



# MEDIDAS PARA LA DOTACIÓN DE SUMINISTRO ELÉCTRICO A BUQUES EN LOS PUERTOS DE INTERÉS GENERAL



Octubre 2016

**Redacción**

INOVALABS

Alberto Casal  
Klaas Wuerzburg  
Mercedes Mella  
Daniela Rodrigues

**Dirección**

Julio de la Cueva  
Jefe de Área de Nuevos Servicios Portuarios

## PREÁMBULO

El presente estudio tiene por objeto iniciar un proceso de reflexión y debate sobre el futuro de la utilización de la energía eléctrica como fuente de alimentación de las necesidades a bordo durante el tiempo en que los buques permanecen en atraque.

Efectivamente el estudio muestra que esta alternativa a mantener los motores auxiliares en funcionamiento para alimentar las cargas eléctricas de abordo -bombas de trasiego, sistemas de refrigeración, iluminación, etc.)- es tecnológicamente una realidad no sólo en varios puertos extranjeros sino incluso en España.

Las razones principales por las que el suministro de energía eléctrica a buques en atraque representa una alternativa ventajosa para el naviero son dos: la alimentación eléctrica supone confort tanto para el pasaje como para las tripulaciones de los buques, y también supone un menor desgaste de los motores auxiliares. Sin embargo, el gran beneficio de la implantación de este tipo de suministro consiste en erradicar cualquier tipo de emisiones a la atmósfera en el entorno del atraque, siendo esta ventaja relevante para los puertos españoles, la mayoría de los cuales están maclados en el tejido urbano con densidad de población elevada en las proximidades de los atraques.

No obstante, existen todavía importantes barreras para que esta alternativa a los combustibles fósiles sea una realidad: en primer lugar, se requiere un equipamiento que no disponen los muelles en la actualidad y, en segundo lugar, el coste del suministro eléctrico es mayor que el combustible procedente del petróleo. Pero no son esas las únicas barreras, pues hay además otras varias como son: la mayor rigidez que supone al naviero a la hora de elegir el atraque a solicitar, la ausencia de tomas eléctricas en el buque a pesar de la reciente estandarización de la conexión eléctrica a nivel internacional (ISO/IEEC/IEEE 80.005, que incluye tres partes), la escasez de potencia disponible en las subestaciones y/o centros de transformación de la red eléctrica general en las proximidades de los atraques, etc.

En fin, el estudio estima cuales serían las mejores localizaciones para instalar equipos para suministrar energía eléctrica en atraque; ello en base al análisis de la flota que con más frecuencia hace escala en los puertos españoles, y en base a las potencias estimadas de sus correspondientes motores auxiliares. Un total de trece localizaciones han sido propuestas y la economía de la operación analizada en detalle incluso recabando información de las partes interesadas.

Desde el punto de vista del cumplimiento de los compromisos comunitarios de España, este informe será útil para elaborar -en un futuro- un plan general para dotar a los puertos españoles de instalaciones de suministro de energía eléctrica a buques, y contribuir así al Marco de Acción Nacional cuya elaboración exige la Directiva 94/2014 sobre combustibles alternativos; ello si se logra la complicidad necesaria entre los diferentes actores responsables de las varias industrias que intervienen en este servicio, al menos, el sector eléctrico, el naviero y el portuario.

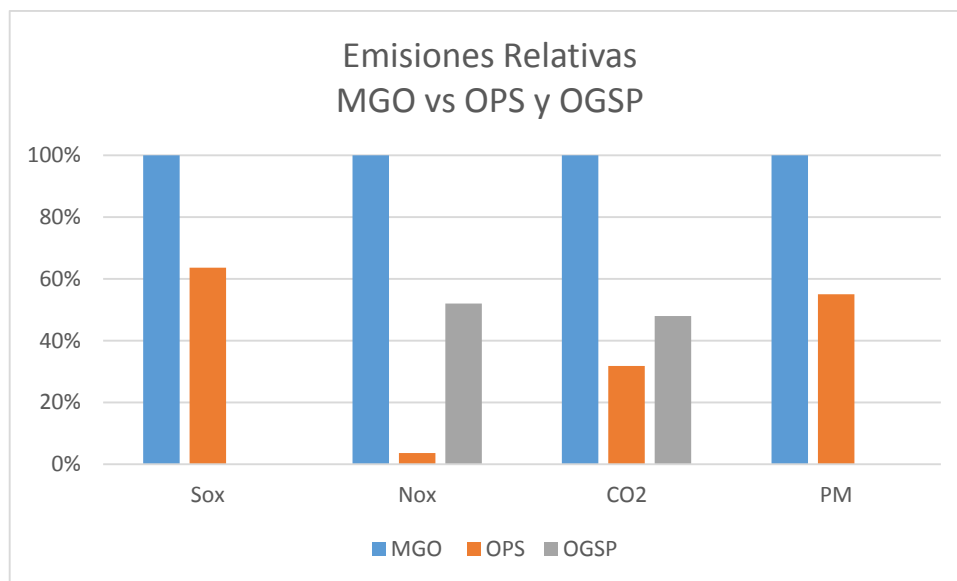
Por último, este estudio representa un esfuerzo más de este Organismo Público en aras a fomentar el uso de nuevas tecnologías que minoren el impacto de los puertos en el medio ambiente, que se añade a la modificación reciente de la Ley de Puertos vigente por la que se otorga una bonificación del 50 % en la tasa T-1 que grava la estancia de los buques en puerto y que se otorga a aquellos buques que utilicen el suministro eléctrico durante el tiempo que permanecen en atraque apagando sus motores auxiliares al no necesitarlos ya para generar energía.

EL PRESIDENTE DEL ORGANISMO PÚBLICO PUERTOS DEL ESTADO

José Llorca Ortega

## Resumen ejecutivo

La directiva 2014/94/UE obliga a los países miembros de la Unión Europea a elaborar un Marco de Acción Nacional (MAN) que puede incluir la dotación del equipamiento necesario para el suministro energético a buques en puerto. Estos equipos contribuyen de forma significativa a la reducción del nivel de emisiones procedentes de los buques en puerto. En la tabla siguiente se presenta el potencial de reducción de emisiones de los dos sistemas que han sido propuestos según la preferencia de las Autoridades portuarias (Onshore Power Supply y Off-Grid Shore Power).



*Figura 1.1 – Emisiones Relativas de sistemas de suministro energético a buques en puerto. Cambios relativos al paradigma actual (uso de motores auxiliares y MGO). Las barras para OPS y OGSP son relativas al MGO. P.e. El cambio de MGO a OPS reduce un 80% la emisión de partículas. El OGSP reduce todas las emisiones de SOx relativo al MGO etc. (Los valores OPS han sido calculados en función del mix eléctrico español.)*

Para la elaboración de una estrategia de implementación del suministro eléctrico en puertos, el presente informe analiza la viabilidad de sistemas de suministro energético a buques en puerto e identifica proyectos piloto adecuados.

Este informe describe las tecnologías OPS y su funcionamiento en el capítulo 2; el capítulo 3 está dedicado a presentar la metodología del trabajo abordado y el 4 a la descripción de la situación hoy por hoy tanto en España como en algún puerto de Europa; el capítulo 5 y 6 recogen la normativa técnica y el sistema de tarificación eléctrica.

El informe aborda la estimación de la demanda eléctrica potencial en el capítulo 7 para proponer en el capítulo 8 trece ubicaciones consideradas las más idóneas para implantar esta tecnología OPS.

Los capítulos 9 y 10 están dedicados a identificar las principales barreras para el suministro de electricidad a buques en atraque, así como la propuesta de medidas para superar tales barreras.

El siguiente mapa muestra la propuesta de instalaciones de suministro energético a buques en puerto identificadas durante la ejecución del presente informe.

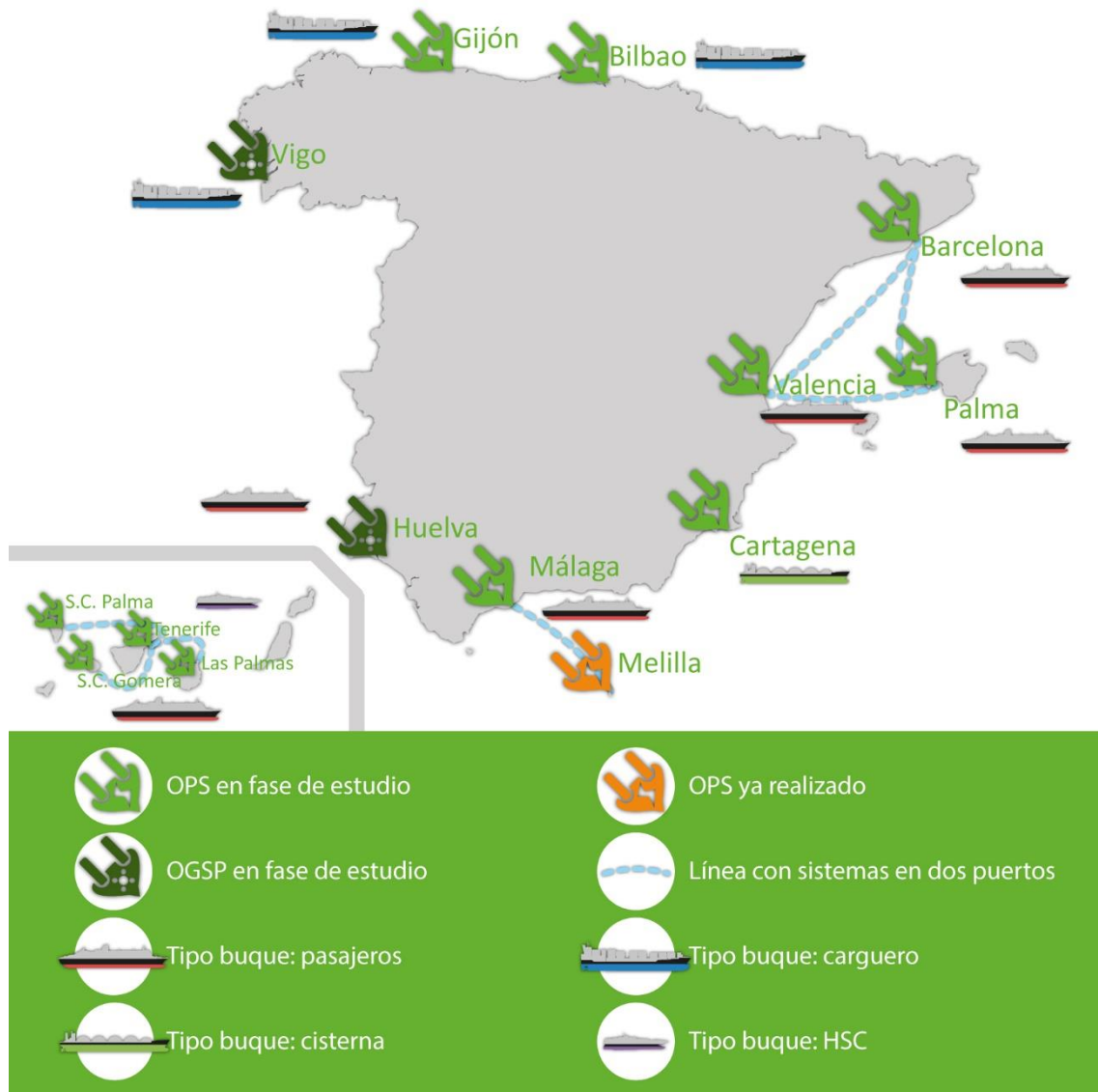


Figura 1.2 – Mapa de las ubicaciones de los proyectos propuestos de suministro energético en puerto (Fuente: elaboración propia).

Se identificaron 11 puertos en los cuales hay una demanda de buques que además atracan de forma periódica en los mismos muelles lo suficientemente elevada para justificar una implementación de OPS. La existencia de esta pareja buque-muelle es una condición clave para la viabilidad de cualquier proyecto de suministro energético en puerto; si no hay una demanda relevante y concentrada en un muelle, no tiene sentido construir una infraestructura de suministro energético.

En 9 de los 11 puertos la autoridad portuaria respectiva optó por un sistema de tipo OPS tradicional (Onshore Power Supply). Este sistema expande la red eléctrica terrestre hasta el muelle y provee una conexión a la red. En dos de los 11 puertos, los responsables en la autoridad portuaria se han mostrado partidarios de un sistema móvil de generación eléctrica in situ mediante gas natural. Esta solución contenerizada es factible tanto para un suministro en muelle como desde barcaza.

Las instalaciones de suministro energético se proponen en los puertos de Palma de Mallorca, Barcelona, Valencia, Cartagena, Vigo, S.C. de Tenerife, San Sebastián de la Gomera y Santa Cruz de la Palma (los tres pertenecientes a la Autoridad Portuaria de S.C. Tenerife), Las Palmas, Huelva, Málaga, Gijón y Bilbao, donde los siguientes buques: Visemar One, Nissos\_Chios, Tenacia, Zurbarán, Island Escape, SNAV Adriático, Scandola, Almudaina Dos, Stolt Kingfisher, Tinerfe, Castillo de Trujillo, L'Audace, La Surprise, Benchijigua Express, Bencomo Express, Bengato Express, Bocayna Express, Bonanza Express, Volcán de Timanfaya, Volcán del Teide, Volcán del Tauce, Volcán de Taburiente, Volcán de Tijarafe, Volcán de Tamadaba, Volcán de Tamasite, Fortuny, Sorolla, Cementos Cantábrico, Encofrador, Philipp, Corsar, Endeavor, Magnus F, Flintercape, Ensemble, Encounter, Ice Crystal, Daniela B y Enforcer, podrían consumir hasta potencialmente 52 GWh.

Dichas instalaciones totalizan una inversión suma de 21,4 M€ en equipamiento en muelles, resultando un importe para el Plan de 30,2 M€ si se contabiliza un coste de adaptación de los sistemas eléctricos a bordo estimada en torno a 8,8 M€.

En relación las externalidades consideradas, se ha calculado que la implementación de las actuaciones propuestas en este avance del Plan supondría una reducción de las emisiones a la atmósfera de aproximadamente:

- 22.312 Toneladas anuales de CO<sub>2</sub>
- 9,2 toneladas de SO<sub>x</sub>
- 482,2 toneladas de NO<sub>x</sub>, y
- 7,23 toneladas de partículas.

## ÍNDICE

1	Introducción.....	10
1.1	Antecedentes .....	11
1.2	Objetivos .....	12
2	Tecnología de suministro de energía a buques en atraque.....	14
2.1	Tecnología OPS.....	15
2.1.1	Acometida a la red eléctrica nacional.....	16
2.1.2	Acondicionamiento de la energía eléctrica.....	18
2.1.3	Gestión de cables y conexión muelle-buque .....	28
2.2	Sistemas OGSP .....	43
2.2.1	Eficiencia energética y bajas emisiones .....	43
2.2.2	Movilidad .....	43
2.2.3	Flexibilidad .....	44
3	Metodología de trabajo .....	45
4	Situación actual.....	50
4.1	En España .....	51
4.1.1	Realizaciones.....	51
4.1.2	Estudios realizados en puertos españoles .....	53
4.2	Extranjero.....	58
4.2.1	Realizaciones de OPS en Hamburgo y Gotemburgo .....	60
4.2.2	Normativa que condiciona el desarrollo de OPS en Hamburgo, Estocolmo y Civitavecchia .....	64
5	Normativa técnica OPS .....	67
5.1	Normas ISO .....	68
5.2	Legislación europea .....	69
6	Tarificación eléctrica .....	70
6.1	El mercado eléctrico nacional.....	71
6.2	Cuantías de ATR y pagos por capacidad .....	75
6.2.1	ATR .....	75
6.2.2	Periodos .....	77
6.2.3	Pagos por capacidad .....	82
6.3	Estimación del coste de la energía eléctrica .....	83

7	Estudio de la demanda potencial.....	87
7.1	Determinación de los puertos objetivo .....	88
7.2	Determinación de los muelles objetivo .....	90
7.2.1	Selección a nivel de flotas .....	90
7.2.2	Selección a nivel de buques .....	93
7.2.3	Estimación de la demanda eléctrica de buques seleccionados .....	95
7.2.4	Identificación de atraques donde suministrar a los buques seleccionados .....	97
7.3	Definición previa de puntos de conexión y flota objetivo .....	99
8	Actuaciones propuestas.....	102
8.1	Palma de Mallorca .....	103
8.2	Barcelona .....	105
8.3	Valencia .....	107
8.4	Cartagena .....	109
8.5	Vigo .....	111
8.6	Santa Cruz de Tenerife .....	113
8.7	Las Palmas .....	115
8.8	Pasaia .....	117
8.9	Huelva .....	117
8.10	Ceuta .....	119
8.11	Málaga .....	119
8.12	Gijón .....	121
8.13	Bilbao .....	123
8.14	Resumen de actuaciones .....	125
9	Barreras identificadas.....	128
10	Propuesta de medidas .....	136
11	Bibliografía .....	142



### Agradecimientos a colaboradores

INOVA Labs contó con la colaboración de las siguientes entidades a las que expresa su agradecimiento:

Autoridad Portuaria de Baleares
Autoridad Portuaria de Barcelona
Autoridad Portuaria de Bilbao
Autoridad Portuaria de Cartagena
Autoridad Portuaria de Ceuta
Autoridad Portuaria de Gijón
Autoridad Portuaria de Huelva
Autoridad Portuaria de Las Palmas
Autoridad Portuaria de Málaga
Autoridad Portuaria de Melilla
Autoridad Portuaria de Pasajes
Autoridad Portuaria de Santander
Autoridad Portuaria de Tenerife
Autoridad Portuaria de Valencia
Autoridad Portuaria de Vigo
Göteborg Port Authority
Civitavecchia Port Authority
Hafen Hamburg e.V.
Havenbedrijf Antwerpen
Havenbedrijf Rotterdam N.V.
NOATUM PORTS, S.L.U.
NAVIERA ARMAS S.A.
BALEÀRIA EUROLINEAS MARÍTIMAS S.A.
Empresa Nacional Elcano de la Marina Mercante, S.A
BOLUDA CORPORACIÓN MARÍTIMA, S.L.
FRED. OLSEN, S.A.
Erhardt Mediterráneo, S.L.
Cementos Tudela Veguín S.A.
Vapores Suardiaz S.L.
Schneider Electric SE
Siemens Aktiengesellschaft
Cavotec Ibérica, S.A.
GHENOVA Ingeniería, S.L.



# 1 Introducción

## 1.1 Antecedentes

Los sistemas de suministro de energía en puerto hacen posible la conexión de buques atracados a la red eléctrica terrestre para abastecer sus necesidades energéticas durante su estancia. La potencia disponible mediante estos equipos sustituye a la generación de energía de los motores auxiliares a bordo.

Existen dos formas diferentes de suministrar energía eléctrica a los buques:

- el suministro puede provenir de la red eléctrica nacional, es el sistema denominado OPS (On-shore power supply), AMP (Alternative Maritime Power), Cold Ironing o SSE (Shore Side Electricity), y el otro sistema alternativo es,
- la generación in situ al costado del buque, bien sea a pie de muelle o en barcaza, es el llamado OGSP (Off-Grid Shore Power).

La justificación de utilizar sistemas de suministro de energía eléctrica a buques en los puertos es mitigar el impacto medioambiental: emisiones y ruidos y vibraciones en las terminales portuarias; dicho impacto es generado por la combustión del combustible de los motores a bordo.

La Directiva 2014/94/UE, relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos, se refiere específicamente al suministro de energía eléctrica a buques en puertos. Efectivamente, la Directiva establece que cada miembro de la unión europea debe elaborar un Marco de Acción Nacional en el que se analice la necesidad de implantar estos sistemas OPS.

Además de dicha Directiva, otras normas internacionales invitan a considerar estos sistemas OPS como medio para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y nocivos para la salud. Entre las más relevantes pueden citarse,

- el Convenio Internacional para Prevenir la Contaminación en el Mar Marpol 73/78, anexo VI
- la Directiva 2005/33/CE relativa al contenido en azufre de los combustibles de uso marítimo
- la directiva 2008/50/CE, de carácter más general, relativa a la calidad del aire y combatir la contaminación atmosférica.

La instalación de sistemas OPS es una de las estrategias recomendadas por “World Port Climate Initiative” para reducir la emisión de gases de efecto invernadero, además de los efectos nocivos para la salud, minimizando así el impacto medioambiental de los buques atracados en puerto.

Efectivamente, las emisiones procedentes del transporte marítimo contienen 2.700 veces más componentes sulfurosos que la gasolina usada en los coches, representando junto con la aviación los emisores más importantes (Schmit 2006). Los fueles que se utilizan por el transporte marítimo son HFO (Heavy Fuel Oil), MDO (Marine Diesel Oil) y MGO (Marine Gas Oil) que contienen grandes cantidades de compuestos contaminantes como SOx, NOx, VOCs, etc. Numerosos estudios han demostrado que estos compuestos son muy dañinos para la salud de las personas, pues se asocian directamente con el desarrollo de enfermedades cardio-pulmonares. Como se da la circunstancia de que las zonas portuarias suelen estar rodeadas de poblaciones numerosas, los sistemas OPS aparecen como una oportunidad para mejorar el modelo actual.

La implantación de sistemas OPS reduce las emisiones en puerto al mix de emisiones asociado al mercado eléctrico nacional, pero se deslocalizan radicalmente dichas emisiones alejándolas de los puertos y las ciudades donde éstos se sitúan. Según los cálculos realizados para este informe, el uso de sistemas OPS en España reduciría las emisiones de buques en puerto significativamente: NOx un 96%, un 68% para partículas, un 45% CO<sub>2</sub>, y SOx un 36%.<sup>1</sup>

En este sentido, algunos países fomentan la utilización de la energía eléctrica en estos casos mediante la aplicación de reducciones fiscales y ayudas financieras. Esto hace que esta solución sea atractiva para las navieras y que adapten gradualmente sus barcos. Un ejemplo es el caso de Suecia donde, con la autorización de la Comisión Europea, las tasas se han reducido un 98 % hasta el año 2020, pasando de 0,28 SEK/kWh a un precio simbólico de 0,005 SEK/kWh<sup>2</sup>.

Por último, el precio de la electricidad ha sido (y sigue siendo) un elemento clave para la implementación de sistemas OPS. De nuevo sirve el ejemplo de Suecia, país con más instalaciones OPS de Europa, que se beneficia de un precio para clientes industriales de aproximadamente 8 c€/kWh frente los 14 c€/kWh a los que se comercializa en España.

Por el contrario, y es conveniente resaltarlo, existen soluciones técnicas para la implantación de estos sistemas OPS en cada ubicación, no representando dicha tecnología una barrera en el momento actual.

## 1.2 Objetivos

El objetivo último de este estudio es fomentar en los puertos españoles la implantación de sistemas OPS para el suministro de electricidad a los buques que estén preparados para ser conectados desde el muelle.

Además, dado que la Directiva 2014/94/UE se recoge en su artículo 4, apartado 5 lo siguiente:

*“El marco de acción nacional evaluará la necesidad de suministro eléctrico en puerto para los buques y embarcaciones marítimas de navegación interior y los buques marítimos en puertos marítimos e interiores. Dicho suministro eléctrico en puerto se instalará prioritariamente en puertos de la red básica de la RTE-T y en otros puertos a más tardar para el 31 de diciembre de 2025, salvo que no existiera demanda y los costes fueran desproporcionados en relación con los beneficios, incluidos los beneficios ambientales.”*

De ello deriva el objetivo inmediato de este estudio, que es evaluar la necesidad de implantación de suministro eléctrico en puerto en los puertos nacionales pertenecientes a la red RTE-T. Para llevar a cabo este objetivo se ha optado por elaborar una lista de puertos con mayor potencial para la explotación de este equipamiento. Hay que tener en cuenta que la implementación de esta tecnología no es, en muchos casos, posible de forma inmediata debido a la indisponibilidad de capacidad de potencia disponible a una distancia del muelle razonable.

---

<sup>1</sup> Calculado en función del mix eléctrico español y las emisiones de las tecnologías de generación que componen este mix.

<sup>2</sup> Decisión de la Comisión Europea de 14 de octubre de 2014 derivada de la aplicación del artículo 19 de la Directiva 2003/96/EC y de la Directiva 2014/725/EU.

Para la selección de los puertos y muelles donde disponer las conexiones se ha atendido a los siguientes criterios:

- Número y duración de las escalas
- Tipos de barcos
- Localización de potencia eléctrica disponible de la red general
- Cercanía a zonas residenciales
- Presión social
- Normativa medioambiental municipal

Elaborada esta lista de puertos, se realiza un diseño técnico básico de las instalaciones necesarias. Además, en este estudio se lleva a cabo un análisis financiero y socio-económico de la propuesta realizada para cada puerto seleccionado.

En todo caso, este informe puede servir como punto de partida para elaborar un “plan director” sobre esta materia, o al menos, para ofrecer una visión conjunta de las posibilidades de la implantación de los sistemas OPS en los puertos de interés general.



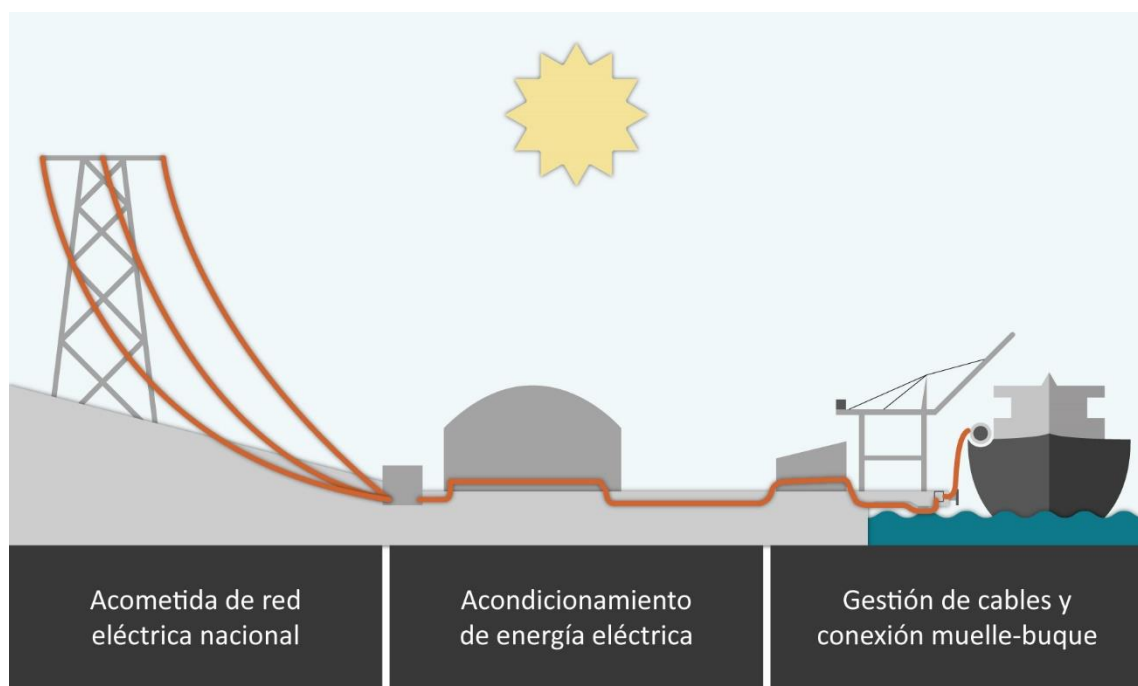
## 2 Tecnología de suministro de energía a buques en atraque

## 2.1 Tecnología OPS

El sistema OPS, es un sistema de suministro de energía eléctrica a buques que se basa en obtener la energía eléctrica de la red eléctrica nacional y adaptarla de forma que sea compatible con el sistema eléctrico del buque mediante una conexión no permanente. Para hacer esto, se puede dividir una instalación típica de OPS en tres partes diferenciadas:

1. Acometida a la red eléctrica nacional
2. Acondicionamiento de la energía eléctrica
3. Gestión de cables y conexión muelle-buque

A continuación, se detallan las características particulares de cada una de las tres partes de la instalación.



*Figura 2.1. Componentes de una instalación OPS (Fuente: elaboración propia).*

### 2.1.1 Acometida a la red eléctrica nacional

El primer aspecto a tener en cuenta en un estudio técnico para la implantación de un sistema de suministro eléctrico a buques desde puerto es la disponibilidad de potencia eléctrica cercana al muelle donde se va a proceder la instalación de un punto de suministro eléctrico. Para ello se debe buscar la subestación de donde se va a alimentar el sistema OPS.

Los dos factores determinantes en el estudio de instalación son la localización de la subestación de distribución más cercana y disponibilidad de la potencia necesaria. En el mejor de los casos, existirá una subestación cercana con potencia suficiente para construir toda la infraestructura necesaria para la conexión OPS. En caso contrario, será necesario construir una subestación nueva, lo que encarecerá los costes de la instalación, entre 250.000 € y 3,5 millones de € por muelle (Fuente: WPCI Investment costs).

Para determinar la situación de la subestación más próxima a cada emplazamiento de equipo OPS se puede hacer uso de la información disponible en Red Eléctrica Española, donde se puede obtener los datos de las principales subestaciones para determinar la mejor opción disponible.

En cuanto a las condiciones de instalación se debe seguir el reglamento de líneas de Alta Tensión (RLAT) sus instrucciones técnicas complementarias (R.D. 223/2008) y en particular la ITC-LAT-06 sobre líneas subterráneas con cables aislados en los casos de conexiones soterradas.

#### 2.1.1.1 Obra civil

Los trabajos de obra civil son los necesarios para llevar la línea de alta tensión hasta el punto de conexión en el muelle: excavación, retirada del material excedente, canalizaciones, colocación de tubería y cintas de señalización y compactación de la zanja. Es recomendable realizar la acometida de la línea de alta tensión entre la subestación y el centro de transformación en tramos rectos, evitando el trazado de curvas; en caso de cruzamientos por calles, carreteras o vías de ferrocarril, se debe realizar dicho cruzamiento en trazado perpendicular al eje del vial.

En cuanto a la canalización de los cables, la profundidad mínima a la que los tubos deben ir colocados es de 90 cm e irán protegidos por tubos rígidos de PE. En el fondo de la zanja se tendrá una capa de nivelación de arena fina o tierra cribada. Por la parte superior, los cables estarán protegidos mediante una losa de hormigón de, al menos, 10 Mpa de resistencia característica. Encima de ellos se colocará una capa de tierra compactada con cinta de señalización, estando coronada con pavimento asfáltico.

Para realizar los trabajos de tendido y mantenimiento se recomienda instalar arquetas cada 40 m, que deben permitir la colocación de rodillos en el fondo que faciliten las operaciones de tendido.

#### 2.1.1.2 Conductores

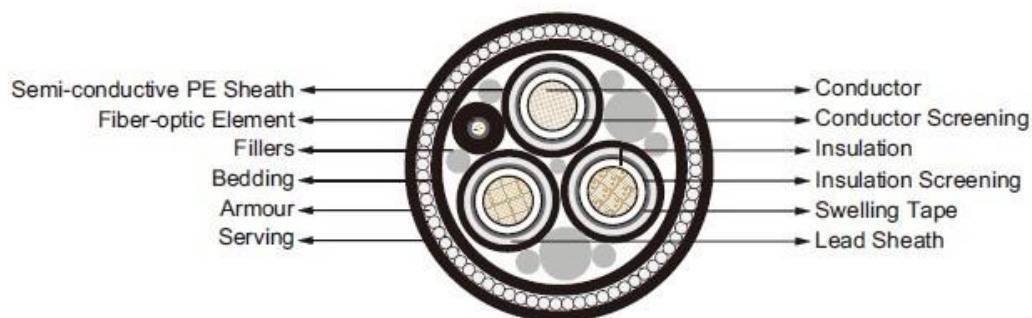
Los conductores deben ser elegidos conforme a las características propias de cada instalación. En algunos tramos es posible realizar la acometida mediante tendido aéreo, que resulta más económica que la acometida subterránea, pero en la gran mayoría de casos otras actividades portuarias o las poblaciones cercanas limitan esta posibilidad. Los conductores deben cumplir con los requerimientos de la norma UNE 21002 y la UNE 21123.



En la fase de diseño del tendido de cables la norma UNE 211435:2011 puede ser de gran utilidad; se trata de la guía para la elección de cables eléctricos de tensión asignada igual o superior a 0,6/1 kV para circuitos de distribución de energía eléctrica.

Un ejemplo de diseño podría consistir en cables de aluminio formados por conductores unipolares del tipo HEPRZ1 con aislamiento de etileno propileno de alto módulo (HEPR), con pantalla semiconductora sobre el conductor y sobre el aislamiento y pantalla metálica asociada, con todos los conductores protegidos con tubo de polietileno corrugado de doble pared.

Los conductores deben cumplir con los requerimientos indicados en la norma UNE 21002 y la UNE 21123. La instrucción técnica complementaria para alta tensión ITC LAT 07 permite dimensionar los cables en función de su coeficiente de corrección y corriente máxima admisible.



*Figura 2.2 - Esquema de un cable de alta tensión trifásico destinado a ser enterrado*

Para líneas aéreas, se ha de aplicar la ITC LAT 07 de líneas de alta tensión para proyectar el tendido de los cables del mismo modo que en el caso anterior para las líneas subterráneas. No obstante, hay que señalar que la alternativa de realizar la conexión mediante cables aéreos resulta menos atractiva pues limita la capacidad de almacenamiento en puerto debido a las zonas de seguridad que habría que dejar bajo estos cables de alta tensión.

### 2.1.2 Acondicionamiento de la energía eléctrica

Para la conexión de los buques a la energía proveniente de la red general de energía eléctrica es necesario transformar y acomodar esta energía a las necesidades de los buques. En este apartado se debe aclarar que existen múltiples configuraciones en los buques, ya sea por su procedencia o año de construcción. Debido a la imposibilidad de clasificar los buques es necesario hacer una investigación exhaustiva para cada caso.

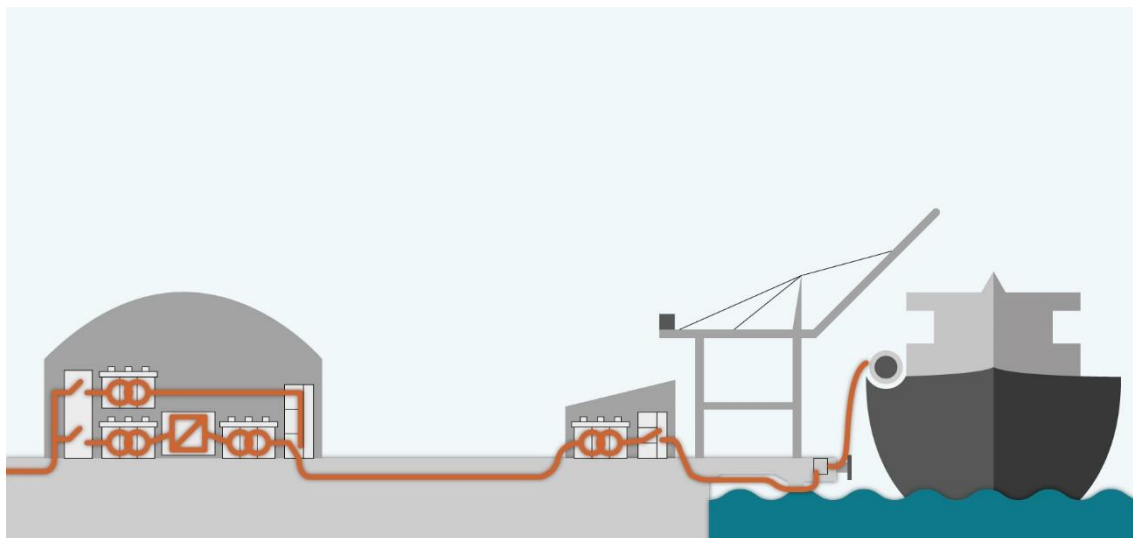


Figura 2.3. Disposición de los elementos de acondicionamiento de la energía eléctrica (Fuente: elaboración propia).

Los buques actualmente producen la energía con sus motores auxiliares quemando combustibles fósiles y acoplando un generador eléctrico para transformar la energía mecánica en energía eléctrica. Esta energía eléctrica es volcada directamente a las barras del sistema eléctrico del barco que suelen trabajar en baja tensión: a 380V, 400V, 440V o 450V. Por otra parte, la ISO 80005-1 establece que la conexión eléctrica en alta tensión debe hacerse en el estándar 6,6 kV u 11 kV.

Por otra parte, el voltaje de acometida a la red general será a la tensión de distribución, del orden de 20 kV o 30 kV. Este voltaje es necesario bajarlo mediante un transformador dimensionado para la potencia necesaria en el punto de conexión. La potencia necesaria a bordo determina también las características de los conductores.

Otro punto a tener en cuenta es la frecuencia suministro del buque. Desde principios del siglo XX la frecuencia de generación, transporte y distribución se estableció a 60Hz o 50 Hz, la primera se fijó como estándar en Estados Unidos y la segunda en Europa y Asia. De este enfrentamiento en los estándares ha llevado en la actualidad a tener dos sistemas estandarizados de frecuencia en el transporte de la energía eléctrica. Dependiendo del país de construcción del buque, las frecuencias de trabajo de estos buques pueden trabajar en una u otra. Pero esta distinción no es inequívoca ya que dependiendo del destino o la finalidad del barco se equipa con equipos que trabajan a una determinada frecuencia. Un claro ejemplo de esta afirmación es el caso de grandes cruceros donde el estándar es 60Hz independientemente de su país de construcción (véase tabla 2.1). Por lo tanto, es necesario conocer con certeza la frecuencia de trabajo de cada barco.

El cuadro siguiente resume la flota atendiendo a su frecuencia de trabajo es el siguiente:

Tipo de buque	50 Hz	60 Hz
Contenedores (< 140 m)	63%	37%
Contenedores (> 140 m)	6%	94%
Contenedores (total)	26%	74%
RO-RO y buques para vehículos	30%	70%
Buque cisterna	20%	80%
Buque de pasajeros (< 200 m)	36%	64%
Buque de pasajeros (> 200 m)	--	100%
Buque de pasajeros (total)	17%	83%

Tabla 2.1. Frecuencia de la red eléctrica dependiendo del tipo de buque

Una recomendación para el diseño técnico del equipamiento necesario es la centralización de los equipos de acondicionamiento de las características de voltaje y frecuencia de la energía de suministro. Con los convertidores de frecuencia centralizados en un edificio de transformación que se deben dimensionar para la demanda total del muelle es la mejor manera para reducir costes. En ocasiones, los convertidores de frecuencia corresponden con el 50% del coste de inversión de la instalación (Ericsson y Fazlagic, 2008).

Finalmente, la transmisión de la potencia al sistema eléctrico del buque se realiza mediante una conexión cableada entre el centro de transformación y el buque directamente, pasando por las celdas de protección y los transformadores de protección galvánica por cada una de las tomas del puerto.

En las normas IEC/IEEE 80005-1 e IEC/IEEE 80005-3 se establecen los estándares para la conexión de buques correspondientes a la conexión de sistemas de conexión en alto voltaje (HVSC) y bajo voltaje (LVSC) respectivamente. En ellas se recogen las guías para las interfaces eléctricas y mecánicas, seguridad y rangos de potencia. Así, se establece una referencia de potencia máxima de 1 MVA para suministrar en bajo voltaje al buque; para potencias mayores se recomienda el suministro a alta tensión (6,6 kV ó 11 kV). No hay que olvidar que la conexión en alta tensión permite ahorrar costes de inversión en cables, adaptadores y reducir el tiempo de conexión. No obstante, el buque necesita adaptar la tensión a la tensión de sus propios equipos mediante un transformador a bordo (por ejemplo de 6,6 kV a 400 V). Esto requiere la reserva de espacio e incremento en el coste de inversión en el lado buque. En caso donde no se justifique el uso de alta tensión, la conexión se puede hacer en baja tensión.

Entre los componentes básicos mínimos necesarios para la adaptación de este muelle son los que a continuación se listan:

- Transformador eléctrico. Los transformadores eléctricos son máquinas que sirven para adaptar los niveles de tensión de la energía eléctrica. En este caso el transformador se utilizará para adaptar el nivel de tensión de la energía eléctrica proveniente de la red eléctrica para adaptarla a las necesidades del sistema de suministro de energía eléctrica.
- Sistema de seccionamiento y enclavamiento. Son sistemas que sirven para aislar los diferentes elementos del circuito eléctrico con el fin de que se garantice que no existe contacto eléctrico cuando estos sistemas están activados.
- Sistemas protección y control. Son sistemas que se encargan de manejar y controlar el flujo de energía eléctrica. También son los encargados de cortar ese suministro en caso de detectar

cualquier mal funcionamiento o alerta que pueda afectar al funcionamiento del sistema en general.

- En cuanto a la pequeña subestación que sería necesario instalar cerca del muelle, ésta debe ser lo más compacta posible. Este edificio alojará tanto el transformador como todos los sistemas necesarios para el control y manejo de este sistema.

#### 2.1.2.1 Adaptación de voltaje de la red

La energía eléctrica en Europa se transporta y distribuye en alterna a niveles de media o alta tensión, lo que quiere decir que tiene unos valores de voltaje y frecuencia definidos. Comúnmente, la energía eléctrica se distribuye a través de redes a niveles altos de voltaje (mayor de 20kV) para evitar pérdidas por efecto Joule en la etapa de transporte. Esto hace que la conexión de los buques a la red nacional requiera una transformación del valor de tensión y adaptarla a los estándares requeridos para poder conectar los barcos a esta fuente de energía externa.

El equipo básico de la etapa de adaptación de voltaje es el transformador. Este debe ser instalado junto con unos equipos auxiliares de protección y de maniobra. Dependiendo de las características de los buques, los transformadores que se instalarán tendrán una relación de transformación y manejarán una potencia determinada. Básicamente, en la etapa de diseño se deben contemplar el nivel de tensión del circuito primario, tensión del circuito secundario y potencia aparente nominal del transformador.

Los equipos de transformación se deben albergar en un edificio preparado para ello, por lo que se requiere una instalación en el puerto. Principalmente este edificio sirve para acomodar la acometida de la red, las protecciones de entrada y los transformadores de la instalación, como se muestra en el plano de la Figura 2.5.

La normativa establece que se debe añadir una protección individual por cada una de las tomas de conexión en el muelle, que constan de las celdas de protección correspondientes y un transformador (de relación 1:1) de aislamiento galvánico. La recomendación es instalar estas protecciones lo más cercanas al punto de conexión (Figura 2.6) pero no es excluyente hacerlo en el propio edificio de transformación. Esta puede ser una solución para ahorrar costes de instalación y espacio en muelle. De estas dos configuraciones se pueden establecer dos tendencias representadas en la Figura 2.4, donde se puede optar por:

Configuración A: Instalación de protección de entrada y transformación en el edificio principal y protección de buque en el muelle.

Configuración B: Instalación de las protecciones de entrada, la transformación y celda de protección del muelle en el edificio principal, llevando los cables hasta la caja de conexiones en el buque.

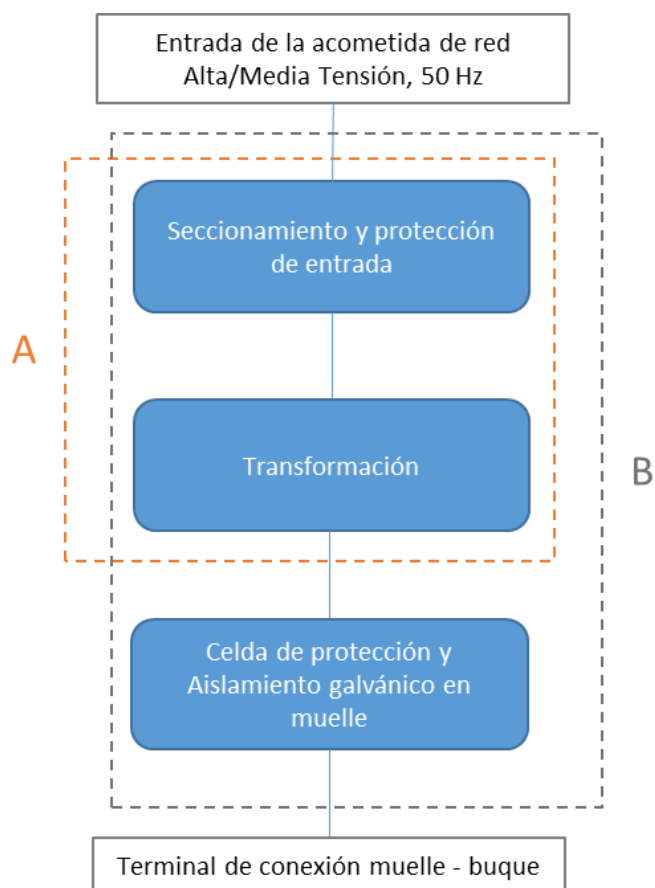


Figura 2.4. Tipología de la estructura de conexión y transformación de la instalación OPS (Fuente: elaboración propia).

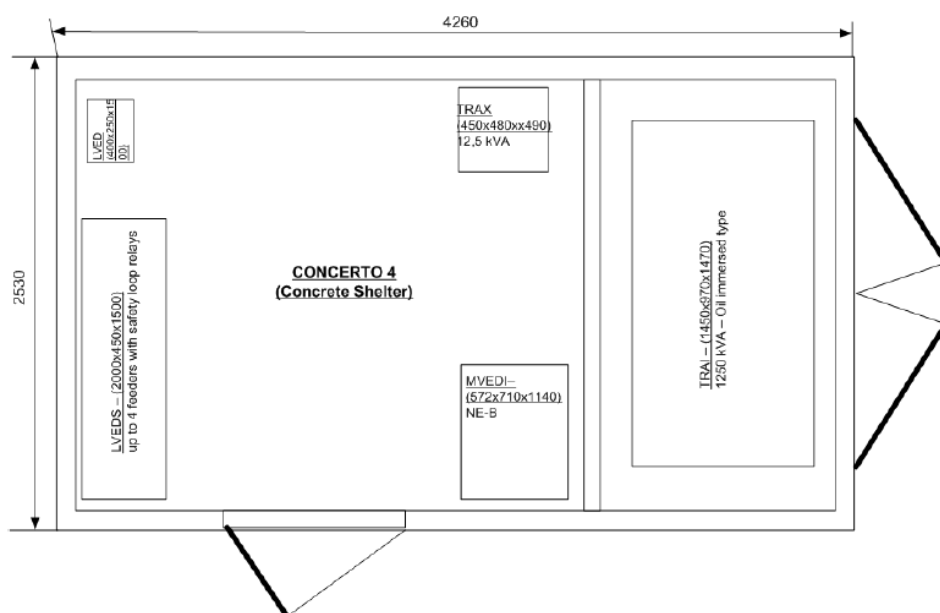


Figura 2.5 - Planta de una edificación para alojar los componentes necesarios para un sistema OPS (Fuente: Schneider Electric)



Figura 2.6 - Ejemplo de una caseta para alojar un transformador de características similares a la necesaria en los muelles (Fuente: elaboración propia).

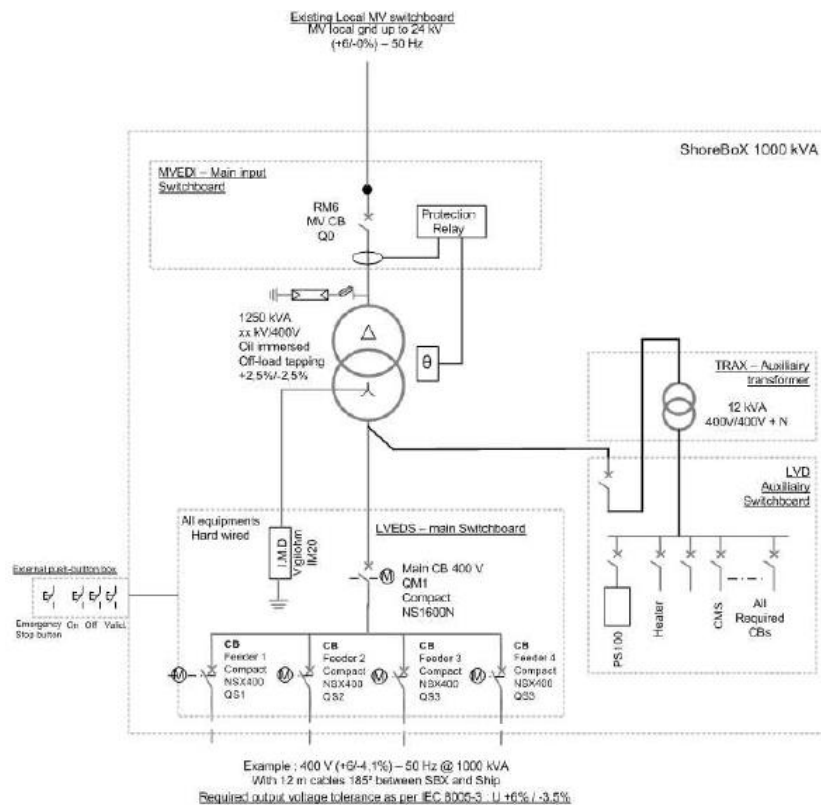


Figura 2.7 Ejemplo de diagrama unifilar en una instalación OPS (Fuente: [Schneider Electric](#)).

En cuanto a las características que se utilizan para dimensionar el transformador se debe conocer la impedancia de cortocircuito y la tensión de cortocircuito; además de los datos de las pérdidas en carga y el rendimiento total del transformador. Un ejemplo de transformador y sus características eléctricas se muestra en la Figura 2.9.



Figura 2.8. Transformador convencional de aceite para potencias entre 25 y 5000 kVA y hasta 36kV de tensión en el circuito primario y 420V de tensión en el secundario Fuente: catálogo Ormazabal - [Link](#).

Características eléctricas			24 kV D <sub>0</sub> C <sub>k</sub>											
Potencia asignada [kVA]			50	100	160	250	400	630	800	1000	1250	1600	2000	2500**
Tensión asignada (Ur)	Primaria [kV]		< 24											
	Secundaria en vacío [V]		420											
Grupo de Conexión			Yzn11/Dyn11*					Dyn11						
Pérdidas en Vacío - P <sub>0</sub> [W]	Lista D <sub>0</sub>		145	260	375	530	750	1030	1150	1400	1750	2200	2700	3200
Pérdidas en Carga - P <sub>k</sub> [W]	Lista C <sub>k</sub>		1100	1750	2350	3250	4600	6500	8400	10500	13500	17000	21000	26500
Impedancia de Cortocircuito (%) a 75°C			4	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6	6
Nivel de Potencia Acústica L <sub>WA</sub> [dB]	Lista D <sub>0</sub>		50	54	57	60	63	65	66	68	69	71	73	76
Caída de tensión a plena carga (%)		cosφ=1	2,26	1,81	1,54	1,37	1,22	1,11	1,22	1,22	1,25	1,24	1,22	1,23
		cosφ=0,8	3,77	3,57	3,43	3,33	3,25	3,17	4,47	4,47	4,49	4,48	4,47	4,47
		cosφ=1	97,57	98,03	98,33	98,51	98,68	98,82	98,82	98,82	98,79	98,81	98,83	98,83
Rendimiento (%)	CARGA 100%	cosφ=0,8	96,98	97,55	97,92	98,15	98,36	98,53	98,53	98,53	98,50	98,52	98,54	98,54
		cosφ=1	98,00	98,37	98,61	98,76	98,90	99,02	99,03	99,04	99,01	99,03	99,04	99,04
	CARGA 75%	cosφ=0,8	97,52	97,97	98,26	98,45	98,63	98,78	98,79	98,80	98,77	98,79	98,81	98,81

Figura 2.9. Características eléctricas de transformador Ormazabal para <24 / 0,4 kV (Fuente: Catálogo Ormazabal - [Link](#)).

En los casos tratados en este estudio se han empleado numerosos modelos de transformadores con distintas relaciones de transformación. Normalmente la tensión de la subestación de transformación es de 20 kV, lo que hace que los transformadores más utilizados son los de adaptación entre 20 kV y 6,6 kV y en menor medida de 20 kV a 0,4 kV.

Es necesario mencionar que existen en el mercado soluciones “todo en uno” de un equipo que contiene todos los elementos necesarios para la conexión de los buques. Ejemplos de este tipo de equipos son el ShoreBox de Schneider Electric y la solución contenerizada de ABB (Figura 2.11).



### 2.1.2.2 Adaptación de la frecuencia de la red

La red eléctrica en los buques, dependiendo de la procedencia, el año de fabricación o la finalidad del buque, opera a una frecuencia en particular.

En el caso de la conexión en territorio español y europeo, el estándar de frecuencia de la red eléctrica es de 50Hz, que es usado en numerosos barcos y estos barcos se pueden conectar sin ningún problema a los transformadores que se conectan, a su vez, a la red eléctrica nacional. Pero existe una gran flota de barcos que operan a 60Hz a bordo. Esto hace que la conexión entre estos barcos y la red nacional no sea posible de una manera directa. Es necesario conectar una etapa de transformación de frecuencia entre la primera etapa de transformación y la conexión del buque.

Para la conversión de frecuencia en los sistemas OPS se necesita reducir la tensión de la línea de alimentación a 3,7 kV como máximo, esto es una limitación impuesta por los equipos actuales compuestos de dispositivos semiconductores que no soportan tensiones mayores (GTOs y IGBTs). Esta limitación obliga a realizar conversiones de tensión entre la tensión de entrada de media tensión y los equipos de conversión y añadir otro equipo de transformación para adaptar a la tensión de conexión a buque. En el diagrama representado en la Figura 2.12 se puede apreciar la complejidad añadida de incorporar esta característica al equipo.

La Unión Europea, en la recomendación 2006/339/EC acerca de la configuración para la alimentación de buques desde muelle se dice que la mejor localización para la instalación del convertidor de frecuencia es cerca de la caja de conexiones a pie de muelle (Figura 2.10), pero que son posibles otras configuraciones de estos equipos.

La conversión centralizada de la frecuencia de red permite reducir costes de la instalación total ya que permite convertir y tener la disponibilidad de servir a la frecuencia convertida en varios puntos de conexión.

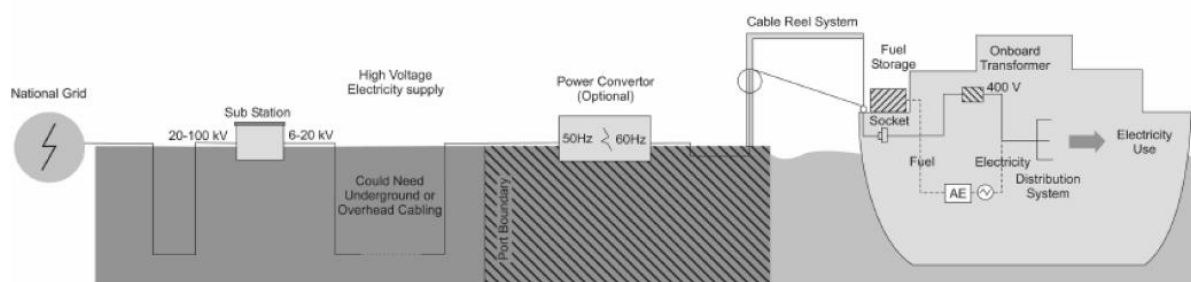


Figura 2.10 Distribución de los elementos del sistema OPS con convertidor de frecuencia según la UE (Fuente: Ericsson, Fazlagic. 2008)

Así como en el anterior caso existen soluciones “todo en uno”, también existen en el supuesto de incorporar un sistema de conexión. El ShoreBox de Schneider Electric puede incluir un convertidor de frecuencia. Otras soluciones pueden ser los contenedores preparados de ABB para este cometido, véase Figura 2.11.



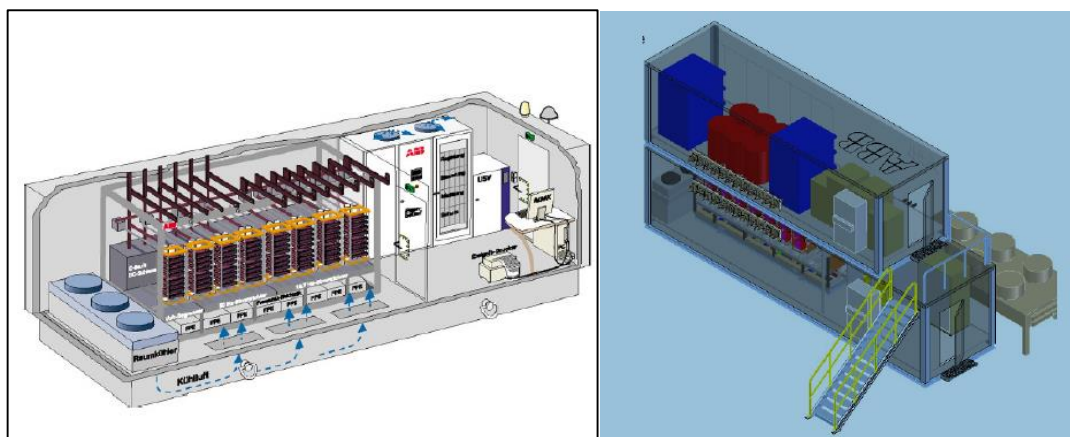


Figura 2.11 Solución contenerizada de acondicionamiento de ABB (Fuente: Estudio ABB).

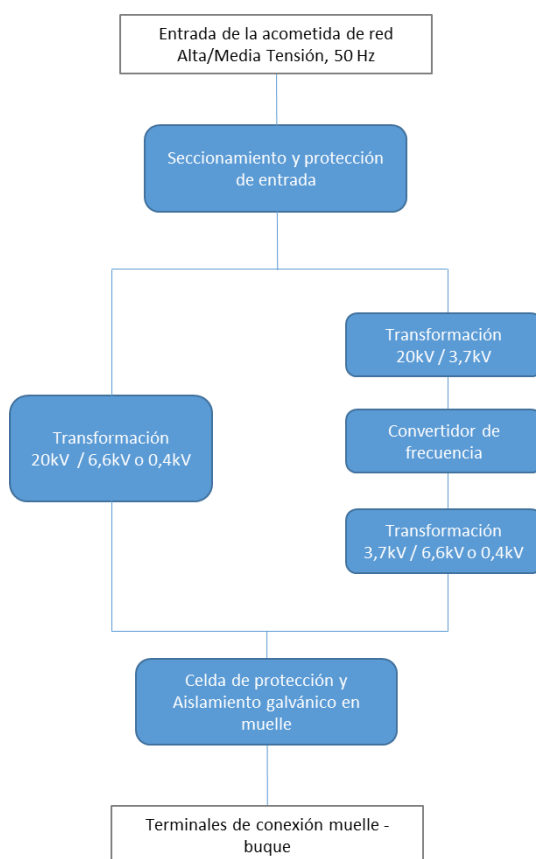


Figura 2.12. Descripción de los bloques del sistema OPS con convertidor de frecuencia (Fuente: elaboración propia).

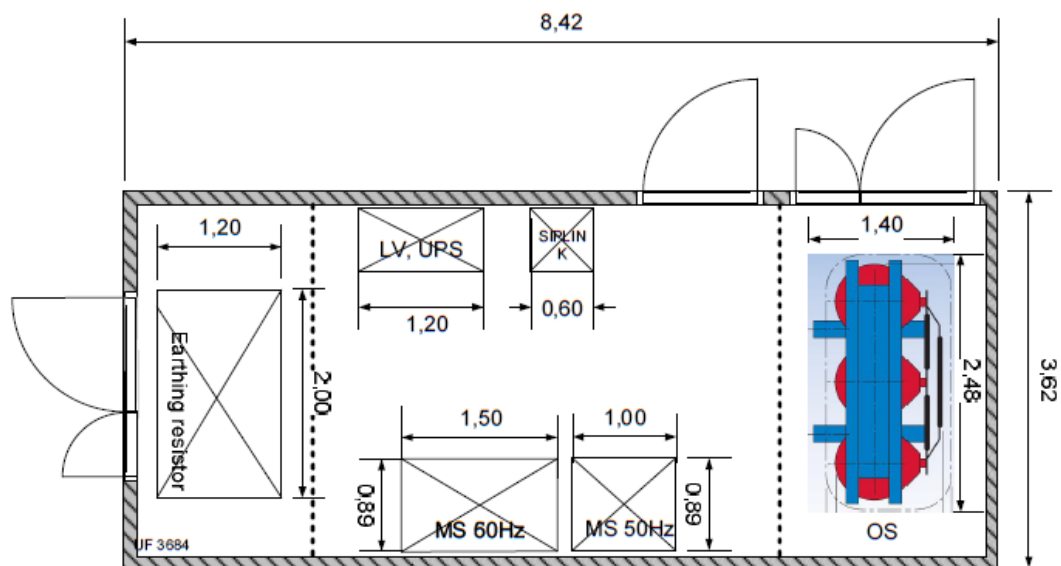


Figura 2.13 Distribución de los sistemas de transformación y convertidores de frecuencia en el edificio de transformación  
(Fuente: Siemens).

### 2.1.2.3 Protecciones de la red

Los equipos de protección se deben instalar para cada conexión en el muelle, lo más próxima a la conexión del buque, aunque no se descarta la posibilidad de ser instalada en el edificio principal de transformación del puerto. Los equipos de protección necesitan celdas de protección y un transformador para la protección galvánica que además permite reducir la corriente de falta y, como consecuencia, la propagación de los efectos durante la falta.

Cada celda de protección debe contener equipos tales como:

- Unidad de puesta a tierra compuesta por cable de cobre, electrodo conectado a tierra.
- Unidad de interruptor diferencial de media/baja sensibilidad (300 mA)
- Unidad de interruptor diferencial de baja sensibilidad (30 mA)
- Unidad de transformador de medida



*Figura 2.14 Equipos de protección en muelle (Fuente: Cochran Marine)*



*Figura 2.15. Celdas de protección modular con aislamiento en SF6 para redes de media tensión hasta 36kV (Fuente: Ormazabal)*

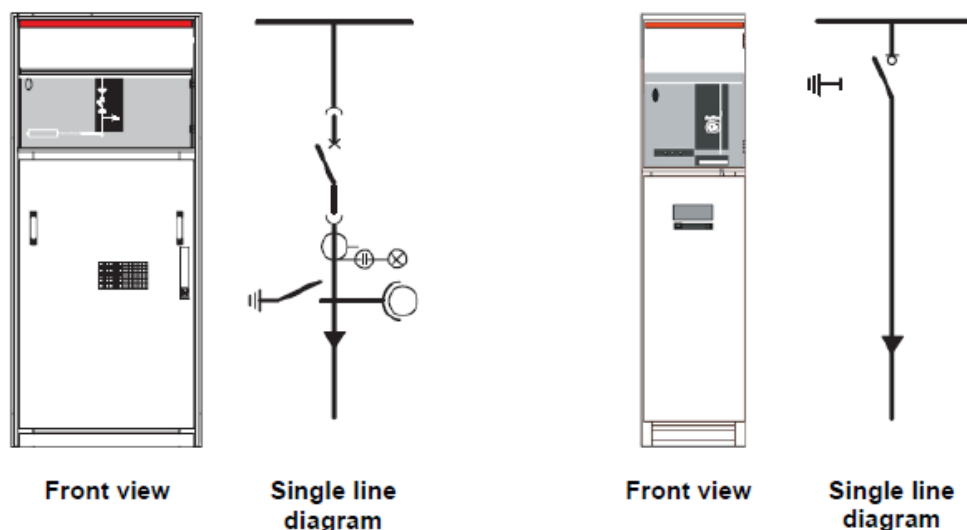


Figura 2.16 Aparamenta de conmutación. Interruptor (izquierda) e interruptor seccionador (derecha).

### 2.1.3 Gestión de cables y conexión muelle-buque

La conexión entre el punto de conexión y el muelle es una operación compleja y peligrosa que debe ser realizada con equipamiento especializado. Fabricantes como ABB, Siemens, Cavotec, Sam Electronics, Cochran Marine, etc. se dedican a diseñar equipos para esta finalidad.

Existen diferentes configuraciones para llevar la potencia directamente a los buques desde el muelle. Estas conexiones deben ser accesibles a la vez que deben interferir lo menos posible las operaciones que se realizan normalmente en los muelles. Los cables son conducidos desde el equipo de protección y aislamiento galvánico hasta el punto de conexión en el cantil por medio de galería subterránea que permite ocultar la instalación. Una vez llegada la potencia al muelle debe ser preparada para conectar el buque a ella. Este diseño no es sencillo debido a los requisitos de seguridad, facilidad de conexión y tamaño del equipo.

Veamos las dos partes: las conexiones en el lado muelle y las conexiones en lado buque.

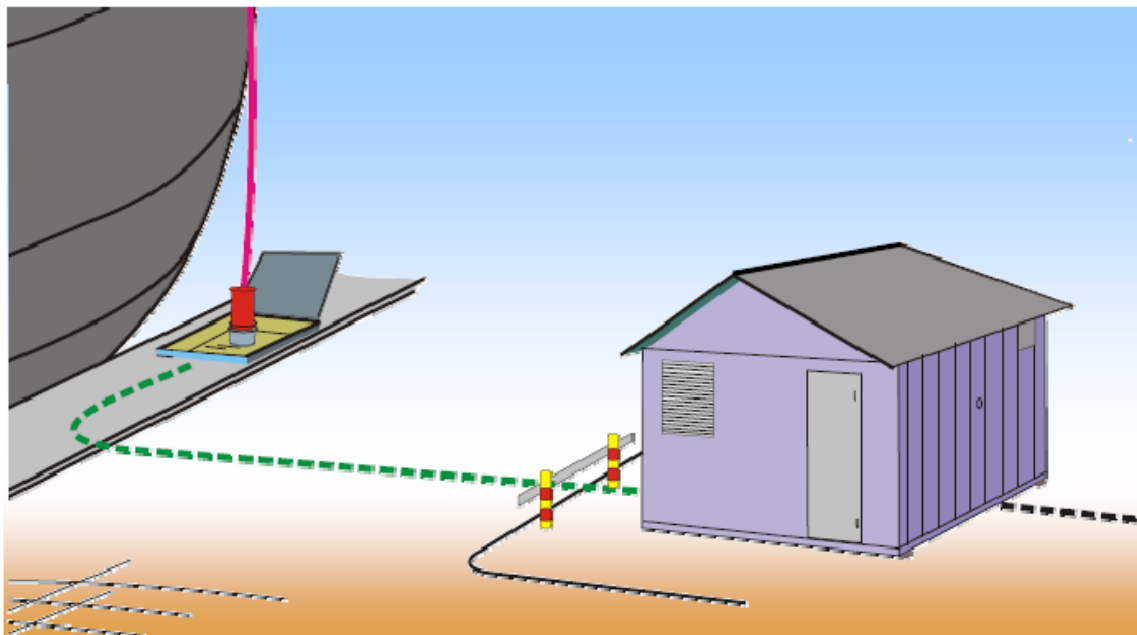
#### 2.1.3.1 Lado muelle

En el lado muelle de la instalación se ubican las conexiones donde deben ser conectados los cables que llevan la potencia a los equipos del buque. Estas conexiones pueden ser alojadas en pequeños habitáculos que albergan los puntos de contacto o, también, pueden ser llevados a un nivel superior mediante algún tipo de guindaste, fijo o móvil, que lleve consigo la toma al buque.

##### Cajas de conexión en muelle

En el primer caso, es necesario instalar en el propio muelle un sistema que permita una conexión rápida con el cable extendido por el buque. Este tipo de sistemas se denomina caja de conexiones. Se trata de pequeñas estructuras instaladas en el propio muelle a escasos metros del buque, donde se encuentra la toma eléctrica necesaria para la conexión del cable de suministro de energía eléctrica. Estas cajas de conexiones pueden ser de dos tipos. Por un lado están las cajas verticales, que serían equivalentes a armarios eléctricos donde se encuentran las conexiones eléctricas. Para su conexión,

el operario encargado de hacer la conexión debe abrir el armario, y enchufar y enclavar el cable que le suministra el buque al conector que está dentro del armario eléctrico. Por otro lado están las cajas de conexiones enterradas. Estas cajas son pequeñas construcciones enterradas donde se encuentran las conexiones eléctricas. Estas construcciones están tapadas con un portón metálico o de otro material que aseguran una base lo suficientemente sólida para que se pueda transitar sobre ellas cuando no están en uso. La operativa, es similar a las cajas de conexiones verticales, es decir, el operario abre la tapa y conecta y enclava el cable al conector que está en el interior de la caja de conexiones. La elección de uno u otro sistema dependerá fuertemente de la necesidad de espacio que se requiera cuando no están conectados, ya que el subterráneo permite un tránsito normal cuando no está conectado. Por ejemplo, en un muelle donde exista mucha actividad de maquinaria es aconsejable que los cables sean enterrados por seguridad, para evitar posibles accidentes.



*Figura 2.17 Representación de la conexión del buque y la caseta de transformación a pie de buque (Fuente: ABB).*

En el caso de tratarse de una instalación enterrada, debe contener el espacio suficiente para contener la aparamenta necesaria, así como un espacio para que el equipo de personas que realizan la maniobra de conexión pueda trabajar cómodamente. La instalación debe permitir una rápida conexión y es importante que tenga medios de aislamiento para el momento que se realice la puesta en marcha del equipo, por seguridad. Estas dos características hacen que las cajas deban tener unas compuertas amplias y de fácil de acceso, a la vez que cierran el paso a personas o máquinas cuando el equipo se conecte. En las siguientes figuras se muestran la solución del fabricante Cavotec para la instalación enterrada en puerto.



Figura 2.18 – Procedimiento de conexión (izquierda) y buque conectado a un OPS en una caja de conexiones vertical (derecha)

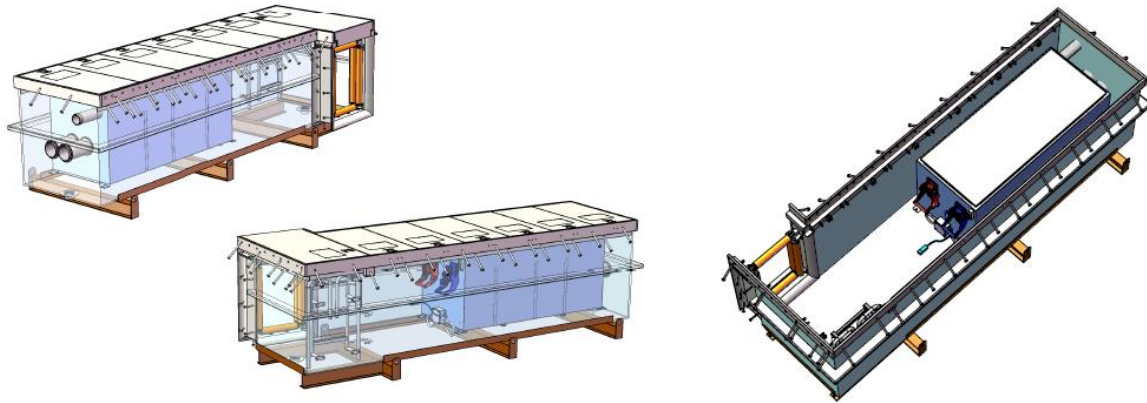


Figura 2.19 Caja de conexiones para sistema OPS en superficie de muelle (Fuente: Cochran Marine)

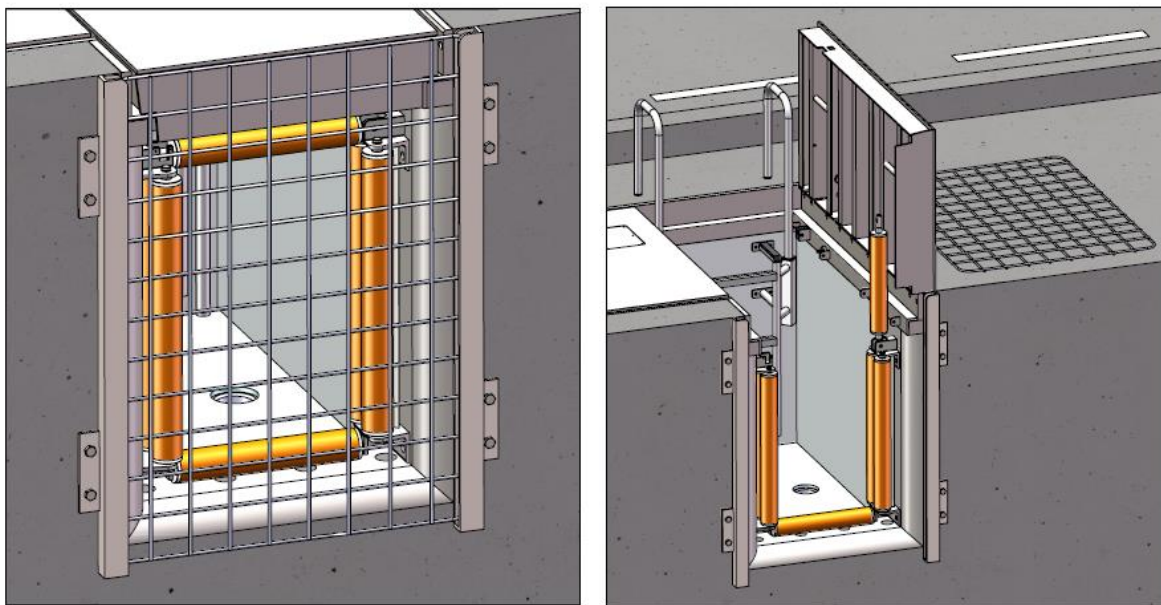


Figura 2.20 Arqueta de conexiones para instalación en el cantil del muelle (Fuente: Cavotec).





*Figura 2.21 Detalle de diseño de las partes de la arqueta (Fuente: Cavotec)*



*Figura 2.22 Detalle de la abertura para la conexión de los cables (Fuente: Cavotec)*

En muelle donde el espacio para la instalación de la caja de conexiones es limitado, como en el caso de terminales de portacontenedores donde hay grúas moviéndose a lo largo del muelle es necesario instalar cajas de conexión enterradas como las mostradas en las figuras anteriores. Las dimensiones totales de la caja mostrada son de 4.766 mm x 1.571 mm x 1.499 mm (largo, alto, ancho). En cantiles de muelle donde se hay disponible poco espacio para la conexión es una solución viable para instalación de las conexiones a buque. Un ejemplo de esta problemática es el muelle de contenedores de Bilbao donde existen apenas 2,10 metros de espacio entre el carril de las grúas del puerto y el borde del muelle de atraque.

En cuanto a la seguridad de las conexiones, se contemplan soluciones con anclajes de seguridad para evitar la desconexión accidental con y llaves que solo se pueden liberar cuando el conector está totalmente insertado en el socket de conexión, como se muestra en la Figura 2.24.

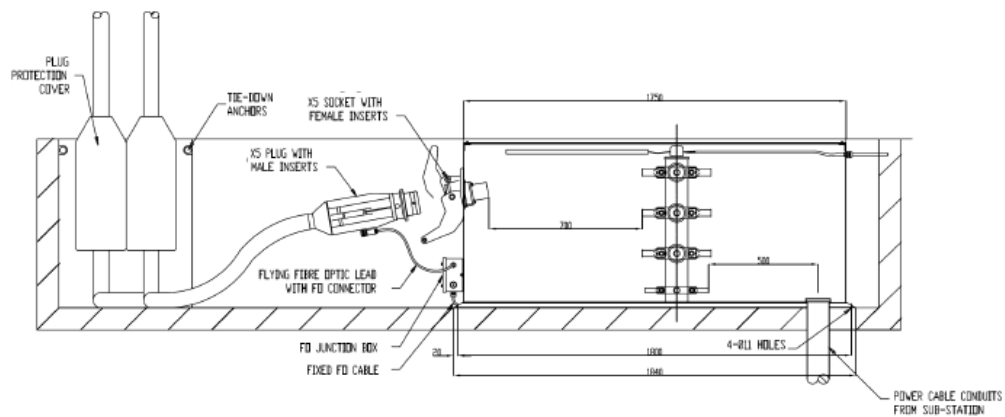


Figura 2.23 Disposición de cables en el interior de la caja de conexiones (Fuente: Cavotec)



Figura 2.24 Panel de conexión de las tomas de alta tensión (Fuente: Cavotec. Shore junction box)

#### Especificaciones técnicas:

Fabricante	Cavotec
Voltaje	7,2kV
Amperaje	350 A (dos tomas)
Grado de protección	IP56



Las conexiones se realizan mediante conectores con características:

Manufacturer	Cavotec Connectors AB
Modelo	PC5-VX04-K1850B (Blue coloured) PC5-VX04-K1850R (Red coloured)
Type	Push-pull
Material	Tempered cast aluminium (Al-Si7MgFe, ISO 3522)
Voltage rating	7,2 kV
Amperage rating	350 A
Protection degree	IP66

### **Grúas de elevación de conexiones a buque**

Los sistemas de elevación vertical de las tomas de conexión se pueden realizar mediante distintos tipos de medio elevadores. Existen complejos guindastes para elevar y orientar los cables para la conexión del lado buque. Estas grúas pueden equipar los cables de conexión salientes de la caseta de protección del muelle directamente o pueden servir de medio de elevación de una conexión entre el muelle y el barco (Figura 2.29).

Básicamente una grúa en puerto para elevar los cables al buque, como en la Figura 2.25, se compone de un brazo en voladizo que soporta una polea o dispositivo que permite manejar y tender los cables hasta el socket de conexión en el lado buque. Estas grúas pueden ser montadas en bases móviles que permiten utilizar el sistema en toda la zona de atraque (Figura 2.32).

Las soluciones de grúa móvil aumentan la complejidad del sistema y se puede contemplar su instalación cuando la zona de atraque del buque no se puede fijar de una manera sencilla. El caso más típico son los cruceros que no se puede establecer un punto de conexión fijo y la limitación en el espacio del muelle no permite mover el barco al punto en concreto. Para estos casos se utilizan los sistemas con ruedas o grúas montadas sobre carriles, un ejemplo de esto último es el sistema OPS de Siemens en Hamburgo (Figura 2.33).

Las grúas se pueden clasificar teniendo en cuenta su complejidad, los grados de libertad de movimiento del brazo articulado, si posee base fija o móvil, el tipo de carga que es capaz de elevar y el nivel de automatización de la conexión.

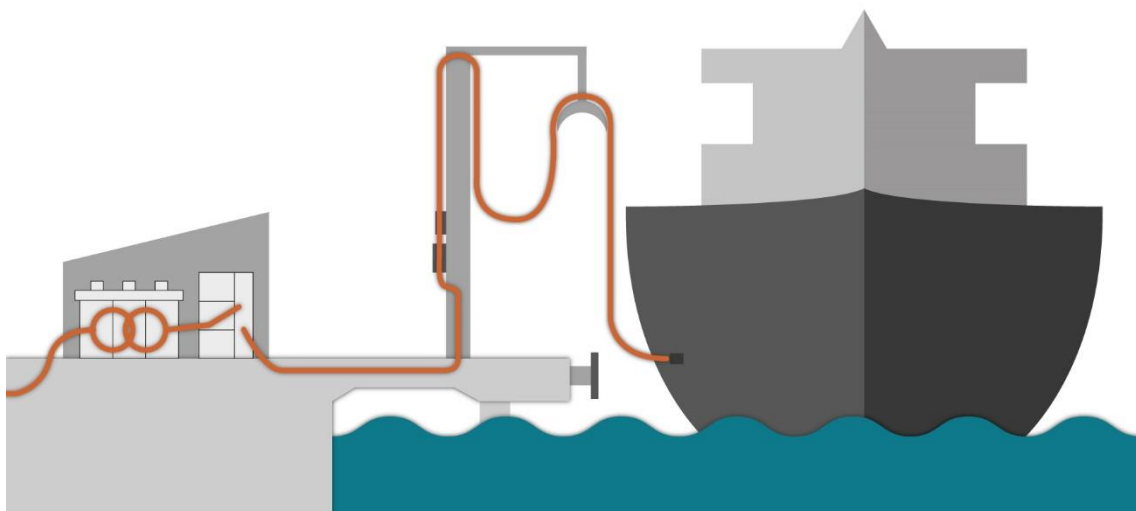


Figura 2.25 Detalle de conexión de un buque mediante una grúa fija en muelle (Fuente: elaboración propia).



Figura 2.26 Ejemplo de grúa con base fija (izquierda) y operación de conexión de buque (derecha) (Fuente: Cochran Marine)

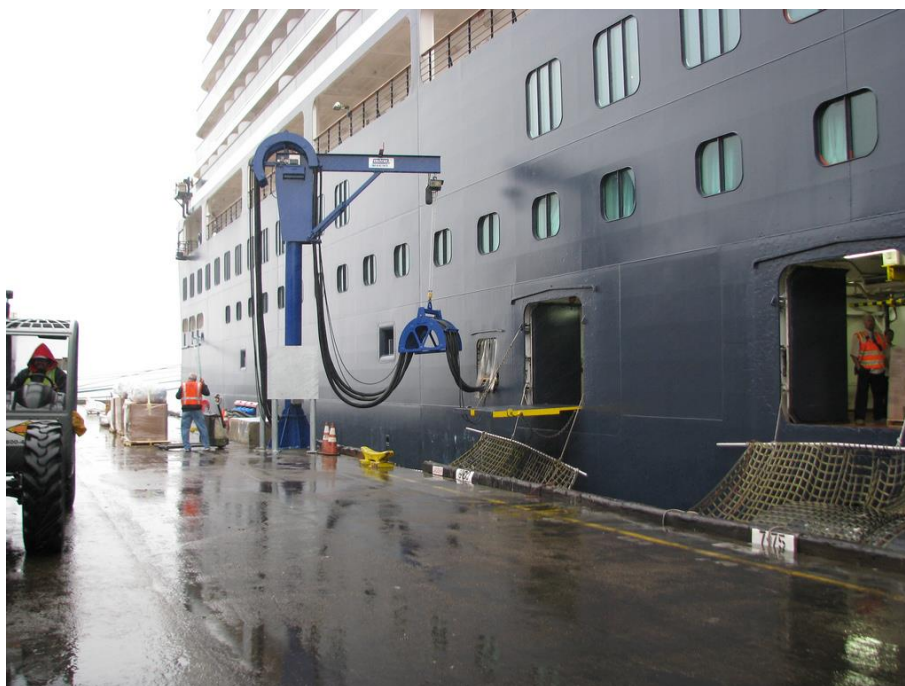


Figura 2.27 Ejemplo de grúa fija en operación de OPS en el puerto de San Diego (Fuente: Unified Port of San Diego - [Link](#)).



Figura 2.28 Ejemplo de grúa fija de pluma extensible para sistema OPS en el puerto de Rotterdam (Fuente: Cavotec).



Figura 2.29 Ejemplo de grúa móvil para elevar los cables de conexión del sistema OPS desde barcaza en el muelle de Los Ángeles (Fuente: Port of Los Ángeles).

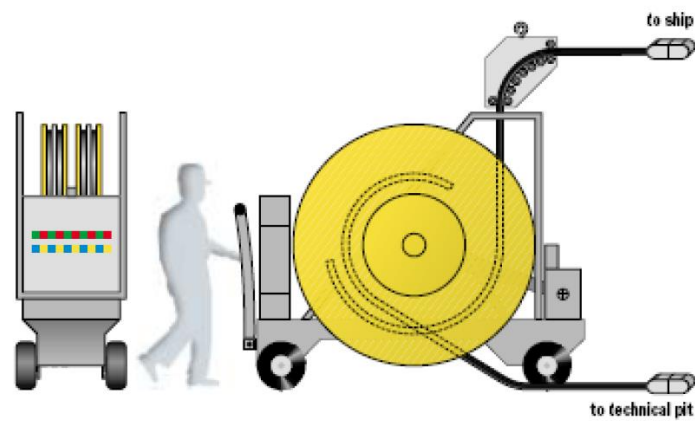


Figura 2.30 Sistema de recogida de cables para sistema OPS (Fuente: Cavotec).



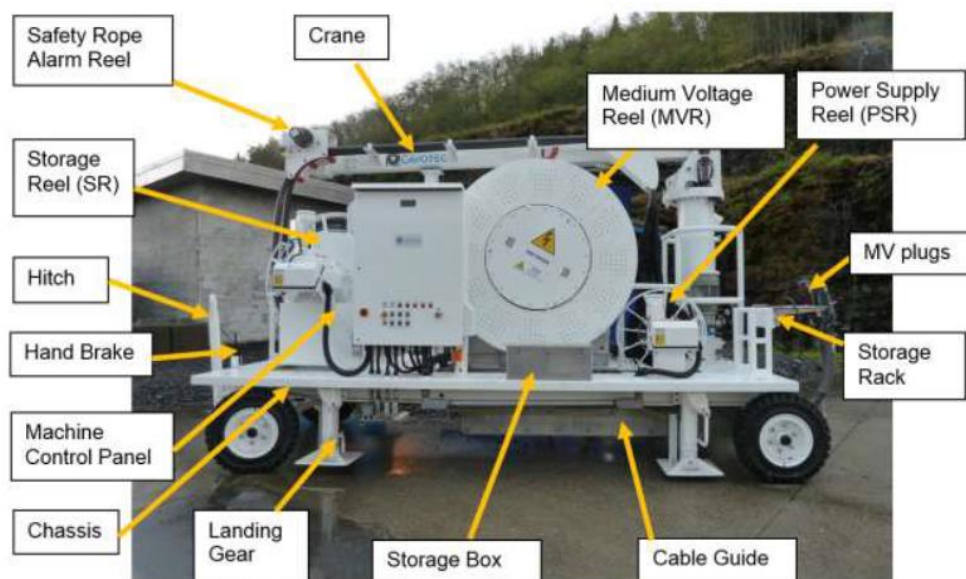


Figura 2.31 Grúa móvil para los cables del sistema OPS en el puerto de Los Ángeles (Fuente: Cavotec, AMP Mobile).



Figura 2.32 Grúa móvil para los cables del sistema OPS en el puerto de Los Ángeles desplegada (Fuente: Cavotec, AMP Mobile).

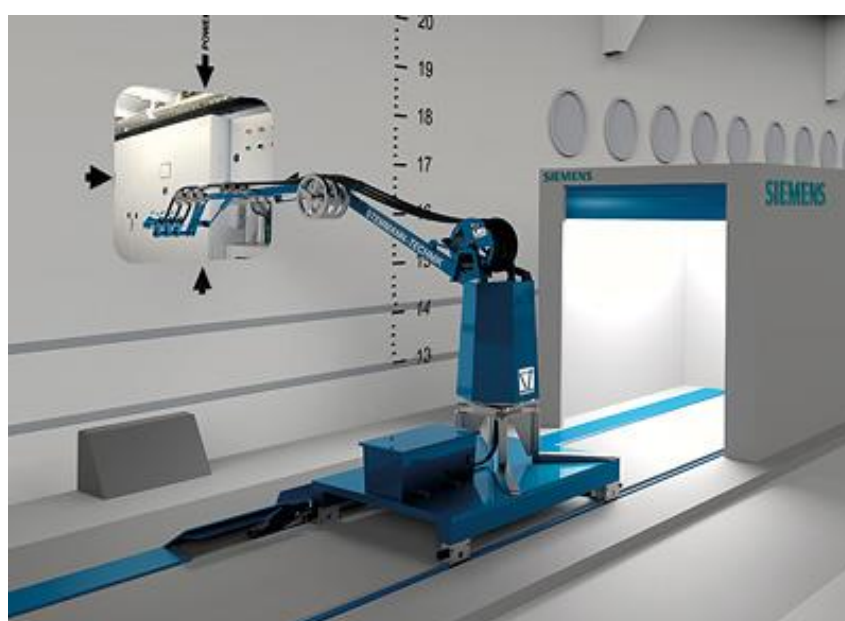


Figura 2.33 Sistema automático de Siemens para conexión OPS en el puerto de Hamburgo (Fuente: Siemens).

### 2.1.3.2 Lado Buque

En el lado buque se debe disponer de un conector para albergar las conexiones de los cables: suele ser una caja de conexiones donde se hace la conexión directa con los sistemas del buque. El buque debe disponer de los equipos eléctricos necesarios para albergar la conexión y adaptar el voltaje al funcionamiento del barco. Normalmente si la conexión del muelle se realiza en alto voltaje es necesario la instalación de un transformador a bordo, exceptuando los casos donde se puede volcar la potencia a las barras del sistema eléctrico del buque directamente.

Para realizar la conexión en el buque se hace de varias maneras. Si los conductores son llevados desde el muelle con una grúa, los cables se conectan manualmente en la caja de conexiones del buque como en el caso de ejemplo de la Figura 2.34 donde los cables son llevados desde una barcaza hasta la abertura que tiene el barco para este propósito.



Figura 2.34 Conexión de los cables en buque en el puerto de Los Ángeles (Fuente: Ericsson, Fazlagic. 2008).

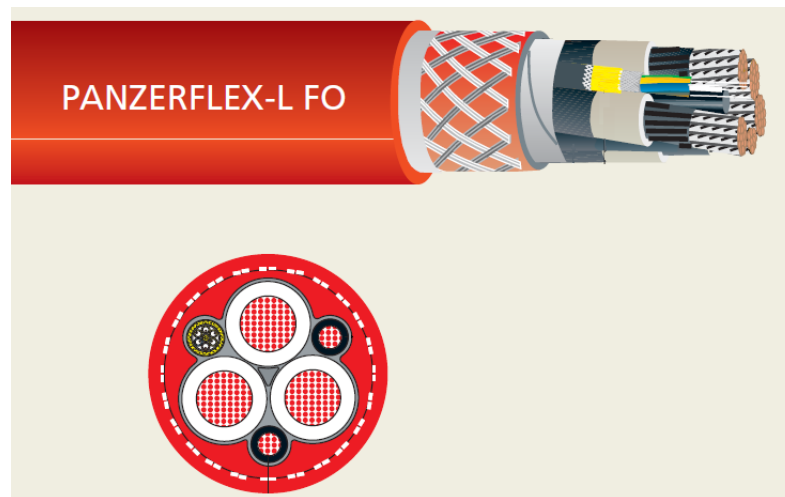


Figura 2.35 Conexión de cables de sistema OPS en alta tensión en buque.

Otra opción para la conexión desde el lado buque es hacerla mediante sistemas que extienden el cable desde la borda del buque a la zona del muelle para ser conectado por los operarios en las cajas de

conexión a pie de muelle. Este sistema de manejo de cables desde la cubierta consta básicamente de los siguientes elementos:

- **Un carretón motorizado.** Se trata de una bobina motorizada donde va alojado el cable de conexión: una bobina que puede girar en ambos sentidos para extender o recoger el cable hacia el muelle. Este carretón va anclado en la cubierta del barco para impedir que se desplace durante las travesías por mar o durante las maniobras de extendido y recogida del cable.
- **Cable.** Es el cable que se conecta a un sistema OPS o a un sistema OGSP. Se trata de un cable trifásico especialmente diseñado para soportar las tensiones máximas y la potencia máxima que se suministra desde el puerto. A continuación, se puede ver un ejemplo de un cable utilizado para tales fines.



○  
• *Figura 2.36 - Ejemplo de cable trifásico de Cavotec (Fuente: Cavotec).*

- **Brazo extensor.** Se trata de un pequeño brazo acoplado al carretón que tiene una doble finalidad. Por un lado sirve para guiar el cable, es decir, obliga al cable a extenderse y enrollarse por el mismo sitio. Por otro lado sirve para separar el cable del barco para acercarlo lo máximo posible al muelle, haciendo que las labores de conexión sean más rápidas y sencillas.
- **Conector.** Este conector es la terminación del cable. Se trata de un dispositivo que permite un conexionado/desconexionado rápido y seguro, además de facilitar el enclavamiento del mismo. Suele estar protegido por un sistema que impide que se moje el conector. Se puede ver un ejemplo de este sistema de aislamiento en la siguiente imagen.



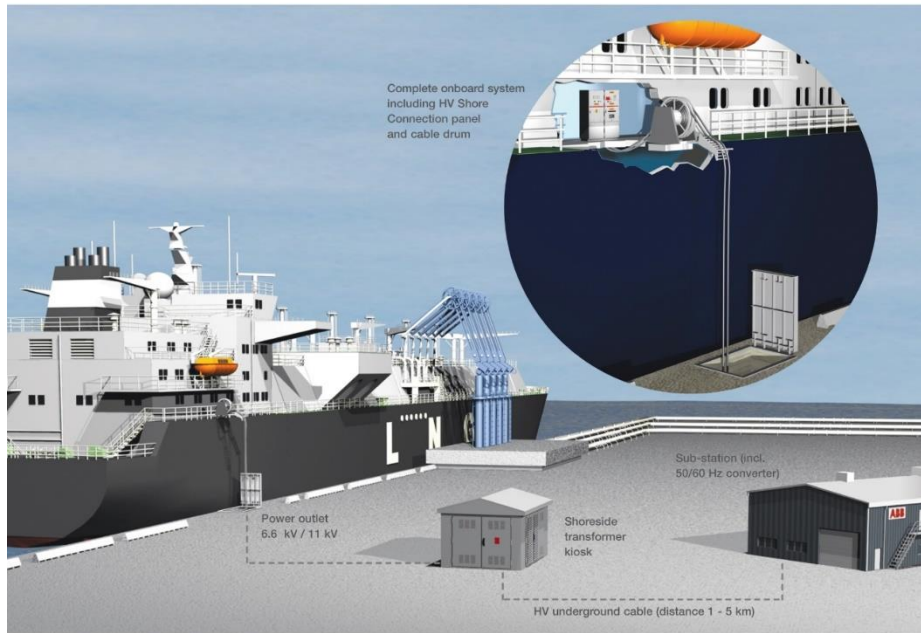


Figura 2.37 Esquema de la conexión de buque en puerto con el sistema de cables desde el buque (Fuente: Port Strategy - [link](#)).

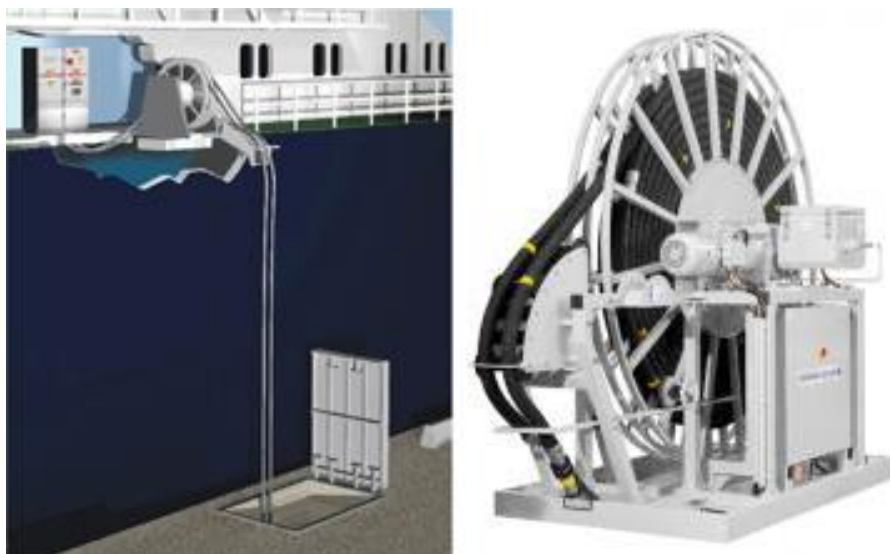


Figura 2.38 – Detalle del sistema real montado en un buque - izquierda y un carretón para la recogida del cable – derecha (Fuente: Port Strategy y Cavotec, respectivamente).

Un ejemplo del sistema extensor de cable desde el propio buque es el de la Figura 2.37. Esta conexión se realiza mediante dos únicos conductores que transportan la energía en alta tensión: 6,6 kV ó 11 kV. La conexión en muelle se realiza mediante una caja de conexiones similar a las descritas en el apartado anterior, cajas de conexión en muelle. Este sistema no está pensado para albergar gran número de cables como lo que serían necesarios en transmisión de energía en baja tensión. Este sistema tiene el inconveniente de que el equipo de recogida de cable debe estar instalado permanentemente en el buque, lo que requiere en algunos casos reubicar otros elementos ocasionando problemas de espacio para el resto de equipamiento eléctrico necesario.





*Figura 2.39 - Conectores de Cavotec para cables eléctricos (izquierda) y cables con aislantes de los conectores de un cable de conexión desplegados desde un buque portacontenedores*

Una solución para la instalación de estos equipos en buques que no tienen espacio disponible en cubierta, como es el caso de los portacontenedores, es instalar el dispositivo de recogida de cable y los equipos eléctricos (transformadores, equipos de protección, interruptores, etc) en un contenedor de 40 pies común. Esto permite la instalación sencilla del equipo al completo en un buque. Este equipo igualmente necesita tener una instalación de conexión entre el contenedor y el buque para hacer la conducción de energía al sistema eléctrico del barco, pero el volumen y complejidad de la misma es mucho menor. Además, este sistema puede ser usado por varios barcos.



*Figura 2.40 Sistema de conexión OPS en buque contenerizado de Wärtsila SAM Electronics.*



Figura 2.41 Diseño del contenedor con conexión OPS para buque portacontenedores (Fuente: Cavotec).

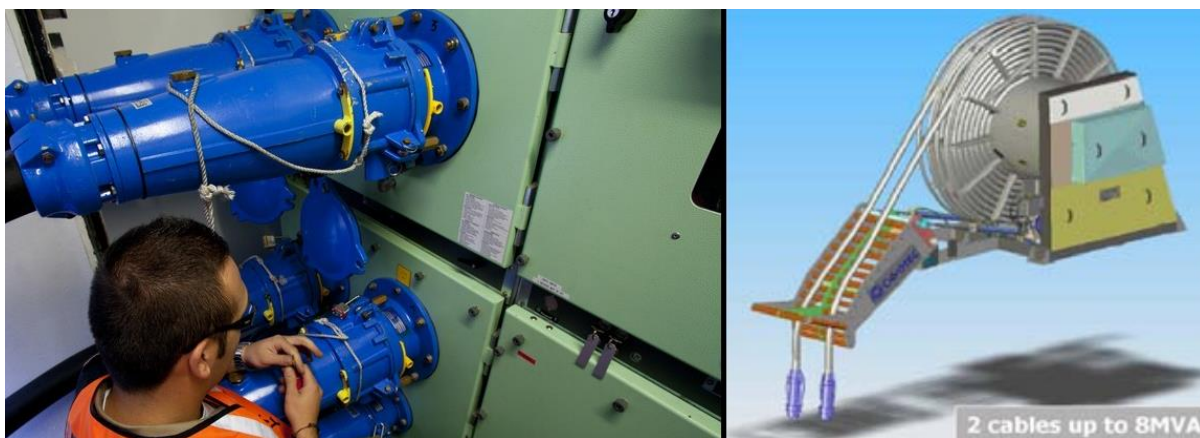


Figura 2.42 – Cables de conexión a bordo -izquierda; esquema de un sistema de manejo de cables para ser instalado en la cubierta de un buque RO-RO -derecha (Fuente: Cavotec).

## 2.2 Sistemas OGSP

La otra alternativa al sistema OPS, son los sistemas llamados OGSP (Off-Grid Shore Power Supply) ya que se encuentran aislados de la red. Estos sistemas se basan en generación de energía mecánica por medio de un ciclo alternativo de combustión y el acople de un generador eléctrico que proporciona la energía eléctrica. Además, estos sistemas también pueden suministrar energía térmica por medio de un fluido de intercambio, normalmente agua para temperaturas menores a 100 grados centígrados y de aceites de transmisión térmica para valores mayores.

Un ejemplo de este sistema es el proyecto GPEC, financiado por la Unión Europea. Desarrollado íntegramente por 5 compañías españolas.



*Figura 2.43 Sistema comercial GPEC en pruebas de suministro al Sarmiento de Gamboa en el Puerto de Vigo*

El presente estudio está centrado en las tecnologías OPS propiamente dichas, pero cabe destacar que los sistemas OGSP presentan una serie de ventajas frente al OPS que se presentan a continuación:

### 2.2.1 Eficiencia energética y bajas emisiones

Los sistemas OGSP pueden utilizar distintos tipos de combustible, la generación con un sistema de ciclo combinado con gas natural es una opción muy interesante para realizar el suministro con una emisión reducida de CO<sub>2</sub> y con niveles nulos de contaminantes en óxidos de nitrógeno y de sulfuro.

La producción paralela de electricidad y de energía térmica mediante un sistema de cogeneración hace que la solución sea muy eficiente en términos de aprovechamiento del poder calorífico del combustible.

### 2.2.2 Movilidad

El sistema GPEC fue diseñado para albergar un sistema integrado OGSP, un generador y un tanque de combustible de 5m<sup>3</sup>, en un contenedor de 40 pies con unas dimensiones de 12 x 2,3 x 2,4 metros, lo que le permite ser transportado fácilmente por las grúas de un puerto.

El sistema también puede ser montado en un carro móvil para ser remolcado por el muelle o en una barcaza (Figura 2.44) donde puede ser atracada en paralelo con el buque en puerto y puede suministrar directamente al buque sin interferir en tareas de carga o descarga, por ejemplo.



La movilidad proporcionada por la unidad GPEC reduce el coste de las instalaciones fijas que deben ser construidas hasta el punto de conexión en un muelle y reducir la cantidad de espacio necesario para este servicio en muelle.



*Figura 2.44 Sistema GPEC montado en barcaza móvil (Fuente: elaboración propia).*

### 2.2.3 Flexibilidad

El sistema GPEC puede proporcionar el suministro de electricidad a diferentes voltajes y frecuencias de red. El sistema puede adaptar la frecuencia de red de 50 o 60 Hz para el suministro, lo hace que la solución contenerizada ahorre mucho el coste de una instalación con un convertidor de frecuencia para los casos donde se necesite suministrar a 60 Hz. El GPEC ha sido diseñado para trabajar en dos niveles de voltaje/frecuencia: 400 V a 50 Hz y 480 V a 60 Hz.

La solución GPEC es ampliable, lo que quiere decir que se puede operar con varias unidades para servir grandes demandas a uno o varios buques y en varios puntos de atraque del muelle simultáneamente.

En periodos de no demanda por parte de buques en puerto, la generación del GPEC puede ser utilizado para alimentar otros consumos en el propio puerto.



### 3 Metodología de trabajo

La metodología de trabajo desarrollada para elaborar este estudio es la mostrada a continuación:



Figura 3.1. Metodología de trabajo (Fuente: elaboración propia).

- **FASE 1: Descripción y valoración de la situación actual.**

En este bloque temático se hace un análisis de la situación actual en cuanto a implementación de tecnologías de electrificación de muelles se refiere, tanto a nivel estatal como europeo.

Se analizan factores tan críticos como pueden ser qué instalaciones existen en la actualidad, qué planes de implementación hay (tanto a nivel puerto como naviera), la legislación y la tarificación eléctrica que afectan de forma directa a la implementación de este tipo de tecnologías.

- **FASE 2: Estudio de la demanda potencial.**

- 2.1. Determinación de los puertos objetivo.

En primer lugar, se lleva a cabo una segmentación de las 28 Autoridades Portuarias de interés general existentes en España en función de sus características más relevantes de cara a la implementación de sistemas OPS.

Después se eligen 13 Autoridades Portuarias con mayor potencial para la implantación de OPS. Una vez validada esta lista, se procedió a centrar el estudio de implementación en esta selección de puertos.

- 2.2. Determinación de la flota objetivo por puerto: caracterización de la demanda.

Para cada uno de los 13 puertos seleccionados en el paso 2.1, se analizaron los atraques en cada uno de ellos a lo largo de un año, teniendo en cuenta factores como por ejemplo el tipo de buque, el número de atraques, la duración de los mismos, la frecuencia de atraque en puerto, la potencia estimada, etc.

Este paso permite definir la flota objetivo por puerto, centrando cada caso de implementación hacia un tipo de buque en particular o hacia una ruta específica, teniendo en cuenta el potencial de demanda existente para cada sector de tráfico marítimo.

- **FASE 3: Objetivos y metas para la preparación de la flota y la dotación de tomas y equipamiento en los puertos.**

- 3.1. Determinación del listado final de puertos y buques.

Con el listado de puertos y buques obtenido como resultado en el punto 2.2, se contacta directamente con las Autoridades Portuarias involucradas y, en caso de que por su parte se haya mostrado interés, se toma la decisión sobre qué flota es la más adecuada para la implementación, teniendo en cuenta factores difícilmente cuantificables, como pueden ser el interés de las navieras involucradas, la configuración del puerto en cuestión, la presión social a la que esté sometida la institución, dificultades logísticas u operativas, etc.

Una vez realizado este paso, se llega a un listado de 11 Autoridades Portuarias, cada una con un número de buques / rutas estables a estudiar para la electrificación de los correspondientes muelles.

- 3.2. Elaboración de Business Case individuales.

Se realiza un estudio detallado de cada pareja puerto – buque(s) identificados en el punto 3.1, en el que se incluye, entre otros, un estudio de la viabilidad técnica (infraestructura y equipos necesarios para la implementación, configuración del suministro, buques receptores, etc.), y la viabilidad económica (costes eléctricos asociados al suministro, costes de inversión, comparación con el estado actual, etc.).

En primer lugar, se elabora el Business Case para el Puerto de Vigo (a este hecho se debe su estructura diferenciada), teniendo en cuenta que ya se disponía de parte de los datos necesarios y la cercanía geográfica. Se emplea dicho Business Case para divulgar al resto de Autoridades Portuarias, a modo de ejemplo sobre qué tipo de estudio es el que se llevará a cabo en cada una de ellas.

Finalmente, se realizan los estudios detallados o Business Case para las siguientes Autoridades Portuarias<sup>3</sup>:

- Autoridad Portuaria de Baleares  
Puerto de Palma
- Autoridad Portuaria de Barcelona
- Autoridad Portuaria de Valencia
- Autoridad Portuaria de Cartagena:  
Caso particular denominado Caso Técnico ATEX Cartagena
- Autoridad Portuaria de Vigo
- Autoridad Portuaria de Santa Cruz de Tenerife:  
Puertos de Tenerife, Santa Cruz de la Palma y San Sebastián de la Gomera
- Autoridad Portuaria de Las Palmas de Gran Canaria:  
Puerto de Las Palmas
- Autoridad Portuaria de Huelva
- Autoridad Portuaria de Málaga
- Autoridad Portuaria de Gijón
- Autoridad Portuaria de Bilbao

### 3.3. Extracción de conclusiones de los Business Case.

Una vez finalizados todos los Business Case, se extraen las conclusiones oportunas, mediante un análisis conjunto de los resultados obtenidos en todos ellos.

- **FASE 4: Identificación de las barreras de implementación.**

Análisis detallado de los condicionantes que pueden suponer un obstáculo para la instalación de un sistema de suministro eléctrico a buques a partir de toda la información recabada en las anteriores fases y de los resultados obtenidos en los Business Case.

- **FASE 5: Propuesta de medidas**

Definición de una serie de medidas de fomento de instalación del tipo de tecnología estudiada, que permitan superar las barreras identificadas

---

<sup>3</sup> NOTA: Véanse los Anexos para consultar cada Business Case individual.



### Clasificación de los buques:

A lo largo de todo el documento se ha utilizado la misma clasificación de buques, según la cual éstos se dividen en cuatro flotas: Cargueros, Cisternas, Pasajeros y HSC (High Speed Craft). Véase Tabla 3.1 a continuación.





TIPOS DE BUQUES		
Tipo de buque		Descripción
	Pasajeros	En esta categoría se incluyen barcos destinados al transporte de pasajeros, tipo Ferry o RO-PAX y cruceros.
	HSC	En esta categoría se incluyen barcos destinados al transporte de pasajeros denominados High Speed Craft, es decir, ferries de alta velocidad.
	Cisterna	En esta categoría se incluyen buques destinados al transporte de mercancía líquida: petroleros, metaneros y buques tanque.
	Carguero	En esta categoría se incluyen buques destinados al transporte de mercancía sólida: buques RO-RO, portacontenedores, buques de carga general, de carga a granel y frigoríficos.

Tabla 3.1. Clasificación de buques utilizada en el estudio (Fuente: elaboración propia).



## 4 Situación actual

## 4.1 En España

En el marco del presente estudio, se han analizado las iniciativas llevadas a cabo en España: estudios y realizaciones. Se exponen ambas a continuación.

### 4.1.1 Realizaciones

A fecha de redacción del presente documento, sólo hay implementada una instalación de OPS en uno de 27 puertos de interés general: el Puerto de Melilla.

En este puerto se ha implementado en el año 2014 una instalación de suministro eléctrico a buques RO-PAX, concretamente al buque *Volcán de Tinamar*, propiedad de la naviera ARMAS.



Figura 4.1. Buque Volcán de Tinamar (Fuente: marinetraffic.com).

Las características del sistema implementado son las siguientes:

Muelle	Muelle de Espigón
Tensión de suministro	Suministro en baja tensión: 400 V
Frecuencia de suministro	50 Hz
Máxima potencia disponible	700 KW
Número de conexiones	1

Tabla 4.1. Características de la instalación en Melilla (Fuente: información suministrada por la Autoridad Portuaria).

La solución técnica adoptada pasa por el tendido de 9 mangueras de 400 V conectados a un centro de transformación próximo con una potencia de hasta 1.200 KVA. Las mangueras tienen una longitud vista de unos 20 metros y se conectan al centro de transformación discurriendo un primer tramo en zanja y otro en galería.

Dicho buque atraca actualmente en el punto marcado en la Figura 4.2 y Figura 4.3.

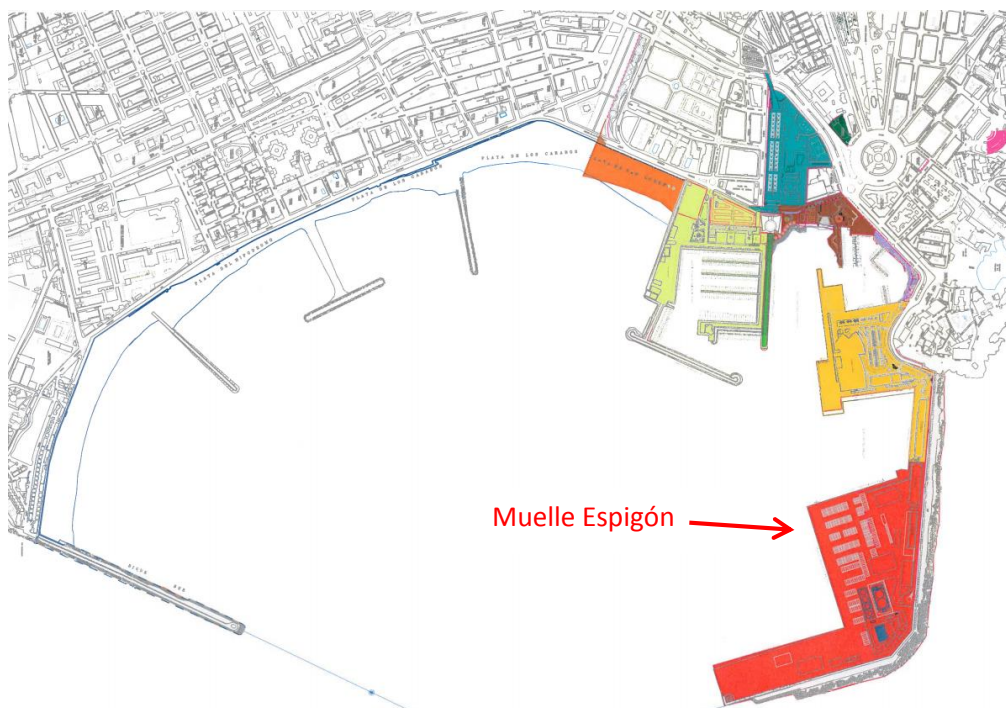


Figura 4.2. Plano Puerto de Melilla (Fuente: [www.melilla.es](http://www.melilla.es)).

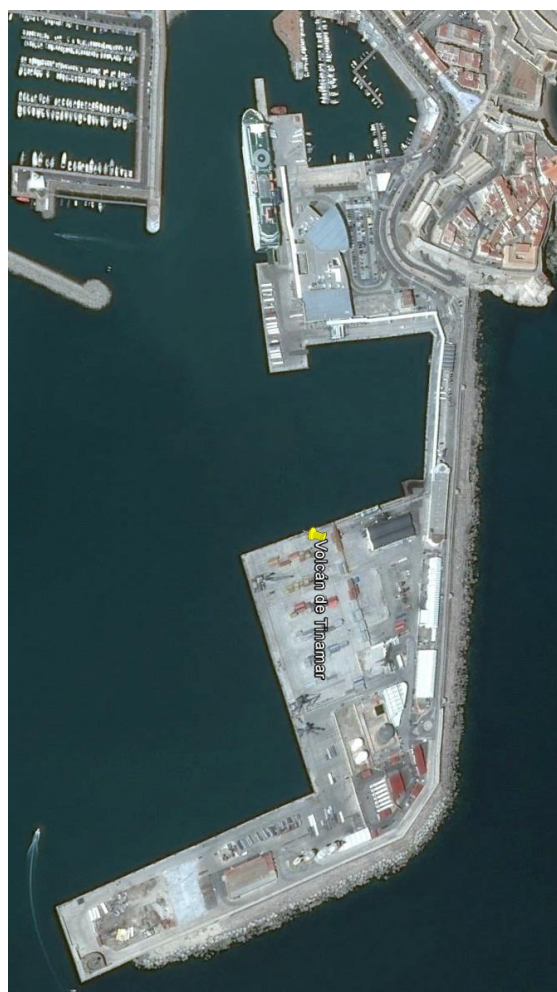


Figura 4.3. Punto de atraque Volcán de Tinamar en Melilla (Fuente: Google Maps).

Adicionalmente a la instalación en tierra, también se ha hecho la adaptación del buque para poder recibir energía eléctrica en puerto. Sin embargo, esta instalación está actualmente sin uso, debido a problemas de índole técnica. Después de algunos trabajos de mejora del sistema eléctrico del buque se espera que la operación de suministro comience durante los meses de Julio – Agosto de 2016.

El principal motivo que ha movido a la Autoridad Portuaria y a la naviera a acometer esta instalación es de índole medioambiental, con motivo de reducir las emisiones contaminantes, debido a que como puede observarse en la Figura 4.3, el puerto está completamente integrado en la estructura de la ciudad. Adicionalmente, con esta instalación se pretende reducir la contaminación acústica, problema que también afecta en gran medida a la población circundante. Puesto que, efectivamente la mayor parte de las escalas que el buque efectúa al año requieren de una estadía nocturna que se alarga durante más de 10 horas en la mayoría de los casos.

En referencia al modelo de explotación, no se ha tomado una decisión al respecto todavía en Melilla, aunque la elección se decanta hacia un modelo “Pago por uso” sin término de potencia, de forma que la Autoridad Portuaria traslade el coste íntegro del coste de suministro soportado por su comercializadora más la repercusión de las inversiones auxiliares acometidas.

#### 4.1.2 Estudios realizados en puertos españoles

Los estudios sobre la implementación de sistemas OPS en puertos españoles se han realizado recientemente. En este apartado se presentan estos estudios brevemente. Los estudios resumidos aquí han sido elaborados para las autoridades portuarias en cuestión. Esto significa que algunas autoridades portuarias ya tenían un muelle y tipo de tráfico identificado para el cual querían analizar la viabilidad de implantación de un sistema OPS. En estos casos los estudios resumidos aquí formaban la base analítica de las soluciones estudiadas en este nuevo informe sobre la posibilidad de dotación de suministro eléctrico a buques atracados en puertos españoles preparado por INOVALABS.

La siguiente tabla resume las características básicas de los estudios previos.

Nr	Puerto	Muelle	Conexiones	Tipo de buque	Detalle técnico	Alcance analítico
1	Barcelona	Adossat	4	Cruceros	11&6 kV; 8MW; 50&60 Hz	solo ingeniería
		San Bertran	3	Feries	11&6 kV; 3MW; 50&60 Hz	solo ingeniería
2	Baleares	Poniente	1	RoPax	6,6kV; 3,125MVA, 50 Hz	solo ingeniería
		Poniente Sur	1	RoPax	6,6kV; 3,125MVA, 50 Hz	solo ingeniería
		Paraires	2	Ferries	400 V; 0,75 MVA, 50 Hz	solo ingeniería
3	Valencia	34 - Trasversal	1	Ferries	6,6 kV; 2MW; 50Hz	ingeniería, presupuesto, rentabilidad fin.
		36 - Poniente	1	Cruceros	6,6 kV; ca. 8MW; 50&60 Hz	ingeniería, presupuesto, rentabilidad fin.
4	Tenerife	Riberal	1	Ferry / RoPax	400 V; 100 kVA; 50 Hz	ingeniería, presupuesto
		Pantalán de Anaga	2	Ferry / RoPax	400 V; 800 kVA; 50 Hz	ingeniería, presupuesto

Tabla 4.2 – Resumen de estudios OPS en puertos españoles previos a este informe (Fuente: elaboración propia).

A continuación, se detallan las soluciones evaluadas en cada uno de los estudios.

## Barcelona

En 2015 la Universitat Politècnica de Catalunya BarcelonaTech inició un trabajo de fin de carrera (bachelor) analizando la posibilidad de implementar OPS en el puerto de Barcelona<sup>4</sup>. El estudio de Barcelona se centra en evaluar la posibilidad de implementar un Sistema OPS en la terminal de cruceros, en el muelle Adossat, y para ferries en el muelle San Bertrán.



*Figura 4.4.4 – Adossat muelle de cruceros en Barcelona (Fuente: Espinosa Sanes, Sergi (2015)).*

Se analiza en detalle el tráfico de cruceros en Barcelona: estimación de la demanda, el voltaje, y la frecuencia de los buques.

En función de eso se dimensiona el sistema OPS. La configuración recomendada cuenta con un centro de transformación que recibe voltaje de 220 kV desde la red eléctrica y la distribuye a alto voltaje por la terminal a 25 kV.

En los muelles se planifican estaciones pequeñas para adaptar al voltaje, potencia y frecuencia requerida en los muelles. Se configura cada estación en muelle para suministrar a 6,6 kV o 11 kV y con frecuencias de 50 o 60 Hz.

Las conexiones en el Muelle Adossat están configuradas para un máximo de 12 MW, y aquellas en el muelle BWTC, para 8 MW. Así pues, se describen en detalle los componentes técnicos de una posible instalación OPS para esa terminal.

El estudio en el Puerto de Barcelona se limita a un análisis técnico. No se hace ningún análisis de costes o modelo de negocio. El estudio ha servido de base para elaborar el Business Case de Barcelona de este informe.

---

<sup>4</sup> El estudio ha sido realizado por D. Sergi Espinosa Sanes.



## Palma de Mallorca – Baleares

En 2015, Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España (ISDEFE) hizo un análisis para la Autoridad Portuaria de Baleares sobre la posibilidad de implementar un sistema OPS para ferries y cruceros en el puerto de Palma. El ámbito de actuación se limita a la zona de la ampliación del muelle de Poniente, muelle de Poniente Sur y muelle de Paraires. Se configura el sistema según el tráfico habitual en los tres muelles:

- Para el muelle de Poniente son 3 ferries de Intercoaches Shoreside Port y Acciona Trasmediterránea
- Para el muelle Poniente Sur se consideran 4 buques de las compañías Acciona Trasmediterránea, Baleares Consignatarios S.L. y Lantimar S.L.
- Para el muelle Paraires se consideran 3 buques de Eurolineas Marítimas S.A. y Acciona Trasmediterránea.

La instalación en los muelles de Poniente y Poniente Sur se configura con 3,125 MVA y a 6,6kV (50Hz). Para el muelle de Paraires se definió un sistema más pequeño de 0,75 MVA a 0,4 kV (50 Hz).

En el estudio solamente se analiza la parte ingeniería. No se estiman costes de operación o el modelo de negocio. El estudio ha sido la base para elaborar el Business Case de Baleares de este informe.

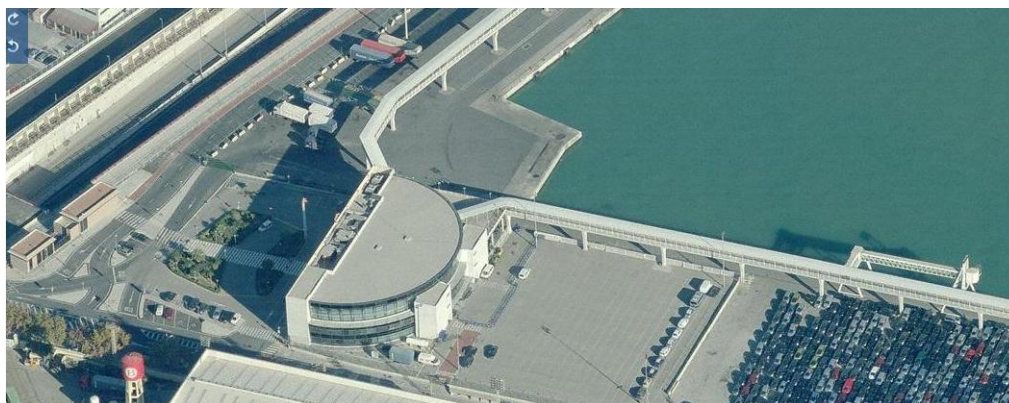


Figura 4.5. Ubicación de las instalaciones OPS en los muelles Poniente, Poniente Sur, y Paraires en el Puerto de Palma (Fuente: Isdefe (2015)).

## Valencia

En 2010, la Universidad Politécnica de Valencia en colaboración con la autoridad portuaria de Valencia hizo un estudio sobre las posibilidades de suministrar energía a buques en el puerto de Valencia frente al aumento rápido de los precios de combustibles de esta época.<sup>5</sup> Durante este estudio se elabora una solución detallada de un sistema OPS en la terminal de RO-PAX y ferries del puerto de Valencia.

En concreto, se analizan los muelles 34 (Transversales) y 36 (Poniente).



*Figura 4.6 – Vista aérea de la terminal de RO-PAX / ferries en el Puerto de Valencia (Fuente: Grau Ortega, Raúl (2010)).*

Se dimensionaron las instalaciones para:

- cruceros, en el muelle 36 Poniente.
- ferries (3) FORTUNY, SOROLLA y MURILLO, en el muelle 34 Transversal.

Esto da unas potencias estimadas de 2MW a 6,6 kV para el muelle de Poniente (a 50 Hz), y aproximadamente 8MW a 6,6 kV para el muelle de cruceros Poniente (a 50 y 60 Hz).

El estudio investiga la parte de ingeniería y contiene análisis de rentabilidad económica para el lado buque y el lado puerto. El estudio ha sido la base para elaborar el Business Case de Valencia para el presente informe.

---

<sup>5</sup> El estudio ha sido elaborado por Arturo Grau Ortega.



## Tenerife

En 2014, Ingeniería de Sistemas para la Defensa de España (ISDEFE) preparó un análisis para la Autoridad Portuaria de Tenerife sobre la implantación de una instalación eléctrica de suministro a buques en los muelles Ribera I y Pantalán de Anaga.



*Figura 4.7 – Vista aérea de los muelles estudiados en el caso del Puerto de Tenerife*

En el análisis de potencia requerida se calcula con la tipología de fast ferry catamarán de la compañía Fred Olsen y RO-PAX de la compañía Armas (8 buques). Debido a la demanda de esos buques se calcula con una potencia total del sistema de 900 kVA (100 kVA para el muelle de Ribera I y 800 kVA para el pantalán de Anaga). La tensión elegida es 400 V a una frecuencia de 50 Hz.

En el estudio también se analiza la normativa aplicable y se estima el presupuesto. El estudio es la base para elaborar el Business Case de Tenerife para el presente informe.

## 4.2 Extranjero

La instalación de sistemas OPS es una estrategia adoptada por numerosos puertos extranjeros con especial preocupación en el impacto de los buques atracados sobre la salud de la población. Por ejemplo, en el puerto de Ámsterdam se ha implantado la solución OPS para reducir los ruidos producidos por los barcos debido a la cercanía con la ciudad. A continuación, se citan los puertos del Mundo que han instalado la tecnología OPS junto con sus principales características:

Año instalación	Puerto	País	Alto voltaje	Bajo voltaje	Frecuencia suministro	Tipo buque
2000-2010	Gotemburgo	Suecia	6.6 kV /10 kV	400 V	50 Hz	RO-RO, RO-PAX
2000	Zeebrugge	Bélgica	6.6 kV		50 Hz	RO-RO
2001	Juneau	U.S.A	6.6 kV /11 kV		60 Hz	Cruceros
2004	Los Ángeles	U.S.A	6.6 kV /11 kV		60 Hz	Contenedores, cruceros
2005	Seattle	U.S.A	6.6 kV /11 kV		60 Hz	Cruceros
2006	Oulu	Finlandia	6.6 kV		50 Hz	RO-PAX
2006	Kotka	Finlandia	6.6 kV		50 Hz	RO-PAX
2006	Kemi	Finlandia			50 Hz	RO-PAX
2008	Amberes	Bélgica	6.6 kV		50 Hz/60 Hz	Contenedores
2008	Lübeck	Alemania	6.6 kV		50 Hz	RO-PAX
2009	Vancouver	Canadá			60 Hz	Cruceros
2010	San Francisco	U.S.A	6.6 kV /11 kV		60 Hz	Cruceros
2010	San Diego	U.S.A	6.6 kV /11 kV		60 Hz	Cruceros
2010	Verkö, Karlskrona	Suecia			60 Hz	Cruceros
2011	Long Beach	U.S.A	6.6 kV	480 V	60 Hz	Cruceros
2011	Oslo	Noruega	6.6 kV		50 Hz/60 Hz	Cruceros
2011	Prince Rupert	Canadá				
2012	Rotterdam	Holanda	6.6 kV		50Hz	RO-PAX
2012	Ystad	Suecia				Cruceros
2013	Trelleborg	Suecia				
2015	Hamburgo	Alemania			50 Hz/60 Hz	Cruceros
--	Helsingborg	Suecia		400 V/440 V	50 Hz	Contenedores
--	Stockholm	Suecia		400 V/690 V	50 Hz	
--	Piteå	Suecia	6 kV		50 Hz	
--	Pittsburg	U.S.A		440 V	60 Hz	Cruceros

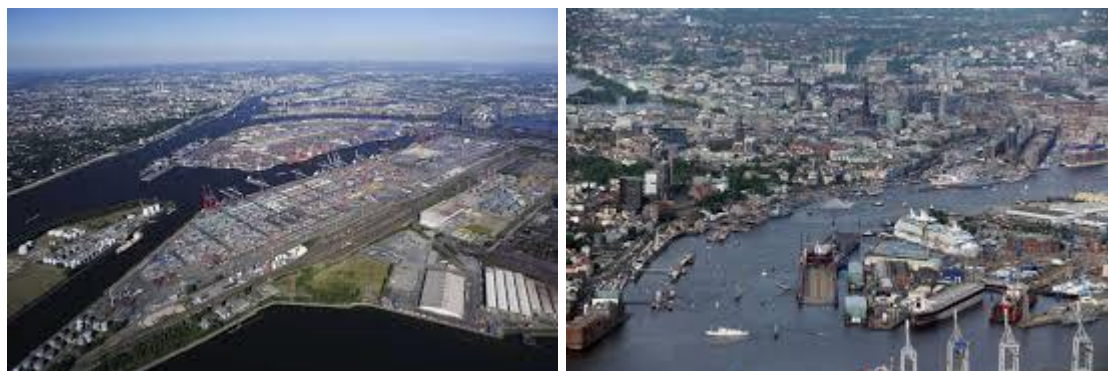
Tabla 4.3. Puertos con suministro de OPS y principales características.

El puerto de Gotemburgo ha sido el primer puerto Europeo en instalar conexiones OPS. En 1989 se construyó un sistema de bajo voltaje para ferries. En 2000 se construyó el primer sistema OPS de alto voltaje, también para tráfico ferry/RO-PAX. A día de hoy el puerto de Gotemburgo es capaz de suministrar a tensiones de 6,6 kV y 10 kV a frecuencias de 50 y 60 Hz. Actualmente, uno de sus principales consumidores es la compañía “Stena Line”.

### 4.2.1 Realizaciones de OPS en Hamburgo y Gotemburgo

#### Puerto de Hamburgo

El puerto de Hamburgo está ubicado dentro de la Ciudad de Hamburgo y tiene un crecimiento histórico dentro del área metropolitana de Hamburgo. Por su crecimiento elevado el Puerto de Hamburgo es considerado un nudo marítimo en expansión, y debido a su ubicación cercana a la ciudad ha tenido que afrontar importantes desafíos medioambientales.



*Figura 4.8- Imágenes aéreas del puerto de Hamburgo*

En el puerto de Hamburgo hubo fuerte presión social para reducir el impacto medioambiental de las operaciones portuarias. Después de haber sobrepasado frecuentemente los valores límites de emisiones de NOx en la atmosfera, se produjeron manifestaciones. Algunos ciudadanos llevaron a la ciudad de Hamburgo y a la autoridad portuaria a juicio. Siendo la sede central de cruceros Aida, la presión pública se centró inicialmente en el tráfico de cruceros.

Debido a la presión social para mejorar la calidad del aire en Hamburgo, el puerto y la ciudad de Hamburgo acordaron encontrar una solución para reducir las emisiones debidas al tráfico de cruceros. Hamburgo tiene tráfico frecuente de cruceros, mayormente porque Aida Cruises organiza sus cruceros desde Hamburgo. Sus cruceros empiezan y terminan sus trayectos en Hamburgo. El tráfico de cruceros está organizado por a través de la terminal de cruceros en Hamburg-Altona. La terminal está otorgada en concesión y operada por una empresa independiente de la Autoridad Portuaria.



*Figura 4.9— Terminal de cruceros de Hamburg-Altona*

- Sistema OPS de la terminal de cruceros en Hamburg-Altona

En el 2015 se finalizaron las obras de las instalaciones OPS. La instalación tiene una capacidad de 12 MVA y es capaz de suministrar a 50 y 60 Hz. El sistema OPS está conectado en tierra a la terminal del puerto. La terminal de Altona dispone de un centro de transformación propio. Dicho centro suministra electricidad al muelle. El sistema OPS en Hamburg-Altona suministra exclusivamente a buques de la naviera Aida Cruises. La siguiente figura contiene un esquema básico de la instalación OPS de la terminal de cruceros en Hamburg-Altona.

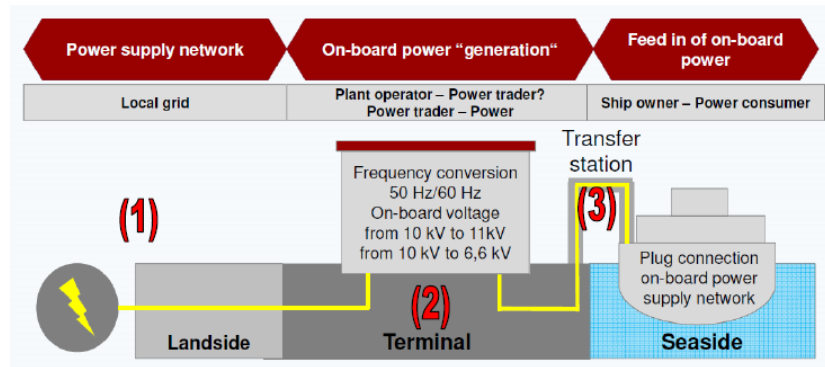


Figura 4.10– Esquema del sistema OPS en Hamburg-Altona. Fuente: Beerman & Höltkemeier (2014)

Debido a la longitud del muelle y la eslora variada de los buques de Aida Cruises, se optó por un sistema flexible y móvil para el manejo de cables. La grúa que maneja el cable de conexión está montada en un carril de 200m. De esta manera la conexión con el buque puede ser iniciada desde cualquier punto del muelle.

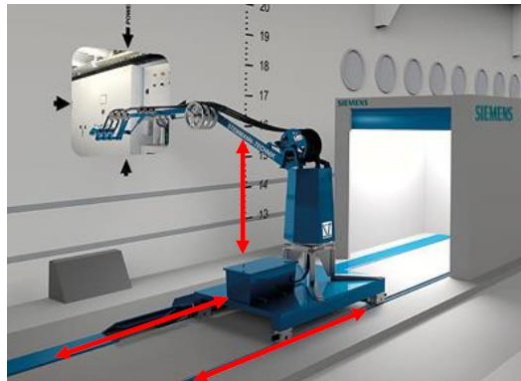


Figura 4.11- sistema de manejo de cables flexible aplicado en Hamburg-Altona. Fuente: Siemens.

El sistema de OPS del puerto de Hamburgo es un sistema piloto y único que, según estaba previsto, empezaría a funcionar en 2015. Ello, no obstante, se retrasó hasta mayo 2016. Se prevén entre 8 y 10 suministros a lo largo de 2016.

- Sistema LNG-Power- Barge terminal Hamburg-Hafencity

Becker Marine Systems y Aida Cruises cooperaron para construir una barcaza de generación eléctrica a través de GNL para dar suministro a los cruceros de Aida. La introducción de esa segunda opción se debe a los altos costes eléctricos en Alemania. Un sistema de generación *in situ* de GNL generalmente tiene menores costes de suministro que las otras dos opciones (el use de MGO en motores auxiliares y de electricidad de los sistemas OPS).<sup>6</sup>

La barcaza se llama “Hummel” (Abejorro / Bumblebee). Tiene una capacidad de 7,5 MW. Entró en servicio en septiembre de 2015. Su entrada en servicio se retrasó y su operación sigue complicándose por razones burocráticas relacionadas con la oposición social y la desconfianza hacia la implementación de sistemas a gas natural licuado, por asuntos relacionados con la seguridad de la operación.



Figura 4.12 - LNG Power Barge “Hummel”

---

<sup>6</sup> Los business cases de Vigo y Huelva confirman eso. Generar electricidad en sitio con gas natural tiene el menor coste energético actualmente.



## Puerto de Gotemburgo

Una de las primeras instalaciones OPS en Europa es el Sistema del Puerto de Gotemburgo.



Figura 4.13 – Imagen del Puerto de Gotemburgo (Fuente: Puerto de Gotemburgo).

En 1989, Stena Lines desarrolló la primera instalación de bajo voltaje. La primera instalación de alto voltaje fue construida en el año 2000. Actualmente hay 5 muelles que disponen de conexiones OPS. 11 buques están equipados con conexiones a bordo y se conectan a los sistemas frecuentemente.

Terminal	Muelle	Tipo de tráfico	Información técnica	Contactos
Masthugget	24	ferry (Stena Line Gothenburg - Dinamarca)	50Hz voltaje bajo (440V)	1
Masthugget	28-33	RoPax (Stena Line Gothenburg - Dinamarca)	50Hz voltaje alto (11kV)	3
Maj nabbe	46-49	RoPax (Stena Line Gothenburg - Alemania)	60Hz voltaje alto (11kV)	1
Älvsborgshamnen	700	RoRo (Finlandia y Bélgica)	50Hz voltaje alto (6kV)	1
Älvsborgshamnen	712	RoRo	50Hz voltaje alto (11kV)	1

Figura 4.14. Resumen de Sistemas OPS en el Puerto de Gotemburgo (Fuente: elaboración propia).

El siguiente mapa indica la ubicación de las instalaciones OPS en el puerto de Gotemburgo (círculos azules).

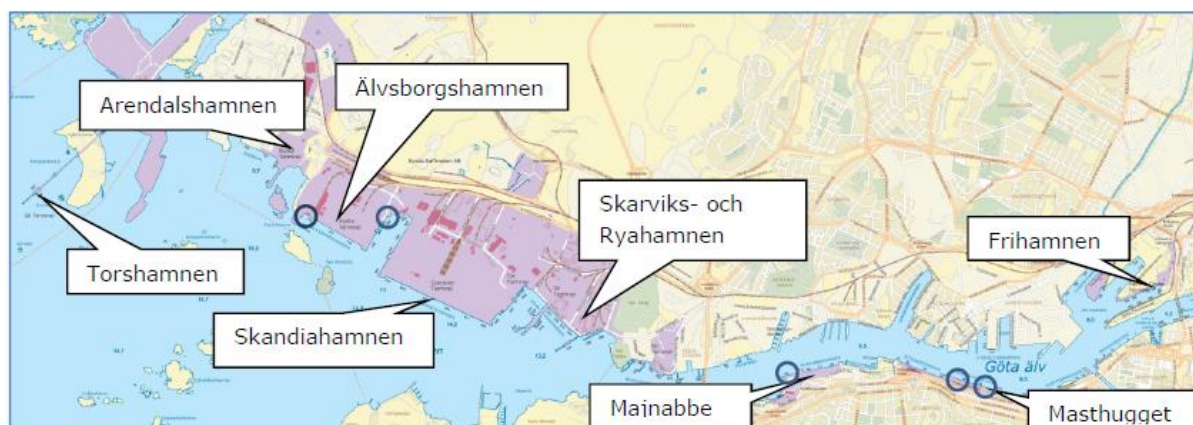


Figura 4.15 – mapa del Puerto de Gotemburgo. Disponibilidad de OPS marcado por círculo azul. Fuente: Port of Gothenburg (2012).

#### 4.2.2 Normativa que condiciona el desarrollo de OPS en Hamburgo, Estocolmo y Civitavecchia

La legislación europea que potencialmente tiene relevancia para la instalación de sistemas de suministro eléctrico a buques en puerto es extensa. En el Anexo se identifican todas las normativas y se resume su significado. Aparte de eso se ha consultado con tres puertos europeos sobre la presión legislativa de implementar un sistema de suministro eléctrico a buques en puerto. Detallamos la experiencia de estos tres puertos (Hamburgo, Gotemburgo y Civitavecchia) a continuación.

##### Hamburgo

En el puerto de Hamburgo ha habido una fuerte presión social para reducir el impacto medioambiental de las operaciones portuarias.

Después de haberse sobrepasado frecuentemente los valores límite de emisiones de NOx en la atmosfera, se produjeron manifestaciones públicas. Algunos ciudadanos llevaron a la Ciudad de Hamburgo y a la Autoridad Portuaria ante los Tribunales. Siendo Hamburgo la sede central de cruceros Aida, la presión pública se centró inicialmente en el tráfico de cruceros.

Como consecuencia de dicha demanda popular, la Ciudad de Hamburgo implementó un plan de calidad del aire llamado “*Aktionsplan Luftreinheit*” que está en vigor desde el año 2004 y que contiene referencias expresas a las emisiones procedentes de la actividad portuaria; los óxidos de nitrógeno (NOx) están regulados en la normativa federal de emisiones “*Bundesemissionsschutzverordnung*”.

Los precios eléctricos finales en Alemania se encuentran entre los más altos en Europa. Esto se debe en gran medida a la política de apoyo renovable. Alemania subvenciona la generación eléctrica renovable, garantizando integración a la red a un coste viable y subvencionado a los generadores renovables. El coste de este sistema está financiado por un sobrecargo al consumo eléctrico de todos los consumidores alemanes.<sup>7</sup> Este sobrecargo está actualmente en aproximadamente 6 c€/kWh y

<sup>7</sup> Algunas industrias intensivas de energía están (parcialmente) exentas del sobrecargo.



encarece la electricidad significativamente en Alemania. Todo ello está reglamentado por el Ley de apoyo renovable (“Erneuerbare Energiengesetz”). En consecuencia, la ley desincentiva el uso de un sistema OPS, porque el coste de conectarse al OPS es más elevado que el del uso de MGO y motores auxiliares (ver también el capítulo sobre las barreras para la implementación de OPS, en el cual también se presenta una comparativa de precios eléctricos en países europeos).

Para conseguir condiciones tarifarias mejores, la Autoridad Portuaria de Hamburgo valoró la posibilidad de solicitar la exención de los impuestos a la energía eléctrica a suministrar a buques en atraque de conformidad con la Directiva 2003/96/EC pero el recargo por “renovable” (“Erneuerbare Energiengesetz”) no resultó ser “negociable” a efectos de la Directiva 2003/96/EC por lo que, finalmente, la Autoridad Portuaria de Hamburgo decidió no acudir al procedimiento de exención de la Directiva.

En fin, en el Puerto de Hamburgo se han desarrollado dos sistemas de dotación de energía eléctrica a cruceros en cooperación con Aida Cruises y Becker Marine Systems: se construyó una infraestructura OPS para la terminal de cruceros en Hamburg-Altona, y se construyó una barcaza de generación eléctrica a través de GNL. Ambos sistemas están desarrollados en colaboración con Aida cruceros, que tiene una base operativa principal en Hamburgo.

Aparte de la legislación europea que se resume en el apéndice, las leyes y normativas relevantes para los desarrollos OPS en Hamburgo son:

- **Luftreinhalteplan** (Plan de Calidad de Aire)
- **Bundesemissionsschutzverordnung** (Normativa Federal de Emisiones)
- **Aktionsplan Luftreinheit** (Plano de Acción de Pureza del Aire)
- **Erneuerbare Energiengesetz** (Ley de Apoyo a las Energías Renovables)
- **Hafengesetz und Hafenordnung für Hamburg** (Ley y Normativa del Puerto de Hamburgo)
- **Hamburgische Bauordnung** (Normativa de Construcción de la Ciudad Libre de Hamburgo)
- **Haushaltsordnung der Freien und Hansestadt Hamburg** (Normativa de Hacienda de la Ciudad Libre de Hamburgo)

## Gotemburgo

Suecia es el país con más instalaciones OPS en Europa y también fue el primer país en aplicar esta tecnología. Esto se debe tanto al precio de la electricidad que es relativamente bajo en Suecia para clientes industriales (aprox. 8 c€/kWh en 2015), como a la exigente normativa en vigor en ese país, las condiciones impuestas en las autorizaciones de las operaciones portuarias y los pronunciamientos de los tribunales medioambientales.

En la tabla de abajo se identifican las normativas más relevantes referentes a la implantación de la tecnología OPS en Suecia.

SWEDISH REGULATIONS RELATED TO ENERGY SUPPLY TO VESSELS AT PORT		
Directive 2003/96/EC	<a href="#">Link</a>	Restructuring the Community framework for the taxation of energy products and electricity.
COM(2011)158 Final	<a href="#">Link</a>	Authorising Sweden to apply a reduced rate of electricity tax to electricity directly provided to vessels at berth in a port ('shore-side electricity') in accordance with Article 19 of Directive 2003/96/EC.
2008/09:162	<a href="#">Link</a>	Propose a 40 per cent target for Sweden's reductions in emissions of greenhouse gases and an integrated action programme to achieve the target. Three action plans - for a fossil-fuel independent transport sector, the promotion of renewable energy and increased energy efficiency - are being presented.
2008/09:163	<a href="#">Link</a>	
2009/10:41	<a href="#">Link</a>	On energy and climate taxation for the years 2010, 2011, 2013 and 2015, in line with the proposed revision of the EU Fuel Quality Directive, the recast of the Energy Taxation Directive 2003/96/EC.
2012/13:30	<a href="#">Link</a>	Research and Innovation <i>Bill</i> proposing increased funding for research and innovation, including for energy research, demonstration and deployment.
2012/13:21	<a href="#">Link</a>	Government <i>Bill</i> on R&D for a Sustainable Energy System.
SFS 1994:1776	<a href="#">Link</a>	The main legal framework with respect to energy taxation is laid down in the Act on Excise Duties on Energy which contains provisions on energy tax,
SFS 2011:1200	<a href="#">Link</a>	Electricity Certificates Act. This law aims to promote the production of renewable electricity.

Tabla 4.4 – Resumen de normativa relevante para OPS en Suecia (Fuente: elaboración propia).

Como se ha indicado más arriba, los tribunales medioambientales suecos obligan a los puertos a instalar sistemas OPS. Eso ha sido una condición frecuente para obtener los permisos de operación portuaria. Esto significa que los puertos tuvieron que implementar OPS para poder seguir operando. En opinión de los colaboradores del Puerto de Gotemburgo, los tribunales medioambientales han sido la clave para la implementación de los sistemas OPS en Suecia.<sup>8</sup>

### Civitavecchia

Recientemente la Autoridad Portuaria de Civitavecchia, Fiumicino y Gaeta ha realizado varios estudios sobre la posibilidad de implementar un sistema OPS. Como resultado de estos análisis se concluyó que el tráfico más adecuado para la aplicación de la tecnología OPS sería el tráfico de cruceros, aunque por el momento no tiene planes de implementar la tecnología OPS.

Desde el punto de vista regulatorio, son relevantes para el desarrollo de OPS las siguientes dos normas:

- Decreto 155/2010 (en acuerdo con c.8, art.295 de D.lgs. 152/2006)
- Circolare MATTM 10023/2010 (relacionado a la Directiva Europea 2008/50/CE)

<sup>8</sup> Una descripción de los tribunales medioambientales Suecos está disponible en: <http://www.iclg.co.uk/practice-areas/environment-and-climate-change-law/environment-and-climate-change-law-2016/sweden#chaptercontent2>.



5 Normativa técnica OPS

## 5.1 Normas ISO

La norma internacional para el diseño y construcción de las instalaciones de suministro eléctrico a buques en puerto es la correspondiente a la ISO 80005, cuyas tres variantes son:

- ISO/IEC/IEEE 80005-1:2012. “Utility connections in port -- Part 1: High Voltage Shore Connection (HVSC) Systems -- General requirements”. Fecha de publicación: 2012-07-01.

IEC/ISO/IEEE 80005-1:2012(E) describe los sistemas de conexión a alto voltaje (HVSC), en el buque y en tierra, para suministrar potencia eléctrica a buques desde tierra. Este estándar es aplicable para el diseño, instalación y comprobación de sistemas HVSC, el cuales se compone de:

- Sistemas de distribución de alto voltaje (HV) en tierra;
- Equipamiento de la conexión e interfaz tierra-buque;
- Transformadores/reactores;
- Semiconductores/convertidores;
- Sistemas de distribución en buque; y
- Control, monitorización, enclavamiento y sistemas de manejo de potencia.

No aplica en el caso del suministro eléctrico durante periodos de amarre; por ejemplo, en puerto seco y fuera de servicio por tareas de mantenimiento y reparación.

- IEC/IEEE DIS 80005-2. “Utility connections in port -- Part 2: High and low voltage shore connection systems -- Data communication for monitoring and control”. Fecha de publicación: 2015-12-22.

Esta norma describe los sistemas de comunicaciones existentes en estos sistemas recogiendo información de la capa física, protocolo y dirección. También se indican los métodos de comprobación de operación ante fallos en tierra y en buque.

- IEC/PAS 80005-3:2014. “Utility connections in port -- Part 3: Low Voltage Shore Connection (LVSC) Systems -- General requirements”. Fecha de publicación: 2014-08-01.

IEC PAS 80005-3:2014(E) describe los sistemas de conexión a bajo voltaje (LVSC), en el buque y en tierra, para suministrar potencia eléctrica a buques desde tierra. Este estándar es aplicable para el diseño, instalación y comprobación de sistemas HVSC, el cuales se compone de:

- Sistemas de distribución de bajo voltaje (LV) en tierra;
- Equipamiento de la conexión e interfaz tierra-buque;
- Transformadores/reactores;
- Semiconductores/convertidores;
- Sistemas de distribución en buque; y
- Control, monitorización, enclavamiento y sistemas de manejo de potencia.

No aplica en el caso del suministro eléctrico durante periodos de amarre; por ejemplo, en puerto seco y fuera de servicio por tareas de mantenimiento y reparación.

Se espera que los sistemas que funcionan a bajo voltaje tendrán aplicaciones para barcos que requieran hasta una potencia de 1 MVA. Los sistemas de bajo voltaje en tierra o muelle no excederán de 250 A, con máximo por cable de 125 A y no excediendo de 300V para toma de tierra, que no están recogido por esta norma.

## 5.2 Legislación europea

La legislación europea aplicable en el ámbito de este estudio se basa en la directiva 2014/94/UE, relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos. Esta directiva se basa en las siguientes directivas anteriores:

La directiva 2009/28/CE del parlamento europeo y del consejo fija el objetivo de una cuota de mercado del 10% para las energías renovables en los transportes.

En la comunicación de 3 de marzo de 2010 titulada “Europa 2020: Una estrategia para un crecimiento inteligente, sostenible e integrador”, la Comisión Europea se fijó el objetivo de reforzar la competitividad y la seguridad energética mediante una utilización más eficiente de los recursos y de la energía.

Numerosas directivas han sido evolucionando y corrigiendo y modificando diversas leyes. En el ANEXO 1 se enumeran todas las directivas europeas relevantes y su explicación breve para introducir al lector.



## 6 Tarificación eléctrica



En este capítulo se hace un análisis de la normativa del sector eléctrico aplicable a OPS así como de los actores llamados a protagonizar su futuro desarrollo.

## 6.1 El mercado eléctrico nacional

De forma resumida, podemos decir que el mercado eléctrico español se divide en: generación, transporte, distribución y comercialización. Existen cinco grandes empresas posicionadas en la generación las cuales tienen a su vez filiales que -respetando las reglas propias del sector- actúan en la distribución y comercialización junto con otras de menor tamaño conformando un mercado muy competitivo. Por último, el transporte en alto voltaje recae sobre el operador del sistema eléctrico español, que es REE (Red Eléctrica Española).

La energía generada por las empresas de generación se pone a la venta en el mercado mayorista. En este mercado mayorista las empresas comercializadoras compran la energía y la venden a los consumidores finales. Existe una asignación de precios fijada por la oferta-demanda de cada día que se fija por periodos el día previo y se ajusta el mismo día según la variación de la demanda horaria. Es lo que se conoce como mercado liberalizado de la energía.

El consumidor, doméstico o industrial/servicios, recibe la energía y paga en función de:

- La energía consumida
- La potencia contratada.

A estos conceptos hay que añadir el precio por,

- El acceso de terceros a la red de transporte y distribución (ATR)
- Los impuestos que recaen sobre el consumidor final de la energía: el impuesto especial sobre la electricidad, déficit tarifario, impuestos para financiar energías renovables, etc.

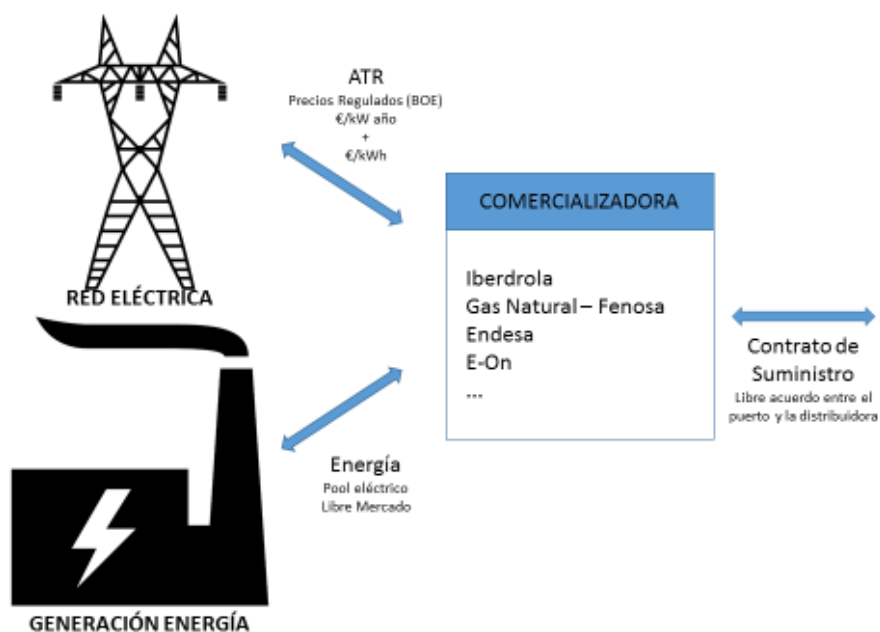


Figura 6.1 - Esquema de la factura eléctrica en España (Fuente: elaboración propia).

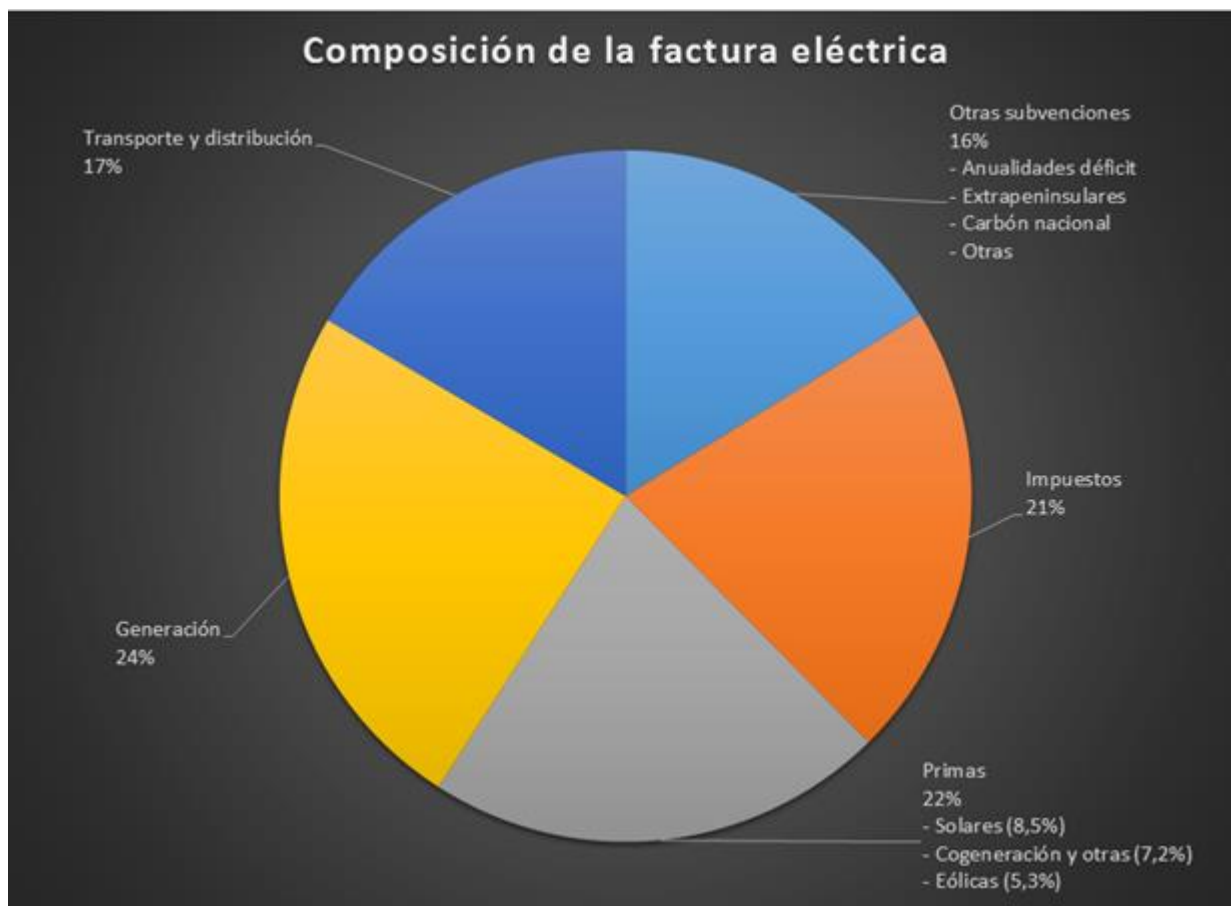


Figura 6.2 - Reparto de los costes en la factura eléctrica (Fuente: elaboración propia a partir de datos disponibles en unesa.net).

En el siguiente gráfico se agrupan y resumen los conceptos contemplados en cada término del coste de la energía:

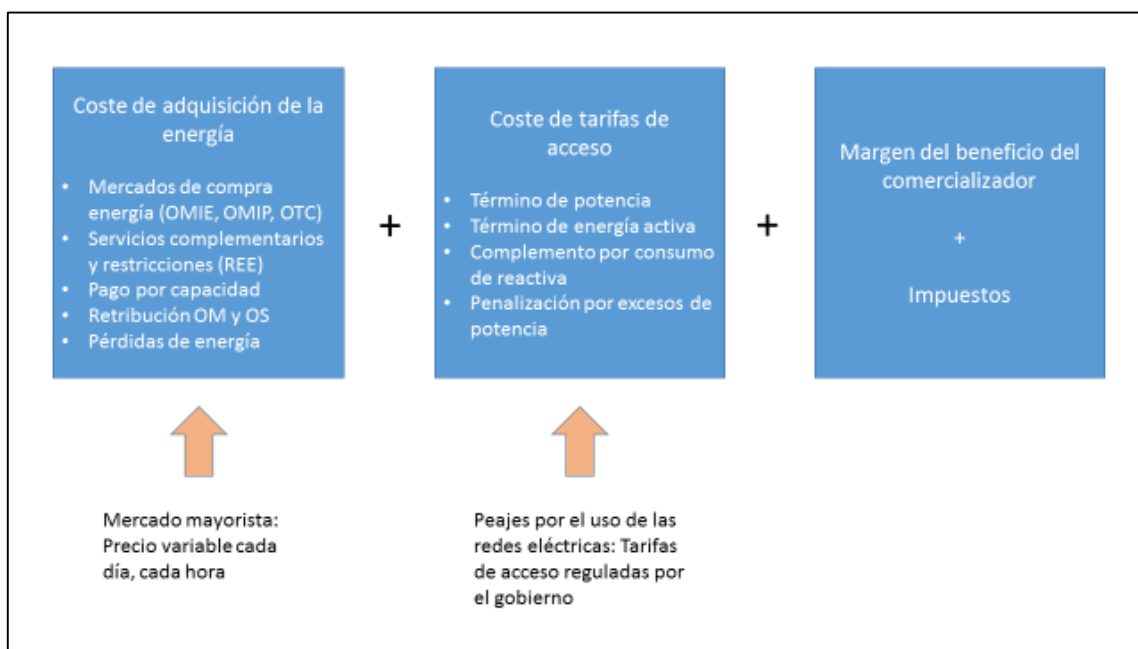


Figura 6.3 - Componentes del precio de la electricidad (Fuente: elaboración propia).

Así, una comparación de los costes de adquisición de la energía, los pagos por capacidad y los ATR se muestra en el siguiente diagrama en función de los distintos usuarios o tipos de contrato establecidos por la normativa:

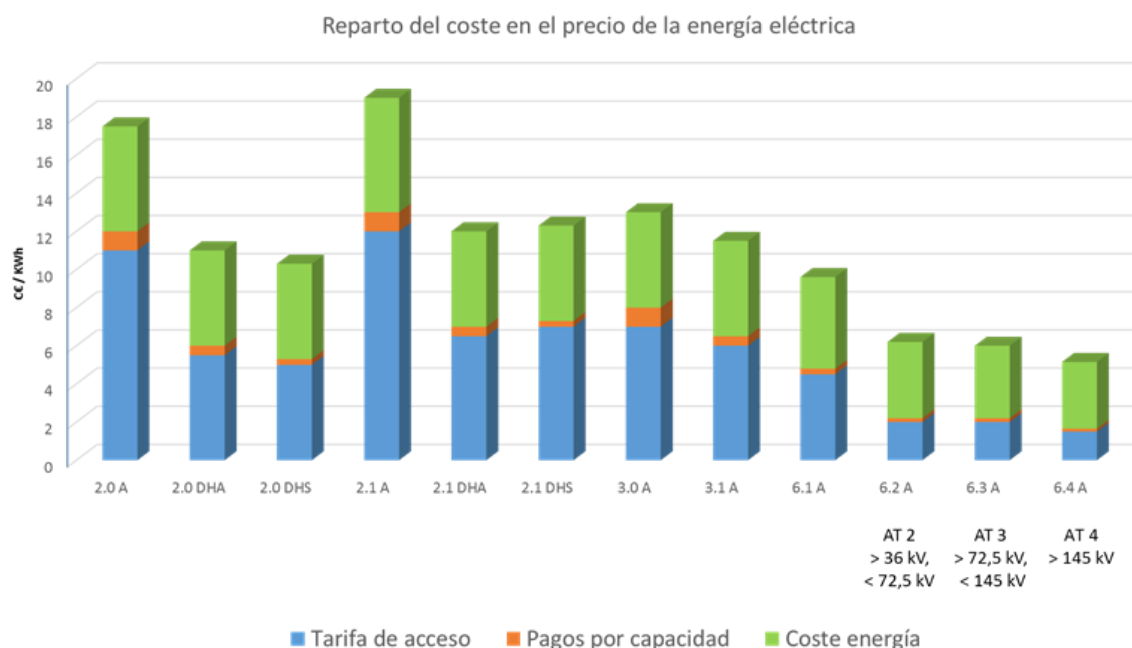


Figura 6.4 Comparación de los principales costes eléctricos en función del tipo de contrato de suministro (c€/kWh). Fuente: Elaboración propia a partir de los datos disponibles en: "Negociar contratos de electricidad y optimizar las facturas eléctricas (2015)" de Yusta Loyo, José María, Dr. Ing. Industrial, Prof. titular Universidad de Zaragoza

En este sentido, para proveerse de energía eléctrica, las Autoridades Portuarias, como grandes consumidores que son algunas de ellas, acuden a las empresas comercializadoras utilizando la subasta como modalidad de adjudicación de la energía que necesitan. Estas empresas comercializadoras proponen una tabla de precios que suelen incluir: los costes de energía, pagos por capacidad, peajes de acceso a la red, cuotas con destinos específicos y el impuesto especial sobre la electricidad.

### Ofertas con precios fijos por periodos

**e-on** España

Nº	Término de Energía (cent€/kWh)						Término de Potencia €/mes	Alquiler Equipo Medida €/mes
	P1	P2	P3	P4	P5	P6		
1	16,3436	13,4023	10,7912	8,9232	8,2885	6,6150	22.112,63	100,00

#### Conceptos incluidos en el precio

Los conceptos económicos de la oferta incluyen el coste de la energía, pagos por capacidad, el coste de los servicios complementarios obligatorios, peajes de acceso a la Red, las cuotas con destinos específicos y el Impuesto Especial sobre la Electricidad a la fecha de la Oferta.

Estos precios no incluyen IVA, las regularizaciones de potencia a facturar con respecto a la potencia contratada, ni complemento por energía reactiva. La regularización de potencia y el complemento por reactiva se facturarán como concepto aparte, según el R.D. 1556/2005 y sucesivas modificaciones.

Si durante el plazo de vigencia de esta oferta o durante la vigencia del contrato, se produjeran modificaciones en el importe de los conceptos regulados incluidos en el mismo, el Precio será revisado al alza o a la baja por el importe en que se modifique cualquiera de los conceptos mencionados. Los precios regulados a la fecha de la oferta se rigen según Orden ITC/688/2011, de 30 de marzo por la que se revisan los peajes a partir del 01/04/2011.

Figura 6.5 - Ejemplo de una oferta de una comercializadora (E-ON)

En todo caso, las tarifas que tendrían que abonar los buques en atraque serán distintas a las que, a título meramente informativo, se muestran a continuación con las que son gravados determinados concesionarios de dos puertos (p.e. lonjas, bares, edificios oficiales, vehículos eléctricos):

CONCEPTO	EUROS
Kwh para alumbrado	0,3065 €
Kwh para fuerza	0,2647 €
Kwh en alta	0,1532 €
Conexión o desconexión fuera de jornada ordinaria	22,2733 €
Por Kwh de suministro a las instalaciones destinadas al servicio social de bar - comedor	0,1810 €
Kwh para vehículos eléctricos	0,3065 €

<b>Suministro de E. Eléctrica(3)</b>	
Concepto	€/kwh
Consumo de fuerza y alumbrado (2)	0,297
Organismos Oficiales	0,109
Grandes Consumidores s/ condicionado adjunto	0,175
Lonja	0,123
Fuerza I	0,130
Fuerza II	0,096
Por derecho de acometida en fuerza y alumbrado	35,569
(1)Mínimo a facturar 5 m3/mes	
(2)Mínimo 30 kw/mes	
(3)Valores se incrementarán cuando lo hagan las compañías suministradoras	

Figuras 6.7 y 6.8 Tarifas suministro eléctrico Puerto de Vigo y Huelva respectivamente (Fuente: Sitio Web de respectivas dos AAPP).

Efectivamente, en función de los consumos registrados por periodo, la empresa comercializadora facturaría un importe correspondiente, como se puede ver en la siguiente figura a modo de ejemplo:

Facturas Términos		
Facturación		
CONCEPTO	CALCULO	IMPORTE
TERMINO DE ENERGIA VARIABLE		358.796,19
	P5: 2.851.094 kWh x 0,071129 Eur/kWh = 202.795,47 Eur	
	P6: 3.114.906 kWh x 0,050082 Eur/kWh = 156.000,72 Eur	
FACTURACION POTENCIA PERIODOS		35.957,39
	P1: 9.400 kW x 16,594064 Eur/kW = 155.984,2 Eur	
	P2: 9.400 kW x 8,304214 Eur/kW = 78.059,61 Eur	
	P3: 9.400 kW x 6,077305 Eur/kW = 57.126,67 Eur	
	P4: 9.400 kW x 6,077305 Eur/kW = 57.126,67 Eur	
	P5: 9.400 kW x 6,077305 Eur/kW = 57.126,67 Eur	
	P6: 9.400 kW x 2,772859 Eur/kW = 26.064,87 Eur	
	431.488,09 Eur x 1 MESES / 12 MESES	
RECAIRGO POR EXCESOS DE POTENCIA	ACS: 65,604	44,53
ENERGIA REACTIVA		0,00
IMPUESTO SOBRE LA ELECTRICIDAD	4,864 % sobre 394.798,11 Eur x 1,05113	20.184,83
ALQUILER DE EQUIPOS DE MEDIDA		57,80
IVA NORMAL	18 % sobre 415.040,74 EUR	74.707,33
Total Factura		489.748,07 EUR

Figura 6.6 - Ejemplo de factura ATR<sup>9</sup> 6.1A (DATOS NO REALES).

## 6.2 Cuantías de ATR y pagos por capacidad

Se puede consultar un resumen de las tarifas reguladas por el estado en la página web de IDAE ([link](#)).

### 6.2.1 ATR

#### 6.2.1.1 Consumos < 450 k (tarifa 3.1.A)

Se mantienen los peajes vigentes en 2015 establecidos en la Orden IET/2444/2014, de 19 de diciembre, tal y como se puede observar en la siguiente tabla:

TARIFA 3.1A				
TP €/kW y año		Δ (%)	TE €/kWh	
P1:	59,173468	0,00%	P1:	0,014335
P2:	36,490689		P2:	0,012754
P3:	8,3677310		P3:	0,007805

Tabla 6.1. Coste ATR potencia y energía tarifa 3.1A (Fuente: IDAE - [Link](#)).

#### 6.2.1.2 Consumos > 450 kW (tarifa 6.1.A)

La Orden IET/2444/2014, de 19 de diciembre, determina los peajes de acceso de energía eléctrica para 2015 ([link](#)). Dicha Orden regula los peajes ATR correspondientes al uso de las redes de transporte y distribución. En el Anexo I se detallan los peajes para las nuevas tarifas 6.1A y 6.1B creadas mediante Real Decreto 1054/2014 que introduce un nuevo escalón de tensión en los peajes de acceso de seis periodos, de forma que el peaje 6.1, que abarcaba anteriormente las tensiones desde 1 kV hasta aquellas inferiores a 36 kV, queda dividido en un primer escalón de tensiones superiores o iguales a 1 kV e inferior a 30 kV y otro escalón desde 30 kV hasta tensiones inferiores a 36 kV, definidos como peajes 6.1A y 6.1B.

<sup>9</sup> Acceso de Terceros a la Red.

La Orden IET/2444/2014 que determina los peajes para 2016 no ha variado las tarifas 6.1A aunque sí ha rebajado casi un 7 % los peajes de la tarifa 6.1B.

Así pues, los ATR para las tarifas 6.1A y 6.1B. son los siguientes (nota: obsérvese que las cuantías para el tramo de 30-36 kV resulta ser un 20 % más económico:

**Termino de potencia en €/kW-año**

Tarifa	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
6.1.A	39,139427	19,586654	14,334178	14,334178	14,334178	6,540177
6.1.B	31,020989	15,523919	11,360932	11,360932	11,360932	5,183592

**Término de energía en c€/kWh**

Tarifa	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	Periodo 6
6.1.A	2,6674	1,9921	1,0615	0,5283	0,3411	0,2137
6.1.B	2,1822	1,6297	0,8685	0,4322	0,2791	0,1746

*Figura 6.7 – ATR vigentes a 24 de junio de 2016 (Fuente: elaboración propia a partir datos publicados en BOE).*



## 6.2.2 Periodos

Los periodos tarifarios están definidos en el Real Decreto 1164/2001 del 26 de diciembre, y en la orden ITC/2794/2007.

Tipo de día					
Mes	Peninsula	Baleares	Canarias	Ceuta	Melilla
Enero	A	B1	B1	A	A
Febrero	A	B1	B1	A	A
Marzo	B1	C	C	B1	B1
Abril	C	D	C	C	C
Mayo	C	B1	D	D	D
Junio	B	A	C	C	B
Junio (2)	A1	A	C	C	B
Julio	A1	A	B	B	A1
Agosto	C	A	B	A	A1
Septiembre	B	A	A	B	B
Octubre	C	B1	A	C	C
Noviembre	B1	C	A	B1	C
Diciembre	A	C	A	A	B1

Aclaración del tipo de día	
A	L-V Temporada alta con punta de mañana y tarde
A1	L-V Temporada alta con punta de mañana
B	L-V Temporada media con punta de mañana
B1	L-V Temporada media con punta de tarde
C	Temporada Baja
D	S-D y Festivos. Península->Agosto, Balear->Abril, Canarias->Mayo

### 6.2.2.1 Consumos < 450 kW

Para aplicar la tarifa 3.1A de alta tensión con consumos menores de 450 kW, la duración de cada período será la que se detalla a continuación:

<b>Período horario</b>	<b>Duración – horas/día</b>
Punta	4
Llano	12
Valle	8

Se consideran horas punta, llano y valle, en cada una de las zonas, las siguientes:

<b>Zona</b>	<b>Invierno</b>			<b>Verano</b>		
	<b>Punta</b>	<b>Llano</b>	<b>Valle</b>	<b>Punta</b>	<b>Llano</b>	<b>Valle</b>
1	18-22	8-18 22-24	0-8	9-13	8-9 13-24	0-8
2	18-22	8-18 22-24	0-8	19-23	0-1 9-19 23-24	1-9
3	18-22	8-18 22-24	0-8	19-23	0-1 9-19 23-24	1-9
4	19-23	8-19 23-24	0-8	20-24	0-1 9-20	1-9

A estos efectos las zonas en que se divide el mercado eléctrico nacional serán las relacionadas a continuación e incluyen las Comunidades Autónomas que se indican:

- Zona 1: Galicia, Asturias, Cantabria, País Vasco, Castilla y León, La Rioja, Navarra, Aragón, Cataluña, Madrid, Castilla-La Mancha, Extremadura, Valencia, Murcia y Andalucía.
- Zona 2: Baleares.
- Zona 3: Canarias.
- Zona 4: Ceuta y Melilla.

Los cambios de horario de invierno a verano o viceversa coincidirán con la fecha del cambio oficial de hora.

### 6.2.2.2 Consumos > 450 kW (tarifa 6.1.A)

Península	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Marzo	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
Abril	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Mayo	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Junio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
Junio (2)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2
Julio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2
Agosto*	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
Septiembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
Octubre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Noviembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
Diciembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Enero	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Febrero	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
* Fines de semana y festivos nacionales																								

Tabla 6.2. Periodos eléctricos Tarifa 6.1A - Península (Fuente: elaboración propia a partir de Orden ITC 2794/2007).

<b>Baleares</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
<b>Marzo</b>	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
<b>Abril*</b>	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
<b>Mayo</b>	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
<b>Junio</b>	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
<b>Junio (2)</b>	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
<b>Julio</b>	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
<b>Agosto</b>	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
<b>Septiembre</b>	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
<b>Octubre</b>	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
<b>Noviembre</b>	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
<b>Diciembre</b>	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
<b>Enero</b>	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
<b>Febrero</b>	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4

\* Fines de semana y festivos nacionales

Tabla 6.3. Periodos eléctricos Tarifa 6.1A - Baleares (Fuente: elaboración propia a partir de Orden ITC 2794/2007).

Canarias	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Marzo	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Abril	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Mayo*	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6
Junio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Junio (2)	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5	P5
Julio	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
Agosto	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4
Septiembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Octubre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Noviembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Diciembre	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2	P2	P1	P1	P1	P2	P2	P2
Enero	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4
Febrero	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P6	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P4	P3	P3	P3	P3	P3	P3	P4	P4

\* Fines de semana y festivos nacionales

Tabla 6.4. Periodos eléctricos Tarifa 6.1A - Canarias (Fuente: elaboración propia a partir de Orden ITC 2794/2007).

### 6.2.3 Pagos por capacidad

Los pagos por capacidad están regulados para financiar el servicio de capacidad de potencia a medio y largo plazo ofrecido por las instalaciones de generación al sistema eléctrico. Este concepto se paga por cada kWh consumido.

El Real Decreto-Ley 9/2015 anunció una reducción de los “Pagos por Capacidad”. La reducción de los Pagos por Capacidad está fundamentada en la introducción el pasado 31 de diciembre de 2014 del mecanismo de resolución de restricciones por garantía de suministro. De tal forma que, para el 2015 y dado que hasta el momento no se había trasladado a los consumidores la reducción correspondiente (unos 250 millones de euros anuales), se aplica una reducción equivalente de la cuantía total anual en concepto de Pagos por Capacidad en los meses que restan del año, desde el 1 de agosto al 31 de diciembre (disposición transitoria única). Dicha reducción se materializó con la publicación de la Orden IET/2735/2015, de 17 de diciembre ([link](#)), en la que se rebajan los importes de los pagos por capacidad en un 53 % hasta quedar en las siguientes cuantías:

6.1A (1 kV a 30 kV)	0,006432	0,002969	0,001979	0,001484	0,001484	0,000000
---------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Figura 6.8 - Precio unitario para la financiación de los pagos por capacidad por periodos (Fuente: orden IET/2735/2015).



## 6.3 Estimación del coste de la energía eléctrica

En este apartado se detalla el método empleado para el cálculo de coste de la factura eléctrica de los puertos seleccionados para dotarlos de una instalación OPS: se ha aplicado la tarifa 6.1A por considerarse la más adecuada para las necesidades de suministro con el sistema OPS.

El esquema utilizado para deducir el coste de la energía eléctrica que consumiría OPS en un puerto - en cada uno de los casos analizados- se presenta mediante el siguiente ejemplo:

CONSUMO ELÉCTRICO			
Potencia media de suministro en puerto	1499	KW	
Consumo eléctrico anual en puerto	16.033.623	KWh	
COSTE ASOCIADO AL SUMINISTRO ELÉCTRICO			
PEAJE ACCESO - TÉRMINO POTENCIA	350.967,08	€/año	
PEAJE ACCESO - TÉRMINO ENERGÍA	97.342,20	€/año	
COSTE ENERGÍA - COMERCIALIZADORA	669.761,42	€/año	
	Mín	Máx	
MARGEN BENEFICIO - COMERCIALIZADORA	10%	15%	
SUBTOTAL	1.229.877,77	1.285.781,30	€/año
IMPUESTO SOBRE ELECTRICIDAD	5,11269632%	5,11269632%	
SUBTOTAL	1.292.757,68	1.351.519,40	€/año
IVA	21%	21%	
TOTAL ANUAL	1.564.236,80	1.635.338,47	€/año
TOTAL MENSUAL	130.353,07	136.278,21	€/mes

Figura 6.9 Tabla ejemplo del coste de la energía eléctrica en un puerto (Fuente: elaboración propia).

### Potencia de diseño

Primeramente, se estima la potencia de diseño.

Para ello, se ha calculado la media de la potencia demandada por los buques durante los periodos que están atracados utilizando la instalación de OPS. Esta estimación tiene en cuenta la simultaneidad de los atraques de tales buques en una misma instalación.

### Consumo eléctrico anual

El consumo eléctrico se obtiene de multiplicar las horas efectivas de cada buque en puerto por la potencia de diseño respectiva.

En cuanto al coste asociado al suministro de energía eléctrica, se hará distinción entre los siguientes los términos: peajes, adquisición de la energía, margen de la comercializadora e impuestos. A continuación, se detallan los procedimientos seguidos para su cálculo.

## Peaje de acceso: término de potencia

El término de potencia debe aplicarse teniendo en cuenta que la potencia de diseño es distinta para cada hora y mes del año pues en función de estas la tarifa 6.1A establece seis periodos distintos y determina hasta seis cuantías distintas tal y como se recoge en la siguiente tabla:

TÉRMINO DE POTENCIA				
Pcontratada		Periodo	Precio (€/KW)	Coste (€)
3000	KW	P1	39,139	117.418,28 €
3000	KW	P2	19,587	58.759,96 €
3000	KW	P3	14,334	43.002,53 €
3000	KW	P4	14,334	43.002,53 €
3000	KW	P5	14,334	43.002,53 €
7000	KW	P6	6,540	45.781,24 €
TOTAL (€/año término de potencia)				350.967,08 €

Figura 6.10. Cálculo de potencia total y para los distintos periodos de la tarifa 6.1A.

Para estimar la potencia contratada en cada periodo, se ha estudiado la distribución horaria de estancia de los buques considerados idóneos para recibir el suministro en el periodo entre 01/03/2015 y 29/02/2016.

Adicionalmente, para garantizar que la potencia contratada permite un suministro eficiente del sistema en el periodo de más demanda, se ha analizado la distribución horaria de solapes de buques a una determinada hora de cada mes.

Las tablas de las figuras 6.11 y 6.12 muestran un caso analizado en el que pueden verse el número de buques atracados en una hora determinada a lo largo de un mes concreto, así como los casos en los que se ha dado solape de dos, tres y cuatro buques en cada hora en todos los meses.

DISTRIBUCIÓN DE LOS ATRAQUES																									
* Distribución horaria de los atraques de los buques entre el 01/03/2015 y 29/02/2016. División de las horas en franjas de 15 min para el cálculo.																									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	TOTAL (h)
Marzo 2015	17	20	20	29	36	59	73	72	50	46	42	18	5	5	5	5	5	5	5	5	6	8	5		546,0
Abril 2015	31	32	33	33	62	87	88	64	59	59	32	9	9	9	9	9	9	9	9	9	14	7	19		710,0
Mayo 2015	29	29	29	29	57	97	107	79	74	75	42	12	11	11	11	11	11	11	11	11	17	5	24		804,0
Junio 2015	11	11	13	13	26	54	55	44	42	42	22	7	5	5	5	5	5	5	5	5	8	3	10		406,0
Junio (2) 2015	15	15	15	15	27	59	60	44	41	41	21	3	3	3	3	3	3	3	3	3	7	1	11		402,0
Julio 2015	32	32	32	32	64	117	117	85	81	81	37	4	4	4	4	4	4	4	4	4	12	1	26		789,0
Agosto 2015	49	49	49	49	81	138	137	103	99	98	53	24	24	24	24	24	24	24	24	24	25	34	24	48	1.252,0
Septiembre 2015	39	39	39	39	69	115	123	91	73	73	46	17	17	17	17	17	17	16	16	16	21	15	32		980,0
Octubre 2015	41	41	41	41	64	107	121	98	73	70	51	24	19	19	19	19	19	19	19	19	22	20	35		1.020,0
Noviembre 2015	71	74	75	75	75	101	142	147	116	97	96	77	50	50	50	50	50	50	49	49	49	49	54	49	1.745,0
Diciembre 2015	28	34	34	34	34	46	97	98	72	64	64	58	12	12	10	10	10	10	10	10	11	15	11		794,0
Enero 2016	32	37	37	37	37	41	103	109	79	75	76	52	12	12	12	12	12	12	12	12	12	16	14		865,0
Febrero 2016	18	22	21	21	21	37	88	91	72	64	64	43	5	5	5	5	5	5	5	5	5	8	8		628,0

Figura 6.11. Ejemplo de distribución horaria del nº de atraques ocupados por los seis buques seleccionados (Fuente: elaboración propia).

Distribución horaria de los atraques con solape de dos buques																								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
marzo 2015	1	1	1	1	1	3	16	14	5	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
abril 2015	0	0	0	0	4	28	29	9	5	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
mayo 2015	0	0	0	0	3	37	46	22	20	21	13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
junio 2015 (1)	0	0	0	0	2	24	25	14	14	14	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
junio 2015 (2)	0	0	0	0	3	29	30	15	15	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
julio 2015	0	0	0	0	4	56	56	28	28	28	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
agosto 2015	0	0	0	0	5	56	54	26	26	26	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0
septiembre 2015	0	0	0	0	5	49	55	26	25	25	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0
octubre 2015	1	1	1	1	4	38	52	32	22	24	12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
noviembre 2015	4	4	5	5	5	6	46	51	19	20	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
diciembre 2015	2	2	2	2	2	2	46	47	22	21	21	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0
enero 2016	0	0	0	0	0	0	45	51	26	22	22	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
febrero 2016	1	0	0	0	0	0	34	37	21	18	18	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2

Figura 6.12. Ejemplo de distribución horaria de solape de dos buques o más (Fuente: elaboración propia).

### Peaje de acceso: término de energía

Para hallar el término de energía se debe hacer uso de la tabla de distribución horaria nuevamente, ya que en la tarifa 6.1A discrimina el precio de la energía en función del periodo, al igual que ocurría con el término de potencia activa contratada.

La tabla de la Figura 6.13 muestra los precios por término de energía.

PRECIO - TÉRMINO ENERGÍA ACTIVA		
Precio P1	0,026674	€/KWh
Precio P2	0,019921	€/KWh
Precio P3	0,010615	€/KWh
Precio P4	0,005283	€/KWh
Precio P5	0,003411	€/KWh
Precio P6	0,002137	€/KWh

Figura 6.13. Término de energía por periodo de facturación (Fuente: elaboración propia).

Y, la tabla de la Figura 6.14 muestra la distribución a lo largo del año:

TARIFICACIÓN ELÉCTRICA - Tarifa 6.1A																								
* ACCESO A LA RED - Término de energía																								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Marzo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Abril	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mayo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Junio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Junio (2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Julio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Septiembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Octubre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Noviembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Diciembre	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
Enero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02
Febrero	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,02

Figura 6.14. Distribución de precios de energía según el periodo (Fuente: elaboración propia).

El cálculo del término de energía se realiza multiplicando los precios representados en la tabla de la Figura 6.13 anterior por la potencia contratada para los buques en atraque representados en la tabla de la Figura 6.11.

### Coste de energía facturado por la comercializadora de energía

Para la estimación del coste de la energía eléctrica adquirida se ha hecho un análisis de la evolución de los precios de energía eléctrica a lo largo del año: de los meses a lo largo del año y de las horas a lo largo del día. Se ha usado la base de datos de OMIE. En la Figura 6.15 se representa la evolución de los precios que se han aplicado para el cálculo.

Dichos precios han sido aplicados a la energía suministrada teniendo en cuenta el momento horario y mensual en que los buques están en atraque demandándola.

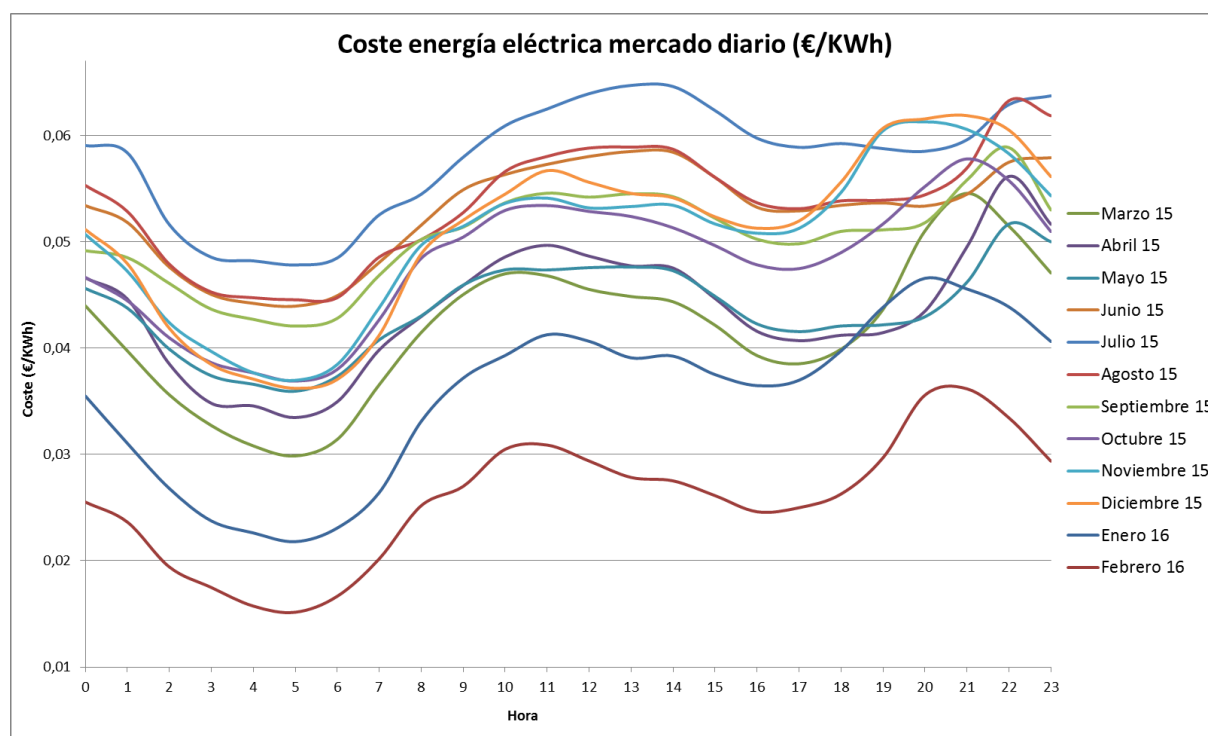


Figura 6.15. Evolución de los precios por hora para los meses del año (Fuente: elaboración propia).

### Beneficio de la comercializadora

El cálculo es complicado debido a que el cliente negocia con la comercializadora y el precio final depende fuertemente de la negociación llevada a cabo. De todas maneras, se establece que el margen de la comercializadora se encuentra entre 10 y el 15% del importe de la suma de los peajes de acceso y el coste de energía. Así, se han hecho dos cálculos paralelos sujetos a estos dos supuestos, estableciendo un coste mínimo y máximo.

### Impuestos

En este apartado se ha tenido en cuenta el impuesto especial sobre la electricidad que grava a todos los consumidores de electricidad por igual.

El impuesto del IVA también está contemplado en el cálculo. Cabe destacar que en caso de Las Islas Canarias se aplica un tipo reducido de IVA (I.G.I.C.) de solamente el 7%. En los puertos que se aplica este impuesto reducido se observa mejores resultados para los “business case” y un precio por kWh más competitivo que en los casos estudiados en la Península.



## 7 Estudio de la demanda potencial

## 7.1 Determinación de los puertos objetivo

El primer paso en la metodología expuesta en la sección 4 del presente estudio consiste en hacer un filtrado inicial de los puertos/autoridades portuarias para elaborar una “lista corta” que incluya los puertos más favorables a ejecutar una instalación de estas características. Esto permitirá hacer un estudio en detalle de la implementación en cada uno de ellos.

Para hacer el mencionado filtrado, se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- El interés ya manifestado por implementar nuevas tecnologías que hagan la actividad portuaria más sostenible por parte de las Autoridades Portuarias.
- Planes de construcción de nuevos muelles.
- Compromiso del puerto con la ejecución del presente estudio, que asegure una cooperación constructiva en las fases posteriores de desarrollo.
- Relevancia del puerto como agente de primer nivel que genera un importante valor añadido a través de sus actividades económicas y empresariales para la región en la que se ubica y que derivan en un impacto directo tanto sobre la población circundante como a nivel internacional.
- Impacto indirecto generado por las actividades logísticas en su zona de influencia.
- Existencia de una ruta certificada como *Motorway of the Sea* por la Unión Europea para la cual ya existan planes específicos de descarbonización.

Aplicando estos parámetros, se obtuvo un listado inicial de puertos:

- AP de Baleares: ha mostrado gran interés en la ejecución del presente estudio, y ha hecho estudios para la implementación de sistemas OPS.
- AP de Barcelona: ha mostrado gran interés en la ejecución del presente estudio, además de tratarse de un puerto estratégico a nivel estatal con un posicionamiento importante en temas relacionados con la sostenibilidad de las operaciones portuarias, y ha hecho estudios para la implementación de sistemas OPS.
- AP de Valencia: se trata, al igual que Barcelona, de un puerto estratégico a nivel estatal y con un claro posicionamiento hacia las políticas de explotación sostenible.
- AP de Cartagena: se trata de un puerto con avances realizados en este tipo de implementaciones que ha mostrado interés por participar en el presente estudio.
- AP de Vigo: se trata de un puerto con un claro posicionamiento en favor de las políticas medioambientalmente sostenibles que posee una ruta certificada como *Motorway of the Seas* por la Unión Europea, para la que disponen de planes de descarbonización a corto plazo.

Con las restantes Autoridades Portuarias seleccionadas se llevó a cabo un análisis ponderando según los siguientes cinco criterios y resultando el cuadro de la Tabla 7.1 presentada a continuación:

- Volumen de tráfico global en el puerto.
- La existencia de estudios previos relacionados.
- Tipo de buques y frecuencia de atraque: preferentemente puertos con rutas estables y atraques recurrentes de buques del mismo tipo.
- Características constructivas y geográficas del puerto: teniendo en cuenta la idoneidad de la orografía del terreno para una eventual implementación, la existencia o no de espacio portuario disponible y la cercanía con zonas residenciales.
- Presión social a la que está sometido.



Autoridad Portuaria	Volumen tráfico	Estudios previos	Tipo barcos y frecuencia	Características geográficas	Presión social	TOTAL
S.C. Tenerife	2	2	2	1	2	9
Las Palmas G.C.	0	2	2	1	2	7
Gijón	1	1	1	2	0	5
Bilbao	1	1	2	1	0	5
Pasajes	1	2	2	0	0	5
Huelva	2	0	1	1	2	6
Tarragona	0	2	0	0	2	3
Algeciras	2	0	1	0	0	3
Ceuta	1	0	2	2	0	5
Málaga	1	0	2	1	1	5

Tabla 7.1. Ponderación del potencial de inclusión de los puertos en el estudio (Fuente: elaboración propia).

De esta forma, el listado final de Autoridades Portuarias objetivo es el siguiente:

Autoridad Portuaria	
1	Autoridad Portuaria de Baleares
2	Autoridad Portuaria de Barcelona
3	Autoridad Portuaria de Valencia
4	Autoridad Portuaria de Cartagena
5	Autoridad Portuaria de Vigo
6	Autoridad Portuaria de S.C. Tenerife
7	Autoridad Portuaria de Las Palmas G.C.
8	Autoridad Portuaria de Pasaia
9	Autoridad Portuaria de Huelva
10	Autoridad Portuaria de Ceuta
11	Autoridad Portuaria de Málaga
12	Autoridad Portuaria de Gijón
13	Autoridad Portuaria de Bilbao

Tabla 7.2. Listado de Autoridades Portuarias a estudiar (Fuente: elaboración propia).

## 7.2 Determinación de los muelles objetivo

Para identificar la flota que mejor se adapta para la implementación del suministro eléctrico en cada uno de los puertos anteriormente seleccionados, se ha hecho un estudio exhaustivo de los datos de atraques de buques en un año<sup>10</sup>.

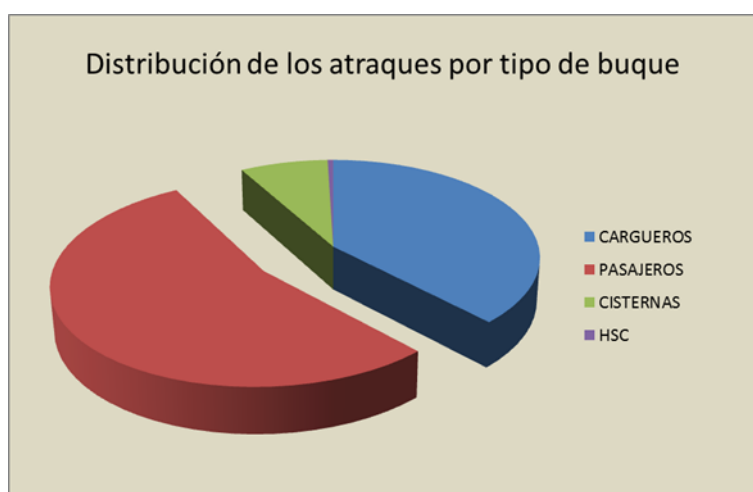
Dicho estudio incluye el análisis de las estadías en función del tipo de flota: número de estancias, su duración, duración media y su variación.

A continuación, se expondrá la metodología de análisis utilizada para un puerto ejemplo (Barcelona) y las conclusiones obtenidas. Para consulta del caso de un puerto particular véase el Business Case individual correspondiente en los anexos del presente documento.

### 7.2.1 Selección a nivel de flotas

En primer lugar, se ha obtenido el número de escalas y el tiempo total que están en puerto los barcos.

*Tabla 7.3. Clasificación de los atraques (Fuente: elaboración propia).*



*Figura 7.1. Distribución de las escalas por tipo de buque (Fuente: elaboración propia).*

Este **primer análisis** permite una primera caracterización de la flota que hace escala en el puerto en cuestión, identificando el tipo de flota predominante.

En **segundo lugar**, se han calculado los parámetros estadísticos de la distribución de la duración de la escala según flota que hacen escala durante un año (01/03/2015 y el 30/03/2016): media y desviación típica.

Véase a continuación el caso de la flota de cargueros y la de pasajeros en el Puerto de Barcelona a modo de ejemplo:

---

<sup>10</sup> Concretamente se han estudiado todos los atraques de cada puerto entre el 01/03/2015 y el 30/03/2016. No se tiene en cuenta en el estudio la flota pesquera.

Flota	Nº de escalas	Estadía (horas)	
		Media	Desviación típica
Cargueros	5.132	17,40	4,44
Pasajeros	5.544	6,33	2,58

Este análisis es relevante pues indica qué tipo de buques tiene una duración mayor en atraque.

El **tercer análisis** permite identificar en qué horas del día hay más buques atracados en función igualmente del tipo de buque. Se trata de un análisis importante, puesto que la hora a la que se efectúan los atraques condiciona en gran medida el coste eléctrico si los buques se conectaran a la red eléctrica.

Adicionalmente, es de esperar que, si los atraques se concentran durante la noche, la presión social que ejerza la población circundante sea mayor, por el ruido que provocan los motores funcionando.

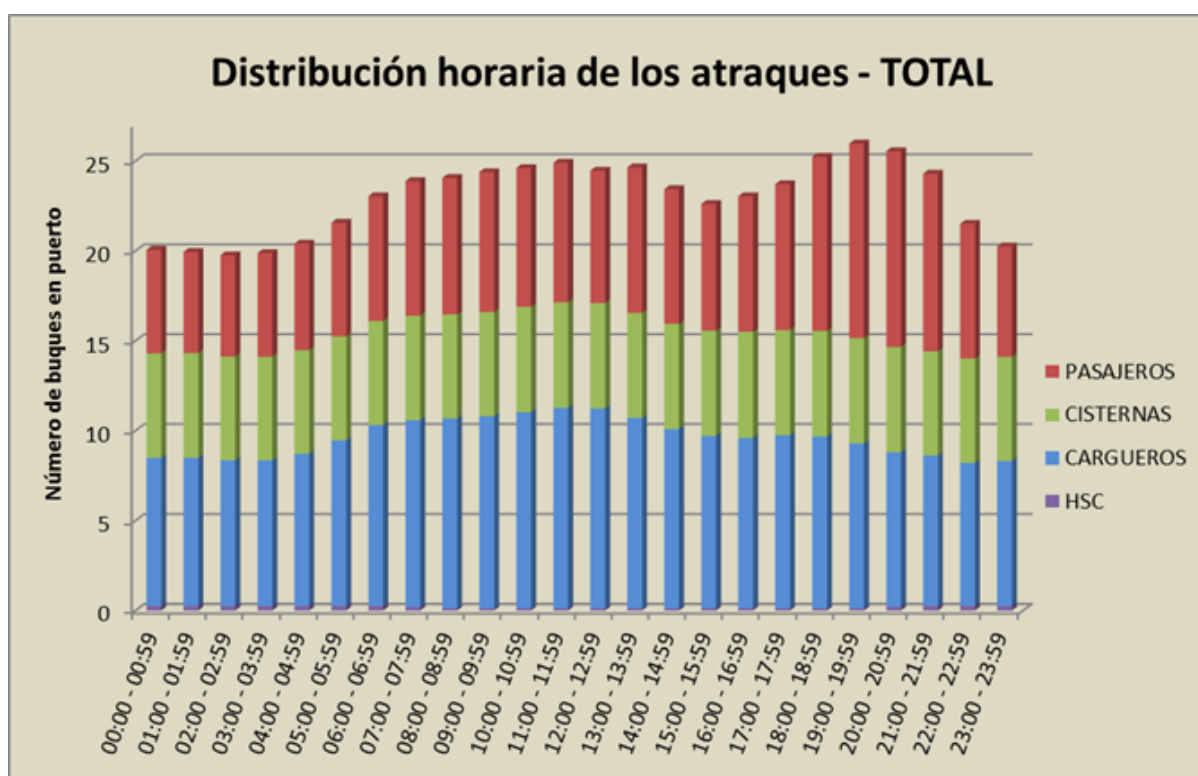


Figura 7.2. Número de buques atracados en puerto a lo largo del día, en términos medios en un año, según flota usuaria (Fuente: elaboración propia).

Para asignar una potencia a cada una de las flotas seleccionadas han utilizado valores disponibles en bibliografía relacionada, concretamente los mostrados en la siguiente tabla:

Tipo de buque	Average Power Demand (kW)	Peak Power Demand (kW)	Peak Power demand fo 95% of the vessels (kW)
Container vessels (<140 m)	170	1.000	800
Container vessels (>140 m)	1.200	8.000	5.000
Container vessels (total)	800	8.000	4.000
RO-RO and vehicle vessels	1.500	2.000	1.800
Oil and product tankers	1.400	2.700	2.500
Cruise ships (<200 m)	4.100	7.300	6.700
Cruise ships (>200 m)	7.500	11.000	9.500
Cruise ships (total)	5.800	11.000	7.300

Tabla 7.4. Demanda teórica por tipo de buque (Fuente: Ericsson, Patrik: Fazlagic, Ismir; SHORE-SIDE POWER SUPPLY. A feasibility study and a technical solution for an on-shore electrical infrastructure to supply vessels with electric power while in port; Department of Energy and Environment, Division of electric power engineering, Masters program in Electric Power Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2008, pp53).

A partir de la información de la estadías según flota de la Figura 7.2 y de su potencia asignada según la Figura 7.4, se ha elaborado una potencia suma potencialmente demandada por cada flota:

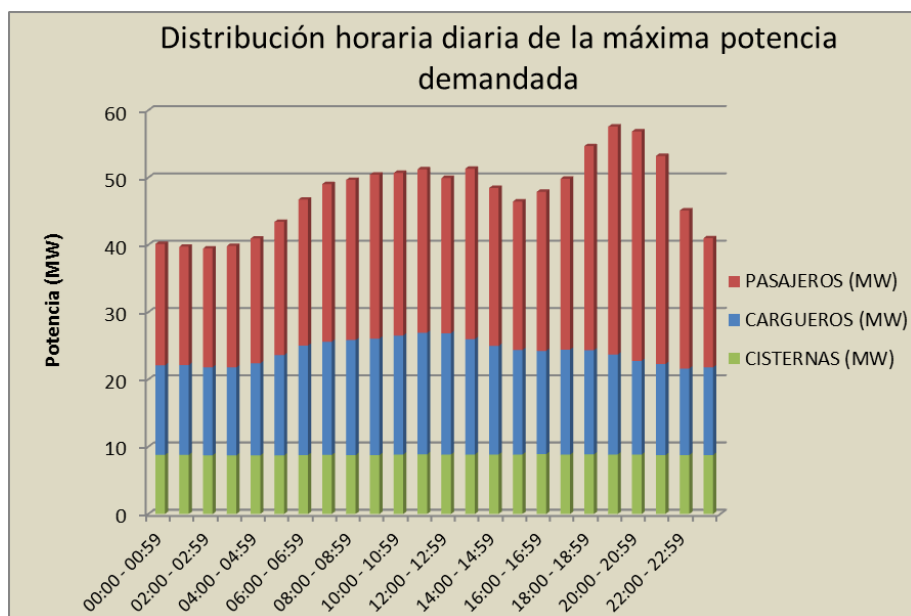


Figura 7.3. Potencia eléctrica demandada durante el día según flota (Fuente: elaboración propia).

En este caso mostrado a modo de ejemplo, los buques de pasajeros se afianzan como los buques con más potencial de demanda eléctrica, seguidos por los buques de carga, mientras que los buques cisterna no constituyen a priori una tipología de buque apropiada para el suministro. Los del tipo HSC ya se han descartado llegados a este punto debido a que constituyen un tipo de flota residual en puerto.

## 7.2.2 Selección a nivel de buques

En esta etapa es necesario profundizar el análisis a nivel de buque; ello permitirá a la Autoridad Portuaria tomar una decisión sobre qué muelles consideran más adecuados para la posible dotación de un sistema OPS.

Para ello, se han ordenado los buques en función del número de estancias en puerto -en orden decreciente- a partir de 28 estancias al año, obteniendo el resultado de la Tabla 7.5.

Buque	No. Estancias	Tipo de buque	Duración total (h)	Duración media (h)	Desviación típica	Filtro SI/NO
PUNTA EUROPA SEGUNDO	1376	Pasajeros	1.491,77	1,08	-	NO
YELLOW RIVER	390	Carguero	337,33	0,86	-	NO
TENACIA	288	Pasajeros	1.980,93	6,88	4,96	SI
NAPOLIS	275	Pasajeros	1.598,23	5,81	6,64	SI
MARTIN I SOLER	272	Pasajeros	1.754,47	6,45	9,09	SI
ABEL MATUTES	227	DESCARTADO				
SNAB ADRIATICO	207	Pasajeros	1.529,50	7,39	21,83	SI
JUAN J. SISTER	179	Pasajeros	1.483,00	8,28	31,98	SI
CRUISE BARCELONA	162	Pasajeros	906,80	5,60	-	NO
CRUISE ROMA	158	Pasajeros	2.136,08	13,52	14,54	SI
EXCELSIOR	151	Pasajeros	1.113,62	7,37	21,75	SI
FLORENCIA	124	Pasajeros	1.006,73	8,12	8,23	SI
EUROCARGO CAGLIARI	113	Carguero	657,18	5,82	-	NO
IKARUS PALACE	102	Pasajeros	557,53	5,47	-	NO
EUROCARGO GENOVA	99	Carguero	560,53	5,66	-	NO
EUROCARGO PALERMO	97	Carguero	534,75	5,51	-	NO
EUROCARGO RAVENNA	89	Carguero	470,88	5,29	-	NO
ZURBARAN	69	Pasajeros	520,37	7,54	-	NO
WISEMAR ONE	65	Pasajeros	423,90	6,52	-	NO
JAUME I	60	HSC	744,97	12,42	-	NO
COSTA DIADEMA	57	Pasajeros	652,33	11,44	-	NO
RED SPIRIT	51	Carguero	357,43	7,01	-	NO
MSC DIVINA	49	Pasajeros	233,50	4,77	-	NO
HELENA SCHEPERS	48	Carguero	467,27	9,73	-	NO
ANDROS	48	DESCARTADO				
NEUBURG	46	Carguero	454,65	9,88	-	NO
BAHAMA MAMA	46	Pasajeros	312,25	6,79	-	NO
PUGLIA	45	Pasajeros	394,18	8,76	-	NO
COSTA FASCINOSA	43	Pasajeros	314,87	7,32	-	NO
NORWEGIAN EPIC	40	Pasajeros	603,00	15,07	-	NO
MAJESTIC	40	Pasajeros	201,00	5,03	-	NO
MSC FANTASIA	40	Pasajeros	395,65	9,89	-	NO
IOS I	39	DESCARTADO				
HEINRICH SCHEPERS	39	Carguero	568,03	14,56	-	NO
WEC MAJORELLE	37	Carguero	262,20	7,09	-	NO
FANTASTIC	36	Pasajeros	158,57	4,40	-	NO
SOVEREIGN	34	Pasajeros	366,48	10,78	-	NO
FOULK	33	Carguero	436,78	13,24	-	NO
BOUZAS (0)	33	Carguero	324,80	9,84	-	NO
ANGON	32	Carguero	77,78	2,43	-	NO
COSTA FAVOLOSA	31	Pasajeros	134,22	4,33	-	NO
MSC PREZIOSA	30	Pasajeros	167,50	5,58	-	NO
BEATRIZ B	30	Carguero	795,13	26,50	-	NO
BARBARA P	29	Carguero	1.628,15	56,14	13,34	SI
VERONICA B	28	Carguero	741,40	26,48	-	NO
RENATE P	28	Carguero	1.650,75	58,96	6,13	SI
STAR COMET	28	Carguero	250,07	8,93	-	NO
TOTAL BUQUES QUE PASAN EL FILTRO						10

Tabla 7.5. Estancias de buques en puerto (Fuente: elaboración propia)<sup>11</sup>.

<sup>11</sup> NOTA: En este caso se han descartado los buques IOS y ANDROS porque son gabarras, y el Abel Matutes de Balearia porque recientemente ha sido instalado en el mismo un sistema para la generación a bordo a partir de Gas Natural Licuado durante su estancia en puerto.

En la Tabla 7.5 se ha aplicado un filtro a los buques incluidos en función de tres parámetros fundamentales:

- Número mínimo de atraques por año: con objeto de considerar rutas estables, se descartan los buques por debajo de 28 estancias anuales.
- Estancia media mínima (h): no resulta operativo llevar a cabo el suministro a buques que, aunque atraquen muy habitualmente en puerto, tengan una media de estancia muy baja (en este caso se ha considerado un valor mínimo de 3 h), debido a que hay que tener en cuenta que la operativa de conexión / desconexión puede alargarse durante aproximadamente 30 minutos en total.
- Estancia total mínima anual (horas totales anuales): en línea con el valor de filtrado anterior, es necesario considerar un mínimo de número de horas anuales en puerto para que el sistema resulte viable (en este caso concreto, 1.000 horas/año).

Los resultados obtenidos tras la aplicación del filtro se pueden ver en la columna 6 de la Tabla 7.5. En este caso concreto, 10 buques superan los valores mínimos exigidos. La Figura 7.2 representa los datos de duración y número de atraques anteriormente expuestos.

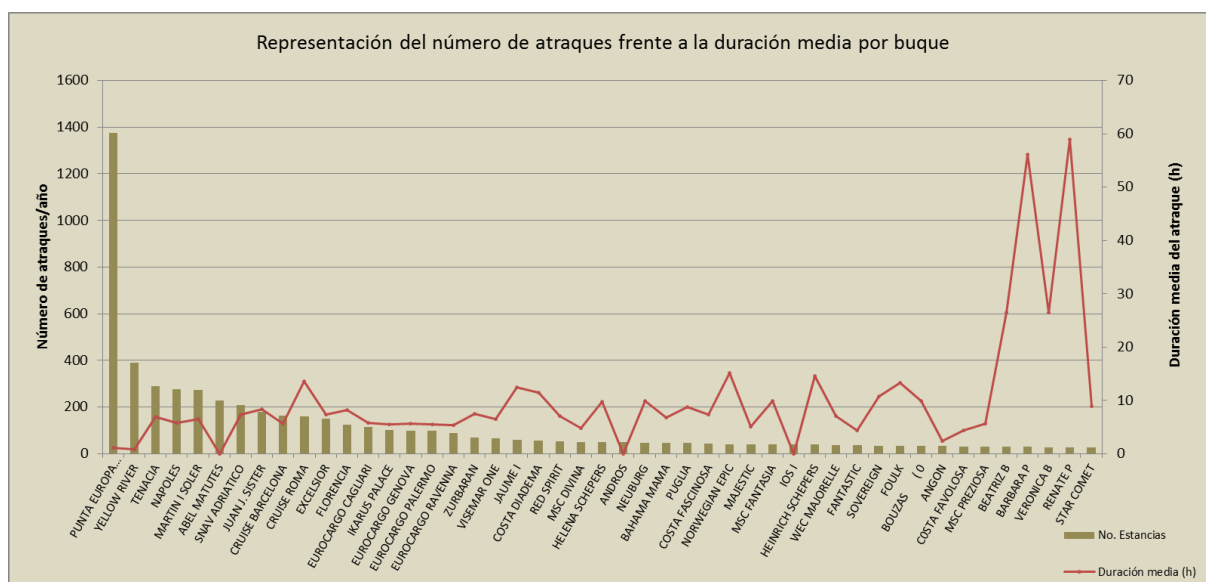


Figura 7.2. Estancias de buques en puerto: número de estancias y duración media

(Fuente: elaboración propia)



### 7.2.3 Estimación de la demanda eléctrica de buques seleccionados

Finalmente, para los buques anteriormente seleccionados, se estima su demanda de energía eléctrica potencial durante su atraque en puerto.

En primer lugar, para el cálculo preliminar de potencial de consumo se ha recurrido a datos bibliográficos (véase Tabla 7.6), que han permitido establecer un consumo teórico en puerto en función del tipo de buque y su arqueo bruto (GT).

Concretamente, la metodología de cálculo del potencial de consumo eléctrico -que precisan los motores auxiliares- ha utilizado las siguientes informaciones:

- Cálculo de la potencia de los motores principales instalada en función del tipo de buque y su arqueo bruto (GT), de acuerdo a la Tabla 7.6, y posterior cálculo de la potencia auxiliar instalada a partir de los datos expuestos en la misma tabla:

TIPO DE BUQUE	POTENCIA INSTALADA EN LOS MOTORES PRINCIPALES	POTENCIA MOTORES AUXILIARES s/ POTENCIA MOTORES AUXILIARES
Buques carga líquida	$14.755 \cdot GT^{0.6082}$	0.30
Buques carga sólida	$35.912 \cdot GT^{0.5276}$	0.30
Portacontenedores	$2.9165 \cdot GT^{0.8719}$	0.25
Carga general	$5.5648 \cdot GT^{0.7425}$	0.23
RO-RO	$164.578 \cdot GT^{0.4350}$	0.24
Pasajeros	$9.55078 \cdot GT^{0.7570}$	0.16

Tabla 7.6. Cálculo potencia auxiliar instalada (Fuente: Trozzi, Carlo, 2010).

- Cálculo de la potencia demandada en puerto, en función de la potencia auxiliar instalada, utilizando los ratios expuestos en la siguiente tabla:

TIPO DE BUQUE	RATIO POT. AUX. / POT. EN PUERTO
Portacontenedores	0.17
RO-RO	0.30
Carga general	0.67
Pasajeros	0.64

Tabla 7.7. Ratio potencia auxiliar instalada - demanda en puerto (Fuente: Ericsson, Patrik: Fazlagic, Ismir, 2008).

- Para el caso concreto de portacontenedores, se disponía de datos previos que han permitido establecer una correlación de cálculo propia (correlación entre los KW instalados en el motor auxiliar y los GTs del buque):

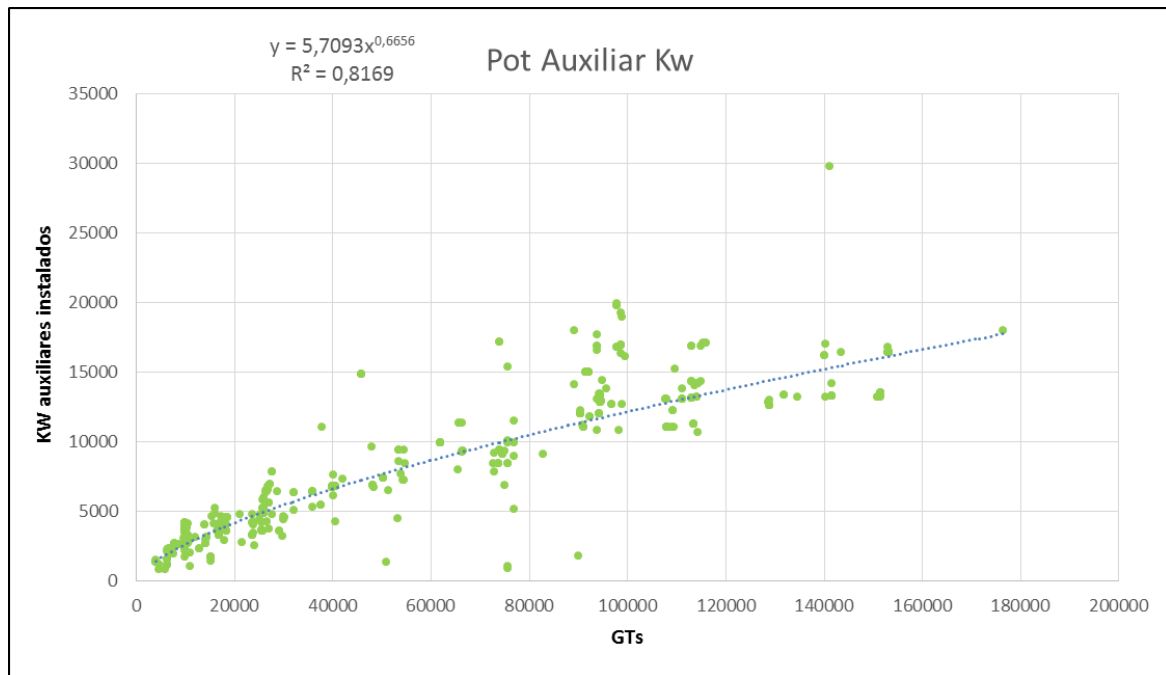


Figura 7.3. Correlación potencia motores auxiliares - GTs (Fuente: elaboración propia).

El análisis anterior permite hacer una estimación inicial de la demanda eléctrica de los buques seleccionados en el buen entendido que, en una etapa posterior, un estudio detallado será necesario para la realización de cada proyecto.

## 7.2.4 Identificación de atraques donde suministrar a los buques seleccionados

A continuación, en la Figura 7.4 se puede observar el caso concreto del Puerto de Barcelona: la localización de los atraques para los 10 buques que han sido seleccionados.



Figura 7.4. Distribución atraques Puerto de Barcelona (Fuente: elaboración propia).

Se han localizado dos potenciales puntos de implementación en este caso concreto, mostrados en detalle en las siguientes dos figuras:

- **PUNTO NORTE:** atraque de los buques *Tenacia*, *Juan J. Sister* y *SNAV Adriático*.
  - Se calcula un consumo teórico máximo para este punto hipotético de conexión de 5,12 GWh para un periodo de 13 meses.
  - Se trata de RO-PAX que operan la ruta Barcelona – Baleares.
- **PUNTO SUR:** atraque de los buques *Cruise Roma*, *Excelsior* y *Florenxia*.
  - Se calcula un consumo teórico máximo para este punto hipotético de conexión de 13,51 GWh para un periodo de 13 meses.
  - Se trata de RO-PAX de gran tamaño, prácticamente pequeños cruceros que operan varias rutas Barcelona – Italia.

En función de la distribución geográfica de los atraques y los datos preliminares de potencial de demanda eléctrica, se ha redefinido la Tabla 7.5 con los buques finalmente seleccionados.

En la Figura 7.5 y Figura 7.6 se muestra el detalle de los dos puntos de conexión potenciales en Barcelona.

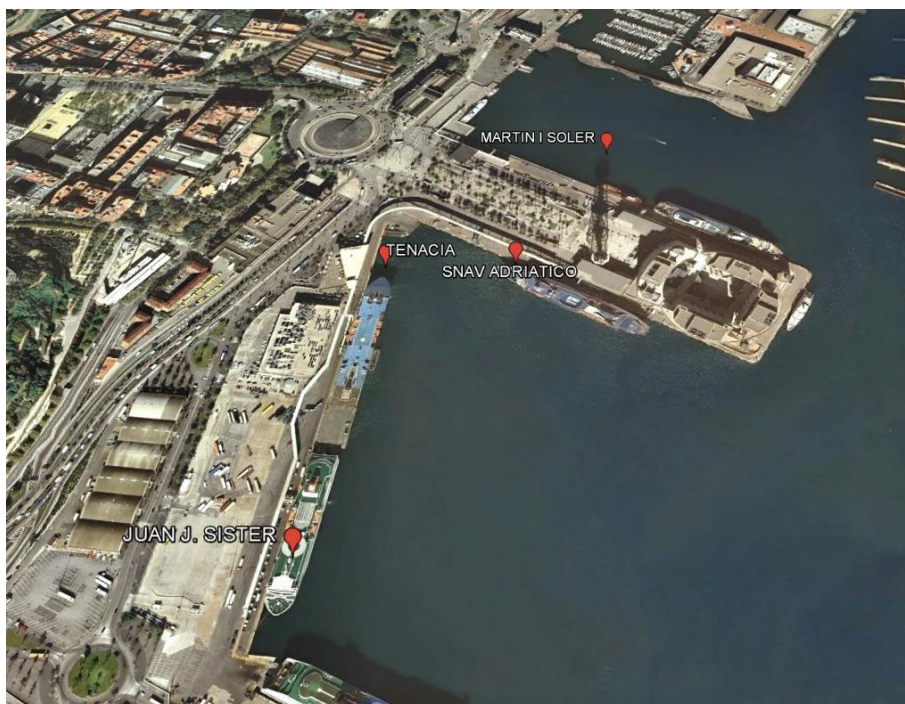


Figura 7.5. Detalle localización atraques PUNTO NORTE Puerto de Barcelona (Fuente: elaboración propia).

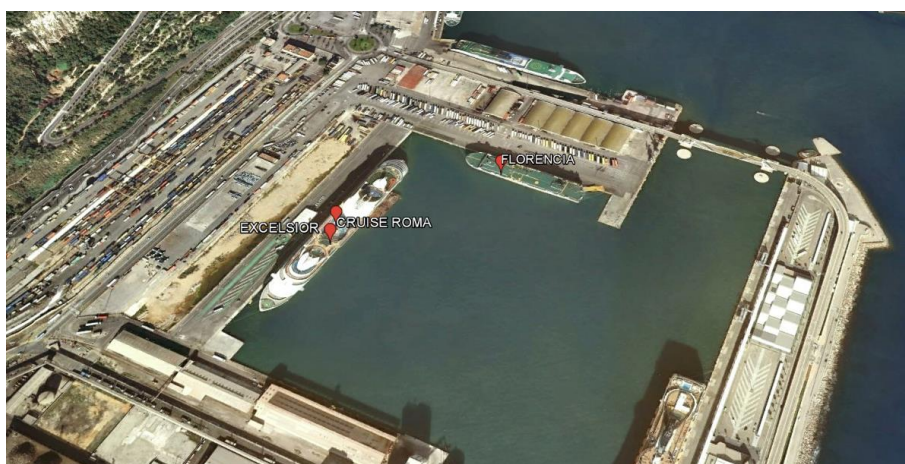





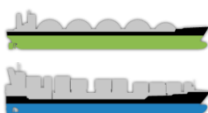




Figura 7.6. Detalle distribución atraques PUNTO SUR Puerto de Barcelona (Fuente: elaboración propia).

Este análisis ha permitido localizar los puntos de conexión con mayor potencial para implantar OPS en los 13 puertos estudiados en detalle<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Para consulta del análisis realizado en el resto de puertos véase el Anexo correspondiente al Business Case del puerto de que se trate.



## 7.3 Definición previa de puntos de conexión y flota objetivo

Autoridad Portuaria		Tipo de buques		Buques identificados		Demanda potencial
1	Baleares		RO-PAX / Cruceros pequeños	Nissos_Chios Tenacia Zurbarán Island Escape SNAV Adriático	1 Punto	7,85 GWh 4,50 GWh
2	Barcelona		RO-PAX / Cruceros pequeños	Tenacia Juan J. Sister SNAV Adriático Cruise Roma Excelsior Florenzia	2 Puntos	5,12 GWh 13,51 GWh
3	Valencia		RO-PAX	Zurbarán Scandola Almudaina Dos Sicilia Visemar One	1 Punto	3,83 GWh 0,80 GWh 2,16 GWh
4	Cartagena		Tanquero Carga general	Stolt Kingfisher Tinerfe Castillo de Trujillo Barhom II SVEN Princesa Guasimara Sirios Cement II	2 Puntos	1,92 GWh 0,51 GWh 0,85 GWh
5	Vigo		RO-RO	L'Audace La Surprise	1 Punto	1,76 GWh
6	S.C. Tenerife Puerto Tenerife	 	High Speed Craft RO-PAX	Benchijigua Express Bencomo Express Bentago Express Bocayna Express Bonanza Express	3 Puntos	4,10 GWh
	S.C. Tenerife Puerto S.S. de la Gomera			Volcán de Timanfaya Volcán del Teide Volcán del Tauce Volcán de Taburiente	2 Puntos	0,70 GWh
	S.C. Tenerife Puerto S.C. de Palma			Volcán de Tijarafe Volcán de Tamadaba Volcán de Tamasite	2 Puntos	1,53 GWh
7	Las Palmas G.C.		High Speed Craft	Bencomo Express Bentago Express Bonanza Express	1 Punto	0,31 GWh








8	Pasaia		RO-RO	Autostar / Autosun Autopride / Autosky	1 Punto	N/A
9	Huelva		Tanquero	Hitra / Dattilo M Vulcano M Castillo de Trujillo Costanza M Syn Turais Stolt Kingfisher Ginostra M LS Christine Sten Fjord	2 Puntos	4,04 GWh 3,76 GWh 3,76 GWh
			RO-PAX	Volcán del Teide	1 Punto	1,04 GWh
10	Ceuta		HSC / RO-PAX	Passio per Formentera Jaume II	1 Punto	1.97 GWh
11	Málaga		RO-PAX	Fortuny Sorolla	1 Punto	3,11 GWh
12	Gijón		Carga general	Cementos Cantábrico Encofrador Magnus F WEC Velázquez Castillo de Trujillo	2 Puntos	2,59 GWh 1,85 GWh
13	Bilbao		Portacontenedores	Philipp Corsar Endeavor Magnus F Flitercape Ensemble Encounter Ice Crystal Daniela B Enforcer	3 Puntos	Total: 4,13 GWh

Tabla 7.8. Tabla resumen flota objetivo identificada (Fuente: elaboración propia).

Los resultados mostrados en la tabla anterior representan un total de 26 puntos de conexión.

Estos resultados se han obtenido “en gabinete” aplicando la metodología y los criterios antes expuestos. Posteriormente, en contacto directo con los responsables de las Autoridades Portuarias con involucradas, se han tenido en cuenta los siguientes criterios adicionales:

- Estudios previos existentes.
- Preferencias de la Autoridad Portuaria o de los concesionarios de terminales concernidos.
- Criterio de la(s) naviera(s) involucrada(s) respecto a una posible implementación como las planteadas.
- Complejidad de la implementación en algunos casos particulares, debido por ejemplo a que el punto de contacto de la acometida está muy lejos del muelle, a que la configuración del muelle hace complicada una implementación de este estilo, a que no ha suficiente potencia disponible cerca del punto de conexión, etc.
- Dificultades operativas en los muelles ante un eventual suministro.

Finalmente, como resultado de las discusiones con los responsables de las Autoridades Portuarias se han elaborado en detalle los casos que se presentan en el capítulo siguiente de actuaciones propuestas.





8 Actuaciones propuestas

La infraestructura para suministrar OPS en los puertos constituye el objetivo del Plan objeto de este estudio. Para tal, a continuación se exponen los principales resultados de implementación del suministro eléctrico a buques puerto a puerto según un conjunto de los 11 puertos que hayan sido priorizados, como resultado del análisis de sus “business case” respectivo.

## 8.1 Palma de Mallorca<sup>13</sup>

El estudio del tráfico de buques en el Puerto de Palma se ha centrado en el suministro de energía eléctrica buques a RO-PAX y cruceros de pequeño tamaño, es decir, deno más de aproximadamente 1.000 pasajeros; para ello se ha tomando como base un estudio previo de la Autoridad Portuaria de Baleares en el que se propone la siguiente infraestructura:

- Muelle de Paraires: dos puntos de conexión en baja tensión (400 V) con una potencia máxima de 0,750 MVA, suficiente para suministrar a los buques previstos.
- Ampliación Muelle de Poniente: un punto de conexión en alta tensión (6,6 kV) con una potencia máxima de 3,125 MVA, suficiente para suministrar a los buques previstos.
- Muelle de Poniente Sur: un punto de conexión en alta tensión (6,6 kV) con una potencia disponible de 3,125 MVA, suficiente para suministrar a los buques previstos.

En todo caso será necesaria la construcción de una nueva subestación y un centro de transformación adicional, dado que la red de suministro en media tensión en puerto no dispone de potencia suficiente para suministrar a los buques previstos.

El sistema de manejo de cables propuesto consiste en una grúa fija en muelle en cada uno de los cuatro puntos de conexión, dimensionada para alta o baja tensión según sea el caso y constituida por una columna fija, un brazo articulado con capacidad de giro de 120º y una longitud de 3m, un sistema dispensador de cable, sistema de control, parada de emergencia y demás equipos auxiliares.

El cuadro siguiente muestra resumidamente el ‘business case’ elaborado para este Puerto e incluye:

- Información general de los muelles, nº de conexiones, buques a adaptar que atracan en los respectivos muelles, costes de inversión (dotación de OPS y de adaptación a bordo)
- Diferencia entre los principales costes financieros en ambas situaciones con conexión a la red general OPS y manteniendo el suministro con FUEL.
- Costes externos por contaminación por emisiones a la atmósfera y ruido.

---

<sup>13</sup> Véase ANEXO 3 – BUSINESS CASE Puerto de Palma para detalle.

CONCLUSIONES									
INFORMACIÓN	Muelles a instalar OPS	Muelle de Paraires		Muelle de Poniente Sur		Ampliación Muelle de Poniente		Totales	
	Números de conexión por muelle	2		1		1		4	Pt.
	Potencia máxima	8,8						8,8	MVA
	Coste dotación OPS	6.663.839						6.663.839	€
	Buques a adaptar	Visemar One	Island Escape	Tenacia	Zurbaran	SNAV Adriático	Nissos Chios	6	Buque
	Naviera	SOPARFIN	Intercruises	MSC	Acciona	SNAV	HELLENIC		
	Coste adaptación buques	337.933	337.933	337.933	337.933	337.933	136.433	1.826.098	€
	Número total de horas en puerto	2.449	609	2.345	1.920	924	2.449	10.697	Horas
	Suministro	4,5	0,9	3,5	4,5	1,1	1,5	16,0	GWh

COSTES		OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL	
	Amortización e intereses OPS <i>(10 años con una tasa de interés del 6%)</i>	585.978	-		€/año
	Amortización e intereses conexiones a bordo <i>(10 años con una tasa de interés del 6%)</i>	160.576	-		€/año
	Consumo de energía	1.595.677	1.553.506		€/año
	Tasas T1 & Desgastes motores	375.000	957.491		€/año
	Total financiero	2.717.231	2.510.997	206.234	€/año
		OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL	
	Coste Emisiones	156.817	1.009.737		€/año
	Coste Ruido	-14.100	-		€/año
Total Financiero - económico	2.859.948	3.520.734	-660.785	€/año	

Tabla 8.1. Cuadro resumen AP Baleares (Fuente: elaboración propia).

## 8.2 Barcelona<sup>14</sup>

En el caso del Puerto de Barcelona, dado el volumen de tráfico que opera en él, se ha hecho un estudio del tráfico más en profundidad, de forma conjunta con la Autoridad Portuaria, debido a que en este Puerto las posibilidades de implementación son múltiples: RO-PAX, cruceros y portacontenedores, son las flotas adecuadas para una instalación OPS.

Finalmente, se ha decidido llevar a cabo el estudio en profundidad para el caso de los ferries que atracan en el Moll Sant Bertran (Muelle F2 con dos terminales: 19A y 19B). Más aún, debido a que es importante tener en cuenta que el número de escalas de cada buque está condicionado a las necesidades de cada compañía y a su disponibilidad de flota, el estudio se ha centrado en dos rutas, y no en buques concretos. Las rutas dos consideradas son:

- Barcelona – Palma, y
- Barcelona – Mahón.

Se han tomado como base para el cálculo los buques Tenacia y SNAV Adriático (operados por Acciona Trasmediterránea) que actualmente operan estas dos rutas, puesto que serán siempre operadas por buques de similares características.

De esta forma, se han ubicado tres tomas de conexión (concretamente tres cajas de conexión) en las terminales 19A y 19B del Moll de Sant Bertrán, con conexión a 6,6 kV, frecuencia de 50/60 Hz y una potencia máxima disponible de 3 MVA, suficiente para suministrar a buques con las características consideradas.

El sistema de gestión de cables se ubicaría en este caso a bordo de los buques debido a la dificultad de emplazarlos en el muelle por la logística de carga y descarga de pasajeros y carga rodada.

El cuadro siguiente muestra resumidamente el ‘business case’ elaborado para este Puerto e incluye:

- Información general de los muelles, nº de conexiones, buque a adaptar que atracan en los respectivos muelles, costes de inversión (dotación de OPS y de adaptación a bordo)
- Relación de principales costes financieros en ambas situaciones con conexión a la red general OPS y manteniendo el suministro con FUEL.
- Costes externos por contaminación por emisiones a la atmósfera y ruido.

---

<sup>14</sup> Véase ANEXO 4 – BUSINESS CASE Puerto de Barcelona para detalle.

CONCLUSIONES				
INFORMACIÓN	Muelles a instalar OPS	Moll Sant Bertran		Totales
	Números de conexión por muelle	3		3 Pt.
	Potencia máxima	3,0		3,0 MVA
	Coste dotación OPS	2.555.037		2.555.037 €
	Buques a adaptar	Tenacia	SNAV Adriático	2 Buques
	Naviera	Acciona Trasmediterránea	Acciona Trasmediterránea	
	Coste adaptación buques	385268	385268	770.536 €
	Número total de horas en puerto	1.432	1.181	2.614 Horas
	Suministro	1,6	1,3	2,9 GWh
		OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL
COSTES	Amortización e intereses OPS (10 años con una tasa de interés del 6%)	224.675	-	€ /año
	Amortización e intereses conexiones a bordo (10 años con una tasa de interés del 6%)	67.756	-	€ /año
	Consumo de energía	469.494	269.904	€ /año
	Tasas T1 & Desgastes motores	280.000	585.092	€ /año
	Total financiero	1.041.925	854.996	186.929 € /año
		OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL
	Coste Emisiones	28.639	175.430	€ /año
	Coste Ruido	-28.200	-	€ /año
	Total Financiero - económico	1.042.363	1.030.427	11.937 € /año

Tabla 8.2. Cuadro resumen AP Barcelona (Fuente: elaboración propia).

### 8.3 Valencia<sup>15</sup>

En el Puerto de Valencia, tras el estudio que se realizó del tráfico portuario, son los buques cargueros y los de transporte de pasajeros los que más actividad tienen dentro de las instalaciones, con estancias de atraque media elevadas; lo que hace de este puerto un candidato adecuado para una instalación OPS.

El estudio se ha limitado finalmente a los buques de pasajeros, seleccionando cuatro barcos de estas características a tener en cuenta por su importancia: en el Muelle de Transversales, tres buques tipo RO-RO y pasajeros operados por Acciona Trasmediterránea; y en el Muelle de Turia se seleccionó a otro buque tipo RO-RO y pasajeros operado por Balearia Eurolineas Marítimas, S.A.

Tras la elaboración del estudio de potencialidad de implementación de OPS en puerto, se ha determinado la inclusión de dos puntos de conexión: uno situado en el Muelle de Transversales y otro situado en el Muelle de Turia, ambos con conexión a 6,6 kV, 50/60 Hz y una potencia máxima disponible de 5 MVA, lo que permitiría suministrar a buques con similares características que los expuestos en el presente estudio.

El sistema de gestión de cables se ubicaría, a criterio de la Autoridad Portuaria, en el propio muelle, lo que permitiría suministrar con un único punto en cada muelle a todos los buques que lo necesiten.

El cuadro siguiente muestra resumidamente el ‘business case’ elaborado para este Puerto e incluye:

- Información general de los muelles, nº de conexiones, buque a adaptar que atracan en los respectivos muelles, costes de inversión (dotación de OPS y de adaptación a bordo)
- Relación de principales costes financieros en ambas situaciones con conexión a la red general OPS y manteniendo el suministro con FUEL.
- Costes externos por contaminación por emisiones a la atmósfera y ruido.

---

<sup>15</sup> Véase ANEXO 5 – BUSINESS CASE Puerto de Valencia para detalle.

CONCLUSIONES						
INFORMACIÓN	Muelles a instalar OPS	Muelle Turia		Muelle Transversales		Totales
	Números de conexión por muelle	1		1		2
	Potencia máxima	5,0				Pt.
	Coste dotación OPS	1.671.670				5,0
	Buques a adaptar					MVA
		Scandola	Zurbaran	Almudaina Dos	Visemar One	€
	Naviera	BALEARIA	ACCIONA	MARITIME GLOBAL	SOPARFIN SRL	4
		EUROLINEAS	TRASMEDITERRANEA	OPERATOR LTD		Buques
		MARITIMAS				
	Coste adaptación buques	156.433	156.433	156.433	156.433	625.732
COSTES	Número total de horas en puerto	2.425	1.772	1.085	2.117	7.399
	Suministro	1,5	3,1	0,3	2,9	7,8
						Horas
						GWh
		OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL		
	Amortización e intereses OPS	146.997	-		€	año
	(10 años con una tasa de interés del 6%)					
	Amortización e intereses conexiones a bordo	55.023	-		€	año
	(10 años con una tasa de interés del 6%)					
	Consumo de energía	1.128.818	755.213		€	año
	Tasas T1 & Desgastes motores	208.285	517.985		€	año
	Total financiero	1.539.122	1.273.198	265.924	€	año
		OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL		
	Coste Emisiones	76.234	490.868		€	año
	Coste Ruido	-5.771	-		€	año
	Total Financiero - económico	1.609.585	1.764.066	-154.481	€	año

Tabla 8.3. Conclusiones AP Valencia (Fuente: elaboración propia).



## 8.4 Cartagena<sup>16</sup>

A partir de los datos aportados por la Autoridad Portuaria y el posterior estudio de estos, se puede decir que la flota más adecuada para OPS corresponde a barcos del tipo carguero y cisterna; los primeros destacan por el número de atraques, mientras que los segundos en horas de atraque; ambos pueden ser potenciales usuarios de sistemas OPS.

Para el estudio detallado se ha contado con los buques cargueros como potenciales usuarios de sistema OPS, por ser los que mayor consumo potencial tienen. De este grupo de barcos, cabe destacar dos particularidades: por una parte, la aleatoriedad del atraque asignado a los buques en puerto.

Sin embargo, en la Dársena de Escombreras, entre los puestos de atraque F-E10 y F-E16, se localiza una zona idónea para OPS, pero tiene la singularidad de tratarse de una zona catalogada como Atmosférica Explosiva (zona ATEX). En este muelle atracan buques que transportan productos petroquímicos, buques de semejantes características y necesidades energéticas, lo que convierte a dicho muelle en idóneo para este estudio; los buques son: Tinerfe, Castillo de Trujillo y Stolt Kingfisher.

Dada la complicación de ser una zona ATEX y la inexperiencia existente en la implementación de un sistema OPS en este ambiente, lo que se aporta con el estudio es una propuesta de configuración, puesto que para comprobar la viabilidad técnica/logística de la configuración sería necesario elaborar un estudio en mayor profundidad. Esta potencial configuración se basaría en un punto de conexión a 6,6 kV, 50/60 Hz y una potencia máxima disponible de entre 2 y 2,5 MVA.

En la misma línea por las características de la zona ATEX, también se complica el sistema de gestión de cables, puesto que, en una zona con riesgo alto de deflagración, el control del riesgo de chispa es primordial. No existe a día de hoy experiencia de la inclusión de un sistema OPS en una zona ATEX, pero sí posibles soluciones teóricas para el control del riesgo: conexiones ATEX/ExProof y la ubicación externa a la zona ATEX de los contactos eléctricos. Las conexiones ATEX/Exproof permiten evitar los arcos eléctricos, posibilitando el manejo dentro de la zona problemática. La otra solución consiste en colocar los contactos eléctricos fuera de la zona de seguridad, como por ejemplo en duques de alba en aguas cercanas; de cualquiera de los dos pocas experiencias existen por lo que sería importante estudiar su viabilidad técnica exhaustivamente.

---

<sup>16</sup> Véase ANEXO 6 – CASO ATEX Puerto de Cartagena para detalle.

CONCLUSIONES					
INFORMACIÓN	Muelles a instalar OPS	Dársena de Escombreras			Totales
	Números de conexión por muelle	2			2 Pt.
	Potencia máxima	2,2			2,2 MVA
	Coste dotación OPS	N/A			N/A €
	Buques a adaptar	STOLT KINGFISHER	TINERFE	CASTILLO DE TRUJILLO	3 Buques
	Naviera	STOLT TANKERS - ROTTERDAM, NETHERLANDS	Distribuidora Maritima Petrogas, S.L.U	Naviera Poniente / Elcano Product Tankers	
	Coste adaptación buques	350.000	350.000	350.000	
	Número total de horas en puerto	1.338,93	535,05	676,52	2.550,5 Horas
	Suministro	0,590	0,801	1,314	2,706 GWh
COSTES		OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL	
	Amortización e intereses OPS <i>(10 años con una tasa de interés del 6%)</i>	N/A	N/A		€/año
	Amortización e intereses conexiones a bordo <i>(10 años con una tasa de interés del 6%)</i>	N/A	N/A		€/año
	Consumo de energía	471.770	262.164		€/año
	Tasas T1 & Desgastes motores	N/A	N/A		€/año
	Total financiero	471.770	262.164	209.605	€/año
		OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL	
	Coste Emisiones	26.464	170.400		€/año
	Coste Ruido	-2.820	0		€/año
	Total Financiero - económico	495.414	432.564	62.849	€/año
N/A: Datos no calculados en este Business Case debido a su casuística particular (véase Anexo correspondiente).					

## 8.5 Vigo<sup>17</sup>

El business case del Puerto de Vigo ha servido como ejemplo para depurar la metodología para este estudio. También ha servido de material de difusión para lograr la inclusión de más puertos a la iniciativa. Debido a que fue el primer business case en elaborarse, es más extenso en formato.

El caso del Puerto de Vigo, se ha basado en un trabajo previo: el proyecto Optimos, realizado con financiación europea y cuyo objetivo consistió en estudiar las potenciales reducciones de contaminantes en la MoS (Motorway of the Sea) entre Vigo y Nantes / Saint Nazaire. En este estudio se abordó la electrificación de parte de la flota de RO-RO existente que cubre esta ruta con Francia.

Los buques propuestos para ser adaptados en el proyecto de Vigo pertenecen a la naviera Vapores Suardiá S.L. En concreto, se tratan de los buques L'Audance y La Surprise. Estos buques RO-RO hacen 300 escalas al año en el puerto, con una estadía media de 24 horas, lo que hace que sean unos candidatos ideales para acometer en ellos la conversión para conectarse a las tomas OPS del Puerto de Vigo.

La ubicación de las tomas se haría en el muelle de RO-RO, en Bouzas. Los puntos de conexión se realizarían en las rampas 5 y 6 de dicho muelle. La potencia media demandada es 550 kVA, con suministro en baja tensión. Además se contempló el uso de un sistema OGSP, que suministra también en baja tensión (400 V). La Autoridad Portuaria de Vigo se ha mostrado partidaria de esta última solución.

El sistema de manejo de cables está compuesto por un carretón motorizado a bordo que almacena el cable y lo tiende hasta el muelle en el momento de la conexión del buque al sistema OPS.

El cuadro siguiente muestra resumidamente el 'business case' elaborado para este Puerto e incluye:

- Información general de los muelles, nº de conexiones, buque a adaptar que atracan en los respectivos muelles, costes de inversión (dotación de OPS y de adaptación a bordo)
- Relación de principales costes financieros en ambas situaciones con conexión a la red general OPS y manteniendo el suministro con FUEL.
- Costes externos por contaminación por emisiones a la atmósfera y ruido.

---

<sup>17</sup> Véase ANEXO 7 – BUSINESS CASE Puerto de Vigo para detalle.

INFORMACIÓN

INFORMACIÓN	Muelle a instalar OGSP	Atrques 5 & 6		Totales	
		Darsena de Bouzas			
	Potencia máxima	1,3		1,3	MVA
	Coste dotación OGSP	1.424.522		1.424.522	€
	Buques a adaptar	L'AUDACE	LA SURPRISE	2	Buques
	Naviera	SUARDIAZ	SUARDIAZ		
	Coste adaptación buques	375.358	375.358	750.716	€
	Número total de horas en puerto	1.872	1.872	3.744	Horas
	Suministro	0,9	0,9	1,9	GWh

COSTES

	OGSP	FUEL	Diferencial OGSP-FUEL	
Amortización e intereses OGSP <i>(10 años con una tasa de interés del 6%)</i>	125.264	-		€/año
Amortización e intereses conexiones a bordo <i>(10 años con una tasa de interés del 6%)</i>	66.013	-		€/año
Consumo de energía	55.625	206.765		€/año
Tasas T1 & Desgastes motores	52.500	128.962		€/año
Total financiero	299.402	335.727	-36.325	€/año

	OGSP	FUEL	Diferencial OGSP-FUEL	
Coste Emisiones	57.661	134.392		€/año
Coste Ruido	-235	-		€/año
Total Financiero - económico	356.828	470.119	-113.291	€/año

Tabla 8.4. Tabla resumen AP Vigo (Fuente: elaboración propia).

## 8.6 Santa Cruz de Tenerife<sup>18</sup>

En el caso de la Autoridad Portuaria de Tenerife, el estudio se basó en la experiencia previa acumulada mediante dos estudios sobre sistemas OPS: en 2015 se realizó un proyecto previo para equipar el Puerto de Tenerife con un sistema OPS que involucraba a los buques de la naviera Fred Olsen; posteriormente, fue realizado un anteproyecto por ISDEFE implicando a los buques de la naviera Armas y Fred Olsen.

Por ello, los buques a considerar en este estudio son los de estas dos navieras: Fred Olsen y Armas, ambas dedicadas al tráfico de pasajeros, la primera opera principalmente buques HSC y la segunda RO-PAX.

El estudio pormenorizado se ha centrado en los buques de Fred Olsen y Armas que operan entre tres de los puertos administrados por la AP de Tenerife; la naviera Fred Olsen opera cuatro buques (Bentago Express, Bencomo Express, Bonanza Express y Benchijigua Express), y siete la naviera Armas (Volcán de Tamasite, de Tijarafe, de Timanfaya, de Tauce, de Taburiente, del Teide y de Tamadaba).

Partiendo de las experiencias previas y tras la elaboración del estudio de potencialidad de implementación de OPS en los tres puertos, se ha determinado que los puntos de conexión sean:

- Santa Cruz de Tenerife: un punto en Muelle Ribera I y dos en el Pantalán Anaga.
- Santa Cruz de La Palma: uno en el Pantalán y otro en el Dique Este.
- San Sebastián de la Gomera: uno en el Dique Este.

Los puntos de conexión trabajarían en 400 V, 50 Hz de frecuencia y una potencia máxima disponible de 1MVA, 0,9MVA y 0,8MVA respectivamente.

El sistema de gestión de cables sería el de una grúa con brazo giratorio “Jib Crane with Dispensor”, pues se ajustaría mejor a la morfología similar que guardan todos los buques en cuestión.

El cuadro siguiente muestra resumidamente el ‘business case’ elaborado para este Puerto e incluye:

- Información general de los muelles, nº de conexiones, buque a adaptar que atracan en los respectivos muelles, costes de inversión (dotación de OPS y de adaptación a bordo)
- Relación de principales costes financieros en ambas situaciones con conexión a la red general OPS y manteniendo el suministro con FUEL.
- Costes externos por contaminación por emisiones a la atmósfera y ruido.

---

<sup>18</sup> Véase ANEXO 8 – BUSINESS CASE Autoridad Portuaria de Tenerife para detalle.

CONCLUSIONES									
INFORMACIÓN	Puerto	Santa Cruz de las Palmas		San Sebastián de la Gomera	Santa Cruz de Tenerife			Totales	
	Muelles a instalar OPS	Pantalan	Dique Este	2ª Alineacion Dique Este	Muelle Ribera AL I	Anaga Pantalán Ribera I Norte	Anaga Pantalán Ribera I Sur		
	Números de conexión por muelle	1	1	1	1	1	1	6	Pt.
	Potencia máxima	1,0		0,8	1,0			2,8	MVA
	Coste dotación OPS	1.065.558		1.054.125	1.369.575			3.489.259	€
	Buques a adaptar	Bentago Express Bencomo Express Bonanza Express Benchijigua Express			Volcán de Tijarafe Volcán de Tamadaba Volcán de Timanfaya Volcán del Teide Volcán de Tamasite Volcán de Tirajana Volcán del Tauce Volcán de Taburiente			12	Buques
	Naviera	Fred Olsen			Armas				
	Coste adaptación buques	545.732			1.091.464			1.637.196	€
	Número total de horas en puerto	3.260		2.475	13.710			19.444	Horas
	Suministro	1,2		1,5	4,1			6,8	GWh
COSTES			OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL				
	Amortización e intereses OPS <i>(10 años con una tasa de interés del 6%)</i>		306.824	-			€/año		
	Amortización e intereses conexiones a bordo <i>(10 años con una tasa de interés del 6%)</i>		143.965	-			€/año		
	Consumo de energía		684.974	657.837			€/año		
	Tasas T1 & Desgastes motores		293.911	827.822			€/año		
	Total financiero		1.429.675	1.485.659	-55.985		€/año		
			OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL				
	Coste Emisiones		66.405	427.576			€/año		
	Coste Ruido		-1.767	-			€/año		
	Total Financiero - económico		1.494.312	1.913.235	-418.923		€/año		

Tabla 8.5. Tabla resumen AP Tenerife (Fuente: elaboración propia).

## 8.7 Las Palmas<sup>19</sup>

A partir de la experiencia previa de la AP Las Palmas en 2015, en la que fue objeto de un proyecto piloto para equipar el puerto con un sistema OPS, los buques seleccionados fueron los de la naviera Fred Olsen. Para el presente estudio se ha contado con los mismos navíos que los elegidos en dicho proyecto, una flota de buques rápidos (HSC) que realizan rutas entre las diferentes islas del archipiélago canario.

Los buques que incluidos en el estudio detallado han sido el Bentago Express, el Bencomo Express y el Bonanza Express, todos ellos atracan en el muelle del Grande Poniente y dedicados al transporte de pasajeros en diferentes líneas entre las islas canarias.

Tras el análisis correspondiente, se ha determinado -junto a la Autoridad Portuaria- que el sistema OPS cuente con un único punto de conexión situado en el muelle del Grande Poniente. Los puntos de conexión trabajarían a 400 V, 50 Hz y una potencia máxima disponible de 0,2MVA.

Dada la configuración similar de los buques a transformar, el sistema de gestión de cables más adecuado para este caso sería el de una grúa con brazo giratorio “Jib Crane with Dispensor”, dado que se adapta mejor a las características de los navíos caso de estudio.

El cuadro siguiente muestra resumidamente el ‘business case’ elaborado para este Puerto e incluye:

- Información general de los muelles, nº de conexiones, buque a adaptar que atracan en los respectivos muelles, costes de inversión (dotación de OPS y de adaptación a bordo)
- Relación de principales costes financieros en ambas situaciones con conexión a la red general OPS y manteniendo el suministro con FUEL.
- Costes externos por contaminación por emisiones a la atmósfera y ruido.

---

<sup>19</sup> Véase ANEXO 9 – BUSINESS CASE Autoridad Portuaria Las Palmas para detalle.



CONCLUSIONES					
INFORMACIÓN	Muelles a instalar OPS	Muelle del Grande Poniente			Totales
	Números de conexión por muelle	1			1 Pt.
	Potencia máxima	0,2			0,2 MVA
	Coste dotación OPS	859.634			859.634 €
	Buques a adaptar	BONANZA EXPRESS	BENTAGO EXPRESS	BENCOMO EXPRESS	3 Buques
	Naviera	Fred Olsen	Fred Olsen	Fred Olsen	
	Coste adaptación buques	136.433	136.433	136.433	409.299 €
	Número total de horas en puerto	1.508	601	36	2.145 Horas
	Suministro	0,23	0,09	0,01	0,3 GWh
COSTES		OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL	
	Amortización e intereses OPS <i>(10 años con una tasa de interés del 6%)</i>	75.591	-		€/año
	Amortización e intereses conexiones a bordo <i>(10 años con una tasa de interés del 6%)</i>	35.991	-		€/año
	Consumo de energía	40.645	31.169		€/año
	Tasas T1 & Desgastes motores	10.090	61.356		€/año
	<b>Total financiero</b>	<b>162.317</b>	<b>92.525</b>	<b>69.792</b>	€/año
		OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL	
	Coste Emisiones	3.146	20.259		€/año
	Coste Ruido	-2.726	-		€/año
	<b>Total Financiero - económico</b>	<b>162.737</b>	<b>112.784</b>	<b>49.953</b>	€/año

Tabla 8.6. Tabla resumen AP Las Palmas (Fuente: elaboración propia).

## 8.8 Pasaia

En el caso del Puerto de Pasajes, tras conversaciones mantenidas con la Autoridad Portuaria, se ha identificado la flota de buques tipo RO-RO (en su mayor parte operados por la naviera UECC) como una flota objetivo idónea para la implementación del OPS.

## 8.9 Huelva<sup>20</sup>

En este caso, pese a haber identificado inicialmente la flota de cisternas como la que más horas está atracada en puerto, se ha considerado tras conversaciones con la Autoridad Portuaria que la implementación idónea pasa por equipar un muelle para el suministro eléctrico a ferries, concretamente a los ferries encargados de operar la ruta Huelva – Tenerife, debido principalmente a estudios previos llevados a cabo y a la estrategia en materia de sostenibilidad de puerto, que pasa por el desarrollo futuro de esta ruta como una ruta verde (medioambientalmente sostenible), incluyendo el suministro eléctrico en ambos puertos (el Puerto de Tenerife también está considerado en el presente estudio) y la ruta operada con buques que utilicen GNL como combustible (actualmente esta ruta la desarrolla el *Volcán del Teide* de la naviera ARMAS).

El suministro en puerto se plantea mediante un sistema OGSP (Off-Grid Shore Power, véase sección 3.4 para más detalles sobre este sistema), principalmente por dos motivos: no hay acometida de red con potencia suficiente para suministrar al buque en un punto cercano al muelle y la Autoridad Portuaria ha manifestado su interés en implementar un sistema de estas características.

Se plantea por tanto, el suministro mediante un sistema OGSP situado sobre barcaza, que dota a la operación de una flexibilidad extra necesaria para este caso particular, debido a:

- No es operativo situar una estructura fija de suministro en el cantil en zona de maniobras.
- Es imposible definir una situación exacta y fijo para situar un punto de conexión, debido a que la rampa RO-RO está preparada para que la popa del buque esté a un lado u otro indistintamente.
- Adicionalmente, el *Volcán de Tinamar*, de la misma naviera, y ya convertido para suministro en el puerto de Melilla, atraca periódicamente en Huelva, por lo que se podría suministrar también a este buque, pero de no tener el punto de conexión en la misma zona no sería posible suministrar a ambos desde un punto fijo en tierra.

El cuadro siguiente muestra resumidamente el ‘business case’ elaborado para este Puerto e incluye:

- Información general de los muelles, nº de conexiones, buque a adaptar que atracan en los respectivos muelles, costes de inversión (dotación de OPS y de adaptación a bordo)
- Relación de principales costes financieros en ambas situaciones con conexión a la red general OPS y manteniendo el suministro con FUEL.
- Costes externos por contaminación por emisiones a la atmósfera y ruido.

---

<sup>20</sup> Véase ANEXO 9 – BUSINESS CASE Puerto de Huelva para detalle.

CONCLUSIONES				
INFORMACIÓN	Muelles a instalar OGSP	Muelle Sur	Totales	
	Números de conexión por muelle	-	-	Punto
	Potencia máxima	1,25	1,25	MVA
	Coste dotación OGSP	1.424.522	1.424.522	€
	Buques a adaptar	Volcán del Teide	1	Buque
	Naviera	Armas		
	Coste adaptación buques	357.103	357.103	€
	Número total de horas en puerto	870,90	870,90	Horas
COSTES	Suministro	0,697	0,697	GWh
		OGSP	FUEL	Diferencial OGSP-FUEL
	Amortización e intereses OGSP <i>(10 años con una tasa de interés del 6%)</i>	125.264	-	€/año
	Amortización e intereses conexiones a bordo <i>(10 años con una tasa de interés del 6%)</i>	31.401	-	€/año
	Consumo de energía	22.041	67.506	€/año
	Tasas T1 & Desgastes motores	42.500	91.967	€/año
	<b>Total financiero</b>	<b>221.206</b>	<b>159.473</b>	<b>61.733</b> €/año
		OGSP	FUEL	Diferencial OGSP-FUEL
	Coste Emisiones	18.825	43.877	€/año
	Coste Ruido	235	-	€/año
	<b>Total Financiero - económico</b>	<b>239.796</b>	<b>203.350</b>	<b>36.447</b> €/año

Tabla 8.7. Cuadro resumen AP Huelva (Fuente: elaboración propia).

## 8.10 Ceuta

En el caso del Puerto de Ceuta, tras conversaciones mantenidas con la Autoridad Portuaria que permitieron identificar los buques de pasajeros como una flota objetivo idónea para la implementación del OPS, se ha decidido no desarrollar un estudio más en detalle, debido a diversas causas que indican que el estudio en profundidad debe posponerse.

## 8.11 Málaga<sup>21</sup>

Se ha identificado en este caso la Ruta Málaga – Melilla como la idónea para implementar el Cold Ironing (operada actualmente por los buques Fortuny y Sorolla, de Acciona Trasmediterránea).

Se propone la instalación de un único punto de contacto en el Muelle Cánovas (concretamente N-3.2), dado que son buques que no atracan de forma simultánea. Se plantea el suministro a una tensión de 6,6 kV, 50 Hz de frecuencia y con una potencia máxima de 3.250 KVA.

Por las condiciones que presenta el muelle de atraque de los buques de pasajeros –el acceso de los pasajeros se hace mediante pasarela móvil situada longitudinalmente al buque por el reducido espacio existente-, en concordancia con la Autoridad Portuaria, se propone un sistema de gestión de cables fijo en tierra a través de una grúa de 6,7 metros, con brazo articulado (giro de 120º) y longitud de 3m, un sistema dispensador de cables, sistema de control y demás equipos auxiliares.

El cuadro siguiente muestra resumidamente el ‘business case’ elaborado para este Puerto e incluye:

- Información general de los muelles, nº de conexiones, buque a adaptar que atracan en los respectivos muelles, costes de inversión (dotación de OPS y de adaptación a bordo)
- Relación de principales costes financieros en ambas situaciones con conexión a la red general OPS y manteniendo el suministro con FUEL.
- Costes externos por contaminación por emisiones a la atmósfera y ruido.

---

<sup>21</sup> Véase ANEXO 10 – BUSINESS CASE Puerto de Málaga para detalle.

CONCLUSIONES				
INFORMACIÓN	Muelles a instalar OPS	Muelle N-3.2		Totales
	Números de conexión por muelle	1		1 Pt.
	Potencia máxima	3,1		3,1 MVA
	Coste dotación OPS	525.739		525.739 €
	Buques a adaptar	Fortuny	Sorolla	2 Buques
	Naviera	Acciona	Acciona	
		Trasmediterránea	Trasmediterránea	
	Coste adaptación buques	337.933	337.933	675.866 €
	Número total de horas en puerto	1.739	1.009	2.748 Horas
COSTES	Suministro	4,2	2,6	6,8 GWh
		OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL
	Amortización e intereses OPS (10 años con una tasa de interés del 6%)	46.230	-	€ /año
	Amortización e intereses conexiones a bordo (10 años con una tasa de interés del 6%)	59.432	-	€ /año
	Consumo de energía	912.835	658.544	€ /año
	Tasas T1 & Desgastes motores	137.500	301.380	€ /año
	Total financiero	1.155.997	959.924	196.072 € /año
		OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL
	Coste Emisiones	66.476	428.036	€ /año
	Coste Ruido	-13.160	-	€ /año
	Total Financiero - económico	1.209.313	1.387.960	-178.647 € /año

Tabla 8.8. Conclusiones AP Málaga (Fuente: elaboración propia).

## 8.12 Gijón<sup>22</sup>

Con base a los datos presentados por la Autoridad Portuaria de Gijón y el análisis de éstos, se detecta que la flota que opera en el puerto está dedicada, en su mayoría, al transporte de mercancías; y son a primera vista los más adecuados para ser usuarios de un sistema OPS por su alta duración media de atraque en puerto.

Tras el estudio detallado de los datos y las conversaciones mantenidas con la Autoridad Portuaria por las características del puerto, se consigue un filtrado de los barcos que operan en el puerto, dejándo tres barcos: Cementos Cantábrico, Encofrador y Cristina Masaveu (a partir de 2018, actualmente está fletado en el norte de Europa) propiedad de Cementos Tudela Veguín.

En una conversación a tres bandas junto con la naviera propietaria, se propone la instalación de un único punto conectado directamente con la planta de cementos propietaria de los buques, debido a tres razones: la tarifa eléctrica especial con la que cuenta esta tipología de empresa; poseer una galería de transporte que contacta directamente con el puerto y la intención de la propia empresa para la electrificación del equipamiento que tiene en el muelle. Este punto de conexión trabajaría a 6,6 kV, 50 Hz / 60 Hz.

Se ha decidido de forma conjunta con la Autoridad Portuaria y la naviera que en este caso el sistema de gestión de cables se sitúe en muelle, de forma que con un único sistema sea suficiente para suministrar a todos los buques.

El cuadro siguiente muestra resumidamente el ‘business case’ elaborado para este Puerto e incluye:

- Información general de los muelles, nº de conexiones, buque a adaptar que atracan en los respectivos muelles, costes de inversión (dotación de OPS y de adaptación a bordo)
- Relación de principales costes financieros en ambas situaciones con conexión a la red general OPS y manteniendo el suministro con FUEL.

---

<sup>22</sup> Véase ANEXO 11 – BUSINESS CASE Puerto de Gijón para detalle.

- Costes externos por contaminación por emisiones a la atmósfera y ruido.

CONCLUSIONES					
INFORMACIÓN	Muelles a instalar OPS	Ribera 2ª alineación			Totales
	Números de conexión por muelle	1			1 Punto
	Potencia máxima	0,5			0,5 MVA
	Coste dotación OPS	644.407			644.407 €
	Buques a adaptar	Cementos Cantábrico	Encofrador	Cristina Masaveu	3 Buques
	Naviera	Cementos Tudela Veguín			
	Coste adaptación buques	154.688	154.688	154.688	464.064 €
	Número total de horas en puerto	1.678,20	988,40	1.678,20	4.344,80 Horas
	Suministro	0,3	0,2	0,8	1,3 GWh
COSTES		OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL	
	Amortización e intereses OPS <i>(10 años con una tasa de interés del 6%)</i>	56.665	-		€/año
	Amortización e intereses conexiones a bordo <i>(10 años con una tasa de interés del 6%)</i>	40.807	-		€/año
	Consumo de energía	138.818	133.771		€/año
	Tasas T1 & Desgastes motores	93.040	226.080		€/año
	<b>Total financiero</b>	<b>329.330</b>	<b>359.852</b>	<b>-30.522</b>	€/año
		OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL	
	Coste Emisiones	12.931	86.948		€/año
	Coste Ruido	-2.820	-		€/año
	<b>Total Financiero - económico</b>	<b>339.441</b>	<b>446.799</b>	<b>-107.359</b>	€/año

Tabla 8.9. Conclusiones AP Gijón (Fuente: elaboración propia).



## 8.13 Bilbao<sup>23</sup>

En el caso del Puerto de Bilbao, tras el estudio de los datos aportados por la AP de Bilbao, se manifiesta que es un puerto con flota mayoritariamente dedicada al transporte de mercancías, puesto que el transporte de pasajeros constituye un número de atraques residual.

El estudio detallado de los datos arroja que los buques a incluir en la monografía corresponden con los portacontenedores que atracan en los muelles A1 y A2 de la terminal de contenedores de Santurtzi-Zierbena. Para el muelle A1 contamos con el Endeavor y el Enforcer, para el muelle A2 contamos con Flintercape, Encouter, Philipp, Ice Crystal, Ensemble, Magnus F, Corsar y Daniela B.

Tras la elaboración del estudio de potencialidad de implementación de OPS en el puerto, se ha determinado junto a la Autoridad Portuaria, que el sistema OPS cuente con tres puntos de conexión situado en los muelles A1 y A2 de Santurtzi-Zierbena. Los puntos de conexión trabajarían a 6,6 kV, 50/60 Hz y una potencia máxima disponible de 1,2MVA.

Dado el poco espacio con el que se cuenta en el muelle por la existencia de las grúas de carga, sumado a la existencia de cajas de conexión subterráneas a instalación eléctrica, se considera como el sistema más adecuado para el manejo de cables un contenedor de 40 ft en el lado estribor del buque en que el sistema de manejo de cables y todos los componentes eléctricos están instalados en el interior del contenedor. Con este sistema el buque se puede fácilmente conectar a los puntos de conexión instalados en muelle. Este sistema tiene la ventaja de poder ser instalado en otro buque y de poder moverse la posición del contenedor en caso de necesidad.

El cuadro siguiente muestra resumidamente el ‘business case’ elaborado para este Puerto e incluye:

- Información general de los muelles, nº de conexiones, buque a adaptar que atracan en los respectivos muelles, costes de inversión (dotación de OPS y de adaptación a bordo)
- Relación de principales costes financieros en ambas situaciones con conexión a la red general OPS y manteniendo el suministro con FUEL.
- Costes externos por contaminación por emisiones a la atmósfera y ruido.

---








<sup>23</sup> Véase ANEXO 12 – BUSINESS CASE Puerto de Bilbao para detalle.

CONCLUSIONES												
INFORMACION	Muelles a instalar OPS	Terminal Santurtzi- Zierbena Muelle A-1					Terminal Santurtzi- Zierbena Muelle A-2					Totales
	Números de conexión por muelle	2					1					3
	Potencia máxima	1,2					1,2					Pt.
	Coste dotación OPS	2.174.676					2.174.676					MVA
	Buques a adaptar	PHILIPP VEGA- REEDEREI FRIEDRICH DAUBER	CORSAR GEBR WINTER GMBH	ENDEAVOR BEWAARDER BV	MAGNUS F FREESE SHIPPING GMBH & CO KG	ENCOUNTER BEWAARDER BV	FLINTERCAP E BV	ENSEMBLE JR SHIPPING BV	ICE CRYSTAL FRISIAN CRUISER EMSLÉDA	DANIELA B ARIES J CV	ENFORCER BEWAARDER BV	10
	Naviera											Buques
	Coste adaptación buques	129.745	129.745	129.745	129.745	129.745	129.745	129.745	129.745	129.745	129.745	1.297.450
	Número total de horas en puerto	1.412,43	1.134,02	1.699,50	1.059,88	1.743,58	1.486,43	1.460,22	1.044,57	1.049,50	711,98	12.802
	Suministro	0,5	0,6	0,6	0,3	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	4,8
												€
COSTES		OPS				FUEL				Diferencial OPS-FUEL		
	Amortización e intereses OPS (10 años con una tasa de interés del 6%)	191.228				-				€/año		
	Amortización e intereses conexiones a bordo (10 años con una tasa de interés del 6%)	114.090				-				€/año		
	Consumo de energía	556.886				463.547				€/año		
	Tasas T1 & Desgastes motores	497.613				1.195.226				€/año		
	Total financiero	1.359.817				1.658.772				-298.956 €/año		
		OPS				FUEL				Diferencial OPS-FUEL		
	Coste Emisiones	46.792				301.293				€/año		
	Coste Ruido	-1.880				-				€/año		
	Total Financiero - económico	1.404.729				1.960.065				-555.336 €/año		

Tabla 8.10. Cuadro resumen AP Bilbao (Fuente: elaboración propia).

## 8.14 Resumen de actuaciones

Las actuaciones propuestas recogen instalaciones en 11 Autoridades Portuarias, totalizando una demanda eléctrica potencial de 52 GWh ubicados en puertos distribuidos geográficamente de forma homogénea (abarcando las vertientes cantábrica, atlántica y mediterránea), e incluyen tipologías de buques diversas, tal y como se puede observar a continuación:

Autoridad Portuaria		Tipo de buques			Puntos de suministro	Demanda potencial
1	Baleares		RO-PAX Cruceiros pequeños	Visemar One Nissos_Chios Tenacia Zurbarán Island Escape SNAV Adriático	4 puntos	16,0 GWh
2	Barcelona		RO-PAX	Ruta Barcelona – Palma Ruta Barcelona – Mahón	3 puntos	2,90 GWh
3	Valencia		RO-PAX	Zurbarán Scandola Almudaina Dos Visemar One	2 puntos	7,80 GWh
4	Cartagena		Tanquero	Stolt Kingfisher Tinerfe Castillo de Trujillo	2 puntos	2,71 GWh
5	Vigo		RO-RO	L'Audace La Surprise	N/A	1,90 GWh
6	S.C. Tenerife Puerto Tenerife		High Speed Craft RO-PAX	Benchijigua Express Bencomo Express Bentago Express Bocayna Express Bonanza Express	3 puntos	4,10 GWh
	S.C. Tenerife Puerto S.S. de la Gomera			Volcán de Timanfaya Volcán del Teide Volcán del Tauce Volcán Taburiente	1 punto	1,50 GWh
	S.C. Tenerife Puerto S.C. de Palma			Volcán de Tijarafe Volcán Tamadaba Volcán de Tamasite	2 puntos	1,20 GWh
7	Las Palmas G.C.		High Speed Craft	Bencomo Express Bentago Express Bonanza Express	1 punto	0,31 GWh


8	Huelva		RO-PAX	Volcán del Teide	N/A	0,695 GWh
9	Málaga		RO-PAX	Fortuny Sorolla	1 punto	6,80 GWh
10	Gijón		Carga general	Cementos Cantábrico Encofrador	1 punto	1,322 GWh
11	Bilbao		Portacontenedores	Philipp Corsar Endeavor Magnus F Flitercape Ensemble Encounter Ice Crystal Daniela B Enforcer	3 puntos	4,80 GWh

Tabla 8.11. Resumen de objetivos del Plan (Fuente: elaboración propia).

CONCLUSIONES				
INFORMACIÓN DE PARTIDA				
Número total de puertos	11	Puertos		
Número total de puntos de conexión*	23	Puntos		
Potencia total a instalar	29,24	MVA		
Coste total dotación OPS**	21,43	M€		
Número total de buques a adaptar	48	Buques		
Coste total adaptación buques	9,19	M€		
Número total de horas en puerto	69.359	horas/año		
Suministro	52,05	GWh		
EMISIONES CONTAMINANTES				
	OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL	
Coste emisiones	560.391	3.288.815	-2.728.424	€/año
RUIDO				
	OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL	
Coste contaminación sonora	-73.714	0	-73.714	€/año
CONSUMOS				
	OPS	FUEL	Diferencial OPS-FUEL	
Consumo de energía	6.077.581	5.059.926	1.017.655	€/año

\* No incluye conexiones de los sistemas OGSP proyectados en Huelva y Vigo.

\*\* No incluye Cartagena por su casuística particular (véase Business Case).

Tabla 8.12. Tabla resumen de las actuaciones estudiadas (Fuente: elaboración propia).



9 Barreras identificadas

Del análisis basado en el intercambio de información con navieras, autoridades portuarias (españolas y europeas) y fabricantes de equipos eléctricos, se identifican las siguientes barreras que dificultan la implementación de las tecnologías de suministro eléctrico a buques en puerto:

- **Variación de los servicios de transporte marítimo:** los operadores de transporte marítimo no suelen establecer servicios a largo plazo, normalmente se analiza la necesidad de transporte para un año y se deciden las rutas marítimas. Un ejemplo de ello son los ferries; las navieras deciden cada año cuál de sus ferries va a operar cada ruta. En nuestro análisis del tráfico de ferries del Mediterráneo detectamos que algunos ferries que realizaban la ruta Valencia – Palma en el año 2015 ya no operan esta ruta, sino en la ruta Barcelona – Génova, p.e. Esta casuística se repite en otros tipos de mercancías en los que tampoco suele haber rutas permanentes. Una implementación económica y eficiente de sistemas OPS requiere unas rutas fijas a largo plazo ya que equipar un buque con los equipos eléctricos y contactos de conexión e instalar la infraestructura eléctrica en muelle es costoso. Este requisito operativo del OPS no casa con la operativa actual y es una de las principales barreras para la implementación del OPS.
- **Desconocimiento de OPS:** actualmente los posibles inversores en una implementación OPS no tienen información completa *ex ante*:
  - No saben para qué tipo de tráfico, operativa, y tipo de terminal tendría más sentido implementar la tecnología.
  - Desconocen el detalle de la infraestructura necesaria, potencias necesarias, equipos necesarios, etc.
  - Desconocen por tanto las consecuencias económicas de una implementación (retornos, inversiones, etc). Muchos de los estudios realizados sobre la implementación de OPS en puertos españoles solamente estudian la parte de ingeniería, pero no la rentabilidad económica.
  - Se desconoce el perfil de demanda energética de los buques. Como consecuencia, se suelen sobredimensionar los sistemas OPS para poder garantizar potencia suficiente en cualquier momento, lo que aumenta los costes de la infraestructura.

Por todo esto es importante llevar a cabo unos estudios analíticos avanzados para dar respuesta a esas preguntas antes de realizar una obra OPS.

- **El conflicto entre los intereses de las partes involucradas:** En la mayoría de los casos el dueño (armador) y operador de un buque (fletador) no es la misma entidad. Gran parte de buques, tanto en el ámbito europeo como mundial, están operando en un régimen de chárter: el dueño (armador) del buque “alquila” horas de operación a una naviera (operador). Este régimen de alquiler (flete) genera una situación en la cual las consecuencias de una implementación OPS se dividen de una manera desigual entre los distintos actores: la decisión sobre la inversión para adaptar el buque depende del armador, pero la utilización de OPS depende del operador. En este escenario, gran parte del coste tendría que ser asumido por el armador, mientras el operador tiene que asumir la operación y los costes del suministro. El coste de suministro puede ser mayor o menor a la alternativa de uso de MGO en motores auxiliares; esto depende mayormente de los precios energéticos (electricidad y MGO) y de más factores como por ejemplo una posible reducción de costes de estadia debido al uso de un sistema OPS (ver los demás puntos en esta descripción de las barreras). Esa situación, en la cual los costes y beneficios de una inversión se dividen de manera desigual entre los agentes, está bien analizada en la ciencia económica; se llama un “problema de



principal – agente” (principal agent problem)<sup>24</sup> analizado por Stephen Ross (1973-1974) y Barry Mitnick (1974), el problema principal-agente está definido como una de las mayores barreras para la inversión y la actividad económica en general.

- **La falta de estandarización y una gran dispersión de parámetros eléctricos:** existe hoy en día una variación enorme en lo referente a los parámetros eléctricos básicos de los buques. Dependiendo de dónde se construye un buque, el sistema eléctrico puede ser de frecuencia 50 Hz o 60 Hz, el rango de voltaje puede ser desde 110 V hasta 440 V y la potencia demandada puede variar en varios cientos de kW (para algunos car carriers) hasta 12 MW (para los cruceros más grandes). Todo esto requiere equipos eléctricos adicionales para asegurar que el sistema eléctrico en tierra es capaz de suministrar a todos los voltajes, frecuencias y potencias. Estos equipos conllevan un aumento significativo del coste de inversión (por ejemplo, un convertidor de frecuencias cuesta entre 0,5-1 millones de €).
- **La normativa eléctrica:** la normativa del mercado eléctrico establece los pagos de peaje de acceso a la red eléctrica, así como los pagos por capacidad para todos los consumos eléctricos. Actualmente no existe seguridad jurídica sobre el tratamiento que ha de darse al suministro eléctrico mediante sistemas OPS.
- **El modelo de negocio no definido:** debido a la presión social y de la normativa medio-ambiental las autoridades portuarias y las navieras (para mejorar su imagen pública) tienen un cierto interés en disponer de un sistema de suministro energético desde el muelle para buques en puerto. Sin embargo, el modelo de negocio no está suficientemente claro.
- **La inercia de la situación actual**  
Actualmente los operadores de los buques ya tienen una solución para satisfacer su demanda energética en el puerto: el uso de sus motores auxiliares con FUELOIL o MGO. Esta opción ya está disponible y aprovecharse de esta opción no requiere una inversión económica ni la formación para ponerla en funcionamiento.
- **La magnitud de la inversión requerida:**  
La infraestructura eléctrica y los elementos técnicos de un sistema OPS son costosos. Se debe a varios factores:
  - El alto consumo energético de los buques: en el transporte marítimo no existe una infraestructura que limite el tamaño de los vehículos (como por ejemplo en el transporte terrestre, en el cual las carreteras determinan el tamaño máximo de los vehículos). Por ello los buques son grandes, y cada uno tiene una gran demanda energética.<sup>25</sup> Satisfacer la demanda energética de un buque desde la red eléctrica terrestre requiere una infraestructura compleja, hacen falta instalaciones de alta potencia eléctrica, convertidores de voltaje, cableado, etc (ver el capítulo sobre la descripción de la tecnología OPS).
  - La variabilidad de la demanda eléctrica: la demanda energética de los buques en puerto se debe a varios equipos y consumidores a bordo. Hay necesidades de iluminación, calor y frío, movilidad (grúas, rampas, etc). Todos estos equipos tienen

---

<sup>24</sup> Ver Ross (1973) y Mitnick (1974).

<sup>25</sup> En el transporte terrestre la mercancía y la demanda energética se suele distribuir por varios vehículos más pequeños (camiones, coches etc).

que activarse cuando la operativa del buque lo requiera y puede que varios equipos del buque se enciendan simultáneamente. Esto produce picos en la demanda energética, y el sistema OPS tiene que ser capaz de cubrir esos picos. Por ello es necesario dimensionar la potencia del sistema OPS según los posibles picos, no según el promedio de consumo (que puede ser hasta 2 o 3 veces más bajo que los picos).

- **El precio del combustible fósil vs el de la energía eléctrica de la red general:** desde una perspectiva de un inversor, una inversión en OPS resulta en flujos económicos (costes e ingresos) que se distribuyen de manera desigual en el tiempo.

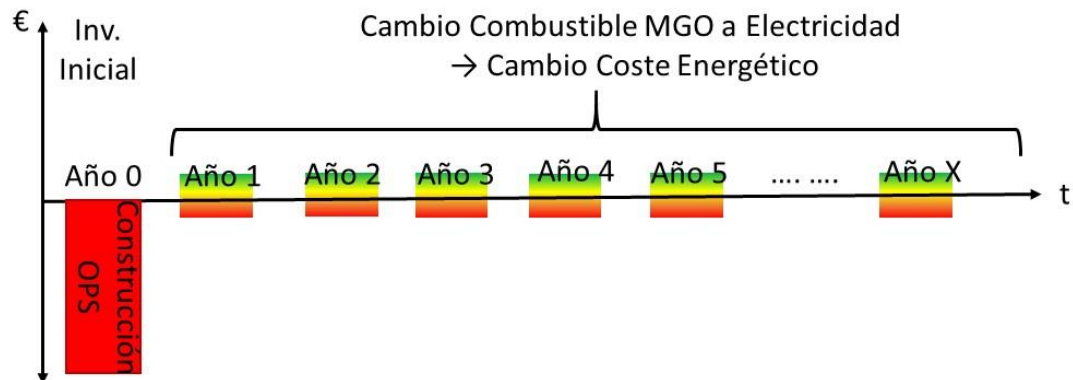


Figura 9.1 – Esquema temporal de flujos económicos de una implementación OPS (Fuente: elaboración propia).

En la figura de arriba se representa la inversión inicial (la construcción de la infraestructura OPS) como una posición negativa y grande al principio del proyecto (año 0). Como consecuencia de esa inversión, el sistema OPS conlleva un cambio de combustible de MGO a electricidad y dependiendo de si el coste energético MGO es mayor o menor al coste de la electricidad consumida por el buque, el impacto al coste combustible puede ser positivo (una reducción de coste combustible) o negativo.

Para que haya una posibilidad de recuperar la inversión inicial, el coste energético eléctrico debería ser menor al coste energético anterior (MGO). Desafortunadamente, esto no es el caso actualmente para España. España no tiene costes eléctricos que realmente favorezcan el uso de OPS. Los costes eléctricos son relativamente altos (en comparación con otros países europeos y del mundo) y actualmente el precio mundial de los combustibles fósiles es excepcionalmente bajo.<sup>26</sup>

<sup>26</sup> El precio de los combustibles marítimos está tradicionalmente alineado con el precio del crudo.

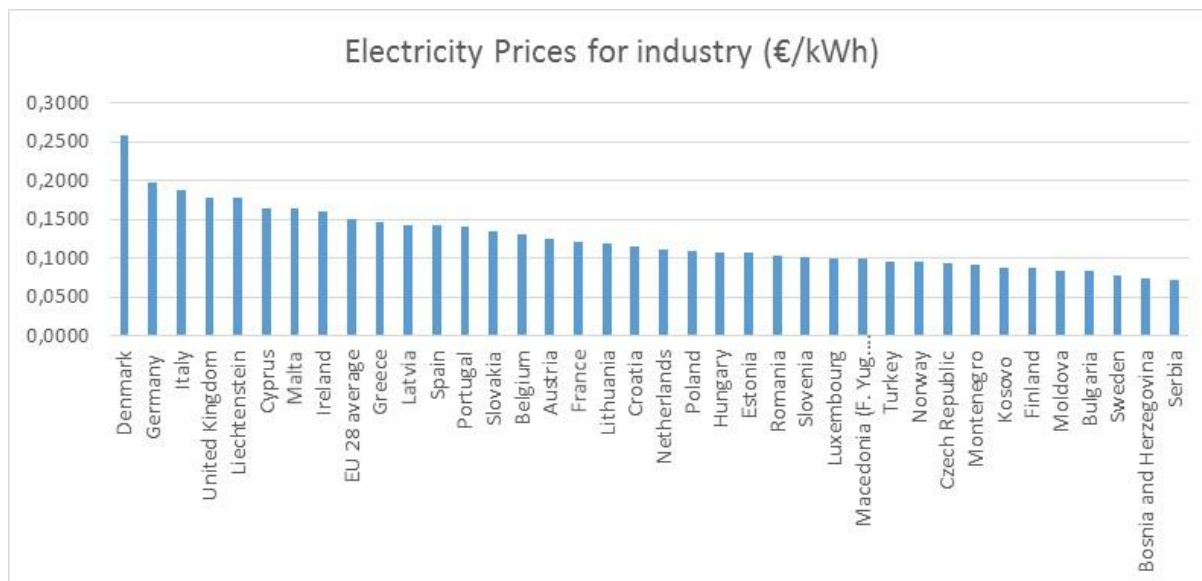


Figura 9.2 – Precios Eléctricos para industria en países europeos (€/kWh) en 2015 (S1) incl. Impuestos y sobrecargos

Fuente: EUROSTAT

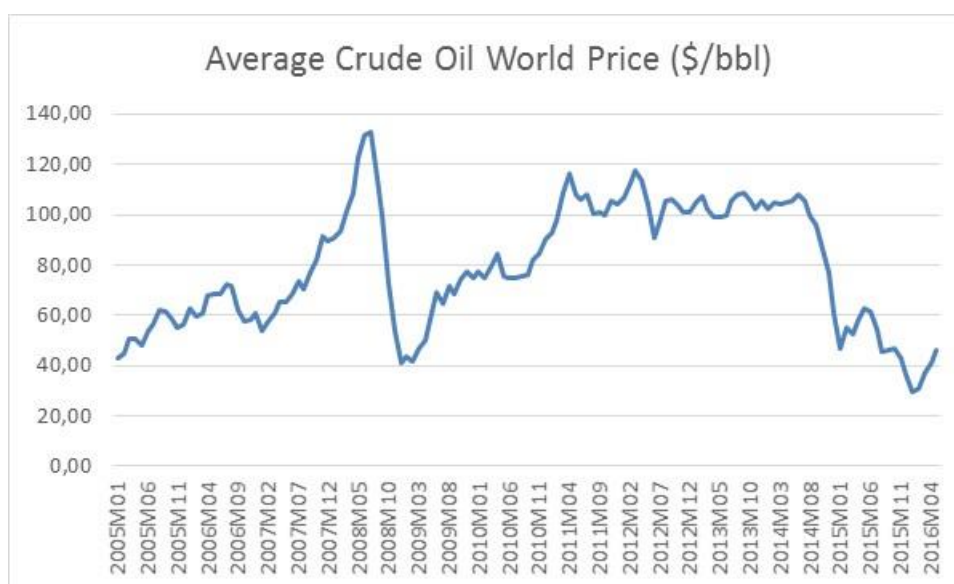


Figura 9.3 – Evolución del precio mundial mensual del crudo (2005 – 2016)

Fuente: Worldbank

Con los precios energéticos actuales no existe un incentivo económico para descartar el uso de MGO en los motores auxiliares. Cambiar al OPS y a la electricidad como fuente energética no solamente requiere una inversión inicial en la infraestructura, sino que aumenta también el coste energético (ver los Business Case en este informe).

- **La incertidumbre de los mercados energéticos mundiales:** existe un problema adicional relativo a los precios energéticos y el ROI de la implementación OPS. La figura sobre el esquema temporal de una inversión en OPS (ver arriba) demuestra claramente que una parte significativa de los flujos económicos de una inversión en OPS se desplaza a un futuro

potencialmente lejano (igual a la vida útil de la infraestructura OPS). Por ello, los precios energéticos relativos (coste del MGO vs la electricidad) determinan si hay un retorno positivo de la inversión y su magnitud.

Desafortunadamente, predecir los precios energéticos es una actividad altamente complicada. La Agencia Internacional de la Energía (IEA, con sede en París) cuenta con un equipo de expertos muy aptos y bien formados para hacer predicciones de los precios energéticos en el futuro. Pero sus predicciones de precios energéticos en sus informes anuales<sup>27</sup> se han equivocado con frecuencia. El mercado energético mundial está fuertemente condicionado por los incidentes geopolíticos mundiales, y estos son muy difíciles de predecir (por ejemplo, la crisis y el embargo de Irán, la política de la OPEC, la crisis de Ucrania, etc). Esta inestabilidad e imprevisibilidad de los mercados energéticos mundiales causa una incertidumbre en el retorno de cualquier inversión en OPS y por tanto es una barrera principal para implementar la tecnología OPS.

- **El problema de la financiación:** tal y cual como se indica en el punto anterior, la inversión inicial para instalar un sistema OPS es alta. En el mejor de los casos, el cambio de combustible de MGO a electricidad supone un ahorro en coste combustible cada año, pero su magnitud es pequeña en comparación con la inversión inicial (ver los Business Case de este informe para cifras concretas). Esto significa que el inversor suele tardar varios años o décadas en recuperar la inversión. Esto representa un problema de liquidez. Es necesario reducir ese problema de liquidez con instrumentos de financiación, subvenciones y líneas de créditos especiales. Los programas de apoyo y subvenciones actuales (ver sección sobre las líneas de financiación de este informe) no son suficientes para compensar este problema de liquidez.
- **Las externalidades:** el motivo principal para implementar la tecnología OPS es una reducción de emisión de gases nocivos (tanto referente al efecto invernadero como a la salud de la población) y la reducción de ruido. Sustituir los motores auxiliares y el consumo de MGO en puerto por el suministro energético desde la red eléctrica terrestre reduce el nivel de emisiones. La magnitud de este efecto depende del mix energético y el nivel de emisiones de las tecnologías de generación eléctrica. En nuestro análisis del sector eléctrico español, identificamos el siguiente potencial de reducción de gases emisores peligrosos para el OPS.<sup>28</sup>

---

<sup>27</sup> Ver los “World Energy Outlook” anuales de la IEA: <http://www.worldenergyoutlook.org/>

<sup>28</sup> Este potencial de reducción de gases emisores se calcula por la diferencia de emisiones entre el status quo (motores auxiliares MGO) y la alternativa (el OPS).

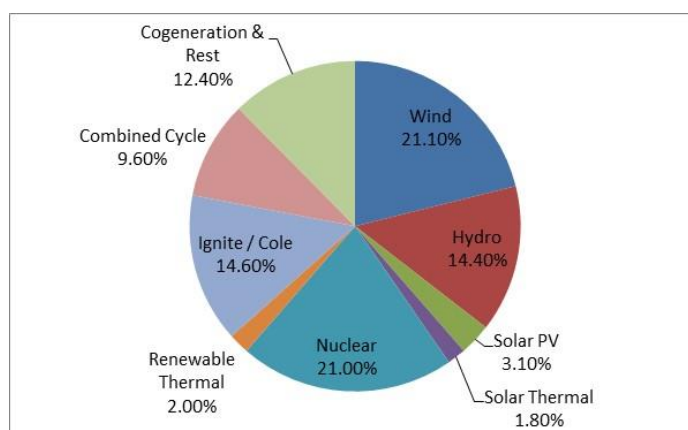


Figura 9.4 – Mix eléctrico Español. Fuente: REE.

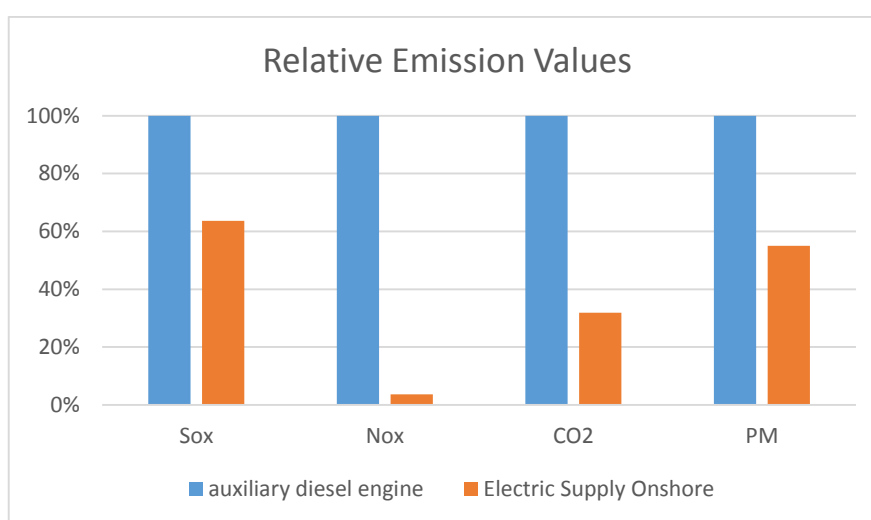


Figura 9.5 – Reducción de emisiones debido al OPS (Fuente: elaboración propia).

La figura arriba indica claramente el potencial de reducción de emisiones de la tecnología OPS. Las emisiones debidas a ambas opciones se pueden definir como una “externalidad”. Una externalidad se define como una consecuencia de una actividad que el actor causante no considera en sus decisiones. En este caso concreto, las emisiones son detrimentos a la salud de la población y el medioambiente. Pero el actor causante no considera esas consecuencias; no las “internaliza”.<sup>29</sup>

Una forma de alinear el comportamiento del causante con el interés social sería imponer un coste de las emisiones. De esta manera se podría recompensar a los afectados por las emisiones y aún más importante, el causante de las emisiones tiene un incentivo para reconsiderar sus decisiones. A la hora de decidir qué tipo de suministro energético a buques elegir, las emisiones sí serían un factor a considerar por el naviero y de esta manera se “internalizaría la externalidad”.

En la actualidad no hay muchos instrumentos que obligan al operador de un buque a internalizar las emisiones. Solamente existe una normativa que concede una reducción del 50% del coste de atraque en el caso de conexión a un sistema de suministro energético desde

<sup>29</sup> Otra forma de describirlo sería que las emisiones son gratis para el causante. No asume responsabilidad de las consecuencias de las emisiones, por lo que no le importa las emisiones que está realizando.

tierra (en vez de usar los motores auxiliares y el MGO); la emisión en sí todavía sigue sin gravar. La falta de instrumentos para desincentivar las emisiones es una barrera para la implementación de cualquier nueva tecnología de reducción de emisiones y por lo tanto también lo es para la tecnología OPS.

- **La falta de interés:** como último punto incluimos aquí una barrera identificada durante el desarrollo del estudio. Hay un interés reducido en las tecnologías de suministro energético a buques en puerto por parte de las navieras y armadores. Debido, a este desinterés es muy difícil motivar a estos actores para que participen en un proyecto de OPS.

Este desinterés está vinculado directamente con varios de los factores mencionados anteriormente en este apartado como, por ejemplo, el precio eléctrico alto y la baja rentabilidad. Otro factor es que algunos actores del sector naval ven el OPS incompatible con la implementación del gas natural como combustible marítimo. Esta última percepción no es enteramente correcta, dado que durante las siguientes décadas habrá todavía mucho stock de buques existentes cuya adaptación al gas natural (licuado) tendría que realizarse mediante retrofit. En este caso, el retrofit se limitaría a los motores principales, de modo que sería necesario un sistema de suministro energético (eficiente y de bajo impacto medioambiental) para consumos en puerto. Además, un sistema OPS es la única solución que realmente desplaza la contaminación de los puertos (y en consecuencia, también de las concentraciones urbanas).



## 10 Propuesta de medidas



Las medidas descritas en este apartado están relacionadas con las barreras identificadas en el capítulo anterior. Gran parte de las medidas están diseñadas para anular esas barreras.

1. **Adscripción más estable de buques a rutas:** las navieras suelen cambiar y ajustar las rutas de sus buques anualmente. Existen pocas rutas realmente permanentes. Esto complica la implementación de OPS porque no es posible fijar una pareja buque – puerto a largo plazo. Para aliviar la problemática se recomienda hacer una planificación de la asignación de buques a rutas con mayor horizonte temporal, por lo menos para las rutas más previsibles.<sup>30</sup> De esta manera, sería más fácil encontrar unas demandas energéticas en los puertos permanentes y rutinarios.<sup>31</sup>
2. **Estandarización técnica:** existe en la actualidad una dispersión elevada en relación a los detalles técnicos y eléctricos de los buques. Hay sistemas eléctricos a bordo de 400 o 440 V, a 50 Hz o 60 Hz, etc. Esta variabilidad complica la planificación y encarece el presupuesto de cualquier proyecto OPS.

Adicionalmente, no existe ningún estándar o recomendación referente a la ubicación de las tomas de contacto eléctrico a bordo. Algunos buques tendrían el contacto por babor y otros por estribor, algunos más hacia la popa y otros más hacia el centro del buque. Esto resulta en la necesidad de sistemas de manejo de cables muy flexibles, móviles (y caros) para poder extender el contacto del cable de conexión exactamente adonde cada buque lo requiera.

Haría falta una coordinación central, por ejemplo, por parte de la Organización Marítima Internacional, que haga recomendaciones simples sobre voltaje y frecuencia eléctrica y la ubicación de tomas de contacto para distintos tipos de buque (según mercancía y eslora, por ejemplo). De esta manera, existiría un estándar global que los ingenieros navales podrían usar de punto de partida para planificar buques y sistemas OPS.

3. **Certificación energética de buques:** uno de los mayores problemas que paraliza la implementación de sistemas de suministro energético a buques en puerto es el problema de principal – agente en el tráfico marítimo. El problema consiste en que el armador (dueño) del buque tendría que asumir el coste de la instalación de equipos de conexión a bordo, mientras la naviera (operadora) del buque es el actor que tendría que trabajar con este sistema y asumir los costes operacionales. Esto crea una situación de incentivos adversos en la cual no hay interés en invertir en el sistema OPS desde el lado buque.

El problema se reduciría si el armador pudiera pedir un coste de flete mayor si el buque dispone de tomas de contacto eléctrico. Y también si la naviera pudiera tener el incentivo de asumir un coste de flete mayor para un buque con tomas de contacto, porque esto le daría una mejor imagen pública y/o le reduciría el coste energético en puerto.<sup>32</sup>

---

<sup>30</sup> Ciertas rutas de ferries, p.e. Barcelona – Palma se puede considerar como líneas viables a largo plazo. Es lógico asumir que esta ruta tendrá demanda para 10 o 20 años. Debería ser posible asignar un buque concreto que opere esta ruta a largo plazo.

<sup>31</sup> No hay duda que una planificación exacta a largo plazo no es posible para todas las rutas. Para agilizar unos primeros proyectos de OPS sería suficiente tener más certeza para algunas pocas rutas y buques.

<sup>32</sup> En este informe identificamos el hecho de que sea más caro un sistema OPS que el MGO constituye una barrera fundamental a superar.

Una medida para alinear los intereses e incentivos de navieras y armadores sería una evaluación o puntuación de eficiencia energética de los buques en la cual mejore la puntuación la existencia de tomas de contacto eléctrico. Dado que los buques ya están inspeccionados técnicamente por las clasificadoras, este ejercicio podría ser asumido por las clasificadoras con un esfuerzo adicional relativamente bajo.

4. **Medidas relacionadas con la reducción de costes eléctricos:** la mayor barrera para la implementación de sistemas OPS es el alto precio eléctrico. En el capítulo 9 se demostró claramente que el precio eléctrico en España es uno de los más altos en Europa. Además, los Business Case demuestran que, con los precios españoles actuales, no hay ningún incentivo económico para aquella naviera que use el OPS en vez del MGO como fuente de suministro eléctrico en puerto. Para que el OPS tenga futuro, hay que conseguir una reducción de los precios eléctricos.

Se identificaron las siguientes medidas para conseguir una reducción de la tarificación eléctrica:

- A. Normativa: aplicar la directiva 2003/96/EC para el coste eléctrico de los sistemas OPS para que el impuesto especial sobre la electricidad (5,11%) y el acceso de peaje no sean aplicados a sistemas OPS<sup>33</sup>. En la figura de abajo se detallan los componentes del precio eléctrico final para los distintos casos analizados en el informe. La barra roja representa la parte variable del acceso de peaje, la barra azul la parte fija (por potencia) del acceso del peaje. El impuesto especial sobre la electricidad está en turquesa.

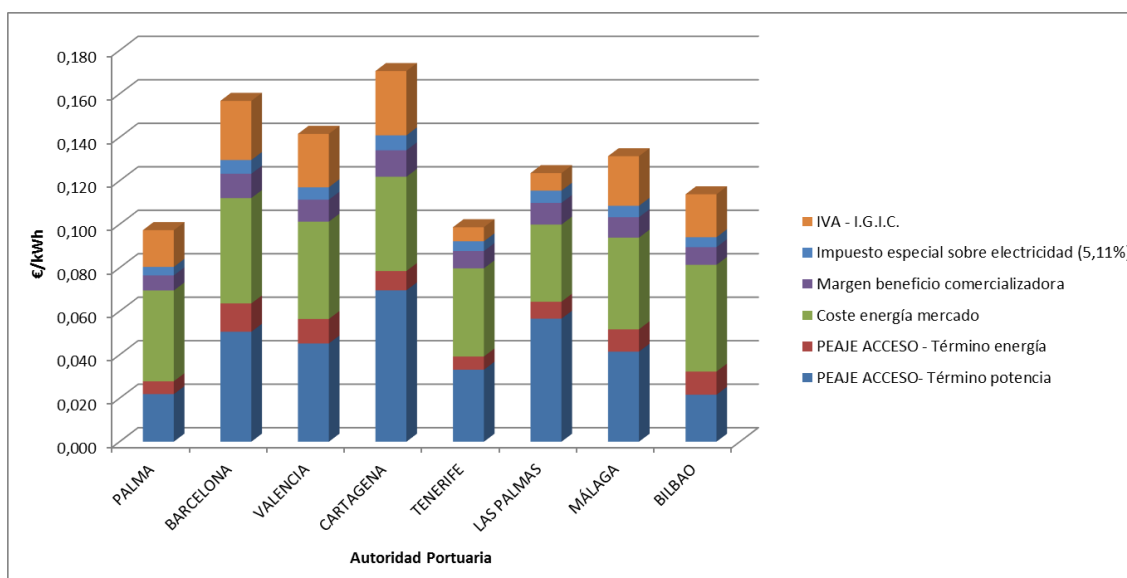


Figura 10.1 - Componentes de la tarifa eléctrica de business cases seleccionados (Fuente: elaboración proia).

- B. Crear una entidad central de gestión de compra eléctrica para los puertos españoles. De esta manera sería posible agrupar, coordinar y gestionar los consumos eléctricos de los puertos españoles de una manera centralizada y coordinada. Esto mejora la posición de negociación, y posiblemente se conseguirían mejores condiciones económicas.

<sup>33</sup> La directiva 2003/96/EC ya ha sido aplicada en el caso de Suecia (ver comunicado 2014/725/EU).

C. Normativa: Actualmente la emisión de gases peligrosos en puerto es gratis. Los buques que usan el motor auxiliar en puerto no pagan por la emisión del MGO consumido. La ventaja del OPS (u otra fuente energética más limpia) es que se reducen las emisiones en el puerto (y en consecuencia, también en las proximidades de los centros urbanos). Por añadidura, el OPS reduce los niveles de ruido. Esta ventaja debe materializarse económicamente, para que la naviera lo tenga en cuenta<sup>34</sup>.

Un impuesto a las emisiones en puerto podría alinear los incentivos para las navieras (la entidad que genera las emisiones) con el interés social (calidad del aire y la salud humana). De esta manera, una imposición de emisiones no bajaría el precio eléctrico para el sistema OPS, pero afectaría los precios relativos en favor del sistema OPS.

5. **Medidas relacionadas con la reducción de costes de inversión:** otra barrera para el OPS es la de los elevados costes de construcción. Eso conlleva problemas de rentabilidad, liquidez e incertidumbre (ver capítulo 9, en el que se analiza esto en detalle). Se identifican las siguientes medidas para reducir los costes de inversión / construcción de los sistemas OPS.

A. Ayudas públicas: la Unión Europea manifiesta claramente su deseo de incentivar la implementación de sistemas limpios para suministrar energía a buques en puerto. Ya existen varios programas de financiación (subvenciones y créditos especiales; ver Anexo 2). Estos programas pueden ser el impulso decisivo para la rentabilidad de los sistemas OPS. Un aumento de programas de ayudas mejoraría las posibilidades de implantar sistemas de suministro energético en puertos.

B. Estándares tecnológicos (ver punto anterior): Estandarización de los sistemas eléctricos de los buques (Frecuencia, Voltaje y ubicación de la tomas de conexión) ayudaría a reducir los costes de inversión, porque reduce la complejidad y la cantidad de los equipos eléctricos necesarios.

C. Planificación centralizada: una planificación centralizada de la implementación de OPS –en la misma línea que el enfoque de este informe– podría producir sinergias en la planificación e implementación de proyectos en varios puertos y buques. Además, sería posible negociar un contrato de construcción con la empresa instaladora por economía de escala.

6. **Mejorar información ex ante – Análisis multidisciplinario:** tal y como se demuestra en este informe, los requisitos de datos e información son elevados a la hora de preparar un proyecto de OPS de una manera rigurosa. Hace falta analizar los aspectos técnicos, operacionales, logísticos, legislativos (incluidos los programas de financiación), y económico-financieros. Todos estos elementos son fundamentales para identificar y encontrar los casos más aptos para la implementación de sistemas de suministro, asegurar la viabilidad y optimizar la rentabilidad económica. Es imprescindible que cualquier proyecto de implementación de OPS empiece por un análisis detallado y riguroso similar al análisis del presente informe. Es preciso

---

<sup>34</sup> Esta problemática se define como una “externalidad” en la ciencia económica (Ver capítulo 9).

analizar todos los aspectos de manera conjunta para tener la información completa y necesaria para la toma de decisiones.

7. **Desarrollo de un modelo de negocio:** entre todos los agentes afectados por una implementación de OPS debería haber una coordinación y cooperación para desarrollar un modelo de negocio. Esto incluye empresas del sector eléctrico, autoridades portuarias, armadores y navieras, y posiblemente más actores (asesores especialistas, administraciones públicas, etc). Todos estarían afectados por el sistema de OPS de alguna manera u otra. Por ello se deberían coordinar para desarrollar el modelo de negocio.  
No obstante, esto no es así en la actualidad. Muchas empresas eléctricas y el sector marítimo opinan que la implementación de sistemas OPS es asunto de las autoridades portuarias; y las mismas autoridades portuarias muchas veces no tienen el interés en operar el sistema. Esto crea un vacío de responsabilidades y dinamismo que paraliza la implementación de sistemas de suministro energético a buques en puerto. Desde INOVA Labs hemos elaborado un esquema orientativo que podría ayudar a dinamizar los proyectos de implementación de sistemas energéticos en puertos:

#### **Guía para el desarrollo de un proyecto de instalar un sistema de suministro eléctrico para buques en puerto.**

Para solucionar la falta de coordinación proponemos una estructura organizativa para la implementación de OPS con el fin de mejorar la coordinación entre los agentes interesados y llegar a un modelo de negocio viable. Estructuramos esa metodología de la manera siguiente:

1. Todos los entes interesados y afectados por una implementación OPS deberían juntarse y acordar que les interesa estudiar / planificar la implementación de OPS en el ámbito en cuestión. Eso engloba por lo menos a aquellos agentes identificados arriba (el compromiso de navieras / armadores de mantener los buques objeto del proyecto en líneas permanentes es una condición clave para asegurar una pareja muelle – buque a largo plazo.)
2. Los agentes deberían estudiar la viabilidad operacional, técnica, y financiera de la solución OPS en cuestión. Este análisis debería determinar los siguientes detalles:
  - Evaluar la normativa (local) en vigor.
  - Identificar parejas de buques y muelles.
  - Evaluar y confirmar la viabilidad operativa y técnica de instalar el sistema de la manera planificada.
  - Identificar la posibilidad de financiación y subvención.
  - Evaluar el impacto medioambiental (emisiones) y de ruido.
  - Analizar el detalle económico-financiero (costes de inversión en puerto y buque, costes de suministro eléctrico, comparativo coste MGO vs electricidad).De esta manera estaría disponible toda la información necesaria para que cada uno de los entes involucrados pueda decidir si le interesa participar en el proyecto.
3. Desarrollar el modelo de negocio.
  - Decidir quién se encarga de la inversión de los sistemas OPS.

- Decidir quién es el operador del sistema (una entidad nueva o externa; un nuevo consorcio en la cual participan todos o algunos de los agentes etc).
  - Cuánto se cobra por el servicio OPS. Qué parte de esos ingresos pasarían a los inversores de la infraestructura y bajo qué esquema (precios de servicio OPS, alquiler de los equipos OPS etc).
4. Comprobar la rentabilidad financiera.
- Cada uno de los agentes comprueba la rentabilidad financiera de su participación.
  - Si todos los agentes evalúan su participación de manera positiva, se puede proceder a la realización del proyecto.

Resumimos esa estructura para desarrollar un modelo de negocio en la figura abajo.

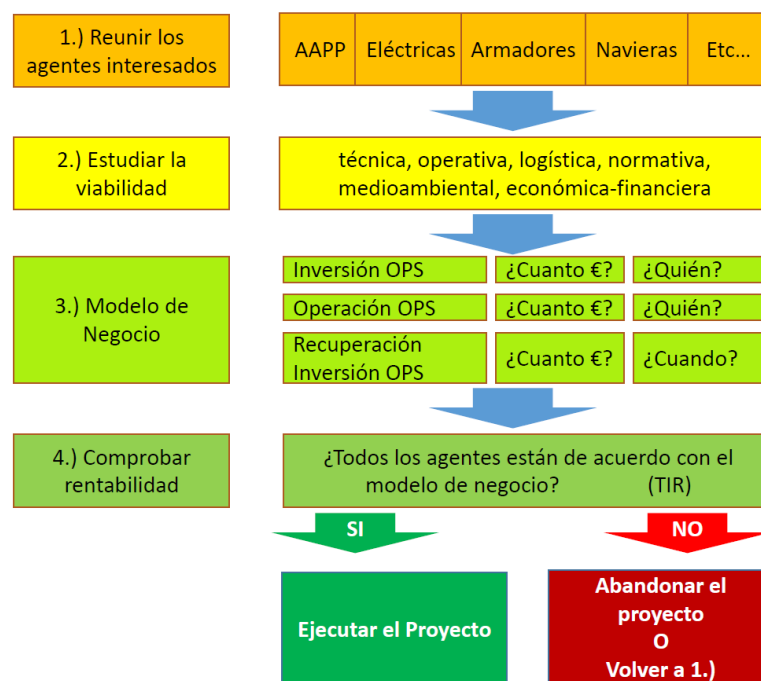


Figura 10.2 - Esquema recomendado para preparación de proyectos OPS y modelo de negocio. Fuente: InovaLabs

Es aconsejable contar con el apoyo de empresas externas especializadas en estudios de viabilidad y definición del modelo de negocio para cada caso de actuación. Inova Labs puede ser una empresa adecuada para este tipo de rol en la implementación de OPS en los puertos españoles.



## 11 Bibliografía

### Fuentes Propias:

- Estudio OPTIMOS: *Estudio del uso de combustibles limpios y sistemas con bajo contenido de azufre en la Autopista del Mar entre Vigo y Nantes Saint-Nazaire*. Co-financiado por la Unión Europea en el marco del proyecto ATLANTICA OPTIMOS (2013-EU-21009-P).
- Proyecto TEFLES: *Technologies and Scenario Models for Low Emissions Short Sea Shipping*, cofinanciado por la Unión Europea dentro de FP7 – THEME 7 – Transport (Grant Agreement Number 266126).
- Proyecto GPEC (Green Port Energy Center): FEDER – ININTERCONECTA 2013.

### Publicaciones:

- Trozzi, Carlo (2010); *Emission estimate methodology for maritime navigation; Co-leader of the Combustion & Industry Expert Panel - Task Force on Emission Inventories and Projections, under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution*.
- Ericsson, Patrik; Fazlagic, Ismir (2008); *SHORE-SIDE POWER SUPPLY. A feasibility study and a technical solution for an on-shore electrical infrastructure to supply vessels with electric power while in port*; Department of Energy and Environment, Division of electric power engineering, Masters program in Electric Power Engineering, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden, 2008, pp53, pp 46
- AEA Technology Environment (2005), Damages per tonne emission of PM<sub>2.5</sub>, NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, and VOCs from each EU25 Member State (excluding Cyprus) and surrounding areas.
- Alternative Maritime Power Supply Manufactured by Cavotec Specimas.
- Knox, Robert; Inkster, James A. 1968. Postdecision Dissonance at post time. *Journal of Personality and Social Psychology*, Vol. 8(4, Pt.1).
- Ross, Stephen A. 1973. The economic theory of agency: The principal's problem. *American Economic Review* 62 (2): 134-139.
- Mitnick, Barry M. 1974. The theory of agency: The concept of fiduciary rationality and some consequences. Unpublished Ph.D. dissertation, Department of Political Science, University of Pennsylvania (Univ. Microfilms No. 74-22,881).
- Ericsson, Patrik; Fazlagic, Ismir. 2008. Shore-Side Power Supply. A feasibility study and a technical solution for an on-shore electrical infrastructure to supply. Chalmers University Of technology. Goteborg, Sweeden.
- Schmit, H-E. (2006) SIHARBOR-Shoreside power supply for ships to reduce pollutant emissions. [Presentation] Siemens.
- Beerman, N., Höltkemeier, K. 2014. Case Study Onshore Power Supply Facility at the Cruise Terminal Altona in Hamburg. Hafen Hamburg Marketing e.V., [www.ten-tans.eu](http://www.ten-tans.eu), financed by the European Regional Development Fund.
- Port of Gothenburg 2012. Preconditions for connecting ships to Onshore Power Supply in the Port of Gothenburg. En colaboración con ABB Suecia y Ramböll Sverige AB.

## Legislación:

Real Decreto Legislativo 2/2011 por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante.

Ley 36/2014. Presupuestos Generales del Estado para 2015.

Ley 48/2015. Presupuestos Generales del Estado para 2016.

Orden IET/2735/2015 por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2016 y se aprueban determinadas instalaciones tipo y parámetros retributivos de instalaciones de producción de energía eléctrica.

Orden IET/2444/2014 por la que se establecen los peajes de acceso de energía eléctrica para 2015.

Real Decreto 1164/2001, por el que se establecen las tarifas de acceso a las redes de transporte y distribución de energía eléctrica.

Ley 24/2013 por la que se regula el sector eléctrico (incluyendo la producción de energía eléctrica).

Orden IET/107/2014 sobre las restantes categorías de peajes de acceso de alta tensión, con excepción del peaje 6.1 B.

## Recursos Web:

- Bunkerworld.com
- <https://www.esios.ree.es/es>
- <http://www.apxgroup.com/>
- <http://www.iclg.co.uk/practice-areas/environment-and-climate-change-law/environment-and-climate-change-law-2016/sweden#chaptercontent2>. (referente a los juicios medioambientales de Suecia)
- Páginas web de las autoridades portuarias españolas
- [Consulta](#) del coste de generación de energía eléctrica (€/KWh): <http://www.omie.es/inicio>
- <http://www.worldenergyoutlook.org/>
- Worldbank (Commodity Price Database)
- Eurostat
- WPCI, World Ports Climate Initiative ([ops.wpci.nl](http://ops.wpci.nl))



## Facilitados por Puertos del Estado y las Autoridades Portuarias:

- ORGANISMO PÚBLICO PUERTOS DEL ESTADO
  - *‘Suministro de electricidad a buques en atraque en los puertos de interés general (“cold ironning” ó shore side electricity-SSE): Avance del estado de la situación actual* Diciembre 2015.
- AUTORIDAD PORTUARIA DE BALEARES:
  - ISDEFE (Febrero 2009), *“Proyecto Básico de Instalación de una Red Eléctrica de Suministro a Ferries en el Puerto de Palma de Mallorca”*.
- AUTORIDAD PORTUARIA DE BARCELONA:
  - Gas Natural, INCOTEC (Mayo 2009), *“Projecte per a la connexió i subministrament elèctric terrestre de la flota de transbordadors i creuers que opera al Port de Barcelona”*.
  - Gas Natural (Agosto 2009), *“Valoración estimada de la inversión para la alimentación eléctrica en 11 kV a transbordadores en el Puerto de Barcelona”*.
- AUTORIDAD PORTUARIA DE S.C. TENERIFE:
  - ISDEFE (2014), *“Estudio de viabilidad del proyecto de suministro eléctrico a buques en el Puerto de Santa Cruz de Tenerife”*.
  - ISDEFE (2014), *“Anteproyecto de una instalación eléctrica de suministro a buques en los muelles Ribera I y Pantalán de Anaga del puerto de Santa Cruz de Tenerife”*.
- AUTORIDAD PORTUARIA DE VALENCIA:
  - Grau Ortega, Arturo (2010), *“Análisis de viabilidad de suministro eléctrico a buques atracados en el puerto de Valencia”*.