pero la apariencia de color es distinta, ya que en el caso de la luz solar su temperatura de color al mediodía es fría, mientras que la de las lámparas incandescentes es cálida, por lo que producen diferentes sensaciones sobre los espacios y colores iluminados.

El índice de reproducción cromática y la temperatura de color vienen indicados según la Norma Europea por el código que aparece tras la potencia en la nomenclatura de la lámpara.

El Índice de Reproducción Cromática se obtiene como una nota de examen. Esta nota es el resultado sobre la comparación de 8 ó 14 colores muestra. Un 100 significa que todos los colores se reproducen perfectamente, y conforme nos vamos alejando de 100, podemos esperar mayor dispersión sobre todos los colores.

Podemos esperar en función del Ra la siguiente fiabilidad:

Ra < 60 pobre

60 < Ra < 80 buena

80 < Ra < 90 muy buena

90 < Ra < 100 excelente

En lo referente a temperatura de color, sabemos que para las aplicaciones generales de iluminación de interior, la formativa DIN 5035 divide la luz en tres clases de color:

Blanco cálido (Tc < 3.300 K)

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 125 de 205

Blanco neutro ($3.300\text{K} < T_c < 5.000\text{K}$)

Luz fría ($T_c > 5.000\text{K}$)

- Flujo luminoso:

El flujo luminoso expresa la cantidad total de luz emitida por segundo, por una fuente de luz ponderada respecto a la sensibilidad espectral del ojo humano. Esto es debido a que la capacidad del ojo humano de enviar información al cerebro sobre la imagen que ve, es diferente en función del color que produce el estímulo. La unidad de flujo luminoso es el lumen (lm).

Una vez conocidos los principales parámetros a tener en cuenta mostraremos la luminaria LED elegida para cada una de los catorce tipos diferentes de luminarias que tenemos a bordo.

- Para la sustitución de los tubos fluorescentes se ha utilizado los tubos **MASTER LedTube GA** con la siguiente tabla de equivalencias que suministra el fabricante:

Potencia (w)	Fluorescente	Tecnología LED
	18	10
	36	19

Tabla 49-Potencia luminaria

MASTER LedTube GA es una alternativa a las lámparas fluorescentes que resulta muy eficaz para ahorrar energía. Esta innovadora solución realza la impresión general de cualquier sala y al mismo tiempo reduce el deslumbramiento percibido. La larga duración del producto y su excelente mantenimiento lumínico minimizan la complicación que suponen los cambios de lámparas, además de reducir los costes de mantenimiento.

En aplicaciones con equipo EM, es necesaria la utilización del starter protector especial. También el tubo funciona directo a red.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 126 de 205

Esta tecnología alcanza una temperatura de color entre los 4000K y 6500K con una reproducción cromática 85. Su vida útil es de entre 40.000 horas y 50.000. Estos tubos fluorescentes son los que se utilizan en las luminarias **tipo 1, tipo 2, tipo 3 y tipo 4**

MASTER LEDtube GA 110 600mm 10W 840

Características Generales	Características de la Fuente de luz
<ul style="list-style-type: none"> - Base/Casquillo G13 - Vida hasta 70% mant. Lumínico 40.000 hr 	<ul style="list-style-type: none"> - Código de color 840 - Temp. de color correlacionada 4.000 K - Flujo luminoso 825 Lm - Índice reproducción cromática 83
Característica eléctricas	Características temperatura
<ul style="list-style-type: none"> - Potencia 10 W - Tensión 100-240 V - Factor de potencia 0.9 (min) 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura operativa -30 (min), 45 (max) C - T-almacenamiento -40 (min), 65 (max) C

Tabla 50- Características generales

MASTER LEDtube GA 110 1200mm 19W 865

Características Generales	Características de la Fuente de luz
<ul style="list-style-type: none"> - Base/Casquillo G13 - Vida hasta 70% mant. Lumínico 40.000 hr 	<ul style="list-style-type: none"> - Código de color 865 - Temp. de color correlacionada 6.500 K - Flujo luminoso 1.655 Lm - Índice reproducción cromática 83
Característica eléctricas	Características temperatura
<ul style="list-style-type: none"> - Potencia 19 W - Tensión 100-240 V - Factor de potencia 0.9 (min) 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura operativa -30 (min), 45 (max) C - T-almacenamiento -40 (min), 65 (max) C

Tabla 51- Características generales

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 127 de 205



- La luminaria **tipo 5** será reemplazada por un foco de alta eficiencia con un consumo de 70W del tipo MVF619. Este tipo de proyector poseen una eficiencia elevada con diseño estéticamente agradable.

MVF619 CDM-T70W/830



Características Generales	Características de la Fuente de luz
<ul style="list-style-type: none"> - Base/Casquillo G12 - Vida hasta 12.000 hr 	<ul style="list-style-type: none"> - Código de color 830 - Temp. de color correlacionada 3.000 K - Flujo luminoso 6.600 Lm - Índice reproducción cromática 83
Característica eléctricas	Características temperatura
<ul style="list-style-type: none"> - Potencia 70 W - Tensión 240 V 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura operativa -30 (min), 45 (max) C - T-almacenamiento -40 (min), 65 (max) C

Tabla 52- Características generales



- El **tipo 6**, es un foco exterior que absorbe una potencia de 400W y será sustituido por un foco de alta eficiencia para exteriores Sirius IZS-S construido en aluminio inyectado a alta presión y acabado en

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 128 de 205

pintura polvo poliéster. Posee las siguientes características. Al igual que los demás focos, este foco no será de tecnología LED, puesto que su precio es muy elevado. :

Sirius IZS-S CDM-T 150W



Características Generales	Características de la Fuente de luz
<ul style="list-style-type: none"> - Base/Casquillo G12 - Vida hasta 70% mant. Lumínico 10.000 hr 	<ul style="list-style-type: none"> - Código de color 942 - Temp. de color correlacionada 4.200 K - Flujo luminoso 12700 Lm - Índice reproducción cromática 83
Característica eléctricas	Características temperatura
<ul style="list-style-type: none"> - Potencia 150 W - Tensión 240 V 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura operativa -30 (min), 45 (max) C - T-almacenamiento -40 (min), 65 (max) C

Tabla 53- Características generales



- El foco de gran potencia de **tipo 7** se cambiara por un foco de 400 W del tipo TVG IZR6. Este proyector polivalente, robusto y compacto, es adecuado para alumbrado de áreas y superficies de tamaño medio y grande, con cinco versiones de reflector para conseguir un rendimiento máximo y un control muy preciso del flujo lumínico.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 129 de 205

TVG IZR6-AD CDO-TT400W



Características Generales	Características de la Fuente de luz
<ul style="list-style-type: none"> - Base/Casquillo E40 - Vida al 50% de fallos 30.000 hr 	<ul style="list-style-type: none"> - Código de color 220 - Temp. de color correlacionada 2.000 K - Flujo luminoso 48.000 Lm
Característica eléctricas	Características temperatura
<ul style="list-style-type: none"> - Potencia 400 W - Tensión 240 V 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura operativa -30 (min), 45 (max) C - T-almacenamiento -40 (min), 65 (max) C

Tabla 54- Características generales



- La luminaria de mayor potencia, tipo 8, será reemplazada por un Vista IZL. Es un proyector estanco sin alojamiento de equipo para iluminación de grandes áreas, con tres versiones de reflector de distribución asimétrica con intensidad máxima a 60° que permite una notable reducción del deslumbramiento directo.

Vista IZL -D60 MN 1000W



Características Generales	Características de la Fuente de luz
<ul style="list-style-type: none"> - Base/Casquillo X528/C - Vida al 50% de fallos 10.000 hr 	<ul style="list-style-type: none"> - Código de color 956 - Temp. de color correlacionada 5.600 K - Flujo luminoso 90.000 Lm

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 130 de 205

Característica eléctricas	Características temperatura
- Potencia 1.000 W - Tensión 220 V	- Temperatura operativa -30 (min), 45 (max) C - T-almacenamiento -40 (min), 65 (max) C

Tabla 55- Características generales



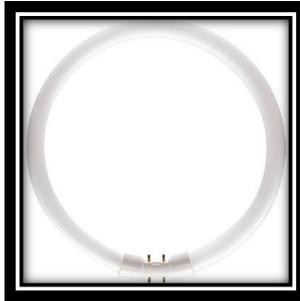
- Para la siguiente luminaria, la tipo 9, Philips fabrica tubos LED circulares que pueden ser adaptados a este tipo de iluminación. Se denominan MASTER TL5 Circular y nos permitirá una gran reducción de potencia consumida sin necesidad de cambiar el sistema completo

MASTER TL5 Circular 22W/840 1CT

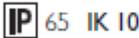
Características Generales	Características de la Fuente de luz
- Base/Casquillo 2GX13 - Vida 19.000 hr	- Código de color 840 - Temp. de color correlacionada 4.000 K - Flujo luminoso 1.800 Lm
Característica eléctricas	Características temperatura
- Potencia 22 W - Tensión 220 V	- Temperatura operativa -30 (min), 45 (max) C - T-almacenamiento -40 (min), 65 (max) C

Tabla 56- Características generales

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 131 de 205



- La iluminaria exterior están tipo 10 será sustituida por una góndola LED de larga duración Esta es una luminaria resistente al agua y a los golpes, con un diseño fresco y atractivo. Su elevado flujo lumínico y su módulo LED de gran eficiencia garantizan el ahorro de energía, mientras que la larga duración de la fuente de luz LED hace que los costes de mantenimiento sean mínimos.

BWG201 1xLED700/830 PSU WH     

Características Generales	Características de la Fuente de luz
<ul style="list-style-type: none"> - Base/Casquillo 2GX13 - Vida al 50% de fallos 50.000 hr 	<ul style="list-style-type: none"> - Código de color 840 - Temp. de color correlacionada 4.000 K - Flujo luminoso 700 Lm
Característica eléctricas	Características temperatura
<ul style="list-style-type: none"> - Potencia 24 W - Tensión 220 V 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura operativa -30 (min), 45 (max) C - T-almacenamiento -40 (min), 65 (max) C

Tabla 57- Características generales



PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 132 de 205

- Existen dos tipos de luminarias que funcionan con bombillas incandescentes de diferentes potencias, tipo 11 y tipo 14. Estas luminarias serán reemplazadas por bombillas de bajo consumo y alta eficiencia, no LED. En este caso utilizaremos una tabla de equivalencias aportada por el fabricante para conocer las potencias equivalentes:

Potencia con incandescente	Potencia bajo consumo
26W	5W
42W	8W
60W	12W
67W	15W
88W	20W
100W	23W

Tabla 58-Diferencia de potencia

Estas bombillas son la mejor combinación entre eficiencia energética y tamaño compacto. Tienen una larga vida y son capaces de suministrar más luz para el mismo voltaje comparado con otras lámparas de bajo consumo.

Tornado T2

Características Generales	Características de la Fuente de luz
- Base/Casquillo E27 - Vida 12.000 hr	- Código de color 840 - Temp. de color correlacionada 4.100 K - Flujo luminoso 510 Lm
Característica eléctricas	Características temperatura
- Potencia 8W y 12W - Tensión 220 V	- Temperatura operativa -30 (min), 45 (max) C - T-almacenamiento -40 (min), 65 (max) C

Tabla 59-Características generales

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 133 de 205



- En el caso de la luminaria tipo 12 instalaran unos downlight con tecnología LED. Con esta sustitución somos capaces de conseguir grandes ahorros, gracias a la gran eficiencia del downlight LED y su largo vida útil.

CoreLine Downlight



Características Generales	Características de la Fuente de luz
- Vida 30.000 hr	- Código de color 840 - Temp. de color correlacionada 4.000 K - Flujo luminoso 2.000 Lm
Característica eléctricas	Características temperatura
- Potencia 27W - Tensión 220 V	- Temperatura operativa -30 (min), 45 (max) C - T-almacenamiento -40 (min), 65 (max) C

Tabla 60- Características generales



PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 134 de 205

- Por último, mostraremos la luminaria que sustituirá a los halógenos del buque, tipo 13. Para dicha tarea utilizaremos las lámparas MASTERLEDspot, que proporcionaran un haz de luz acentuado y suave, similar al tipo halógeno. Sera la solución ideal para las aplicaciones de iluminación puntual y general. Así como donde la luz siempre está encendida. Es compatible con mayoría de los transformadores electrónicos y electromagnéticos

MASTERLEDspot MR16

Características Generales	Características de la Fuente de luz
<ul style="list-style-type: none"> - Base/casquillo GU5.3 - Vida 30.000 hr 	<ul style="list-style-type: none"> - Código de color 80 - Temp. de color correlacionada 3.000 K - Flujo luminoso 1.100 Lm
Característica eléctricas	Características temperatura
<ul style="list-style-type: none"> - Potencia 10W - Tensión 220 V 	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura operativa -30 (min), 45 (max) C - T-almacenamiento -40 (min), 65 (max) C

Tabla 61- Características generales



4. Variadores de frecuencia

Existen muchas marcas de variadores de frecuencia y dentro de cada marca diferentes tipos. Nosotros utilizaremos los productos suministrados por "Schneider electric" ya que el software que utilizamos como herramienta de cálculo es de la misma marca.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 135 de 205

El tipo de variador dependerá de la potencia del motor eléctrico en el que se instalará.

Los equipos que instalaremos en nuestros motores serán variadores Altivar61 UL tipo 1/IP20 con Tensión de alimentación trifásica 380-480V y frecuencia de 50/60 Hz con las siguientes funciones principales:

Funciones destinadas a las aplicaciones de bombeo:

- Recuperación automática del sentido de giro de la carga con búsqueda de velocidad.
- Adaptación de la limitación de corriente en función de la velocidad.
- Eliminación del ruido y de la resonancia gracias a la frecuencia de corte, ajustable según el calibre hasta 16 kHz en funcionamiento, a la modulación de la frecuencia de corte y a los saltos de frecuencia.
- Velocidades preseleccionadas.
- Regulador PID integrado, con referencias PID preseleccionadas y modo automático/ manual ("Auto/Manu").
- Contador de energía y de tiempo de funcionamiento.
- Detección de ausencia de fluido, detección de caudal nulo, limitación de caudal.
- Función de dormir/despertar.
- Personalización por parte del cliente para la visualización de las magnitudes físicas: bar, l/s, °C, etc.

Funciones de protección

- Protección térmica del motor y del variador, gestión de sonda térmica PTC.
- Protección contra las sobrecargas y las sobreintensidades en régimen permanente.
- Protección mecánica de la máquina con la función de frecuencias ocultas, rotación de fase.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 136 de 205

- Protección de la instalación con la detección de las subcargas, las sobrecargas y la detección de caudal nulo.
- Protección mediante la gestión de numerosos fallos y grupos de alarma configurables.

Funciones de seguridad

- Seguridad de las máquinas mediante la función "Power Removal" integrada. Esta función impide el re arranque intempestivo del motor; cumple con la norma de seguridad de las máquinas EN 60654-1, categoría 3 y la norma de seguridad funcional IEC/EN 61508, capacidad SIL2 (controles de seguridad aplicados a los procesos y sistemas).
- Seguridad de la instalación mediante la función de marcha forzada con inhibición de los fallos, sentido de la marcha y referencia configurables

Potencia del motor indicada en la placa		Corriente de la línea (A)	Potencia aparente kVA	Corriente máxima permanente	Corriente máxima transitoria	Referencia
Kw	Hp					
		380	380	380	380	
2,2	3	8,2	5,4	5,8	6,9	ATV 61HU22N4
4	5	14,1	9,3	10,5	12,6	ATV 61HU40N4
5,5	7,5	20,3	13,4	14,3	17,1	ATV 61HU55N4
15	20	48	31,6	33	39,6	ATV 61HD15N4
22	30	50	32,9	48	57,6	ATV 61HD22N4

Tabla 62- Características generales

Unidades utilizadas:

- Dos **ATV 61HU22N4** para las bombas de combustible del motor principal



PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: EE	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 137 de 205

- Siete **ATV 61HU40N4**: cinco para las bombas sanitarias de agua fría y caliente y dos para las bombas de agua de alimentación de las calderas de recuperación.



- Dos **ATV 61HU55N4** para las bombas de agua de alimentación de las calderas.



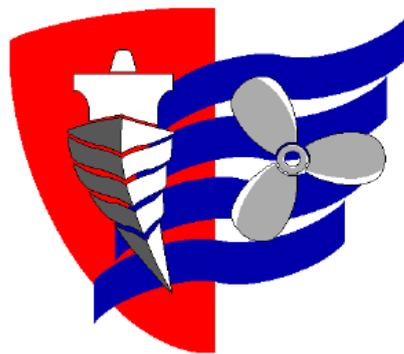
- Una **ATV 61HD15N4** para la bomba de refrigeración de los motores auxiliares.



- Dos **ATV 61HD22N4** para las bombas de refrigeración de los motores principales.



ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE NAUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



PRESUPUESTO

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PR	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 139 de 205

Parte 4: Presupuesto

1. Introducción

De todas las modificaciones que se podían realizar en el buque para mejorar la eficiencia energética, finalmente se han ejecutado tres: la monitorización de sistemas clave, el cambio de luminaria y la instalación de variadores de frecuencia. En este apartado calcularemos, en primer lugar el coste del producto instalado y su instalación, es decir, la inversión a realizar. Después calcularemos los ahorros generados por estas mejoras y calcularemos el tiempo que tardamos en recuperar dicha inversión.

2. Inversión

Para realizar el cálculo de la inversión, primero calcularemos el precio de los elementos a instalar, para ello multiplicaremos el precio unitario de cada elemento por el número de elementos instalados.

2.1 Monitorización

Empezaremos calculando el coste los sistemas que nos ayudaran a monitorizar y controlar los principales consumidores del buque. Dichos elementos vienen detallados en el apartado "Elección de elementos". En la siguiente tabla definiremos el precio unitario de cada componente y el número de ellos instalados para calcular el precio de la instalación:

Elemento	Numero elementos	Precio unitario	Precio total
PM820	5	1.452,09	7.260,45
ION6200	16	596,75	9.548
EG X300	1	1.571,65	1.571,65
		Total	18.380,1 €

Tabla 63-Precio equipo monitorización

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PR	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 140 de 205

2.2 Luminaria

Para el calculando económico de la nueva luminaria utilizaremos la siguiente tabla donde se mostraran los precios de cada lámpara, el número de lámparas instaladas y el coste total:

Tipo	Numero de lámparas	Precio unitario	Precio total
1	850	38,99	33.065
2	564	38,99	21.990,36
3	391	58,09	22.713,19
4	570	38,99	22.224,3
5	31	504	15.624
6	23	280	6.440
7	18	516	9.288
8	2	1180	2.360
9	65	15,69	1.019,85
10	491	141	69.231
11	50	6,75	337,5
12	500	115	57.500
13	1193	33,79	40.311,47
14	74	6,75	499,5
		Total	302.604,17 €

Tabla 64-Precio equipo lumínico

2.3 Variadores de frecuencia

Se han instalado varios modelos de variadores de frecuencia según la potencia del motor eléctrico donde se instalen. Como hicimos anteriormente,

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PR	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 141 de 205

mostraremos los precios unitarios de cada tipo de variador y la cantidad de variadores de cada tipo, así como el coste total de los variadores de frecuencia.

Elemento	Numero elementos	Precio unitario	Precio total
61HU22N4	1	960	960
61HU40N4	7	1.230	8.610
61HU55N4	2	1.460	2.920
61HD15N4	1	2.580	2.580
61HD22N4	2	3.500	7.000
		Total	22.070 €

Tabla 65-Precio variadores de frecuencia

2.4 Mano de obra

En este apartado supondremos las horas que llevara la correcta instalación de los equipos así como el personal empleado y las horas de trabajo empleadas:

Trabajo a realizar	Número de personas	Número de horas	Precio unitario	Precio total
Monitorización de equipos	3	35	25 €/hora	2.625
Cambio de luminaria	5	120	25 €/hora	15.000
Instalación de variadores de frecuencia	3	100	25 €/hora	7.500
			Total	25.125 €

Tabla 66-Precio de la mano de obra

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PR	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 142 de 205

2.5 Materiales adicionales

En este apartado se supondrá un presupuesto del material necesario para la correcta instalación de los equipos:

Elemento	Numero elementos	Precio unitario	Precio total
Material eléctrico diverso	-	-	1.700
Material de seguridad	-	-	750
		Total	2.450 €

Tabla 67- Precio de materiales adicionales

3. Balance final del presupuesto

Elementos presupuestado	Importe
Monitorización	18.380,1 €
Luminaria	302.604,17 €
Variadores de frecuencia	22.070 €
Mano de obra	25.125 €
Material eléctrico diverso	1.700 €
Material de seguridad	750 €
Presupuesto de ejecución del material	370.629,27 €

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PR	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 143 de 205

Concepto	Importe
(10% PEM) Gastos Generales, licencias y tramites	37.062,92 €
(15% PME) Beneficio industrial	55.594,39 €
Suma PEM + PME	92.657,31 €
Base imponible	463.286,58 €

Concepto	Importe
(21% PEM) IVA	77.832,14 €
Presupuesto general de ejecución por contrata:	541.118,72 €

Concepto	Importe
(5% PEM) Honorarios del Proyecto	18.531,46 €
Presupuesto general para conocimiento del Cliente:	559.650,18 €

Asciende el presupuesto general para conocimiento del cliente a quinientos cincuenta y nueve mil seiscientos cincuenta euros con dieciocho centimos.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PR	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 144 de 205

4. Estudio de viabilidad

En este apartado se realizara un estudio de viabilidad que nos permitirá analizar de forma precisa la viabilidad económica del presente proyecto.

El estudio de viabilidad comenzará mostrando el cálculo del ahorro económico de cada sistema a lo largo del año. Dicho ahorro se llamará flujo de caja.

Ahorro económico anual	
Instalación de variadores Frecuencia	22.788,88 €
Instalación Iluminación	94.285,53 €
Total	117.074,41 €

Tabla 68-Ahorro anual producido

En la siguiente tabla mostraremos la inversión para la realización del Proyecto y los flujos de caja calculados para diez año, tiempo objeto de nuestro estudio.

Inversión		-559.650,18 €
Flujos de caja	Año 1	117.074,41 €
	Año 2	117.074,41 €
	Año 3	117.074,41 €
	Año 4	117.074,41 €
	Año 5	117.074,41 €
	Año 6	117.074,41 €
	Año 7	117.074,41 €
	Año 8	117.074,41 €
	Año 9	117.074,41 €
	Año 10	117.074,41 €

Tabla 69-Inversión y flujos de caja

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PR	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 145 de 205

El valor neto actual (VAN), también conocido como valor actualizado neto, es un procedimiento que permite calcular el valor presente de un determinado número de flujos de caja futuros, originados por una inversión.

La metodología consiste en descontar al momento actual (es decir, actualizar mediante una tasa) todos los flujos de caja futuros del proyecto. A este valor se le resta la inversión inicial, de tal modo que el valor obtenido es el valor actual neto del proyecto. Por lo tanto:

$$VAR = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(i+k)^t} - I_0$$

Dónde: V_t representa los flujos de caja en cada periodo t .

I_0 es el valor del desembolso inicial de la inversión.

n es el número de períodos considerado.

k es el tipo de interés que en nuestro caso, puesto que no existe rentabilidad requerida, será el valor ponderado de la tasa de inflación (IPC) de los últimos 10 años.

El valor de k será:

	Año	%
Tasa de inflación IPC	2002	2,40
	2003	3,20
	2004	1,80
	2005	-0,30
	2006	4,10
	2007	2,80
	2008	3,50
	2009	3,40
	2010	3,00
	2011	3,00

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PR	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 146 de 205

	2012	3,50
	Ponderación	3 %

Tabla 70-Ponderación del IPC

Calculado en tabla de cálculo, para facilitar las operaciones el valor de

$$\sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(i+k)^t} \text{ sera:}$$

Valor actual flujos de caja	Año	$\frac{V_t}{(i+k)^t}$
	1	113.664,48 €
	2	110.353,86 €
	3	107.139,67 €
	4	104.019,10 €
	5	100.989,41 €
	6	98.047 €
	7	95.192,21 €
	8	92.419,62 €
	9	89.727,79 €
	10	87.114,36 €
	Σ	998.668,46 €

Tabla 71-Valores actuales de flujos de caja

$$VAR = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(i+k)^t} - I_0 = 998.668,46 - 559.650,18 = \mathbf{439.018,28 \text{ €}}$$

La tasa interna de retorno o tasa interna de rentabilidad (TIR) de una inversión es el promedio geométrico de los rendimientos futuros esperados de dicha inversión. La TIR puede utilizarse como indicador de la rentabilidad de un proyecto: a mayor TIR, mayor rentabilidad.

Existe un método para aproximar el valor del TIR, que en nuestro caso se sitúa entre el 11,65 % y el 19,76 %.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PR	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 147 de 205

Para calcular el valor exacto de nuestro TIR utilizaremos como herramienta la hoja de cálculos “Excel” aplicando su comando “TIR” y utilizando como variables los flujos de caja y la inversión.

Por lo tanto, podemos deducir que:

VAN	439.018,28 €
TIR	16,30%

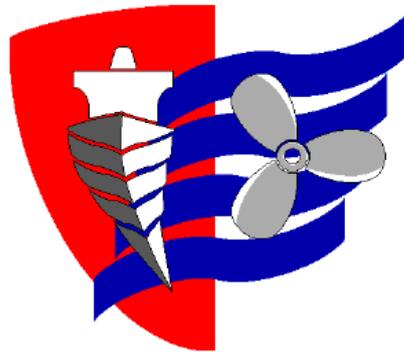
Tabla 72-VAN y TIR

Para concluir el estudio de viabilidad solo queda la tasa de valor actual y el plazo de recuperación o “pay-back” La tasa de valor actual se calcula dividiendo el VAN entre la inversión y para el pay-back dividir la inversión por el flujo de caja de un año:

Tasa de Valor Actual	78,45 %
Plazo de Recuperación Pay-Back (Años)	4,78

Tabla 72- Tasa de valor actual y Pay-Back

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE NAUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



PLANOS

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PL	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 149 de 205

Parte 5: Planos

1. Introducción

En este apartado se muestran los planos de elaboración propia donde se pueden observar las mejoras realizadas

2. Monitorización

Plano 1.2

Plano 2.2

3. Luminaria

Como la mejora de la luminaria consiste en solo sustituir la luminaria antigua por la de bajo consumo, no es necesario ningún plano de este apartado

4. Variadores de frecuencia

4.1 Bombas de refrigeración

Plano 1.4.1

Plano 2.4.1

4.2 Bombas de combustible

Plano 1.4.2

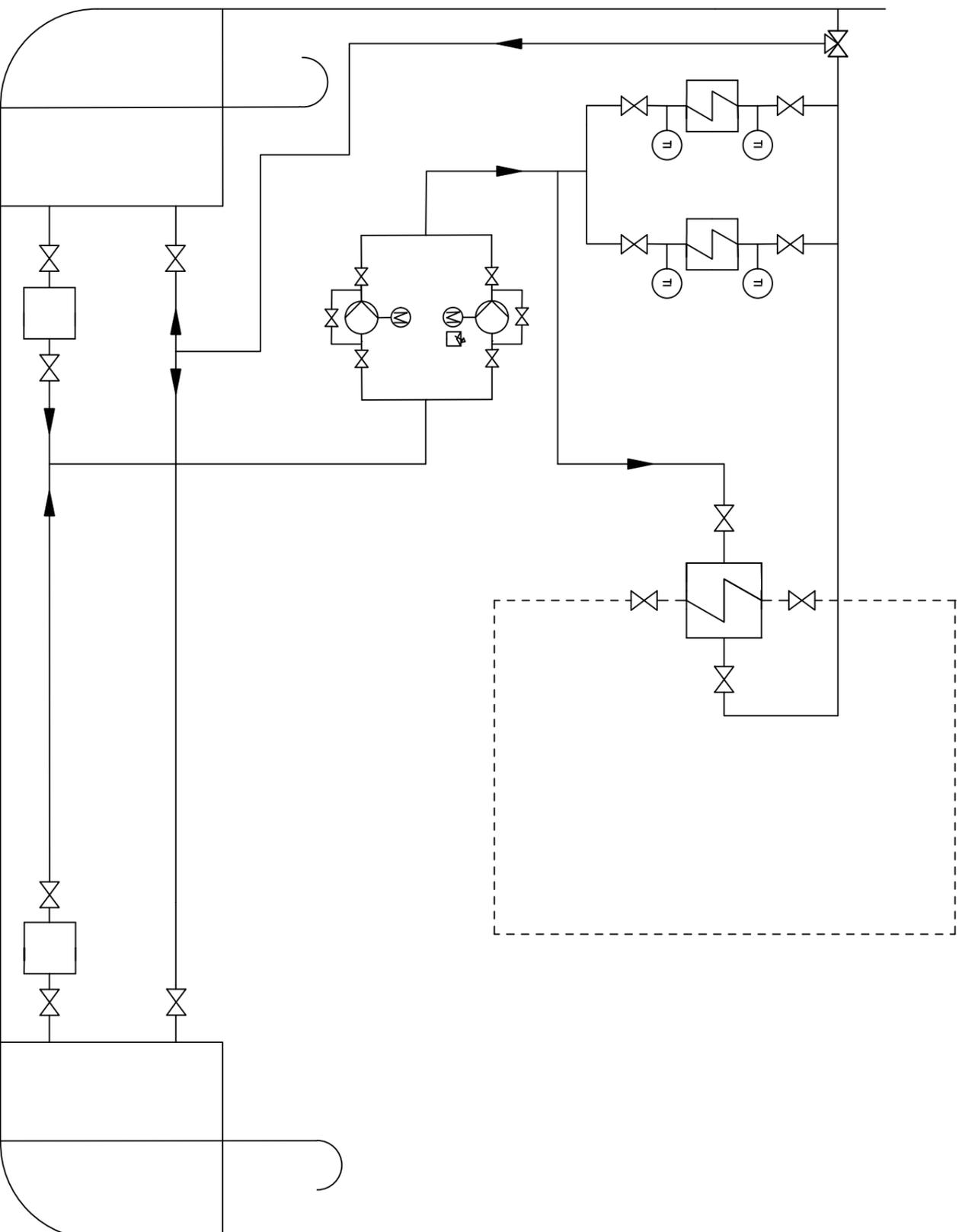
4.3 Sistemas auxiliares de calderas

Plano 1.4.3

Plano 2.4.3

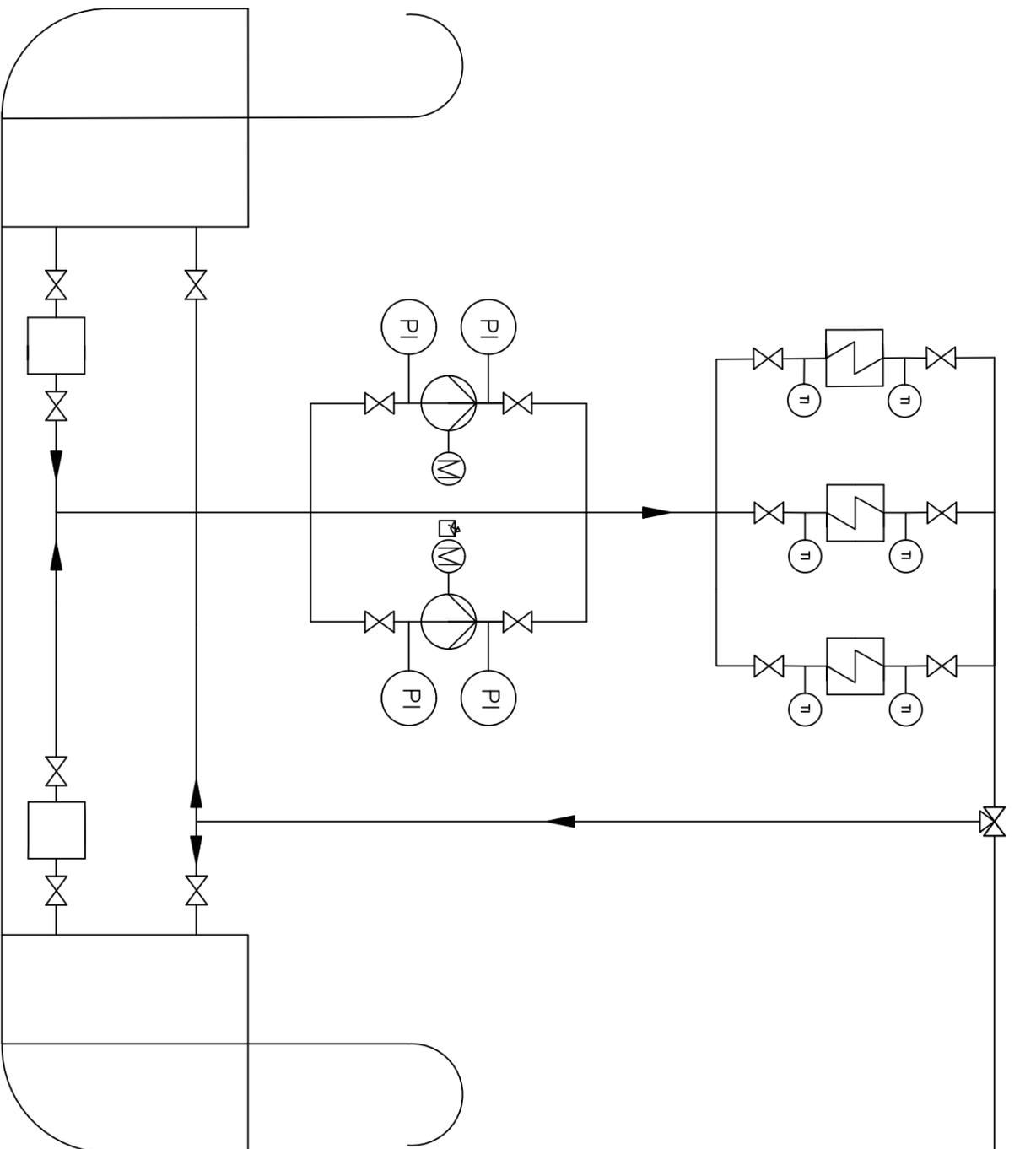
4.4 Bombas de agua sanitaria

Plano 1.4.4



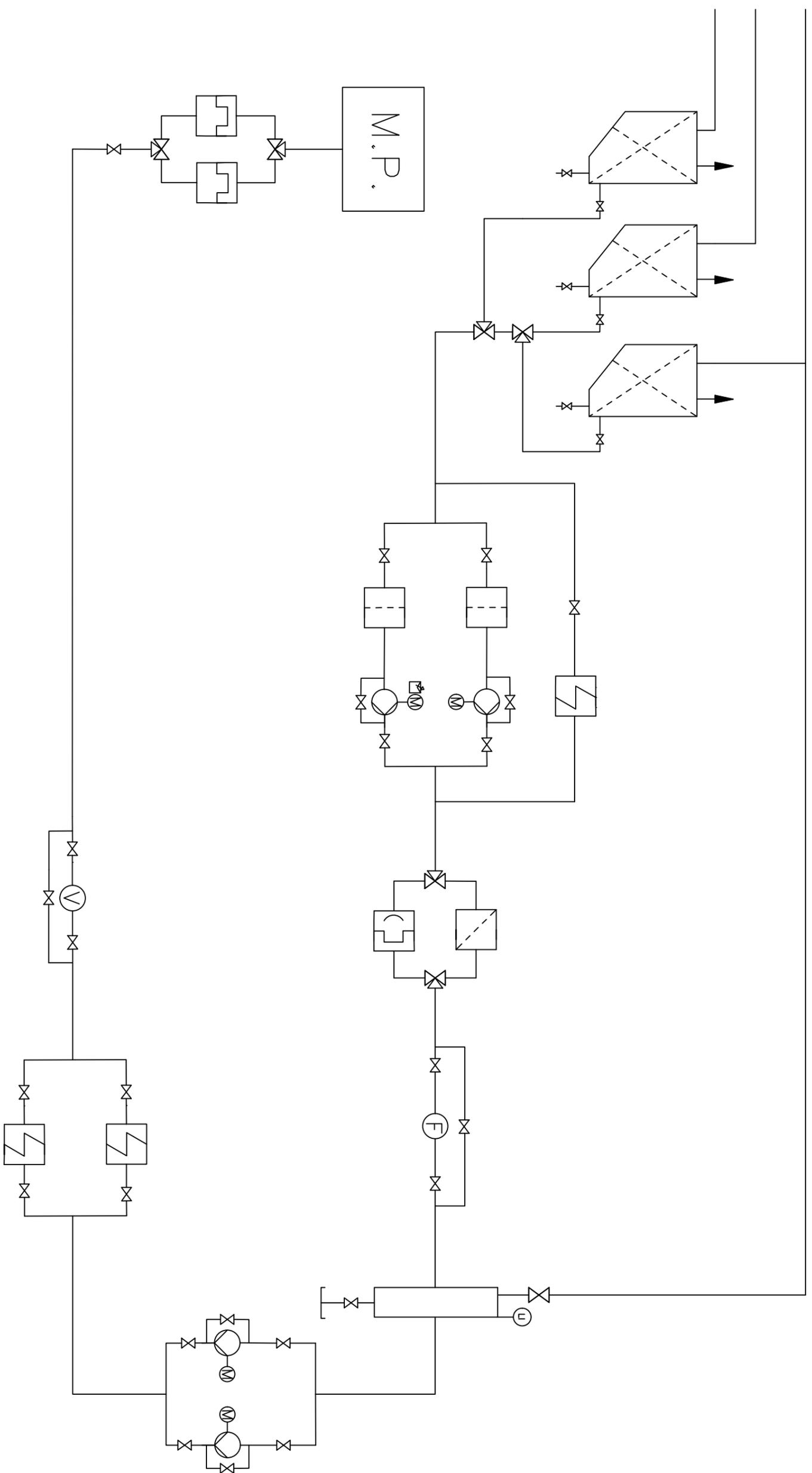
TÍTULO PROYECTO
Proyecto Eficiencia Energética

TÍTULO PLANO		FECHA:		REV:	
V. de Frecuencia				1	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		ESUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA		DIBUJADOR:	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		ESUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA		SUSTITUIVE:	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		ESUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA		N.º ARCHIVO:	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		ESUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA		N.º PROYECTO:	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		ESUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA		ESCALA:	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		ESUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA		PLANO N.º: 2.4.1	



TÍTULO PROYECTO
Proyecto Eficiencia Energética

TÍTULO PLANO		DIBUJADO:		FECHA:		REV:	
V. de Frecuencia						1	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE MÁQUINAS		SUSTITUIÓ:		N.º ARCHIVO:	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE MÁQUINAS		N.º PROYECTO:		ESCALA:	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA		ESCUOLA TÉCNICA SUPERIOR DE MÁQUINAS		PLANO N.º: 1.4.1			

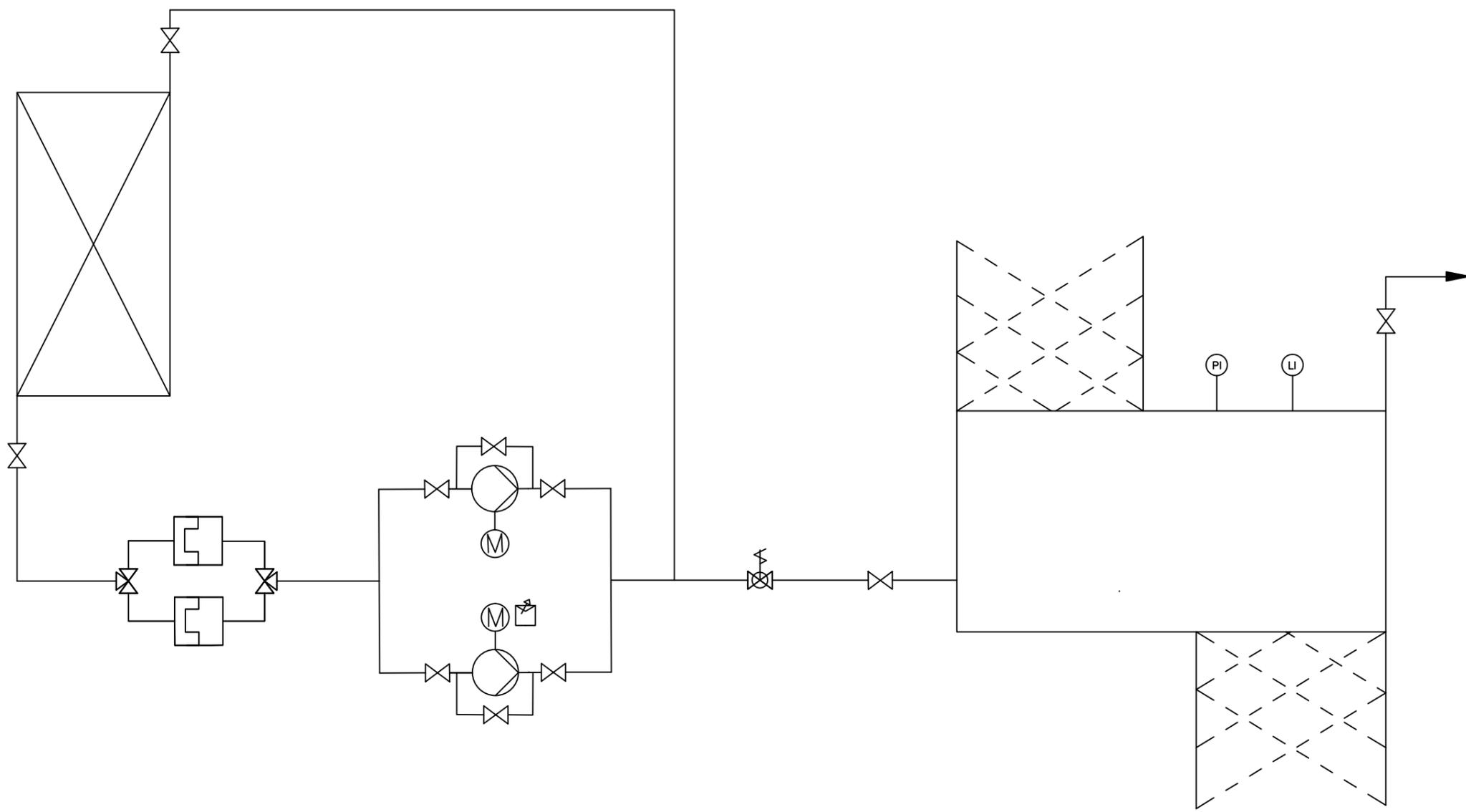


TÍTULO PROYECTO
Proyecto Eficiencia Energética

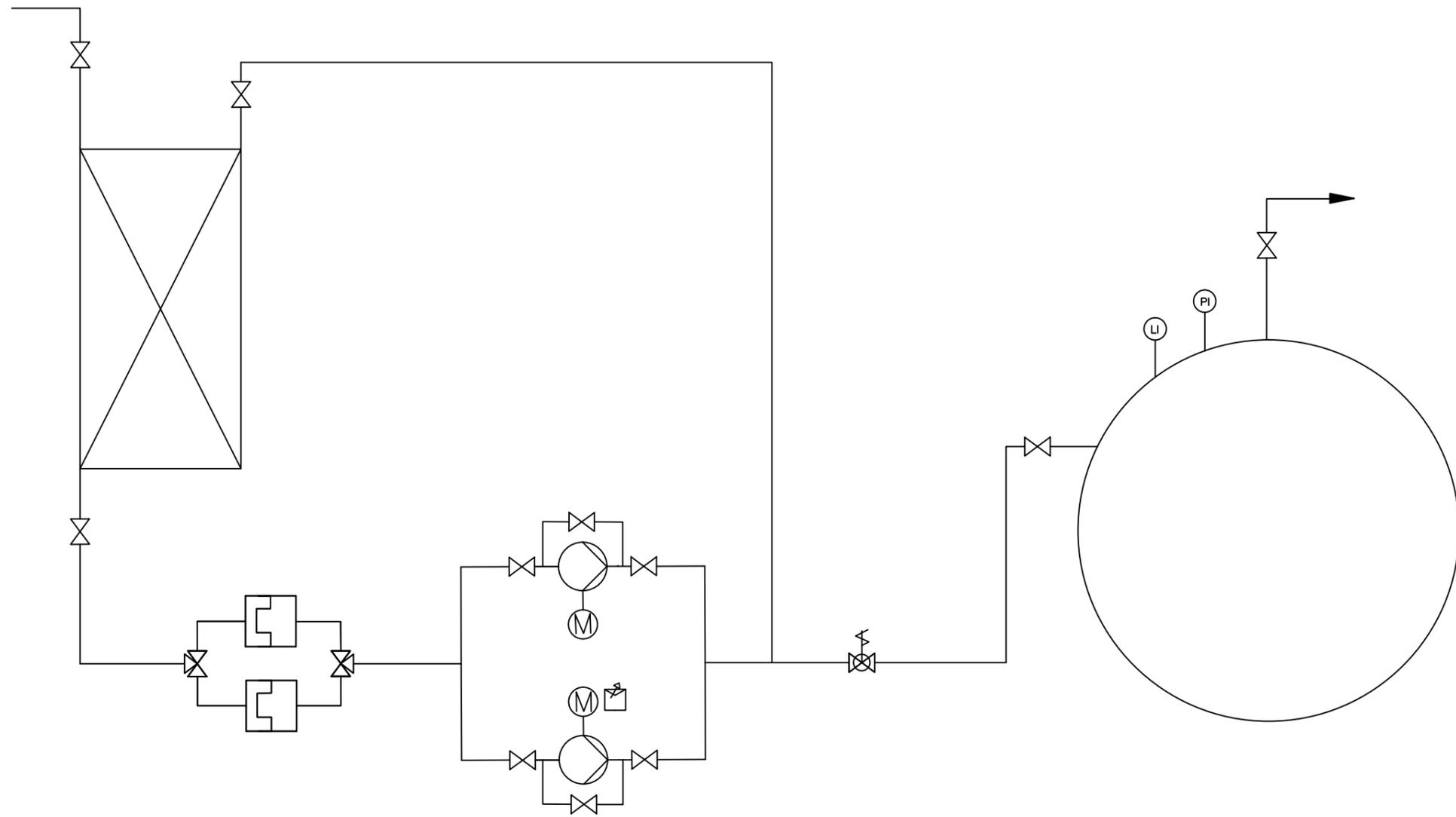
TÍTULO PLANO
V. de Frecuencia

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
 ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA

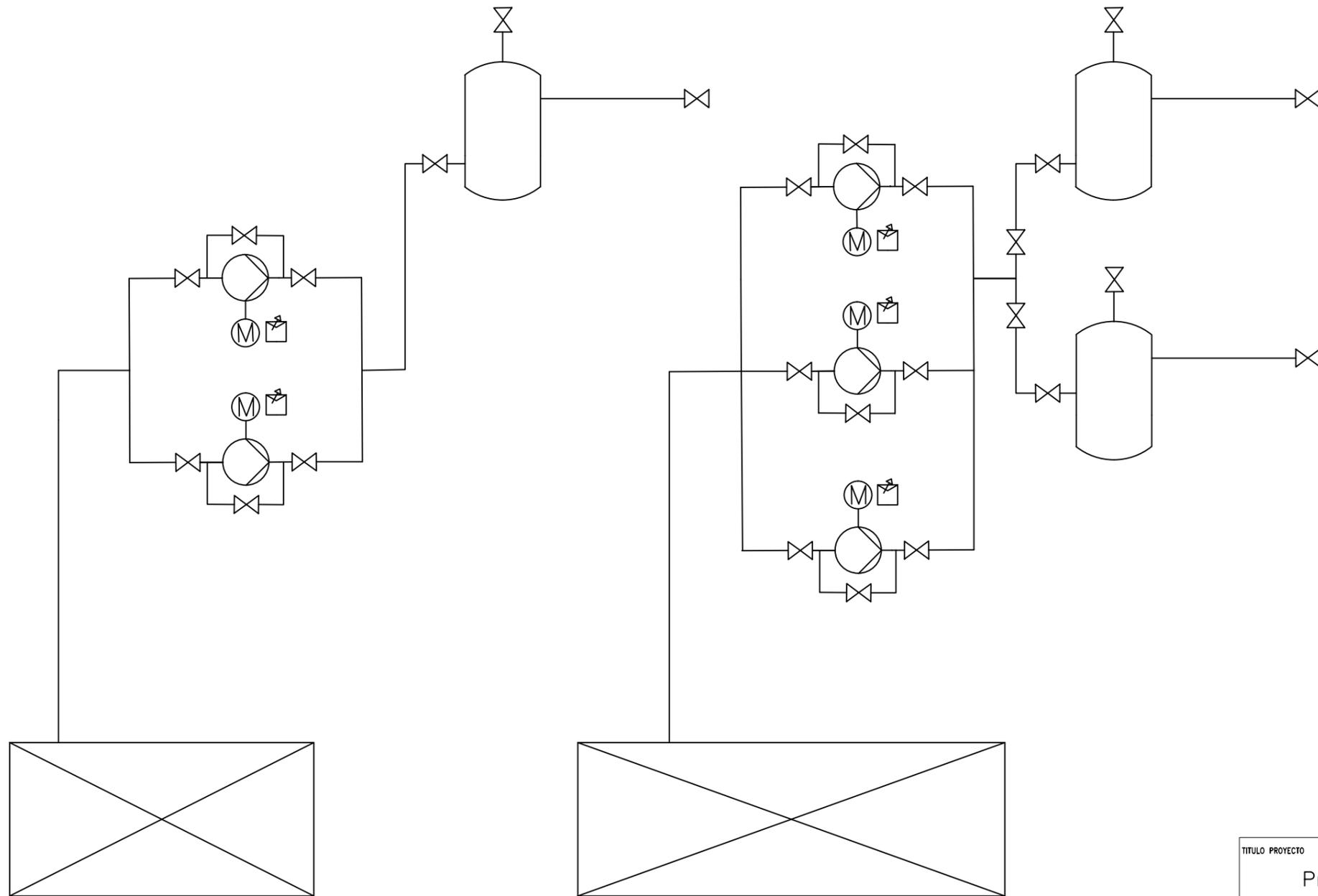
DIBUJADOR:	FECHA:	REV:
SUSTITUIVE:		1
N.º ARCHIVO:	N.º PROYECTO:	
ESCALA:		
PLANO N.º: 1.4.2		



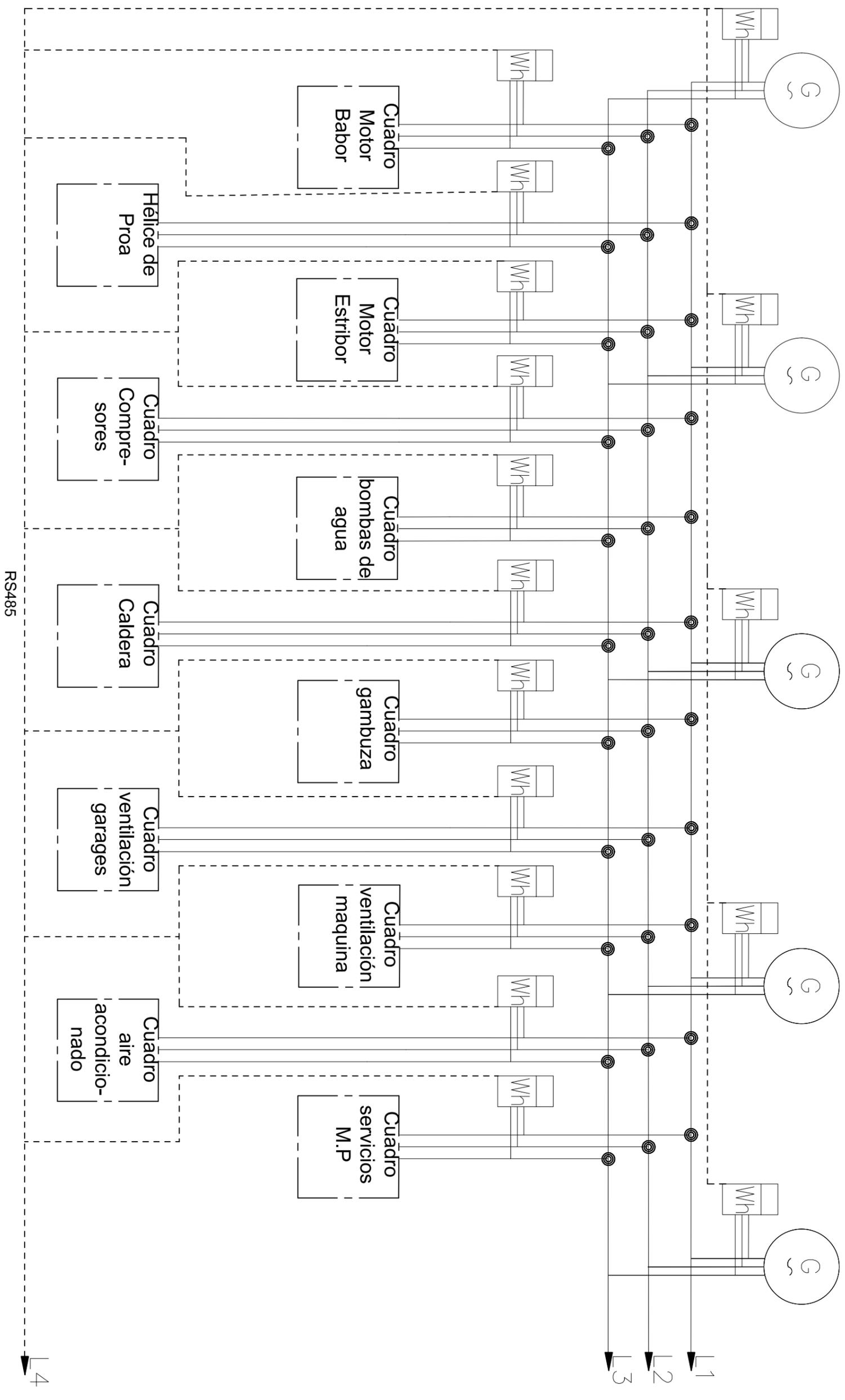
TITULO PROYECTO			
Proyecto Eficiencia Energética			
TITULO PLANO			
V. de Frecuencia			
DIBUJADO:	FECHA:	REV:	
SUSTITUYE:			1
Nº ARCHIVO:		Nº PROYECTO:	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	UC	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA	PLANO Nº: 2.4.3



TITULO PROYECTO			
Proyecto Eficiencia Energética			
TITULO PLANO		DIBUJADO:	FECHA:
V. de Frecuencia			REV: 1
SUSTITUYE:		Nº ARCHIVO:	Nº PROYECTO:
ESCALA:		PLANO Nº: 1.4.3	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	UC UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA	



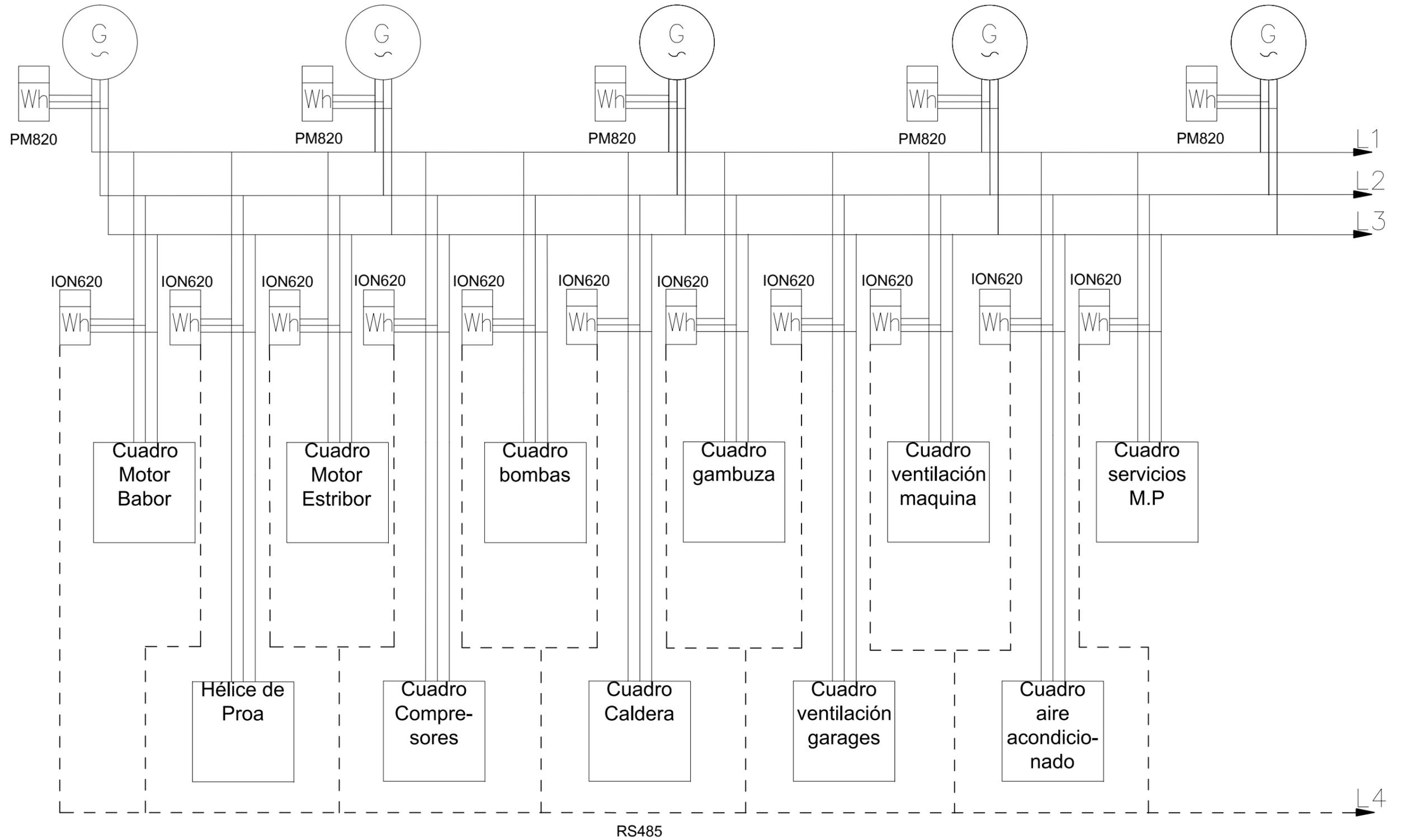
TITULO PROYECTO			
Proyecto Eficiencia Energética			
TITULO PLANO		DIBUJADO:	FECHA:
V. de Frecuencia			1
SUSTITUYE:		Nº ARCHIVO:	Nº PROYECTO:
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	UC UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA	PLANO Nº: 1.4.4



TITULO PROYECTO
Proyecto Eficiencia Energética

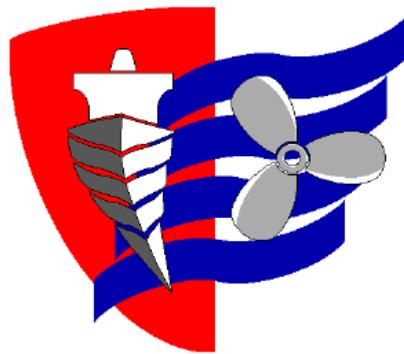
TITULO PLANO
Monitorización

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	ESUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA	DIBUJADOR:	FECHA:	REV:
		SUSTITUYE:		1
		N.º ARCHIVO:	N.º PROYECTO:	
		ESCALA:		
		PLANO N.º: 1.2		



TÍTULO PROYECTO			
Proyecto Eficiencia Energética			
TÍTULO PLANO		DIBUJADO:	FECHA:
Monitorización			
SUSTITUYE:		REV:	1
Nº ARCHIVO:		Nº PROYECTO:	
ESCALA:		PLANO Nº: 2.2	
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	UC UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA	

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE NAUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



PLIEGO DE CONDICIONES

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 159 de 205

Parte 6: Pliego de condiciones

1. Objeto

Esta especificación tiene por objeto definir los requisitos mínimos que debe cumplir, en cuanto a diseño, construcción, inspección y ensayos, la instalación de equipos eléctricos de alta eficiencia.

2. Generalidades

Dichos elementos a instalar serán los que a continuación se describen. Sistemas de monitorización en continua con equipos de control y supervisión y cableado. Cambio de luminaria tradicional por luminaria de alta eficiencia tanto en el interior como en el exterior del buque. Instalación de variadores de frecuencia como complemento a algunos motores eléctricos para su regulación y control.

3. Códigos y normas

La fuente de energía eléctrica, debe cumplir con las últimas ediciones de los siguientes códigos y normas, dando preferencia a los Reglamentos Españoles:

- Reglamento SOLAS II: Regla 43.1, 43.2, 43.3,43.6
- Comité Electrotécnico Internacional (IEC): UNE-IEC 60092-101

4. Especificaciones de cables eléctricos

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 160 de 205

Esta especificación establece los requisitos técnicos mínimos que deben cumplir en cuanto a diseño, construcción, inspección y ensayos, los cables destinados a la distribución de energía eléctrica y mando de un buque.

4.1 Alcance de suministro

El alcance de suministro de la requisición es el de las cantidades de los diferentes cables necesarios para la instalación eléctrica y de puesta a tierra, incluso el montaje de los cables y sus accesorios, las pruebas y ensayos de recepción en los talleres del Proveedor, y verificación final y ensayos que se hayan de efectuar en el barco.

4.2 Condiciones de servicio

4.2.1 Características eléctricas

Los cables además de conducir adecuadamente la corriente nominal de la carga considerada de acuerdo con las condiciones de instalación, serán capaces de soportar los esfuerzos mecánicos y térmicos de las intensidades de cortocircuito que se presenten en los distintos circuitos de la instalación eléctrica.

4.2.2 Códigos y Normas

A menos que se especifique lo contrario, los cables destinados a la distribución y alimentación de energía eléctrica, estarán de acuerdo con las últimas ediciones, de los siguientes códigos y normas aplicables:

- Reglamentos Electrotécnicos españoles para Baja y Alta Tensión.
- Normas UNE y CEI:

UNE-22135-352

UNE-IEC-60092-101..202..202/A1..351..376

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 161 de 205

Además, serán de aplicación las normas que a continuación se indican:

- UNE 20.434.82: Sistema de designación de los cables.
- UNE 21.011.74 (2): Alambres de cobre recocido de sección recta circular. Características.
- UNE 21.022.82 IR: Conductores de cables aislados para instalaciones eléctricas. Secciones nominales y composiciones.
- UNE 21.117.81(1)R: Métodos de ensayo para aislamientos y cubiertas de cables eléctricos.
- CEI 446: Identificación de Conductores por colores o números.

4.3 Características constructivas

4.3.1 Conductores

Los conductores estarán formados por uno o varios alambres perfectamente cilíndricos de cobre recocido, de características físicas, mecánicas y eléctricas, de acuerdo con las normas UNE-21022, UNE-21014 y UNE-21011. La formación de los conductores será la siguiente:

- Un solo alambre, para secciones iguales o inferiores a 4 mm². (Clase 1)
- Cuerda circular para secciones de 6 mm² a 16 mm². (Clase 2)
- Cuerda circular compactada para secciones de 25 mm² y superiores. (Clase 2)

4.3.2 Aislamiento

El aislamiento de los conductores será resistente a la humedad, al calentamiento y al envejecimiento.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 162 de 205

El aislamiento estará constituido por alguno de los siguientes materiales, con las características indicadas en la norma UNE-21123 y los condicionantes anteriores:

- Polietileno reticulado (XLPE).
- Etileno propileno (EPR).

4.3.3 Cubierta

La cubierta de los cables será de Policloruro de Vinilo (PVC), tendrá características adecuadas para que los mismos puedan ser instalados tanto directamente enterrados en zanja de tierra, como al aire sobre bandeja o grapados a la pared, presentará una buena resistencia a la humedad.

Los cables deberán llevar en la cubierta una marca indeleble que identifique claramente fabricante y tipo de cable.

4.3.4 Colores

Colores distintivos de la tensión de servicio de los cables:

- La cubierta de los cables a utilizar en sistemas eléctricos con tensión entre fases igual o inferior a 1.000 V, será de color negro; esto no será aplicable para cables unipolares con aislamiento de 750 V.

Colores distintivos de las almas de los conductores:

- Los colores distintivos de las almas de los cables aislados para Baja Tensión estarán de acuerdo con la norma CEI 446
- Para los cables de Media Tensión, en tanto no haya una norma que fije los colores distintivos, las almas se identificarán mediante los siguientes colores:

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 163 de 205

Fase R (L1) Negro

Fase S (L2) Marrón

Fase T (L3) Gris

4.3.5 Terminales

Los terminales del tipo modular elástico o flexible serán los apropiados para el tipo de cable de Media Tensión considerado. Deberán cumplir con las prescripciones de la norma UNE 21.115.

4.4 Tipos de cable

4.4.1 Cables de baja tensión

Cable tipo RV (Designación UNE: RV 0,6/1 kV).

Formado por uno o varios conductores aislados con Polietileno Reticulado, relleno, y cubierta de Policloruro de Vinilo.

Cable tipo VTV (Designación UNE: VTV 0,6/1 kV).

Formado por varios conductores aislados con PVC, pantalla ligera de trenza de cobre pulido y cubierta de PVC.

Cable tipo ROV (Designación UNE: ROV 0,6/1 kV).

Formado por varios conductores aislados con Polietileno Reticulado, pantalla de cinta de Aluminio-poliéster con drenaje y cubierta de PVC.

Cable tipo VOV (Designación UNE: VOV 0,6/1 kV).

De igual composición que el tipo ROV, excepto que el aislamiento es de PVC.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 164 de 205

4.5 Inspección y ensayos

El Proveedor someterá los cables a las pruebas de rutina indicadas en las normas aplicables.

Pruebas a efectuar:

a) Cables de Baja Tensión:

Las pruebas a efectuar sobre cada pieza serán las siguientes:

- Prueba de Tensión a Frecuencia Industrial
- Medida de la resistencia eléctrica de los conductores
- Medida de la resistencia de aislamiento
- Control de espesor del aislante
- Control de espesor de la cubierta
- Control de diámetro exterior

El ensayo de rigidez dieléctrica así como los valores obtenidos, deberán estar de acuerdo con lo estipulado en la norma UNE 20.098-75 en sus apartados 8.224.1 y 2.

El ensayo de aislamiento se realizará entre conductores y entre conductores y tierra. Se empleará un aparato de 500 V aplicado durante un minuto. Los valores obtenidos serán siempre superiores a 5 Megaohmios.

b) Cables de Media Tensión y Terminales:

Las pruebas que el fabricante realice de manera rutinaria a los cables de Media Tensión, serán las definidas en la norma UNE 21.123 siendo estas las siguientes:

- Ensayo de tensión a frecuencia industrial.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 165 de 205

- Medida del factor de pérdidas del dieléctrico.
- Medida de la resistencia eléctrica de los conductores.
- Medida de la resistencia de aislamiento.
- Medida de la capacidad electrostática.
- Ensayo de tensión sobre la cubierta.

Los ensayos previstos para los terminales tanto de interior como de exterior son ensayos tipo y están definidos en la norma UNE 21.115.

5. Equipos de alumbrado

5.1 Objeto

Esta especificación tiene por objeto definir los requisitos que deben cumplir, en cuanto a diseño, fabricación y pruebas, los equipos de alumbrado a instalar para el servicio en un buque Ro-Pax.

Estos requerimientos son los mínimos que deben cumplir dichos equipos.

5.2 Condiciones de servicio

Las condiciones eléctricas son:

- Tensión de fuerza de B.T.: 400/230 V
- Tensión de alumbrado: 400/230 V \pm 10%
- Tensión de mando: 230 V \pm 10%
- Frecuencia: 50 Hz \pm 2%

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 166 de 205

5.3 Códigos y normas

A menos que se indique lo contrario, la selección de materiales y la instalación estará de acuerdo con las últimas ediciones de los siguientes códigos y normas, dando preferencia a los Reglamentos Españoles:

- a) Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
- b) Comité Electrotécnico Internacional (CEI)
- c) Normas UNE: UNE-IEC-60.092-101,..202,...202/A1,...306
- d) Normas del Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC)

5.4 Descripción de características

5.4.1 Luminarias fluorescentes

Estas luminarias estarán formadas por un cuerpo de sección rectangular en chapa de acero resistente a la torsión, esmaltado en color blanco, adosado o colgado del techo por medio de cadena, con equipo de arranque de alto factor y tubos fluorescentes para 230 V, con difusor similar al descrito anteriormente.

5.4.2 Luminarias fluorescentes tipo regletas

Las luminarias constarán de un cuerpo regleta, fabricado en chapa de acero lacado de color blanco o aluminio anodizado; previsto para suspenderlo o adosarlo directamente al techo, o estructura, con compartimento conteniendo el equipo eléctrico, con entrada de cables por la parte superior, con equipo de arranque de alto factor, tubos fluorescentes para 230 V e irán equipados de portatubos, regleta de terminales y toma de tierra de 2,5 mm², todo completamente cableado en fábrica.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 167 de 205

Tendrán un reflector en aluminio anodizado o chapa de acero pintado en color blanco con pintura epoxi para distribución simétrica del flujo luminoso.

5.4.3 Proyectores

La carcasa de las luminarias serán de fundición de aluminio, cierre de vidrio templado y junta de silicona, con grado de protección IP-65, reflector de aluminio anodizado de alto poder de reflexión, incorporará equipo de arranque de alto factor, lámpara de Vapor de Sodio de Alta Presión, con accesorios para instalación en pared.

5.4.4 Conjunto de alumbrado exterior mediante brazo

Las características de la luminaria serán idénticas a las descritas. La luminaria se soportará a las fachadas de los edificios por medio de un brazo mural con tubo de acero galvanizado en caliente de 1,5 m y llevará soldado por el interior un tornillo para la puesta a tierra, apto para terminal de presión para cable de 35 mm².

5.4.5 Apliques tipo "Ojo de buey"

Estarán constituidos por una armadura de fundición de aluminio inyectado, entrada superior de cables con prensaestopas de rosca gas, vidrio de cierre presurizado, rejilla del mismo tipo que la armadura y lámpara incandescente, de 100 W. Será apta para adosar a pared a perfil metálico. Grado de protección IP-65.

5.4.6 Apliques para fluorescencia

5.4.6.1 Apliques para adosar a pared

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 168 de 205

Constarán de un cuerpo en plástico inyectado, resistente e indeformable. Difusor extrusionado en metacrilato opal. Equipo eléctrico de arranque de alto factor a 230 V, 50 Hz. Toma de corriente 10/16 A (2P). Interruptor, tipo basculante, en uno de sus extremos. Incluirá un tubo fluorescente. Aptas para adosar a pared.

5.4.6.2 Apliques circulares

Las luminarias estarán formadas por un cuerpo soporte en chapa de acero esmaltado en color blanco, con apoyos para empotrar en falso techo de escayola. Llevarán portalámparas E-27 e incluirán una lámpara, compacta, fluorescente, que incorporará equipo de arranque rápido.

5.4.7 Apliques para incandescencia circulares

Cuerpo en material sintético resistente al calor, conformado por inyección. Difusor en policarbonato, transparente. Llevarán portalámparas E-27 y estará previsto para entrada de tipo continuo. Aptas para adosar o suspender del techo mediante tubo o cadena. Incluida lámpara.

5.4.8 Generalidades

Todo el cableado interno de las luminarias fluorescentes será realizado con cables flexibles mínimo de 1,5 mm² 750 V con aislamiento termorresistentes 75°C, de PVC. Todo el cableado interno en luminarias de Vapor de Sodio de Alta Presión será hecho con cables termorresistentes flexibles para 180°C clase 750 PVC de 2,5 mm² sección mínima y aislamiento de silicona fibra de vidrio.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 169 de 205

Todas las roscas en luminarias tipo industrial, cajas de conexiones, prensaestopas, etc., serán tipo Pg según DIN 40430. Las roscas, sin prensaestopas, estarán provistas de tapones.

5.4.8.1 Características de operación.

En funcionamiento normal, la fuente de luz recibirá alimentación desde el suministro normal.

5.5 Pruebas

Las luminarias estarán sujetas a inspección por parte del Comprador. Todas las pruebas serán por cuenta del Proveedor y éste se compromete a notificar al Comprador, con un mínimo de 15 días de anticipación, las fechas de las mismas.

Todos los defectos apreciados durante la inspección serán subsanados por el Proveedor a propia cuenta.

La inspección no releva al Proveedor de su garantía ni responsabilidades.

Las luminarias estarán sujetas a las pruebas de rutina.

Estos ensayos se efectuarán en fábrica del Proveedor y con los equipos totalmente terminados, y serán básicamente los siguientes:

- Inspección visual, control de conexiones.
- Control de que los equipos cumplen con toda la documentación (especificaciones, planos, etc.).
- Comprobación de que todos los accesorios están correctamente montados.
- Comprobación de funcionamiento.
- Ensayos de rigidez y aislamiento.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 170 de 205

- Comprobación de estanqueidad.

5.6 Documentación

El Proveedor suministrará la documentación relacionada en la Hoja de Planos y Documentación del Proveedor con las cantidades y calidades especificadas.

Además el Proveedor proporcionará los siguientes datos para cada tipo de luminaria:

- Coeficiente de utilización para los diferentes factores de reflexión.
- Diagramas polares de intensidad luminosa.
- Equidistancia recomendada para relación de uniformidad entre 1.5 y 2.
- Certificado expedido por Laboratorio Oficial para equipos a instalar en zonas clasificadas.

Asimismo el Proveedor calculará la iluminación media resultante con la disposición de equipos de alumbrado, reflejada en los planos de implantación de alumbrado que se acompañan, para las diferentes áreas de la planta, suponiendo un factor de mantenimiento de 0,75 para luminarias abiertas y de 0,85 para luminarias cerradas.

6. Montaje eléctrico

6.1 Generalidades

Las prescripciones contenidas en la presente especificación tienen por objeto definir las características que deben reunir los suministros y los trabajos de montaje de la instalación eléctrica de un buque RO-PAX.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 171 de 205

6.2 Objeto

El objeto de esta especificación es establecer las bases en el suministro de instalaciones, materiales, mano de obra, equipo y ejecución de todos los trabajos necesarios para la construcción, pruebas y terminación de toda la instalación eléctrica, en conformidad con las prescripciones contenidas en ella, los planos correspondientes y las cláusulas de las demás especificaciones del Pliego de Condiciones Técnicas.

6.3 Condiciones de servicio

En esta especificación se empleará la siguiente terminología:

PROPIEDAD:	XXX
INGENIERÍA:	YYY
DIRECCIÓN/SUPERVISIÓN DE OBRA:	ZZZ
CONTRATISTA:	WWW

Cualquier contradicción que haya entre los documentos pertenecientes al contrato debe hacerse notar por el Contratista, antes de la firma del Contrato. Una vez firmado éste, el Contratista aceptará, en caso de contradicción, la decisión dada por el Armador.

El Contratista determinará, sobre la base del programa general de Construcción general de la planta, un programa de Construcción particular para el trabajo de su competencia, que someterá a la aprobación del armador.

El Contratista trabajará en estrecha y completa colaboración con los otros Contratistas que, eventualmente, pueden estar ejecutando trabajos en la obra.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 172 de 205

Todos los materiales serán instalados por el Contratista en conformidad con esta Especificación.

Cuando fuese requerida la ejecución de cualquier trabajo, no indicado en los planos pero requerido por el Director/Supervisor del armador o causado por las revisiones de los planos, el Contratista lo realizará. Las modificaciones que deben introducirse en el costo de la instalación, causadas por este trabajo suplementario, se establecerán tomando como base el número de horas/hombre requeridas, más el coste adicional de los materiales, si fuesen necesarios, procediéndose de forma inversa en el caso de que se anule algún trabajo.

El Contratista elaborará y preparará los documentos necesarios y gestionará la aprobación de la instalación ante la correspondiente Delegación de Industria y Sociedad de Clasificación.

Cualquier desviación de esta especificación debe ser claramente expuesta por el Proveedor en su oferta, con explicaciones de las razones y ventajas de la solución propuesta.

En caso de no hacerlo se interpretará como confirmación de que los trabajos ofertados cumplen con esta especificación y que cualquier costo adicional posterior que resulte de la no exposición de una excepción o desviación será a cargo del Proveedor.

6.4 Normas y reglamentos

La instalación de todos los materiales se realizará de acuerdo con las normas y reglamentos citados en esta especificación y todos los Reglamentos locales, regionales y Estatales vigentes sobre la materia y, en particular, se ajustarán estrictamente a los siguientes:

- a) Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión
- b) Comité Electrotécnico Internacional (CEI)

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 173 de 205

c) Normas UNE: UNE-IEC-60.092-101,...202,...202/A1,...306

d) Normas del Comité Europeo de Normalización Electrotécnica (CENELEC)

Asimismo, las instalaciones temporales, propias del Subcontratista, deberán cumplir con los Reglamentos anteriormente mencionados.

Cualquier discrepancia con dichas reglamentaciones será inmediatamente comunicada a la Dirección/Supervisión del armador.

El Contratista Eléctrico será totalmente responsable del cumplimiento de todas las normas de Seguridad y Sanidad aplicables al montaje en cuestión, de acuerdo con las reglamentaciones vigentes y cumplirá, además, con todos los requisitos específicos de la Propiedad en materia de Seguridad e Higiene en el Trabajo.

6.5 Alcance del trabajo

El Contratista realizará la Instalación de los equipos en un buque RO-PAX, suministrando todos los equipos y materiales y realizando todos los trabajos necesarios de las instalaciones, de manera que queden en perfecto estado de funcionamiento los equipos a instalar y garantizando el funcionamiento de los servicios. Todo ello con el resto de los documentos y planos integrantes del contrato.

El Contratista determinará, sobre la base del programa general de Construcción de la Planta de Gestión, un programa de Construcción particular para el trabajo de su competencia, que someterá a la aprobación de la Dirección/Supervisión del armador.

El trabajo a realizar, para la instalación eléctrica en un buque CON-RO, se puede resumir como sigue:

- Alojamiento e instalación de los equipos de monitorización

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 174 de 205

- Realización de los planos según lo construido, en base a los planos entregados en formato informático de las nuevas instalaciones e incorporación a los mismos de las modificaciones de los planos según lo construido en formato informático Autocad.
- Todos los materiales serán instalados por el Contratista, en conformidad con esta Especificación y los planos del Proyecto.
- Las unidades de obra a ejecutar y la descripción de las mismas están explicadas en los distintos apartados de esta especificación y relacionadas en las mediciones del Presupuesto.

Las mediciones indicadas en cada partida son solo orientativas para el Contratista. Las mediciones finales serán realizadas en obra, con posterioridad a su realización.

Los precios unitarios ofertados por el Contratista se utilizarán para valorar los trabajos realizados, previa medición.

Los precios unitarios con medición cero (0) serán ofertados por el Contratista para posibles ampliaciones del proyecto.

Los precios han de incluir todo lo necesario para un completo y correcto montaje y funcionamiento de la instalación, así como una organización adecuada del trabajo. A título indicativo, pero no restrictivo, se considerarán incluidas, en los precios, las siguientes obligaciones:

- Personal, equipo y herramientas para realizar el montaje.
- Personal e instrumentos para realizar las pruebas.
- Supervisión del montaje por jefes o encargados.
- Transporte en el interior de la planta de todos los materiales y máquinas para el montaje, desde el almacén del Contratista.
- Suministro de todos los equipos y materiales (excepto los expresamente citados en este documento, si los hubiera), incluido el material auxiliar de

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 175 de 205

montaje como electrodos, material de consumo, pequeños accesorios, material aislante, clavos, tornillos, tuercas, grapas, arandelas, etiquetas, conectores, terminales de presión, pequeñas conexiones de cobre, soportes, separadores, trabajos de obra civil (incluido hormigón y mortero), pequeñas estructuras de acero necesarias para el trabajo (acero incluido), manguitos de protección para cables, etc, y, en general, todos los materiales no incluidos en esta especificación.

- Protecciones, con medios propios, de máquinas, equipos, etc, puestos a disposición del Contratista y que pueden ser averiados en caso de peligro.

- Protecciones contra la lluvia.

- Vigilancia de todo el material, el que sea propiedad del Contratista y el que se haya recibido y sea destinado para la instalación.

- A trabajo ejecutado, se efectuará una limpieza general de las áreas empleadas por el Subcontratista.

- Realización de la documentación final y documentos necesarios y gestión para la legalización y permisos de las instalaciones.

- Todos los gastos de seguros, impuestos, concesiones de derecho, licencias, etc.

- Trabajos adicionales para el mantenimiento del servicio eléctrico en el Complejo.

- Realización de los planos según lo construido.

- Planos de interconexionado y conexionado de la planta y entre equipos eléctricos y/o de mando y control.

- De los equipos y materiales que el Contratista suministre, enviará a la Propiedad las características, fabricante, hojas de datos, planos de detalle,

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 176 de 205

esquemas eléctricos y de conexionado, cálculos (si fueran necesarios), y certificados de pruebas.

- Cuando fuese requerida la ejecución de cualquier trabajo no incluido en este proyecto, pero requerido por el Director/Supervisor del armador, o causado por las revisiones de los planos, el Contratista lo realizará. Las modificaciones que deban introducirse en el costo de la instalación, causadas por este trabajo complementario, se establecerán tomando como base el número de horas/hombre requerido, más el coste adicional de los materiales, si fuesen necesarios.
- Las pruebas y los documentos y permisos irán incluidos, en su parte proporcional, en los precios unitarios de cada partida.

6.6 Garantías

La ejecución del trabajo será de la más alta calidad y seguirá las mejores normas empleadas en las instalaciones eléctricas.

Las instalaciones realizadas por el Contratista deberán ser aceptadas por la Dirección/Supervisión del armador, que se reserva el derecho de rechazar cualquier trabajo, y en cualquier fase de su ejecución, si considera que la calidad de éste o de los materiales empleados no alcanza el nivel necesario, teniendo en cuenta las normas establecidas en esta Especificación, debiendo el Contratista rehacerlo a su propio cargo.

El Contratista garantiza que ninguna instalación será realizada de forma diferente a la que se indica en los planos o documentos del contrato, a menos que tenga aprobación, por escrito, por parte de la Dirección/Supervisión del armador.

Todo el material suministrado al Contratista por la Propiedad que resulte dañado o roto será reemplazado. El coste de esta reposición correrá a cargo del Contratista.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 177 de 205

El Contratista será responsable y correrá con los gastos que ocasione el suministro de materiales y trabajos a realizar para la permanencia del funcionamiento del Complejo y sus servicios.

6.7 Suministro de equipos y materiales

Todos los materiales a suministrar por el Contratista se corresponderán con los definidos en su oferta, con idénticas características técnicas, marca y modelo.

Todos los materiales que suministre el Contratista serán nuevos y de primera calidad, tanto en lo referente a su diseño como a su construcción, para el uso específico en el área en que va a montarse.

Una vez que el material haya sido entregado al Contratista, quedará bajo su total responsabilidad, eximiéndose la Propiedad sobre cualquier defecto, deterioro o pérdida, corriendo a cargo del Contratista su reemplazo.

Durante la ejecución del trabajo, y hasta la aceptación por la Supervisión del armador, será responsabilidad del Contratista la reposición de cualquier elemento dañado o sustraído de la instalación.

El Contratista será responsable de almacenar y suministrar sus propios materiales. La Propiedad le entregará sobre camión los equipos que ella suministre, si los hubiera.

El almacenamiento y traslado de los materiales desde el almacén hasta el lugar del emplazamiento corre completamente a cargo del personal y medios del Contratista.

Los elementos como prensaestopas, terminales, soportes, etc, aplicables a cualquier equipo suministrado por la Propiedad, serán suministrados por el Contratista.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 178 de 205

7. Instalación de alumbrado

El Contratista suministrará los equipos de alumbrado según la especificación que se adjunta, e instalará todos los equipos y materiales de alumbrado, de acuerdo con esta Especificación, los planos y los detalles típicos de montaje.

Suministrará e instalará todas las luminarias, cajas, mecanismos, etc, así como los elementos de sujeción, accesorios para el correcto montaje de lo anterior incluso, estructuras, obra civil, albañilería, etc.

Los luminarias serán suministradas y montadas por el Contratista, de acuerdo con los planos, incluyendo la obra civil, alineamiento y nivelación, arquetas para cables y tubo de PVC rígido entre arquetas, etc.

Las tomas de alumbrado serán suministradas y montadas por este Contratista sobre las estructuras y conexionadas de acuerdo con los planos y detalles típicos de montaje.

En general, los planos de alumbrado indican la situación donde se instalarán las luminarias. En ciertos casos, sin embargo, los planos sólo indican la posición aproximada de las mismas. El Contratista determinará, en estos casos, la situación exacta de las mismas, previa consulta al Supervisor Eléctrico, en orden a evitar interferencias con tuberías, otros equipos mecánicos o eléctricos, asimismo, con vistas a obtener un nivel de iluminación adecuado uniforme, evitando sombras perjudiciales.

En los planos, en general, se indica la forma de montaje, potencia, número del circuito y panel del cual se alimenta. No podrá cambiarse el circuito ni panel del cual se alimentan las armaduras o grupo de éstas, sin el consentimiento del Supervisor Eléctrico.

El recorrido de los cables de los circuitos de alumbrado se indica en los planos. El Contratista propondrá el recorrido de los cables de alumbrado al Supervisor de Obra. En caso de discrepancia prevalecerá la opinión de este último. Como norma general, allí donde sea posible, los cables de los

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 179 de 205

circuitos de alumbrado se tenderán por las mismas canalizaciones que los cables de fuerza.

El recorrido de los cables de alumbrado viario se realizará como se indica en los planos y detalles típicos del proyecto,

Las tomas de alumbrado serán de, 230 V y 2P.

Las cajas de derivación serán metálicas de fundición de aluminio o de material autoextinguible, protección mecánica IP-55, para montaje intemperie, con prensaestopas para cables, construidas con el espacio suficiente para instalar las bornas de presión o de tornillo, terminal de puesta a tierra y llevarán tapa atornillada, incluyendo las fijaciones necesarias.

En instalación exterior, los cables irán instalados bajo tubo de PVC rígido, grado de protección 7, en instalación abierta.

En el interior de los Edificios de Servicios y Oficinas, los cables irán instalados bajo tubo de PVC rígido, grado de protección 7, empotrado en la obra.

No se incluirán codos. Asimismo, incluye la parte proporcional de abrazaderas y fijaciones.

Estas luminarias y mecanismos serán suministrados según la especificación incluida en el P.C.T., e instalados por el Contratista Eléctrico en el interior de los edificios y serán, entre otros, los siguientes:

Regletas fluorescentes con uno o dos tubos fluorescentes. Serán de chapa de acero resistente a la torsión, alojarán el equipo de arranque y llevarán reflector incorporado. Protección IP-20.

Luminarias fluorescentes empotrables de baja luminancia de 2 tubos, de óptica de doble parábola de aluminio especial anodizado y abrigantado anódicamente, aptas para salas de pantallas de ordenadores.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 180 de 205

Los tubos fluorescentes de todas las luminarias empotradas serán tubos de alto rendimiento.

Luminaria para tubo fluorescente de 1 x 18 W para montaje superficial sobre pared, equipado con toma de corriente de 16 A e interruptor tipo basculante protección IP-40 para cuarto de aseo.

Toma de corriente para interior empotrada de tipo decorativo, con toma de tierra lateral, de 16 A, 230 V y 2P.

7.1 Cables para alumbrado

Todos los cables serán de aislamiento de XLPE ó PVC y cubierta de PVC, tipo RV ó VV 0.6/1 kV de las secciones indicadas en los Diagramas Unifilares. Las cantidades necesarias serán suministradas por este Contratista, según mediciones como parte proporcional en las unidades de obra reflejadas en el capítulo correspondiente del presupuesto.

7.2 Instalación de cables

Todos los cables eléctricos, serán suministrados e instalados por el Contratista en bandejas, tubos,... etc, y conexionado a los equipos correspondientes.

Es responsabilidad del Contratista realizar la medición de los mismos y pedir los que pudieran faltar.

Cuando las longitudes sean pequeñas no se admitirán empalmes en los cables.

El recorrido de los cables se realizará de acuerdo con los planos y la Lista de cables.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 181 de 205

Los cables de fuerza y control, en áreas exteriores, taller mecánico y edificios industriales, irán instalados protegidos con tubos de acero inox o equivalente para condiciones atmosféricas adversas.

El cableado de alumbrado en el interior de los edificios se realizará por tubo y las derivaciones se realizarán en cajas dotadas con prensaestopas y nunca se utilizarán las luminarias para hacer derivaciones, ni serán atravesadas por el cable.

8. Materiales

Todos los materiales auxiliares que suministre el Contratista serán nuevos y de primera calidad, tanto en lo referente a su diseño como a su construcción, para el uso específico del área en que va a montarse. Será responsabilidad de la Dirección/Supervisión del armador la aprobación de todos estos materiales y el Contratista suministrará toda la información técnica de éstos con la suficiente antelación.

Quedará rechazado el suministro e instalación de materiales eléctricos sin la previa autorización de la Dirección/Supervisión del armador.

Los prensaestopas utilizados deben ser apropiados para su uso en el área y equipo en que se va a utilizar.

Todos los terminales utilizados serán del tipo compresión. El Contratista realizará la conexión de todos ellos usando, cuando sea necesario, la maquinaria auxiliar requerida, que será a su cargo. Asimismo serán numerados con manguitos de numeración indeleble.

Todos los soportes metálicos para las bandejas de cables, cables, aparatos de alumbrado, enchufes e interruptores de alumbrado, estaciones de maniobra y, en general, para cualquier equipo eléctrico serán suministrados y montados por el Contratista.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 182 de 205

Todos aquellos materiales fabricados y montados por el Contratista, que no lleven ningún acabado anticorrosivo, se pintarán de acuerdo con la Especificación de Pintura del Contratista, aprobada por la Dirección del armador.

Una vez que el material haya sido entregado al Contratista, quedará bajo su total responsabilidad, eximiéndose la Propiedad sobre cualquier defecto, deterioro o pérdida, corriendo a cargo del Contratista su reemplazo.

Durante la ejecución del trabajo y hasta la aceptación por la Dirección/Supervisión del armador, será responsabilidad del Contratista la reposición de cualquier elemento dañado o sustraído de la instalación.

El Contratista será responsable de almacenar y suministrar sus propios materiales.

El traslado de los materiales desde el almacén hasta el lugar del emplazamiento corre completamente a cargo del personal y medios del Contratista.

El instalador deberá suministrar los dispositivos de protección de acuerdo con la legislación vigente en dicha materia.

9. Norma de montaje

En aquellos puntos que, durante el montaje, se dañe cualquier acabado anticorrosivo de un material por distintos motivos, tales como en operaciones de cortar, doblar, etc, la superficie dañada debe pintarse para asegurar la completa protección anticorrosiva, de acuerdo con la Especificación de Pintura correspondiente.

Todos los equipos eléctricos serán montados de acuerdo con los detalles de montaje dados en los planos o detalles típicos de montaje.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 183 de 205

En el caso de que haya algún equipo o grupo de equipos en los que no sea posible la aplicación de estos detalles, su montaje se realizará de acuerdo con la buena práctica de la Especialidad, pero con la aprobación previa de la supervisión del armador.

Toda la pequeña obra necesaria para la fijación de soportes, tendido de cables y otros trabajos auxiliares, así como los materiales y equipos necesarios para ellos, serán realizados y suministrados por el Contratista y bajo la supervisión del armador.

Para efectuar el montaje de estos soportes, se seguirán los procedimientos siguientes:

- Los soportes montados sobre equipos ignifugados se instalarán antes de que se haya aplicado el ignifugado. En caso de que no haya sido posible hacerlo, se reducirá, al mínimo, la rotura del ignifugado.
- En ningún caso se taladrará la estructura metálica para fijar, a ella, soportes. En ningún caso se fijará directamente elemento alguno a una tubería o depósito.

10. Pruebas

El Contratista, antes de la puesta en marcha, debe comprobar el funcionamiento correcto de todos los equipos eléctricos indicados en esta Especificación, incluso de los equipos no suministrados por el propio Contratista, los cuales irán acompañados de los protocolos de pruebas realizadas en los talleres del fabricante. Todas las pruebas serán presenciadas por la Dirección/Supervisión del armador, y los resultados de las mismas, debidamente tabulados en hojas normalizadas, serán realizados por el Contratista, para su aprobación por la Dirección/Supervisión del armador.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 184 de 205

Todo el equipo necesario para realizar las pruebas será aportado por el Contratista, excepto donde se indique otra cosa.

El Contratista realizará las pruebas de acuerdo con la Especificación "Inspección y Pruebas para la aceptación de la instalación eléctrica" que se adjunta en este Pliego. Realizará las pruebas allí descritas, excepto las de rigidez dieléctrica y presentará los resultados en las hojas normalizadas.

Los resultados de las pruebas, serán presentados en documentos adecuados del Contratista, previamente aprobados por la Supervisión de Obra.

No se considerará ningún equipo como completamente terminado hasta que no se hayan llevado a cabo, por el Contratista, las pruebas específicas para el mismo y queden aprobadas por la Dirección/Supervisión del armador.

Cuando en un equipo se compruebe su mal funcionamiento al efectuar las pruebas, y este funcionamiento anormal sea debido a mala instalación por parte del Contratista, éste lo reemplazará y reparará, a sus expensas, hasta su aprobación por la Dirección/Supervisión del armador.

El Contratista no hará la puesta en marcha, ni pruebas de equipos, hasta no haber sido autorizado por la Dirección/Supervisión del armador.

11. Documentación técnica

Todos los planos y documentos suministrados por la Propiedad son de ésta y serán devueltos a ella una vez finalizado el Contrato.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 185 de 205

Antes de iniciar cualquier instalación, el Contratista comprobará si el plano que tiene en su poder es la última edición y tiene la aprobación para la construcción por parte de la Ingeniería/Dirección del armador.

Los planos aportados en este documento son planos explicativos del montaje de los elementos.

El Contratista desarrollará los planos de conexionado y cualquier otro tipo de documentación necesaria para el montaje.

El Contratista entregará un disco de 1,44" en formato Autocad V-14 y un juego de reproducibles de los planos finales según lo construido y diez juegos de copias al término de la obra y siempre antes de la recepción provisional, condición sin la cual no se realizará ésta, así como la referente a los equipos y materiales por él suministrados.

Deberá entregar, además, toda la documentación y asesoramiento necesarios, manuales de puesta en marcha y mantenimiento de las instalaciones, etc, todo ello referido al material suministrado y montado.

Durante las obras, dispondrá de los suficientes elementos en oficina técnica y administrativa para confeccionar cualquier plano o documento que se le solicite a efectos de montaje, petición de permisos, relaciones con Organismos o Entidades, proyectos oficiales, etc. Suministrará los datos, planos y documentos para satisfacer las demandas de la Propiedad durante la obra.

La recepción provisional por la Propiedad en ningún caso se realizará antes de que los Organismos Oficiales implicados acepten las obras, planos y documentación necesarios.

Toda la documentación se entregará en idioma español.

Todos los planos enviados en cualquier fase del proyecto irán doblados a tamaño 18 x 28 cm, para ser introducidos en bolsas tamaño DIN A4, excepto los DIN A3, que irán doblados a DIN A4.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 186 de 205

El dossier final deberá ir en una carpeta por cada copia y los planos doblados y metidos en bolsas DIN A-4.

Los poliester o reproducibles deberán ir, en un rollo los mayores del tamaño DIN A3, y en una carpeta, sin doblar, los de tamaño DIN A4 y DIN A3. En ambos casos perfectamente identificados y con una lista de planos adjunta.

Todos los planos y documentos de los materiales a suministrar por el Contratista Eléctrico, deberán llevar un sello con la siguiente leyenda:

Instalación:	XXX
Propiedad:	YYY
Ingeniería:	ZZZ
Proyecto n°:	WWW

Denominación del plano y su número:

12. Obligaciones del contratista

En los precios se incluirá todo lo necesario para un completo y correcto suministro, montaje y pruebas de los trabajos, así como la organización del trabajo, de acuerdo con las condiciones generales que acompañan a esta documentación.

El contratista será el encargado de realizar los trabajos de conexión de los sistemas de medición, regulación y control, haciendo saber al armador en cada momento el material adicional que necesita.

El Contratista deberá disponer de una oficina, además de un almacén, barracones para personal y servicios sanitarios necesarios.

El Contratista deberá de proveerse de todos los materiales y servicios que precise y, entre ellos:

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 187 de 205

- Agua.
- Equipos de energía autónomos.
- Medios de transporte.
- La propia seguridad y vigilancia de sus equipos y materiales, desde el primer envío a obras hasta la recepción provisional.

Dadas las características de este tipo de obra, que supone la existencia de otras instalaciones, hay que prever la posibilidad de incidentes o daños. Por lo tanto, el Contratista deberá prever y demostrar que dispone de un seguro suficientemente amplio para cubrir cualquier daño o accidente que se produzca durante la ejecución de los trabajos, o como consecuencia de los mismos. Se le exigirán los recibos justificativos del citado seguro, seguros sociales, de vehículos, maquinaria, etc. Dentro de este seguro tendrá que estar comprendido el total de las obras a ejecutar, incluidos todos los materiales que la Propiedad suministrase, valorados a su precio real.

Sin estos requisitos no se le permitirá la iniciación de trabajo alguno.

El Contratista dispondrá de todos los medios necesarios para señalar los acopios de trabajo, etc, a base de vallas, señales reflectantes, iluminación nocturna, suficiente personal adecuado, etc, de acuerdo con las instrucciones de los Organismos y Entidades afectadas y/o instrucciones de la Propiedad.

Deberán mantener los servicios que, por algún motivo, interrumpa, totalmente a su costa y con las condiciones que le imponga el propietario del servicio afectado y/o la Propiedad, comprendida la limpieza y posterior reposición de cualquier zona o elemento dañado, comprometiéndose a causar el menor daño posible en la obra.

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: PC	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 188 de 205

En líneas generales, la obra a ejecutar no interferirá e, incluso, se supeditará, si es necesario, a otras obras, servicios, etc, ya instalados, sin que por ello dé motivo, al Contratista, para efectuar reclamaciones de clase alguna.

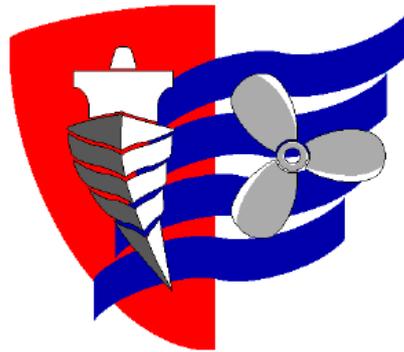
El Contratista deberá disponer de una oficina administrativa y técnica suficientemente preparada para suministrar y confeccionar cualquier documento, plano, etc, necesario para la buena marcha de la obra.

13. Seguridad y salud

El Contratista está obligado a redactar un Plan de Seguridad, adaptado a sus medios y métodos de ejecución.

Dicho Plan será aprobado por el armador, el cual controlará su aplicación práctica.

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE NAUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



ANEXOS

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: AN	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 190 de 205

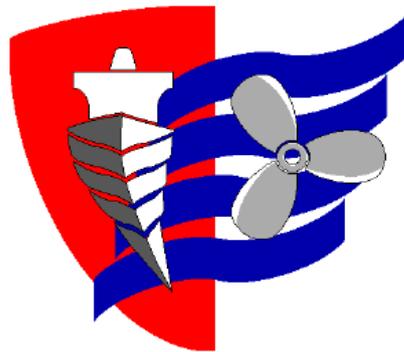
Parte 7: Anexos

1. Anexo 1

En el anexo 1 podemos encontrar las hojas de los cálculos realizados para los variadores de velocidad. En dichas hojas, se muestran los resultados obtenidos por el programa ECO2 (suministrado por Schneider Electric), potencia absorbida con y sin variador, y a partir de ellos los cálculos realizados en los que determinamos:

- El ahorro energético anual
- La cantidad de combustible ahorrado
- El ahorro económico anual
- La cantidad de CO₂ no emitida a la atmosfera

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE NAUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



CONCLUSIONES

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: CL	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 199 de 205

Parte 8: Conclusiones

1. Conclusiones finales

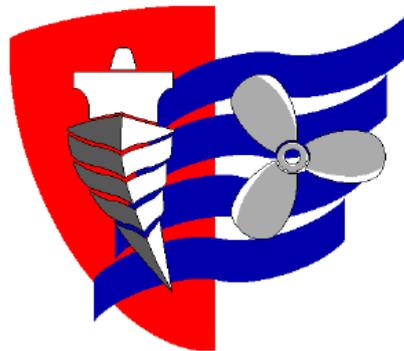
El problema de la contaminación producida por los buques es un hecho que debe de ser abordado por parte de los armadores de buques de forma contundente. La regulación presente y futura pretender provocar un cambio de tendencia en el sector naval, hacia un futuro en el que el transporte marítimo se convierta en un negocio sostenible tanto medioambiental como económicamente.

En esta línea de actuación, la eficiencia energética juega un papel fundamental y así se demuestra en este proyecto. Un mejor aprovechamiento de los recursos que existen a bordo del buque ha producido una reducción en el consumo eléctrico de 933.240 kWh al año que a su vez ha supuesto un ahorro de combustible en el buque de casi 191 Tm.

Esta importante reducción del consumo produce dos enormes ventajas: la económica, no solo producida por el coste de las toneladas del combustible ahorrado sino por el incremento de la vida útil de la maquinaria al producir una menor cantidad de energía eléctrica, y la medioambiental, al reducir en 614 las toneladas de CO₂ expulsadas a la atmosfera en un año.

Son muchas las mejoras que se pueden incluir, tanto en buques nuevos como en buques construidos. Mejoras como el aumento de la eficiencia en sistemas de climatización o la instalación de la nueva generación de motores eléctricos de alta eficiencia, pueden producir ahorros tan significativos como los descritos en este proyecto.

ESCUELA TECNICA SUPERIOR DE NAUTICA
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



BIBLIOGRAFIA

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: BI	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 201 de 205

Parte 9: Bibliografía

1. Libros

- MEP Series, Volume 3, Part 20: "Exhaust Emissions from Combustion Machinery" A. A. Wright, The Institute of Marine Engineers, 2000.

2. Publicaciones

- JRC REFERENCE REPORTS "Regulating air emissions from ships: the state of the art on methodologies, technologies and policy options". Apollonia Miola, Biagio Ciuffo, Emiliano Giovine, Marleen Marra. November 2010.
- "IMPACTO MEDIOAMBIENTAL DEL SECTOR MARÍTIMO: Emisiones atmosféricas". Grupo de Trabajo de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Asociación de Ingenieros Navales y Oceanográficos de España.
- "Convenio MARPOL" Version 2.1, OMI, Febrero 2003.
- "Los graves efectos potenciales de la modificación de las normas europeas sobre contenido de azufre de los combustibles marinos" Elena Seco García –Valdecasas, Manuel Carlier de Lavallo.
- "Technical support for European action to reducing Greenhouse Gas Emissions from international maritime transport" Jasper Faber, Agnieszka Markowska, Dagmar Nelissen, Marc Davidson, Veronika Eyring, Irene Cionni, Espen Selstad, Per Kågeson, David Lee, Øyvind Buhaug, Haakon Lindtsad, Philip Roche, Emma Humpries, Jakob Graichen, Martin Cames, Winfried Schwarz. Delft, December 2009

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: BI	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 202 de 205

- “Consumo de energía y emisiones asociadas al transporte por barco” Grupo de investigación del transporte marítimo de la Fundación de la Universidad de Oviedo. 2009
- “Improving Energy Efficiency: SEEMP”. ABS NAUTICAL SYSTEMS NEWS. Primavera 2012”
- “MODELIZACIÓN DEL TRANSPORTE MARÍTIMO INTERNACIONAL” Euro-American Association of Economic Development Studies Working Paper Series Economic Development Number 57. Isidro Frias, M. Carmen Guisan
- “Ahorro y Eficiencia Energética en Buques de Pesca. Experiencias y Prácticas” Área de Energía del Centro Tecnológico de la Pesca CETPEC. IDEA. Junio 2009.
- “Motores de inducción alimentados por convertidores de frecuencia PWM” Guía técnica proporcionada por WEG Equipamientos Electronicos.
- “Guía técnica de la iluminación eficiente, sector terciario y residencial” Comunidad de Madrid.
- “Guía técnica de eficiencia energética en Iluminación. Oficinas” IDEA.
- Seminario Técnico. “Contribución de los buques a la contaminación atmosférica y a la emisión global de CO2. Tendencias tecnológicas para minimizar los efectos”. Oria Chaveli, J.M. Escuela Técnica Superior de Náutica. Universidad de Cantabria.
- Artículo, “Ventajas del uso de variadores de frecuencia”, John Herrera Rondoy. ALLTRONICS

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: BI	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 203 de 205

3. Catálogos y manuales

- Wärtsilä Inginers, “WÄRTSILÄ 46 TECHNOLOGY REVIEW”
- Wärtsilä Inginers, “WÄRTSILÄ 20 TECHNOLOGY REVIEW”
- Wärtsilä, “BOOSTING ENERGY EFFICIENCY”
- Mitsubishi electric Factory automation. “Familia FR Variadores de frecuencia”.
- Schneider Electric, “Altivar y Altistart, Variadores de velocidad y arrancadores”. Enero 2013.
- Schneider Electric, “Guía de soluciones de Eficiencia Energética”.
- Schneider Electric, “Compact NSX Masterpact, Interpact Vigirex y PowerLogic” Interruptores automáticos y en carga. Protección diferencial. Medida, gestión, supervisión y calidad de la energía eléctrica.
- Philips. “Tarifa alumbrado profesional marzo 2013 “.

4. Normativa

- MEPC.1/Circ.681 17 agosto 2009. Directrices provisionales sobre el método de cálculo del índice de eficiencia energética para los buques nuevos (EEDI).
- MEPC.1/Circ.683 17 agosto 2009. Orientaciones para la elaboración de un plan de gestión de la eficiencia energética del buque (SEEMP).

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: BI	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 205 de 205

- MEPC.1/Circ.684 17 agosto 2009 Directrices para la utilización voluntaria del indicador operacional de la eficiencia energética del buque (EEOI).
- MEPC 59/24 27 julio 2009 “Informe del comité de protección del medio marino sobre su 59º periodo de sesión”.
- MEPC 63/23 14 marzo 2012 “Informe del comité de protección del medio marino sobre su 63º periodo de sesión”.
- MEPC 64/23 11 octubre 2012 “Informe del comité de protección del medio marino sobre su 64º periodo de sesión”.
- ANEXO 19 RESOLUCIÓN MEPC.203(62) 15 de julio de 2011 “Enmiendas al anexo del protocolo de 1997 que enmienda el convenio internacional para prevenir la contaminación por buques, 1973, modificado por el protocolo de 1978”.
- Reglamentos Electrotécnicos españoles para Baja y Alta Tensión.
- UNE-22135-352
- UNE-IEC-60092-101..202..202/A1..351..376
- UNE 157001, “Criterios generales para la elaboración de proyectos”.

5. Páginas Web

- ABB, <http://www.abb.es/product/ap/seitp322/b9d1f8fa7327e57f4425776100392f06.aspx%C3%A7>
- Schneider Electric, <http://www.eco2-0.com/chrome/root/#&ui-state=dialog>

PROYECTO FIN DE CARRERA	Ref: BI	
INGENIERO TECNICO NAVAL	FECHA: 28/06/2013	
	REV:01	Pág. 205 de 205

- Tecnoilcalor, http://www.tecnoilcalor.com/catalogo/Grupos-de-presion_c4/Equipos-de-presion-de-dos-bombas-con-variador-de-velocidad_f36/
- <http://www.ine.es/jaxiBD/tabla.do>