



# REPORTE DE RESULTADOS

JUNIO DE 2021

**ASISTENCIA TÉCNICA PARA  
LA DETERMINACIÓN DE  
CRITERIOS DE VALORACIÓN  
TÉCNICOS ASOCIADOS AL  
SERVICIO DE SUMINISTRO DE  
ENERGÍA ELÉCTRICA A  
BUQUES MEDIANTE  
SISTEMAS OPS**

**REGISTRO DE VERSIONES**

<b>Fecha</b>	<b>Nombre Versión</b>	<b>Descripción</b>	<b>Elaborado</b>	<b>Revisado</b>	<b>Aprobado</b>
31/05/2021	Rev A	Primera Versión	CMA	JLG	JEE
11/06/2021	Rev B	Versión Revisada	CMA	JLG	JEE



**TABLA DE CONTENIDOS**

- 1. INTRODUCCIÓN ..... 1**
  - 1.1. Motivación del Proyecto ..... 1
  - 1.2. Objetivos de la Asesoría ..... 1
  - 1.3. Metodología de Trabajo ..... 2
- 2. ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS OPS ..... 4**
  - 2.1. Marco General y Antecedentes de los Sistemas OPS..... 4
  - 2.2. Master Plan de OPS para los Puertos Españoles ..... 6
  - 2.3. Estudios de Viabilidad de Implementación de Sistemas OPS..... 7
    - 2.3.1. Puerto de Castellón ..... 7
    - 2.3.2. Puerto de Málaga ..... 9
    - 2.3.3. Puerto de Vigo ..... 10
    - 2.3.4. Puerto de Santander..... 11
  - 2.4. Proyectos de Infraestructura Eléctrica para Conexión de los Buques a Tierra ..... 12
    - 2.4.1. Puerto de Palma de Mallorca ..... 12
    - 2.4.2. Puerto de Santa Cruz de La Palma ..... 13
  - 2.5. Otros Proyectos de Interés para la Asesoría ..... 15
    - 2.5.1. Concept Papers EMSA ..... 15
    - 2.5.2. Cold Ironing en Canarias..... 23
    - 2.5.3. Shore-Side Power Supply – Chalmers..... 25
    - 2.5.4. PEMA: Best Practices in Port Operations for Shore Connection ..... 26
    - 2.5.5. British Ports Association: Examining the Barriers to Shore Power ..... 31
- 3. DETERMINACIÓN DE LOS CRITERIOS TÉCNICOS DE CALIDAD ..... 35**
  - 3.1. Análisis de los Componentes de una Instalación OPS en Puerto ..... 35
    - 3.1.1. Tipos de sistemas y características principales de cada uno ..... 36
    - 3.1.2. Principales elementos de una instalación OPS: ..... 38
  - 3.2. Estudio de los Criterios Técnicos de Calidad ..... 46
    - 3.2.1. Criterios Mínimos Exigibles ..... 47
    - 3.2.2. Criterios Valorables ..... 52
  - 3.3. Descripción, Justificación y Escala de Valoración de los Criterios Seleccionados ..... 58
    - 3.3.1. Componentes y materiales de la solución OPS ..... 58
    - 3.3.2. Sistemas de Control ..... 71
    - 3.3.3. Cajas de Conexión y Equipos de Gestión de Cable ..... 74

3.3.4.	Puesta en Marcha, Ajustes y Operativa del Sistema .....	78
<b>4.</b>	<b>METODOLOGÍA DE PONDERACIÓN DE CRITERIOS DE CALIDAD .....</b>	<b>80</b>
4.1.	Análisis de Resultados y Propuesta de Ponderación .....	80
4.1.1.	Propuesta Generalista .....	80
4.1.2.	Adaptación a Propuestas Específicas.....	82
<b>ANEXO I.</b>	<b>PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS EN LAS SUBCATEGORÍAS.....</b>	<b>84</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Ejemplos de dos brazos de conexión de sistemas OPS en Terminal. ....	1
Figura 2.	Izda: Dispensador a bordo en un portacontenedores (Fuente: Schneider) y, Dcha: Sistemas de Conexión en Muelle para Buques GNL (Fuente: ABB).....	5
Figura 3.	Izda: Sistema de conexión con grúa fija, y dcha.: carros de conexión con arquetas distribuidas en muelle. Fuente: Autoridad Portuaria de Castellón.....	8
Figura 4.	Ejemplo de las cajas de conexiones en el muelle para los cables de a bordo. Fuente: Autoridad Portuaria de Vigo.....	10
Figura 5.	Ejemplo de los diagramas de las configuraciones A, B, C, D y E. Fuente: EMSA Concept Paper 1.....	16
Figura 6.	Ejemplo de los diagramas de las configuraciones J, K y L. Fuente: EMSA Concept Paper 1. ....	17
Figura 7.	Diagrama de la estandarización y regulación de los proyectos OPS. Fuente: Concept Paper 2. ....	18
Figura 8.	Flujograma Operativo para la Conexión OPS, hasta el análisis de compatibilidad. Fuente: Concept Paper 5.....	22
Figura 9.	Configuración típica de un sistema de conexión eléctrica para suministro a buques. Fuente: puertos.es.....	24
Figura 10.	Configuración en tierra para el sistema de suministro energético a buques del caso de estudio. Fuente: Chalmers Technological University. ....	26
Figura 11.	Funciones obligatorias de seguridad para ser implementadas en los sistemas OPS. Fuente: PEMA-IP11 Shore-Connection Regulatory Development. ....	30
Figura 12.	Esquema de una conexión tierra-barco según recomendación de la Unión Europea 2006/339/EC. ....	35
Figura 13.	Tabla resumen principales características en los diferentes tipos de sistemas OPS en función de las embarcaciones a alimentar. Fuente: ABB. ....	36
Figura 14.	Representación esquemática simplificada y unifilar propuesto para OPS para cruceros. Fuente: ABB. ....	37
Figura 15.	Representación esquemática simplificada y unifilar propuesto para OPS para portacontenedores. Fuente: ABB. ....	37
Figura 16.	Representación esquemática simplificada y unifilar propuesto para OPS para Ro-Ro y Ferries. Fuente: ABB. ....	38
Figura 17.	Esquema del sistema de convertidor en media tensión y alcance del suministro habitual. Fuente: ABB. ....	39



Figura 18.: Subestación para portacontenedores de hasta 2 MVA con conversión de frecuencia (izquierda); Subestación para cruceros de hasta 12 MVA en 6,6 y 11 kV en el muelle Altona del Puerto de Hamburgo (derecha). Fuente: PEMA ..... 40

Figura 19. Transformadores. (a) Éster vegetal (ORMAZÁBAL) -(b) Seco (ABB) ..... 42

Figura 20. Cajas de conexión. (a) Enterrada (CAVOTEC) -(b) Vertical. Fuente: poweratberth.eu ..... 45

Figura 21. Equipos de Gestión de cable en muelle tipo Fijo (izquierda) y Móvil (derecha). Fuente: PEMA ..... 45

Figura 22. Cajas de conexión móviles que se desplazan a lo largo del cantil sin interferencia con las operaciones de muelle. Fuente: IGUS.es ..... 46

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimientos de potencia en el muelle. Fuente: WPSP ..... 6

Tabla 2. Datos técnicos instalación OPS para cruceros en Málaga. Fuente: Autoridad Portuaria Málaga ..... 9

Tabla 3. Resumen de los valores de referencia para la demanda de potencia. Fuente: Concept Paper 3. .... 21

Tabla 4. Fuente: Características de la demanda energética en muelle, según tipo de buque. Fuente: Concept Paper 3..... 21

Tabla 5. Requerimientos estándar para conexión a buques. Fuente: IEC/IEEE80.005-1. .... 28

Tabla 6. Costes estimados para los elementos de un proyecto OPS. Fuente: British Ports Association. .... 34

Tabla 7. Características de proyectos recientemente ejecutados o en previsión de ejecución. Fuente: British Ports Association. .... 34

Tabla 8. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 1. Edificios / habitáculos para equipos..... 48

Tabla 9. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 2. Canalizaciones y soleras. .... 48

Tabla 10. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 3. Conductores eléctricos. .... 49

Tabla 11. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 4. Transformadores. .... 49

Tabla 12. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 5. Celdas de protección en media tensión. .... 50

Tabla 13. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 6. Cuadros eléctricos de protección en baja tensión. .... 50

Tabla 14. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 7. Convertidores de frecuencia. .... 51

Tabla 15. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 2. Sistemas de Control..... 51

Tabla 16. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 3. Cajas de conexión y equipos de gestión de cable y Subcategoría 1. Cajas de conexión. .... 51

Tabla 17. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 3. Cajas de conexión y equipos de gestión de cable y Subcategoría 2. Equipos de gestión de cable. .... 51



Tabla 18. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 4. Puesta en marcha, ajustes y operativa del sistema. .... 52

Tabla 19. Criterios valorables para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 1. Edificios / habitáculos para equipos..... 52

Tabla 20. Criterios valorables para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 3. Conductores eléctricos. .... 52

Tabla 21. Criterios valorables para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 4. Transformadores. .... 53

Tabla 22. Criterios valorables para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 6. Celdas de protección en media tensión. .... 54

Tabla 23. Criterios valorables para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 6. Cuadros eléctricos de protección en baja tensión. .... 55

Tabla 24. Criterios valorables para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 7. Convertidores de frecuencia. .... 56

Tabla 25. Criterios valorables para la Categoría 2. Sistemas de control. .... 56

Tabla 26. Criterios valorables para la Categoría 3. Cajas de conexión y equipos de gestión de cable y Subcategoría 1. Cajas de conexión..... 57

Tabla 27. Criterios valorables para la Categoría 3. Cajas de conexión y equipos de gestión de cable y Subcategoría 2. Equipos de gestión de cable. .... 57

Tabla 28. Criterios valorables para la Categoría 4. Puesta en marcha, ajustes y operativa del sistema. .... 58

Tabla 29. Jerarquía de ponderaciones para las cuatro categorías principales..... 80

Tabla 30. Jerarquía de ponderaciones para subcategorías dentro de la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS. .... 81

Tabla 31. Jerarquía de ponderaciones para la subcategoría dentro de la Categoría 2. Sistemas de control. .. 81

Tabla 32. Jerarquía de ponderaciones para subcategorías dentro de la Categoría 3. Cajas de conexión y equipos de gestión de cable..... 81

Tabla 33. Jerarquía de ponderaciones para la subcategoría dentro de la Categoría 4. Puesta en marcha, ajuste y operativa del sistema..... 81

Tabla 34. Jerarquía de ponderaciones para subcategorías dentro de la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS. .... 82

Tabla 35. Jerarquía de ponderaciones para subcategorías dentro de la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS. .... 83



## ACRÓNIMOS

<b>AMP</b>	<i>Alternative Marine Power – Fuente Alternativa a los Combustibles Marinos</i>
<b>CEF</b>	<i>Connecting Europe Facility – Mecanismo de Conectar Europa</i>
<b>CMS</b>	<i>Cable Management Systems – Sistemas de Gestión del Cableado</i>
<b>GNL</b>	<i>Gas Natural Licuado</i>
<b>HVSC</b>	<i>High Voltage Shore Connection – Conexión en Muelle de Alto Tensión</i>
<b>IEC</b>	<i>International Electrotechnical Commission – Comisión Internacional de la Electrotecnia</i>
<b>IMO</b>	<i>International Maritime Organization – Organización Marítimo Internacional</i>
<b>MAN</b>	<i>Marco de Acción Nacional</i>
<b>OGSP</b>	<i>Off-Grid Shore Power – Suministro Eléctrico a Buque Generado</i>
<b>OPS</b>	<i>Onshore Power Supply – Suministro Energético a Buque de la Red Nacional</i>
<b>RTE-T</b>	<i>Red Trans Europea de Transporte</i>
<b>SSE</b>	<i>Shore Side Electricity – Electricidad desde el Lado Tierra</i>
<b>STS</b>	<i>Ship-to-Shore – Grúas Pórtico de Muelle</i>
<b>WPSP</b>	<i>World Port Sustainability Program – Programa de Sostenibilidad Portuaria Mundial</i>



## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

Las zonas portuarias se han identificado como candidatos prioritarios para fomentar la reducción de emisiones de las ciudades; ahí es donde entra en juego los sistemas de aprovisionamiento de energía eléctrica a buques: OPS (*Onshore Power Supply*).

Dentro del marco de descarbonización de los puertos de España y con vistas a los futuros concursos para seleccionar suministradores de sistemas de OPS, Puertos del Estado requiere disponer de unos criterios de valoración de la calidad de las obras y los equipos.



Figura 1. Ejemplos de dos brazos de conexión de sistemas OPS en Terminal.

En este contexto, OPPE solicita una asistencia técnica para la determinación de criterios de valoración técnicos de la calidad de las instalaciones desde el punto de vista de una Autoridad Portuaria y su ponderación para la futura evaluación de ofertas de proveedores del servicio de suministro de energía eléctrica a buques mediante sistemas OPS.

### 1.2. OBJETIVOS DE LA ASESORÍA

El **objetivo principal** que se plantea con la presente asesoría es el de estudiar y conocer las instalaciones de suministro eléctrico en puerto a buques, por tal de identificar y establecer los criterios de valoración de la calidad y las obras y servicios con vistas a futuros concursos que permitan una posterior selección de empresas suministradoras de sistemas *Onshore Power Supply*.

Para lo cual, se deben alcanzar los siguientes **objetivos específicos**:

- Realizar un análisis de los principales componentes que conforman una instalación OPS, de los antecedentes que influyen en la evolución de dicha tecnología hasta el día de hoy y una revisión de las instalaciones o proyectos en curso de mayor relevancia.
- Estudio y determinación de los criterios de valoración técnica que formarían parte de la evaluación de la calidad de las instalaciones en futuros concursos.



- Propuesta de una alternativa de ponderación de los criterios técnicos de evaluación de la calidad de obras y servicios de una instalación OPS.

### 1.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La metodología propuesta plantea abordar los objetivos que se persiguen con una ejecución de la asistencia en 3 fases diferenciadas y evolutivas, desde un estudio de antecedentes y situación actual, a un análisis de los aspectos técnicos de calidad, hasta una propuesta de ponderación para su evaluación, siguiendo la metodología de gestión integral del proyecto de IDOM:

- **Fase I. Estado del Arte de los Sistemas OPS.**
  - Tareas:
    - Recopilación de los datos de partida por parte de Puertos del Estado.
    - Análisis de documentación de referencia identificada por IDOM.
    - Entrevistas con actores de interés: tecnólogos, suministradores, industriales, etc.
    - Identificación de experiencias y aplicaciones recientes en los Puertos Españoles.
    - Composición del Estado del Arte de una instalación OPS en España.
  - Objetivo: Alcanzar el nivel técnico deseable que permita priorizar componentes y estructuras de una instalación de servicio OPS en los puertos.
- **Fase II. Determinación de los Criterios Técnicos de Calidad.**
  - Tareas:
    - Identificación, selección y caracterización de los criterios mínimos y criterios puntuables, así como recomendaciones generales para la asignación de puntuación en función de sus características. A considerar, las siguientes características:
      - Edificios.
      - Canalización y soleras.
      - Cableados.
      - Transformadores.
      - Convertidores de frecuencia.
      - Cajas de conexión.
      - Equipos de gestión de cables.
      - Conexión a la embarcación.
  - Objetivo: Determinación de los parámetros clave que formarán parte de la evaluación de los futuros concursos de selección de suministradores.
- **Fase III. Metodología de Ponderación de los Criterios Técnicos de Calidad.**
  - Tareas:



- Determinación de la escala de valoración de los criterios.
- Selección de los perfiles y expertos que van a participar en la valoración de criterios.
- Establecimiento de la ponderación de criterios:
  1. Ponderación subjetiva: escala de Likert (1 a 5) para identificar la diversidad.
  2. Ponderación objetiva: método de Fuller. Priorización 1 a 1.
  3. Cuadro definitivo de pesos.
- Objetivo: Matriz final que indica cómo deben ponderar cada uno de los criterios y los aspectos que permiten su evaluación en una escala normalizada.
- **Gestión Integral del Proyecto:**
  - Tareas:
    - Lanzamiento del Proyecto: Interno y Externo.
    - Plan de Trabajo.
    - Recopilación de la Información de Partida.
    - Planificación y Presentación de las Entregas.
    - Comunicación con Puertos del Estado, Gestión de Riesgos y Aseguramiento de la Calidad.
  - Objetivos: Garantizar que se alcanzan las expectativas de Puertos del Estado, de forma acorde a los estándares de calidad de IDOM.

## 2. ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS OPS

### 2.1. MARCO GENERAL Y ANTECEDENTES DE LOS SISTEMAS OPS

El suministro eléctrico en puerto es la opción tecnológica más atractiva para conseguir **cero emisiones locales** y una **mejora** significativa de la **huella de carbono** para la estancia de los barcos en el puerto. Además, conduce a reducciones muy significativas de los **niveles de ruido y de vibración**, lo que beneficia tanto a la población situada en las proximidades a la zona portuaria como a las condiciones de trabajo y de disfrute del mismo barco. No obstante, requiere de inversiones significativas en buques, muelles e incluso pueden ser necesarias mejorar en la red eléctrica del puerto.

Desde el punto de vista normativo, el OPS es una de las opciones incluidas en la Directiva 2014/94/UE cuyo objetivo es el desarrollo de una red de infraestructuras para el suministro de combustibles alternativos. En dicha directiva se fija como fecha límite el 31 de diciembre de 2025 para la disponibilidad de suministro eléctrico en puertos de la red básica transeuropea de transporte (RTE-T). La directiva también fija el marco normativo que deben cumplir las instalaciones, específicamente el cumplimiento de la norma IEC/ISO/IEEE 80.005-1. Es importante destacar que el **suministro eléctrico**, como *bunkering*, es considerado **como servicio portuario** a partir de la transposición del reglamento 2017/352 del 24 de marzo de 2019. Por ello, las Autoridades Portuarias están obligadas a prestar el servicio de OPS si se solicita en ausencia de iniciativa privada.

En el caso del estado español y respecto al OPS, los Marcos de Acción Nacionales (MAN) que desarrollan los objetivos generales incluidos en la Directiva 2014/94 y revisados a finales de 2019, prevén que 5 puertos españoles cuenten con suministro OPS: Melilla, La Luz y Santa Cruz de Tenerife (400 V para *Ferries*), Palma de Mallorca (400/6600 V para *Ferries*) y Pasajes (11 kV para *Car Carriers*). Los MAN también resumen las medidas disponibles, entre las que destaca la vigente bonificación del 50% en la tasa que grava la estadía de los buques atracados en puerto cuando se conectan a red eléctrica. Respecto al apoyo institucional cabe destacar el liderazgo de Puertos del Estado en el proyecto *OPS Master Plan Spanish Port*, financiado por el programa *Connecting Europe Facility* (CEF), de la Comisión Europea, en la que participan 15 socios, incluyendo a tres Autoridades Portuarias (Tenerife, Las Palmas y Baleares) y la naviera Fred Olsen. El proyecto incluye como pilotos la implementación de sistemas OPS en los puertos de Santa Cruz de Tenerife y de Las Palmas (piloto 1), Palma de Mallorca y Barcelona (piloto 2) y el puerto de Pasajes (piloto 3).

En lo que respecta al funcionamiento operativo, se exponen los **subsistemas típicos de una conexión** de electricidad en puerto, según la Recomendación 2006/339/CE, aunque existen otras configuraciones posibles en función del buque y del punto de atraque:

- Conexión a la red nacional que transporta electricidad de 20 a 100 kV desde una subestación local, donde se transforma a un tensión entre 6 y 20 kV.
- Cables de distribución desde la subestación hasta la terminal.
- Conversión eléctrica, en caso de que sea necesario, desde 50 Hz (red) a 60 Hz, para aquellos buques que lo necesiten.
- Cables de distribución de electricidad a la terminal, bajo tierra.

- Sistema de enrollado de cables para evitar la manipulación en alta tensión.
- Conexión a bordo del buque.
- Transformador a bordo del buque, para transformar de alta tensión a 400 V.
- Distribución de electricidad por el buque y apagado de motores auxiliares.

A los equipos enumerados anteriormente habría que añadir un sistema de gestión de cables cuya ubicación, tal y como establece la norma IEC/ISO/IEE 80.005-1, estaría situado en el muelle para la mayor parte de barcos (cruceiros, *ferries* o graneleros), exceptuando los portacontenedores, que deberán llevar el dispensador a bordo.



Figura 2. Izda: Dispensador a bordo en un portacontenedores (Fuente: Schneider) y, Dcha: Sistemas de Conexión en Muelle para Buques GNL (Fuente: ABB).

Cada terminal deberá disponer de un **punto de suministro adaptado** a los requisitos de los buques que atracan. En cada una debe analizarse la disponibilidad de espacio para las instalaciones y su posible interferencia con las operaciones portuarias. En cuanto a la interfaz buque-tierra, se podría optar por sistemas manuales o automáticos, aunque los últimos no abundan fuera de proyectos piloto. En el caso de la conexión manual, el personal del puerto es quien lleva a cabo la conexión. La operación puede durar de 15 a 30 minutos, debido a las comprobaciones de seguridad que es necesario realizar previamente a la conexión o desconexión.

Un aspecto técnico determinante para el diseño del sistema de suministro son las **diferencias de frecuencia** entre la red de suministro y los barcos receptores. En Europa, las redes eléctricas operan a 50 Hz de frecuencia mientras que parte de la flota funciona con una red interna a 60 Hz, siendo el porcentaje de buques que funcionan a una u otra frecuencia altamente dependiente del segmento al que pertenecen. Este hecho obliga a incluir en la instalación un convertidor de frecuencia, que es uno de los elementos más costosos de todo el sistema.

Con respecto a los usuarios potenciales, se puede afirmar que los tipos de buques más interesantes para el suministro OPS son los **cruceiros, los *ferries* y los portacontenedores**. Los *ferries* fueron el primer tipo de embarcaciones en los que se usó el suministro eléctrico desde muelle, fundamentalmente porque este tipo de buques suelen atracar siempre en la misma localización, lo que simplifica en gran medida la instalación del sistema. Por otro lado, los *ferries* suelen hacer servicios de transporte marítimo de corta distancia, con rutas entre pocos puertos, lo que implica realizar un gran número de escalas anuales por puerto. Además, tanto *ferries* como cruceiros, suelen estar localizados en muelles próximos a la ciudad, por lo que el impacto de

estancia en puerto (principalmente emisiones contaminantes y ruidos) sobre los ciudadanos es mayor que en otro tipo de buques.

Las terminales de contenedores suelen necesitar más puntos de conexión, ya que los buques no atracan siempre en la misma posición. Además, el área en el muelle suele estar influenciada por los raíles de las grúas STS, por lo que el espacio disponible se reduce. En cambio, los buques tipo los tanqueros, cruceros o Ro-Ro, suelen atracar en el mismo muelle, además que no hay presencia de grúas, por lo que la conexión es más sencilla.

Las tasas actuales de implantación de OPS muestran un total de 68 puertos alrededor del mundo que cuentan, en menor o mayor medida, con instalaciones OPS. La mayoría de estos puertos se encuentran en Europa, especialmente Bélgica, Países Bajos, Alemania y países bálticos y escandinavos, por tanto, en el mar del Norte y en el mar Báltico. Algunos países mediterráneos, como España, Francia e Italia, también poseen sus primeras instalaciones OPS. En cualquier caso, de las instalaciones existentes, cabe destacar el liderazgo del puerto de Long Beach (Estados Unidos), con 60 MW de potencia instalada para suministro a cruceros, portacontenedores y tanqueros.

Tipo de Buque	Eslora (m)	Demanda Promedio (kW)	Demanda Pico (kW)	Demanda Pico 95% Buques (kW)
Portacontenedores	<140	170	1.000	800
Portacontenedores	>140	1.200	8.000	5.000
Portacontenedores	Todos	800	2.000	4.000
Ro-Ro	Todos	1.500	2.000	1.800
Petroleros	Todos	1.400	2.700	2.500
Cruceros	<200m	4.100	7.300	6.700
Cruceros	>200m	7.500	11.000	9.500

Tabla 1. Requerimientos de potencia en el muelle. Fuente: WSPSP

Para tener una idea de la potencia que se requiere para un sistema OPS, se presentan los requerimientos generales según el WSPSP por tipo de buque y tamaño en la Tabla 1. Las necesidades de potencia tienen un impacto muy representativo en los costes de un sistema OPS y por lo tanto es importante valorar opciones de reducción energética y asesorarse en el nivel de demanda pico antes de diseñar la instalación.

## 2.2. MASTER PLAN DE OPS PARA LOS PUERTOS ESPAÑOLES

En el presente apartado, se realiza una revisión del informe "Medidas para la Dotación de Suministro Eléctrico a Buques en los Puertos de Interés General", elaborado por Inovalabs, bajo la dirección de Puertos del Estado, con fecha de octubre de 2016.

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 a las potencias estimadas de sus correspondientes motores auxiliares. Se proponen trece localizaciones y se analiza en detalle la economía de la operación, recabando información de las partes interesadas. La mayoría de las Autoridades Portuarias opta por sistemas OPS tradicional, expandiendo la red eléctrica terrestre hasta el muelle y proveer la conexión, mientras que algunos de ellos se muestran más

partidarios de sistemas móviles de generación eléctrica *in situ* mediante gas natural. La solución es contenerizada y es factible tanto para un suministro en muelle como desde barcaza.

Las ubicaciones fueron seleccionadas atendiendo a criterios como los siguientes: número y duración de las escalas, tipos de barcos, localización de potencia eléctrica disponible de la red general, cercanía a zonas residenciales, presión social y normativa medioambiental municipal. Complementado lo anterior, se realiza un diseño técnico básico de las instalaciones necesarias. Además, se lleva a cabo un análisis financiero y socioeconómico de la propuesta realizada para cada puerto seleccionado.

Las inversiones en las instalaciones en muelle ascienden a 21,4 M€, a lo que hay que añadir 8,8 M€ para la adaptación de los sistemas eléctricos a bordo.

El documento representa la base para la elaboración de 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.

Además, el estudio representa una iniciativa de interés por parte de Puertos del Estado en aras de fomentar el uso de nuevas tecnologías que minoren el impacto de los puertos en el medio ambiente, que se añade a la modificación que se hizo de la Ley de Puertos por la que se otorgaba una bonificación del 50% en la Tasa T-1 que grava el tiempo de 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. Además, recientemente, cabe destacar nuevas medidas vigentes para la promoción y facilitación del uso de este tipo de instalaciones, tales como la reducción del impuesto sobre la electricidad vigente (5%), al establecimiento del Marco Legal RD Ley 15/2018 para OPS, a la posibilidad de contratación temporal del término de potencia por días u horas, a la subvención al coste de tonelada de CO<sub>2</sub> de la Oficina Contra el Cambio Climático y a la exigencia o valoración en los concursos por públicos para concesión de terminales de las tomas para suministro.

## 2.3. ESTUDIOS DE VIABILIDAD DE IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS OPS

### 2.3.1. PUERTO DE CASTELLÓN

Puerto de Castellón realiza un análisis completo de viabilidad para implantar el sistema OPS. Empleando los datos de atraque del año 2018 y 2019, analiza la demanda potencial, estudia técnicamente la implementación de los sistemas OPS, simula el coste eléctrico y extrae indicadores de rentabilidad del sistema conjunto y, finalmente, valora la reducción de emisiones, ruido y la mejora en eficiencia energética.

Respecto a la procedencia de la energía, el estudio contempla el análisis de 4 alternativas, que dependen del sistema utilizado para proveer la energía a las tomas OPS. Los aspectos más destacados de las opciones se muestran a continuación:

- **OPS Tradicional.** Se realiza la conexión directamente a la red eléctrica terrestre de manera que el buque puede consumirla. La energía debe ser comprada por el Puerto y este a su vez venderla a los buques. Los costes de instalación suelen ser elevados debido a la dificultad de llevar la elevada potencia directamente al muelle. Debido a la elevada potencia necesaria en las tomas, es de prever la necesidad de una ampliación de red que se haría desde una subestación eléctrica existente. Las

ampliaciones de red deben ser solicitadas a la empresa distribuidora de energía eléctrica en la zona. En este caso y en previsión de la elevada demanda, es probable que dicha ampliación se realice en alta tensión y su coste se incremente por encima de los dos millones de euros.

- **OPS Renewable.** Los buques se conectan de igual manera que en las instalaciones OPS tradicionales, pero la energía proviene de una generadores renovables instalados en el muelle. La principal ventaja es que el puerto vende su propia energía a los buques libre de emisiones y puede consumir el excedente, pero por contra esta generación es volátil y su coste inicial elevado. La instalación se estudia en base a una instalación fotovoltaica en 11 cubiertas del puerto. Ante las dificultades para suministrar en periodo nocturno, se recomienda que la energía faltante sea comprada a una comercializadora renovable. Además, el excedente podría ser auto consumido en el puerto o incluso vendido a la red. También se analiza la instalación de energía fotovoltaica en distintas cubiertas del puerto, ya que tendrían potencial suficiente para periodo diurno.
- **OPS Gas Natural.** La energía generada con gas natural lleva asociadas unas emisiones mucho más bajas que la que generan los buques a bordo quemando diésel. La solución plantea una planta prefabricada que aloja un grupo generador y que está conectada a la red de gas de la ciudad (o, en su defecto, con depósitos y suministro vía camión), cuya potencia para las 3 tomas debería situarse en torno a los 15 MW. La planta se ubicaría lo más cerca posible a las tomas de conexión.
- **OPS mediante Barcaza.** Embarcación con potencia de suministro de hasta 12 MW, similar a la que ya existe en el Puerto de Hamburgo para suministrar a cruceros. Al ser una solución móvil, podría suministrar en cualquier punto de atraque, siempre que se encuentre un buque adaptado. El suministro de gas natural a la barcaza se haría mediante camiones desde la terminal gasista de Sagunto.



Figura 3. Izda: Sistema de conexión con grúa fija, y dcha.: carros de conexión con arquetas distribuidas en muelle. Fuente: Autoridad Portuaria de Castellón.

Tras analizar distintas opciones desde puntos de vista técnicos, económicos y ambientales, el sistema OPS recomendado para el Puerto de Castellón estará formado por los siguientes elementos de suministro:

- **1 toma para Ro-Ros**, con grúa en punto fijo. Tensión 11 kV, potencia 4.626 kVA y frecuencias 50 y 60 Hz.

- **1 toma para graneleros**, de tipo móvil con arquetas de conexión y carro, con 3 puntos de conexión. Tensión 6,6 kV, potencia 2.137 kVA y frecuencias 50 y 60 Hz.
- **1 toma para portacontenedores**, de tipo móvil con arquetas de conexión y carro, con 7 puntos de conexión. Tensión 6,6 kV, potencia 7.500 kVA y frecuencias 50 y 60 Hz.

Con respecto al origen de la energía, las alternativas resaltadas son la de **gas natural desde tierra** y la solución de un **OPS tradicional**, gracias a su rentabilidad y madurez, respectivamente. El proyecto descarta la opción de OPS sustentado en energía fotovoltaica, ya que no es rentable y hay que gestionar el suministro en todos los periodos. Se descarta también el suministro energético desde barcaza, al no ser rentable para los atraques del puerto.

### 2.3.2. PUERTO DE MÁLAGA

Dentro del marco del Master Plan de OPS para los Puertos Españoles, la Autoridad Portuaria de Málaga realiza un estudio técnico-económico para la implantación de OPS a los cruceros.

Se trata de un estudio de viabilidad para la conexión eléctrica a cruceros en atraque en el Puerto de Málaga, que define los aspectos técnicos necesarios (ver Tabla 2), analiza los beneficios sociales derivados y estima la viabilidad económico - financiera del proyecto.

Tras analizar los buques con potencialidad para implementación del sistema OPS, así como los muelles con disponibilidad de espacio y características idóneas para su instalación, se determinó que el muelle objetivo sería el atraque denominado "Cruceros Norte" y se seleccionaron los 45 cruceros que habían recalado 139 veces en dicha posición.

Ubicación	Muelle "Cruceros Norte"
Nº cruceros a conectarse	45
Simultaneidad	1
Nº atraques anuales	139
H atraque anuales conectado	1.663 h
Demanda energía anual	12.205 MWh
Potencia en muelle	16 MW
Tensión en muelle	11 kV
Frecuencia de suministro	50/60 Hz

Tabla 2. Datos técnicos instalación OPS para cruceros en Málaga. Fuente: Autoridad Portuaria Málaga

La simultaneidad de 1 se determinó como suficiente. En el caso que se produjese atraque simultáneo de 2 o más cruceros, se conectaría a la red aquel que tenga mayor potencia. En el punto de atraque seleccionado, no hay disponibilidad de una subestación cercana con capacidad para suministrar la energía eléctrica necesaria a los buques, por lo que es necesario trasladar esta energía desde una subestación ubicada en el centro de la ciudad de Málaga (4,7 km de distancia) hasta el muelle y transformar dicha energía eléctrica mediante un transformador dimensionado para la potencia necesaria en el punto de conexión. Para llevar los cables de conexión desde el sistema de acondicionamiento de la energía eléctrica hasta el buque es necesario incluir en la instalación un sistema de manejo de cables en muelle. La opción seleccionada en este estudio de conexión

eléctrica a cruceros en el Puerto de Málaga es la grúa de manejo y elevación de los cables al buque ya que no hay disponibilidad de espacio en el muelle, ni tampoco en el interior para incorporar los cables.

Los beneficios sociales derivados del nuevo sistema son la reducción de emisiones y de ruido por la desconexión de los motores auxiliares y los sistemas de ventilación. El proyecto arroja como resultados una disminución de las emisiones de CO<sub>2</sub> en toneladas del 68% respecto al escenario base y de las emisiones de NO<sub>x</sub> del 96%. En cuanto al impacto acústico, se estima que la eliminación de ruido equivale a 6-10 dB de reducción.

En cuanto al análisis económico, la nueva instalación implicaría una inversión aproximada de 10,2 millones de € (2,6 millones de € para la ampliación de la red eléctrica, 3,6 millones de € para la inversión en los equipos eléctricos y 4,0 millones de € para el sistema de manejo de cables) y un incremento de los costes operacionales anuales del 10%, por lo que la rentabilidad privada sería negativa. No obstante, si se monetizasen las emisiones, se podría obtener la equivalencia a una reducción de los costes operativos del 84% respecto al escenario base de no actuación. Además, hay destacar que dichos buques obtendrían una bonificación del 50% sobre la Tasa T-1, lo que implicaría una reducción en los ingresos de la Autoridad Portuaria de 757 mil € anuales.

### 2.3.3. PUERTO DE VIGO

La Autoridad Portuaria de Vigo evalúa la viabilidad técnica, económica y medioambiental de instalar un sistema de suministro eléctrico a buques en atraque incluyendo una definición de instalaciones en tierra y a bordo, la estimación de los costes fijos y variables asociados a dichas instalaciones y un análisis del balance energético y del impacto ambiental de las emisiones, así como de la contaminación sonora.

Los tráficos idóneos identificados para el proyecto piloto fueron los *ferries* Ro-Ro de la naviera Suardiáz, en particular "L'Audace" y "La Surprise", que operan en el servicio de la autopista de mar entre Vigo y Nantes St. Nazaire. Además de por la frecuencia de las rutas, se identificaron estos barcos por el grado de repetición de atraque ocupado y el grado de ocupación del atraque; por la existencia, localización y características de las instalaciones electromecánicas en los muelles 5 y 6; y por la disposición de la línea naviera para estudiar y adaptar sus buques a la conexión OPS.



Figura 4. Ejemplo de las cajas de conexiones en el muelle para los cables de a bordo. Fuente: Autoridad Portuaria de Vigo.

La solución considerada en el proyecto pasa por instalar dos puntos de conexión a los buques en baja tensión y disponer sendas unidades transformadoras o armarios compactos cerca del muelle de Bouzas donde se baja la tensión desde 15 KV de la red a los 400 V en los que ya se distribuye interiormente por los buques. Esta

solución pasa por mantener el cable de conexión a bordo que será descolgado mediante un carretón automático para su conexión en tierra en las arquetas dispuestas a tal fin.

En cuanto a los resultados del análisis económico, considerando la inversión (total de 1,3 millones de €) a un tipo de interés del 6% amortizable en 10 años, solo en el caso de que se cuente con una subvención del 50% de la Tasa T-1 y se contabilicen los costes externos debidos a las emisiones y a la contaminación sonora, la decisión de instalar y poner en funcionamiento el sistema OPS en Vigo es socioeconómicamente viable.

#### 2.3.4. PUERTO DE SANTANDER

El informe analiza el impacto de la implantación de un sistema OPS en el Puerto de Santander, principalmente destinado a cruceros y *ferries*, tanto desde el punto de vista económico como el medioambiental. Los trabajos del estudio se enmarcan en el proyecto de "OPS Master Plan for Spanish Ports", financiado a través del instrumento financiero CEF y coordinado por Puertos del Estado.

La inversión que se plantea para el Puerto de Santander en infraestructura y equipos tiene el siguiente alcance:

- Estación convertidora. Incluye los transformadores para adecuar la tensión de suministro y se encarga de convertir la frecuencia de los 50 Hz que tiene la red eléctrica de tierra a los 60 Hz que operan los buques. Representa la partida más significativa de inversión.
- Cableado. Obra civil y cables desde la subestación eléctrica a la estación convertidora y aguas abajo entre esta y los puntos de suministro a muelle.
- Equipo de conexionado del cable a buque. Conectores de alta potencia que llegan al barco y que requieren equipos especiales debido al peso y a las distintas posiciones que vayan a ocupar.

La ubicación del punto de instalación será en el Muelle del Almirante, en su extremo norte, pegado a la ciudad, donde se encuentra el punto de atraque para *ferries* y cruceros, en el que principalmente recalán los barcos de la compañía Brittany Ferries, pero que también se espera poder dar servicio a cruceros. Se dimensiona la instalación para poder aportar una potencia nominal máxima de 1.500 kW, de acuerdo al perfil de potencias promedio y máximas de los barcos a los que dio servicio el puerto en 2018.

La estimación de los costes operativos por suministrar OPS a los buques es de 326 mil € anuales, de los cuales, más de 172 mil € corresponden al término de potencia y 137 mil € a la energía efectivamente consumida. La tasa al buque, una vez aplicada la bonificación del 50%, se quedaría en 76 mil € por año. Por otro lado, los costes de inversión en infraestructura ascienden a 1,5 millones de €, a los que habría que adicionar los costes anuales en concepto de mantenimiento. La adaptación de buques se ha estimado en 600 mil €.

Teniendo en cuenta una aportación de 10€/tonelada de CO<sub>2</sub> retirada, según aporte de proyecto Clima, la instalación de OPS significaría para la Autoridad Portuaria un balance negativo de 124 mil € al año y un balance positivo para la naviera de 24 mil € anuales.

## 2.4. PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA PARA CONEXIÓN DE LOS BUQUES A TIERRA

### 2.4.1. PUERTO DE PALMA DE MALLORCA

El documento revisado corresponde al proyecto de ejecución de infraestructura eléctrica en el puerto de Palma para la conexión eléctrica de los buques a tierra, con fecha de junio de 2019. El proyecto define la instalación eléctrica en media y baja tensión para los buques que atraquen en el Muelle de Paraires, justifica las soluciones adoptadas y describe las características generales de la obra.

La red eléctrica de suministro se ha dimensionado teniendo en cuenta la siguiente configuración de buques:

- Buque tipo *ferry*, con una potencia máxima demandada de 1.600 kW, que dispone a bordo de una red de suministro eléctrica trifásica a 400 V a la frecuencia industrial de 60 Hz, con suministro en media tensión a 11 kV.
- Buque tipo *fast ferry*, con una potencia máxima demandada de 800 kW, que dispone a bordo de una distribución eléctrica trifásica a 380 V a la frecuencia industrial de 50 Hz, con suministro en baja tensión a 400 V.

Se considera que la alimentación eléctrica se dará indistintamente a un buque o a otro, pero nunca a ambos de forma simultánea. Por tanto, la máxima potencia demandada por los buques será de 1.600 kW. Así, para cumplir con los objetivos se plantea una ampliación de la potencia existente en esta zona del puerto de manera que permita alimentar a los buques tipo del proyecto, cuya demanda total de potencia asciende a 2.000 kVA.

En esencia, las actuaciones a realizar son las siguientes:

- Nueva línea de distribución subterránea en media tensión de 15 kV a 50 Hz. Transcurre por una zona exterior a los terrenos de dominio de la Autoridad Portuaria. La línea irá desde el punto de entronque o conexión autorizado hasta un centro transformador en puerto y de ahí se dará servicio a los 3 centros de transformación existentes en el muelle, además de uno nuevo a instalar.
- Centro de transformación en edificio prefabricado de hormigón en el Muelle de Paraires. Tendrá dos transformadores de potencia 1.000 kVA, cada uno, CT 50 Hz, con una potencia total instalada de 2.000 kVA.
- Subestación transformadora en edificio prefabricado, situado en el Muelle de Paraires, en las proximidades del centro de transformación anterior:
  - Para el suministro eléctrico a buques en media tensión, se prevé la instalación de convertidores de frecuencia estáticos, con una capacidad de 2.000 kVA, así como un transformador con una relación de transformación de 0,4/11 kV, 60 Hz, que adaptará el nivel de tensión a la red eléctrica de suministro a buques, fijada en 11 kV. Este transformador mantendrá separados galvánicamente a la red eléctrica existente en el puerto con la red eléctrica de suministro a buques. Además, se prevé la instalación de celdas de media tensión de protección de los circuitos de alimentación a los cuadros de tomas del buque. Para todas las operaciones de maniobras de conexión, desconexión y protección del sistema, se dispondrá de la aparamenta adecuada. Con el fin de mejorar la seguridad y operatividad de las maniobras realizadas, el sistema eléctrico de suministro a buques contará con un sistema

de control y monitorización automatizado que permita la conexión externa para la gestión centralizada del puerto. El sistema de tierras de la red de alimentación a buques debe ser independiente, por lo que se instalará una red de tierras específica para esta cuestión.

- Para el suministro eléctrico a buques en baja tensión, se prevé la instalación de un transformador de potencia trifásico de 1.000 kVA, con una relación de transformación de 0,4/0,4 kV 50 Hz. Su función es la de cambiar la distribución del neutro, pasando a ser de un sistema de distribución de neutro aislado, IT, y permitir elevar el nivel de tensión en baja tensión, para poder así compensar las caídas de tensión producidas en los circuitos de salida, que alimentan las cajas de conexión. Además, el transformador a instalar permite mantener separados galvánicamente el buque conectado y la red eléctrica existente en el puerto. También, se prevé la instalación de un cuadro general de distribución en baja tensión, para la protección de los circuitos de alimentación de los cuadros de tomas de buque.
- Líneas subterráneas en media tensión, para 50 ó 60 Hz. Dos circuitos para atender a la caja de conexión dispuesta en el atraque noreste.
- Líneas subterráneas en baja tensión para 50 Hz. Cinco circuitos para atender a la caja de conexión dispuesta en el atraque noreste.
- Un cuadro de tomas en muelle, dotado de dos conectores trifásicos de 335 A y con capacidad para alimentar a un buque.
- Un cuadro de tomas en muelle, dotado de 5 conectores trifásicos de 330 A y con capacidad de alimentar a un buque.

El presupuesto proyectado asciende a 2,11 millones de € considerando la obra civil; la nueva extensión de la red de media tensión; las líneas eléctricas de media tensión; el centro de seccionamiento, medida y transformación; el edificio de transformación y central de conversión; las líneas eléctricas en baja tensión; los sistemas de gestión del cable y la gestión de residuos.

#### 2.4.2. PUERTO DE SANTA CRUZ DE LA PALMA

En el presente apartado, se realiza una revisión del proyecto de ejecución de la instalación eléctrica de suministro a buques en el Dique Este I y en el Pantalán 1-8 del puerto de Santa Cruz de la Palma, con fecha de abril de 2015.

En la actualidad, el Dique Este (primera alineación) y el Pantalán están siendo utilizados de forma habitual por diversos buques de las Navieras Armas y Fred Olsen, respectivamente, todos ellos de la misma tipología y similares características:

- *Bentago Express*, pasaje rápido de la compañía Fred Olsen; Pantalán 1-8.
- *Benchijigua Express*, pasaje rápido de la compañía Fred Olsen; Pantalán 1-8.
- *Volcán de Taburiente*, Ro-Pax de la compañía Armas; Dique Este I.
- *Alborán*, ferry de la compañía Armas, Dique Este I.

La solución adoptada para el puerto de Santa Cruz de la Palma son 2 puntos de conexión en baja tensión, uno en el dique Este I y el otro en el Pantalán:

- Centro de transformación de abonado con 2 transformadores: 1x250 kVA + 1x630 kVA.
- Pantalán:
  - Necesidad de alimentación a una tensión de 400 V y una frecuencia de 50 Hz.
  - Transformador de 250 kVA.
  - Cuadro general en baja tensión alimentado desde transformador.
  - Subcuadro de reparto.
  - Sistema de gestión de cable, 250 kVA, instalación fija, con 2 conectores trifásicos.
  - El punto de conexión tendrá la posibilidad de suministrar la potencia de 100 kVA demandada por los buques que atracan actualmente.
- Dique Este:
  - Necesidad de alimentación a una tensión de 400 V y una frecuencia de 50 Hz.
  - Transformador de 630 kVA.
  - Cuadro general en baja tensión alimentado desde transformador.
  - Subcuadro de reparto.
  - Sistema de gestión de cable, 500 kVA, instalación fija, con 3 conectores trifásicos.
  - El punto de conexión tendrá la posibilidad de suministrar la potencia de 400 kVA demandada por los buques que atracan actualmente.
- La potencia máxima para suministrar simultáneamente será de 500 kVA.

Para el Pantalán I-8 se escoge un **sistema de gestión de cable** fijo, para 250 kVA – 400 V – 50 Hz, con dos cables de conexión a barco terminados cada uno de ellos en un conector trifásico tipo PC5 (3 fases + neutro + tierra + 4 hilos piloto). Este equipo se alimenta directamente desde el subcuadro eléctrico de reparto ubicado próximo al mismo. Los 2 cables de conexión a barco son guiados a su salida del carrete por unas guías. Mediante un cabestrante externo sujeto a los cables mediante cuerdas se irá desenrollando la longitud de cable necesaria para su conexión a las tomas del barco. Cada cable tiene 58 m de longitud total y 50 m de longitud útil. Para el Dique Este, la solución tiene las mismas características, aunque se alimenta de otro subcuadro eléctrico. Al barco van 3 cables de conexión guiados desde la salida del carrete y tiene una longitud de 38 m cada cable, siendo 30 m la longitud útil.

El **sistema de control y monitorización** automatizado está formado por los siguientes componentes:

- Controlador lógico programable.
- Pantallas de visualización.
- Conexión ethernet externa.

El sistema automatizado gestionará la totalidad del sistema eléctrico de suministro a buques desde un panel de control teniendo acceso a los parámetros más importantes como, por ejemplo: estado de la paramenta, alarmas, registro de eventos memorizados, etc. Las principales funciones son las siguientes:

- Posibilidad de gestión remota de secuencias (conexión, desconexión de buque, gestión de fallos).

- Parada de emergencia.
- Informe y registro de alarmas.
- Gestión del control manual.
- Informes para ayuda de mantenimiento y solución de averías.
- Interfaz de usuario (*display* y control).
- Medición de energía, cálculos de potencias, consumos, etc.
- Control de conexión ethernet.

El presupuesto proyectado asciende a 1,42 millones de €, considerando la obra civil, las líneas eléctricas, los sistemas de gestión de cable, el centro de transformación, la aparamenta de baja tensión, el sistema de control y la gestión de residuos.

## 2.5. OTROS PROYECTOS DE INTERÉS PARA LA ASESORÍA

### 2.5.1. CONCEPT PAPERS EMSA

La *European Maritime Safety Agency* (EMSA) está redactando una guía de sistemas OPS para Administraciones y Autoridades Portuarias. Este soporte se compone de buenas prácticas de referencia y elementos para la asistencia en la planificación, la toma de decisiones técnica y operativa para el desarrollo de los sistemas de suministro eléctrico en muelle. La guía está compuesta por recomendaciones divididas en dos partes:

- Parte 1. Equipamiento y Tecnología. Cuenta con 5 artículos publicados y aprobados en fecha de abril de 2021.
- Parte 2. Planificación, Operaciones y Seguridad. Todavía bajo desarrollo y aprobación de los grupos de trabajo.

En el presente apartado, se realiza una revisión de los 5 documentos que se incluyen en la parte 1 de la guía.

#### 2.5.1.1. Concept Paper 1 – SSE Configurations and Topologies

La importancia de definir configuraciones genéricas de conexiones eléctricas se justifica por la necesidad de abordar aspectos relevantes de regularización, estandarización, certificación, desarrollo de proyecto y análisis de viabilidad. Además, para el concepto de operaciones y asesoramiento del riesgo sistemático, la identificación de estas opciones son un punto esencial de partida.

A pesar de que las disposiciones clásicas de OPS son actualmente la referencia para la conexión de los buques en el muelle al suministro de energía eléctrica, ya sea en alta o en baja tensión, hay una diversidad de opciones que pueden identificarse para el futuro desarrollo de los servicios de electricidad en un puerto de microrred, cada vez más integrado, con la electrificación de un mayor número de infraestructuras, de proveedores de equipos y de equipos móviles.

Las opciones enumeradas a continuación son una muestra de las utilizadas en el enfoque estructurado de la Guía:

- Fuente de alimentación terrestre de alta tensión con conversión de frecuencia centralizada.

- Fuente de alimentación de alta tensión en tierra con conversión de frecuencia descentralizada.
- Fuente de alimentación de baja tensión en tierra - sin sistema de gestión de cables.
- Fuente de alimentación de bajo tensión en tierra - con sistema de gestión de cables.
- Suministro de energía en tierra de baja tensión por unidad móvil de reducción - desde la infraestructura de suministro instalada de alta tensión.
- Carga de la batería en tierra con unidad de carga en tierra - carga de CC.
- Carga de la batería en tierra con unidad de carga a bordo - carga de CA.
- Carga de la batería en tierra con Unidad de carga en tierra – Batería Intercambio de baterías.
- Banco de energía en tierra como interfaz de almacenamiento de energía eléctrica para la producción renovable en la zona portuaria - suministro de SBC.

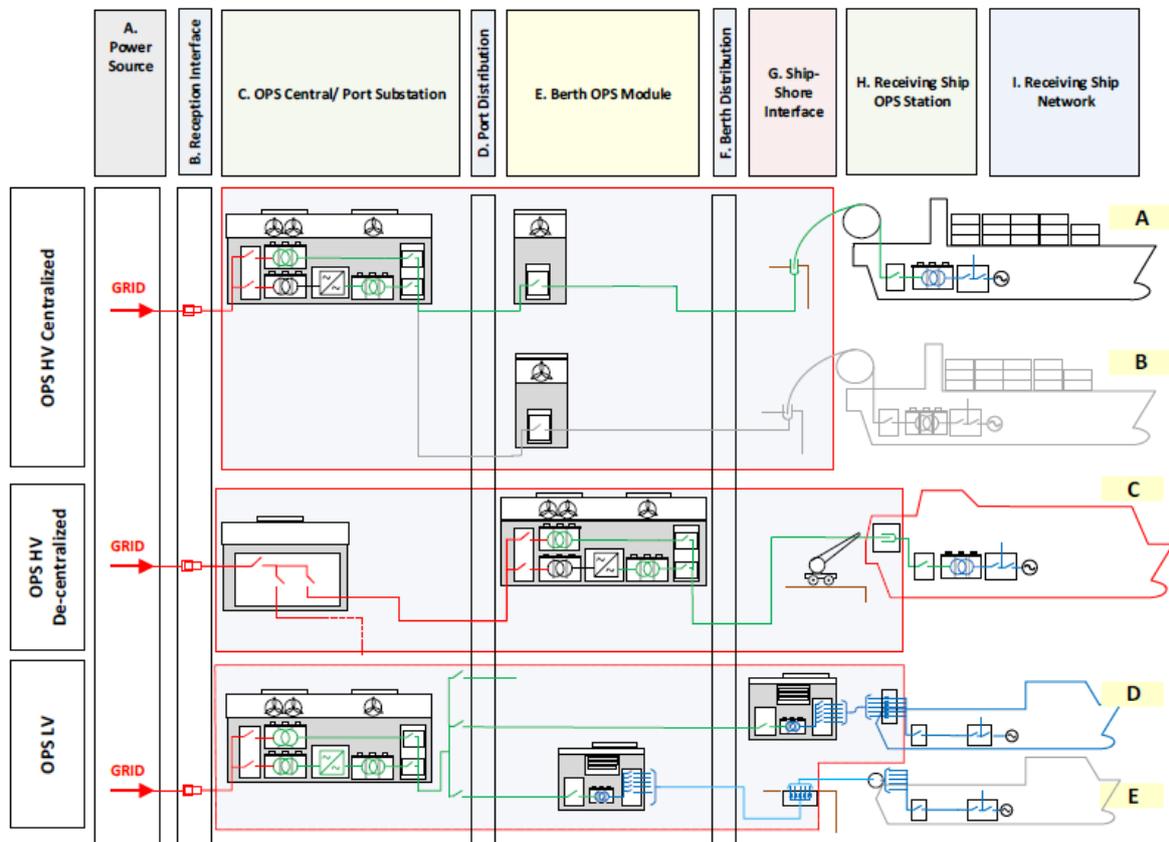


Figura 5. Ejemplo de los diagramas de las configuraciones A, B, C, D y E. Fuente: EMSA Concept Paper 1.

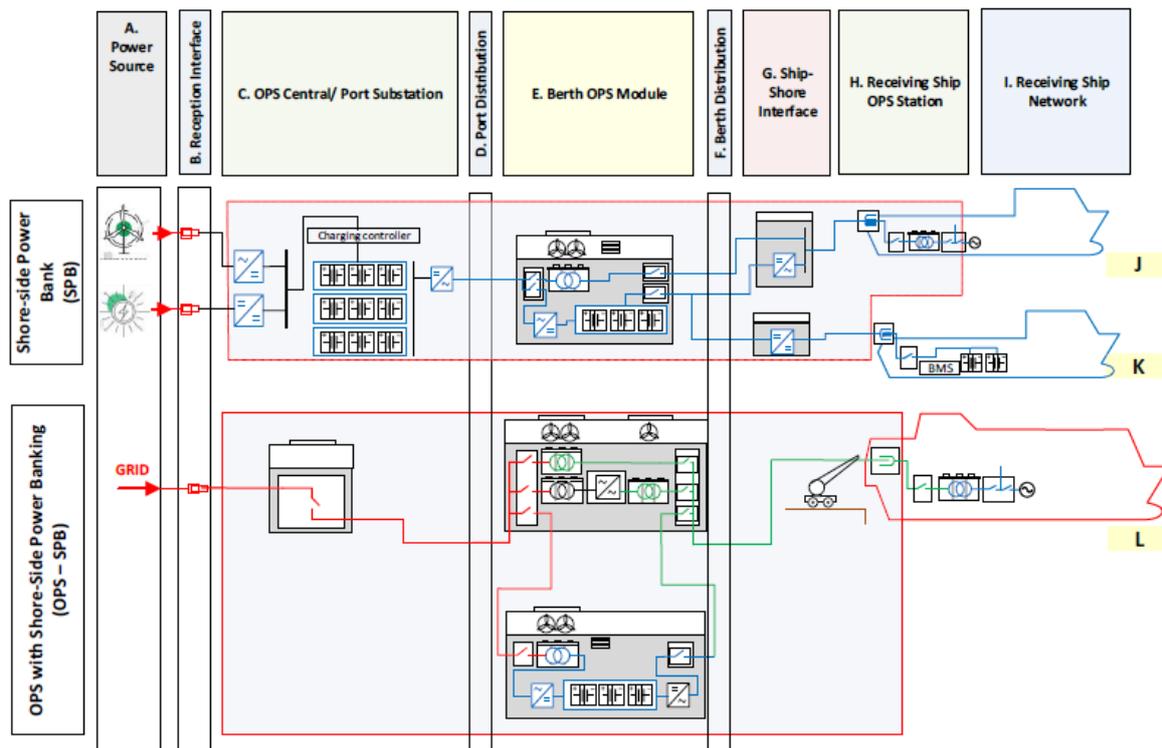


Figura 6. Ejemplo de los diagramas de las configuraciones J, K y L. Fuente: EMSA Concept Paper 1.

- Energía de alta tensión en tierra con suministro de energía de alta tensión con conversión de frecuencia, incluyendo módulo de almacenamiento de energía eléctrica para la reducción de picos.
- Generador portuario (Unidad de Energía Flotante - FPU) - conectado a la red portuaria.
- Generador portuario (Unidad de Energía Flotante - FPU) - conectado directamente a la red del barco receptor.
- Generador portuario (unidad móvil de almacenamiento de energía): unidad móvil de almacenamiento de energía.
- Generador portuario (Unidad de energía móvil - MPU) - Unidad móvil de generador-alternador.

2.5.1.2. Concept Paper 2 – Regulatory Framework Interoperability and Interconnectivity

El segundo artículo está enfocado en el marco regulatorio, en particular en el contexto de estandarización internacional para interoperatividad, interconectividad e intercambio de datos.

Es de interés el mapeo que realiza de la aplicación de la normativa desde alto nivel al nivel nacional.

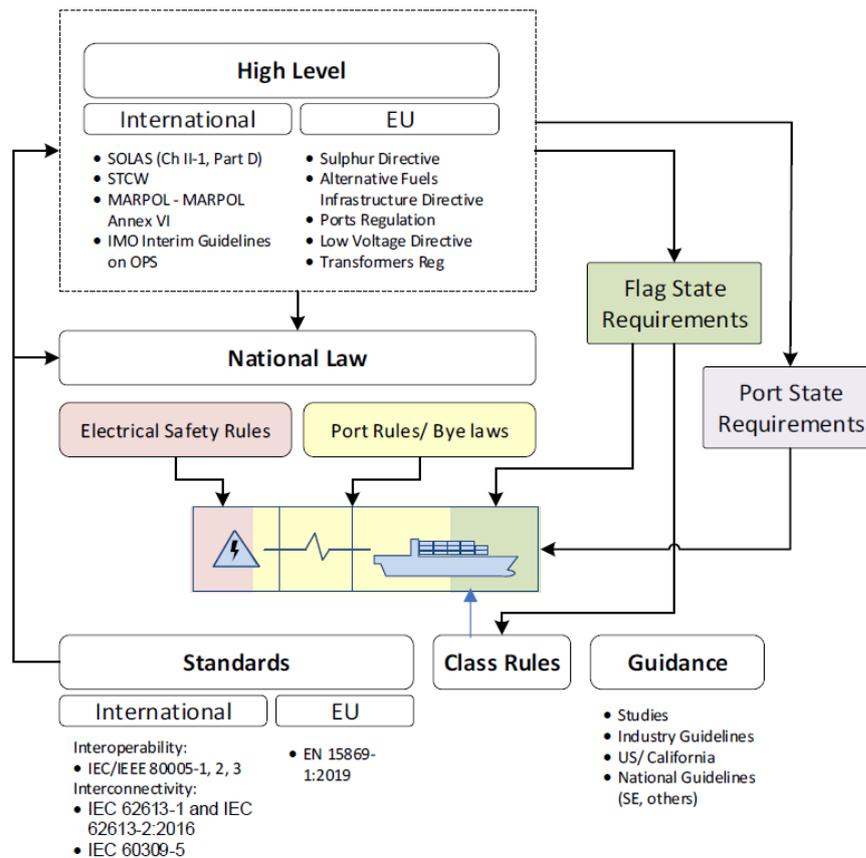


Figura 7. Diagrama de la estandarización y regulación de los proyectos OPS. Fuente: Concept Paper 2.

A nivel internacional, se destacan los siguientes:

- Interoperatividad: IEC/IEEE 80.005-1, 2, 3.
- Interconectividad: IEC 62.613-1 y IEC 62.613-2:2016.
- IEC 60.309-5.

Y, a nivel de la Unión Europea: EN 15869-1:2019.

Asimismo, el documento expone para cada una de las configuraciones posibles descritas en el Concept Paper 1, cuáles serían los estándares aplicables en cada caso.

### 2.5.1.3. Concept Paper 3 – Planning & Power Demand Estimation

Los proyectos de SSE se desarrollan en un contexto de múltiples variables. En el alcance de las distintas fases del ciclo de vida de un proyecto, se deben analizar la planificación, la programación y el proyecto. El documento aporta recomendaciones para la estructura de actividades en el ciclo de proyecto, las certificaciones y clasificaciones según los estándares IEC/IEEE 80.005, para la estimación de la demanda de potencia y un análisis final por tipología de buques.

La **estructura del ciclo de vida** de un proyecto de OPS se compone de las siguientes fases y tareas:

- Viabilidad, diseño y planificación.



- Disponibilidad de potencia y disponibilidad de alta tensión.
- Demanda de potencia: tipo de buques y perfiles operativos en muelle.
- Limitaciones para los sistemas de gestión de cable.
- Requerimientos de interconectividad e interoperatividad.
- Solicitud de permisos: uso de red, uso de espacios en tierra, autoridades locales.
- Adjudicación y contratación.
  - Requerimientos técnicos para los equipos: potencia, fiabilidad, condiciones operativas, vida útil.
  - Requerimientos de seguridad y también de ciber seguridad, cuando sea necesario.
  - Opciones para el proyecto de SSE o las modalidades para implementarlo.
  - Requerimientos regulatorios y estándares para tener en cuenta.
  - Requerimientos de control, incluyendo los canales de comunicación y los protocolos.
- Fabricación.
  - Trazabilidad del producto.
  - Pruebas en línea y al final de línea.
  - Certificación del producto, verificación y calificación.
  - Certificación de la operación y requerimientos de capacitación.
  - Certificación de seguridad, verificación o calificación, calificación de regulaciones de seguridad y salud.
  - Aprobación.
- Integración.
  - Requerimientos de funcionalidad del sistema.
  - Filosofía de control.
  - Integración de los sistemas de protección y acuerdos de coordinación.
  - Asesoramiento completo de riesgos y seguridad del sistema.
  - Certificación del sistema, verificación o calificación.
  - Estrategias de integración del análisis predictivo.
- Instalación y puesta en marcha.
  - Puesta en marcha final según la norma IEC/IEEE 80.005-1 con la conformidad documentada.
  - Prueba final de la instalación completa y documentación de resultados.
  - Pruebas presenciales.
  - Pruebas completas de las funciones de seguridad.

- Funcionalidades de emergencia, respaldo de energía y restablecimiento de la energía.
- Compatibilidad.
  - Análisis técnico y asesoramiento de la compatibilidad para el proceso de alta tensión y baja tensión.
  - Certificación para la primera conexión.
  - Verificación de la compatibilidad.
  - Procedimientos de primera conexión vs. conexiones repetidas.
- Operación.
  - Procedimientos operativos de conformidad con HAZOP.
  - Definición del concepto operativo de acuerdo con el manual de operaciones.
  - Solicitud de OPS – formulario de comunicación
  - Procedimiento de pre-conexión y lista de comprobaciones.
  - Responsabilidades en OPS.
  - Esquema de acreditación de los servicios de conexión.
- Mantenimiento.
  - Plan de mantenimiento.
  - Procedimientos correctivos con identificación del lugar, técnica y niveles de mantenimiento correctivo de fábrica.
  - Lista de niveles mínimos y críticos de consumibles.
  - Guía de seguridad para la instalación: insolación, procesos de bloqueo.
- Fin de la vida.
  - Aspectos para fin de la puesta en servicio.
  - Identificación de componentes y sistemas para reacondicionamiento.
  - Reciclaje.

Complementando lo anterior, se establecen dos **estrategias para la estimación de potencia** de demanda, según sea el momento dentro del ciclo de vida:

- Diseño inicial.
  - Ideal. Identificación del historial de escalas asociados con estadísticas, cuestionarios o medidas reales.
  - Posible. Identificación del historial de escalas asociándolo a la información de un consumo específico de combustible.
  - Menor preferencia. Referirse a lo que indica la IEC/IEEE 80.005, en particular al anexo en el que indica la demanda por buque tipo.

- Fase operativa.
  - Ideal. Gestión de la potencia asistida con inteligencia artificial en un proceso de aproximación estocástico. *Machine learning* para la gestión de la potencia.
  - Posible. Para la operación normal, la potencia de demanda es inferior a la potencia instalada. Para la operación gestionada, la demanda de potencia es superior a la potencia instalada.
  - Menor preferencia. Restricciones al uso de potencia en base a la identificación individual del perfil operativo de cada barco.

Tipo de buque	Potencia Media	Potencia Pico	Demanda de Potencia (potencia media / 0,9)
Crucero >300m	18.0 MW	20.0 MW	20.0 MVA
Crucero >250 m	9.0 MW	12.0 MW	10.0 MVA
Crucero <250 m	4.0 MW	4.8 MW	4.4 MVA
Container >150 m	5.0 MW	6.0 MW	5.6 MVA
Container <150 m	2.0 MW	5.0 MW	2.2 MVA
Ro-Pax >100m	3.0 MW	4.0 MW	3.3 MVA
Ro-Pax <100m	1.5 MW	2.0 MW	1.7 MVA
Ro-Ro >150m	3.0 MW	4.0 MW	3.3 MVA
Ro-Ro <150m	1.0 MW	1.5 MW	1.1 MVA
Car Carrier >150m	1.0 MW	1.5 MW	1.1 MVA
Car Carrier <150m	0.5 MW	0.7 MW	0.6 MVA
Reefer	3.0 MW	4.5 MW	3.3 MVA

Tabla 3. Resumen de los valores de referencia para la demanda de potencia. Fuente: Concept Paper 3.

Por último, el artículo incluye un análisis, por cada tipo de buque de las variables: potencia demandada en el muelle, perfil operativo en el muelle, tiempo promedio de estancia en puerto, consideraciones para la seguridad y referencia a los anexos de documentación de la normativa IEC/IEEE 80.005.

Tipo de buque	Potencia Demandada	Perfil Operativo / Requerimientos Pico	Tiempo en Muelle
Crucero	Elevada	Bajo	1 día
Container	Moderada	Moderado a Alto	1 día
Ro-Pax	Moderada a Alta	Moderado	6 a 12 horas
Ro-Ro / Car Carrier	Baja a Moderada	Bajo a Moderado	1 día (2 para PCC)
Carga General / Suelta	Moderada	Bajo	1,5 días
Granel Sólido	Baja	Bajo a Moderado	2 a 3 días
Químico / Tanque	Moderada a Alta	Según tipo carga y método	1 a 2 días
Petrolero	Elevada	Elevado	3 a 4 días
GNL	Elevada	Moderado	2 a 3 días

Tabla 4. Fuente: Características de la demanda energética en muelle, según tipo de buque. Fuente: Concept Paper 3.

2.5.1.4. Concept Paper 4 – Operation

Las directrices internas para OPS de la IMO (*International Maritime Organization*), que se encuentran en su fase final, describen los aspectos operacionales más relevantes para los sistemas OPS. Teniendo en cuenta este documento, así como también las series de la normativa IEC/IEEE 80.005, el artículo presenta:

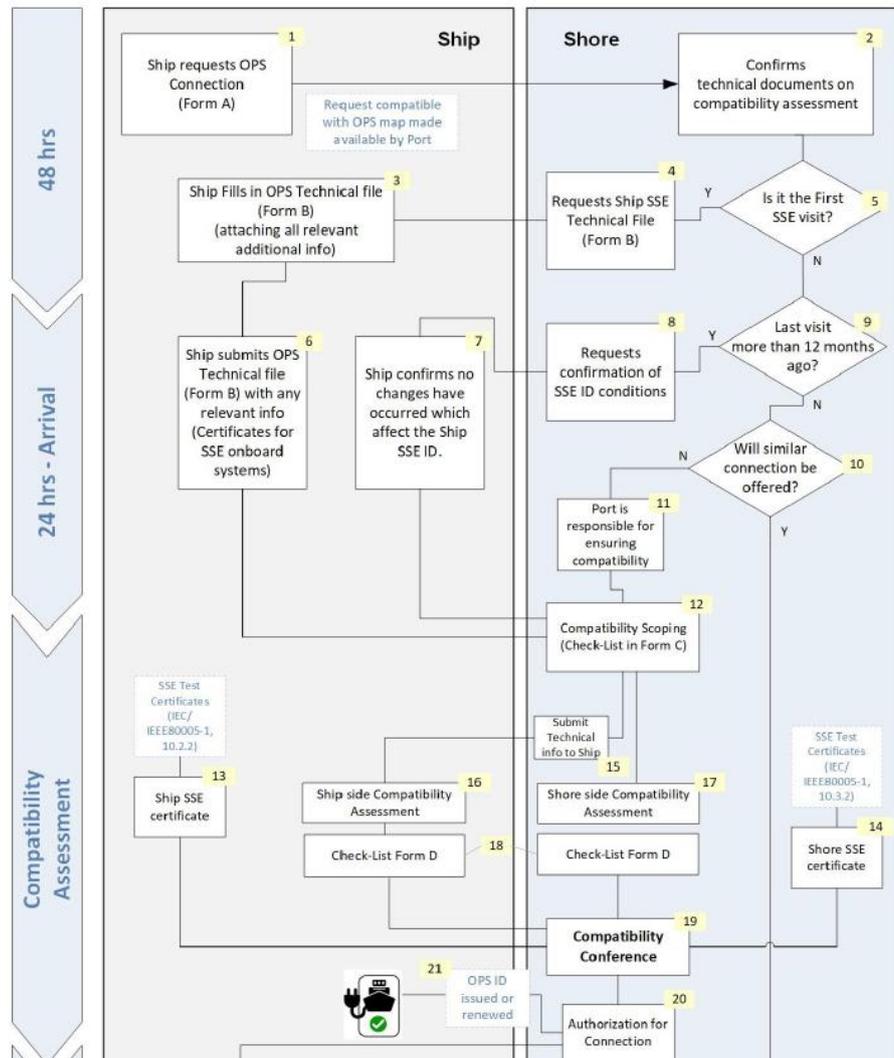


Figura 8. Flujograma Operativo para la Conexión OPS, hasta el análisis de compatibilidad. Fuente: Concept Paper 5.

- Certificado de Evaluación de la Compatibilidad – “Carta Verde OPS”.
  - Certificado de evaluación de la compatibilidad importante para todas las partes implicadas en la verificación y confirmación de la primera conexión.
  - Certificado válido para un barco con su conexión.
  - Debe incluir la información pertinente exigida en la norma IEC/IEEE 80.005-1/3.
  - La gestión del cambio debe incorporarse en el certificado asociado al sistema de gestión de la calidad del muelle y del barco.
  - El certificado debe tener validez independientemente de cualquier cambio en el sistema.



- Flujograma de funcionamiento para la propuesta de conexión OPS. Contiene los elementos mínimos para la evaluación de la compatibilidad de OPS, la pre-conexión, la conexión, el suministro de la electricidad, la pre-desconexión y la desconexión.

#### 2.5.1.5. Concept Paper 5 – Safety

Este último artículo tiene como alcance la verificación de la seguridad que se debe llevar a cabo antes de la conexión.

El formulario de verificación debe ser completado antes de la transferencia, independientemente del 1er certificado de conexión / evaluación de la compatibilidad.

Este procedimiento de verificación de la seguridad del sistema debe completarse para todos los buques que cumplan con la norma IEC/ISO/IEEE 80.005-1 y que no hayan transferido previamente con éxito hacia y desde la energía de tierra de alta tensión o que no hayan transferido con éxito hacia y desde tierra la energía en alta tensión en los últimos 12 meses. Se proponen un conjunto de elementos como contenido mínimo del formulario de verificación, como, por ejemplo:

- Barco HVSC diseñado/construido de acuerdo con la norma IEC/ISO/IEEE 80.005-1, con certificado de aprobación válido.
- Pruebas de resistencia y tensión del aislamiento de los cables.
- Realización de la inspección visual del sistema HVSC en general.
- Realización de la inspección visual de la resistencia de puesta a tierra (sólo en tierra).
- Verificación visual de la secuencia de fases: frecuencia especificada 50/60Hz HZ, A-B-C en sentido antihorario.
- Comprobación visual de la conexión equipotencial: ausencia de signos de óxido o desgaste de las clavijas del barco, de todas las clavijas, receptáculos, enchufes o cables.
- Prueba de funcionamiento del enclavamiento.
- Verificación del funcionamiento del sistema de gestión de cables.
- Pruebas de integración para demostrar que las instalaciones en tierra y en el barco funcionan correctamente juntas, incluyendo los dispositivos de protección y los equipos de control.
- Comprobación del ajuste de las funciones programables del disyuntor de tierra para la selectividad de la protección eléctrica adecuada a las características del buque receptor.
- Verificación del sistema de parada de emergencia.

#### 2.5.2. COLD IRONING EN CANARIAS

El estudio, dirigido por la Universidad de la Laguna de Santa Cruz de Tenerife, estudia las distintas alternativa que existen en el mercado para utilizar la tecnología "Cold Ironing" para reducir la emisión de gases contaminantes en puertos, estudia el caso específico del puerto canario de Santa Cruz de Tenerife y las necesidades de adaptación de la infraestructura existente y finalmente analiza las ventajas y desventajas de este tipo de instalaciones, teniendo en cuenta una visión ambiental, social y económica.

Los buques cuentan con motores auxiliares para abastecer de energía eléctrica durante la navegación y también cuando se encuentra atracado en puerto, mientras se realizan las operaciones de carga y descarga. Al suministrar energía eléctrica de forma externa al buque, se produce una reducción de emisiones, en especial en los compuestos contaminantes de  $\text{NO}_x$  y de  $\text{CO}_2$ , que observan disminuciones del 96% y del 64%, respectivamente. El origen de las emisiones remanentes sería debido al uso de los motores principales durante las maniobras de acceso, atraque y desatraque. Además, el suministro eléctrico a buques en puerto permitiría reducir ruidos y vibraciones, que pueden llegar a alcanzar niveles de 90 a 120 dB.

En Canarias existen cuatro puertos en los que se ha llevado a cabo estudios de viabilidad para la posible instalación de la tecnología OPS: Santa Cruz de Tenerife, Santa Cruz de la Palma, San Sebastián de La Gomera y Las Palmas. Los buques que se consideraron fueron de tipo *Fast-Ferry* y *Ro-Pax* de las navieras Fred Olsen y Naviera Armas, dedicados al tráfico de pasajeros y tráfico rodado:

- En el puerto de Santa Cruz de Tenerife se plantean 3 puntos de conexión que, en conjunto, trabajarán a una potencia máxima de 800 kW en baja tensión (400 V) y 50 Hz.
- El puerto de Santa Cruz de La Palma estudia la instalación de 2 puntos de conexión con una potencia máxima de 720 kW, trabajando a 400 V y 50 Hz.
- El puerto de San Sebastián de La Gomera determinó que requería 2 puntos de conexión de 720 kW a 400 V y 50 Hz.
- El puerto de Las Palmas determinó que su sistema OPS estaría compuesto por 1 punto de conexión en el muelle de Grande Poniente, donde atracan los buques de la naviera Fred Olsen, trabajando a 400 V y 50 Hz, con una potencia máxima de 160 kW.

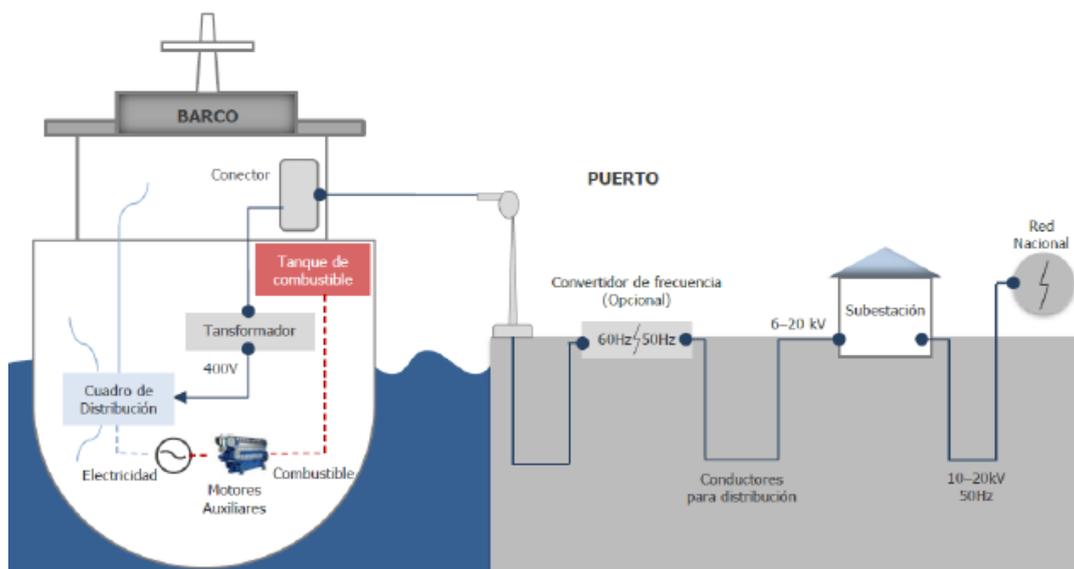


Figura 9. Configuración típica de un sistema de conexión eléctrica para suministro a buques. Fuente: puertos.es

El coste de las instalaciones en los puertos pertenecientes a la Autoridad Portuaria de Tenerife ascendía a 3,5 millones de €, además de la adaptación de los buques, valorado en 1,6 millones de €. En cuanto al puerto de Las Palmas, el coste de la instalación portuaria es de 0,86 millones de €.

El estudio hace mayor énfasis en el proyecto de OPS para el puerto de Santa Cruz de Tenerife, en el que varias líneas regulares de cabotaje entre islas realizan escalas nocturnas de 6 a 8 horas de duración. Las principales características del proyecto se resumen a continuación:

- Demanda eléctrica. Estudia la potencia de los buques del estudio (7 en total), que tienen una tensión nominal de entre 380 y 400 V a una frecuencia de trabajo de 50 Hz, con una potencia media requerida de 80 kW para los buques de Fred Olsen y de 800 kW para los de la Naviera Armas. Se instalarán 3 puntos, 1 para Fred Olsen y 2 para Naviera Armas.
- Sistema de control y monitorización automatizado estará formado por un controlador lógico programable, pantallas de visualización y conexión de telecomunicaciones externa. Además, contará con un sistema de desconexión automática que dispare los interruptores que protegen el sistema de gestión de cable, tanto en el lado de puerto con en el buque.
- El buque tan solo requiere una instalación de un sistema de gestión de potencia, además de un armario de entrada con dos tomas trifásicas.

El análisis de rentabilidad asume que la Autoridad Portuaria es responsable de realizar las obras de instalación en tierra y también del suministro de la electricidad y son las navieras quienes deben adaptar sus buques para que sean capaces de recibir la electricidad de tierra. También supone que el 20% de la inversión necesaria en puerto y en el barco va a ser subvencionado por la Unión Europea. El análisis tiene en cuenta el coste externo de las emisiones contaminantes y la bonificación del 50% a la tasa al buque, según la Ley de Puertos. Sin calcular la tasa interna de retorno de la inversión ni aislar las responsabilidades en los costes operativos, el estudio indica que el coste operativo anual, bajo esas hipótesis de la opción con OPS para el puerto de Santa Cruz, asciende a 422 mil € mientras que seguir operando con los motores auxiliares implicaría 550 mil € anuales.

### 2.5.3. *SHORE-SIDE POWER SUPPLY – CHALMERS*

El presente documento se corresponde con un estudio de viabilidad y de solución técnica para infraestructuras en tierra que den suministro a buques en la posición de atraque, desarrollado por la Universidad Tecnológica de Chalmers, con el soporte de ABB. Si bien es un estudio completo e interesante, cabe destacar que es un estudio pionero y de referencia en el campo de análisis, elaborado durante el año 2008.

Por tal de elaborar el diseño eléctrico de una instalación tipo OPS, se debe analizar el sistema eléctrico de a bordo de los buques a los que se va a dar servicio. El reporte indica que la potencia mínima era de 1 MW y que la máxima es de 11 MW, dependiendo del tipo de buque. El puerto debe ser consciente de la demanda energética, del sistema de tensión y de la frecuencia de los buques para diseñar la instalación. Se indica que la mayor parte de los buques tienen un sistema de frecuencia de 60 Hz y que funcionan con un sistema en baja tensión. De ello se deriva la necesidad de disponer de un convertidor de frecuencia en los puertos europeos que sea capaz de suministrar 60 Hz en la electricidad a los buques y que, además, los barcos deban estar equipados con un transformador a bordo, para evitar una gran cantidad de conexiones en cables. Tener dos cables de conexión en lugar de múltiples cables para la transferencia de la misma cantidad de potencia permite ahorrar mucho tiempo durante el proceso de conexión. El estudio demuestra que un convertidor de frecuencia central es más adecuado para reducir costes y reducir también la huella de ocupación del muelle, que debe ser tenida en cuenta por el gran coste de oportunidad que tiene el suelo concesionado portuario.

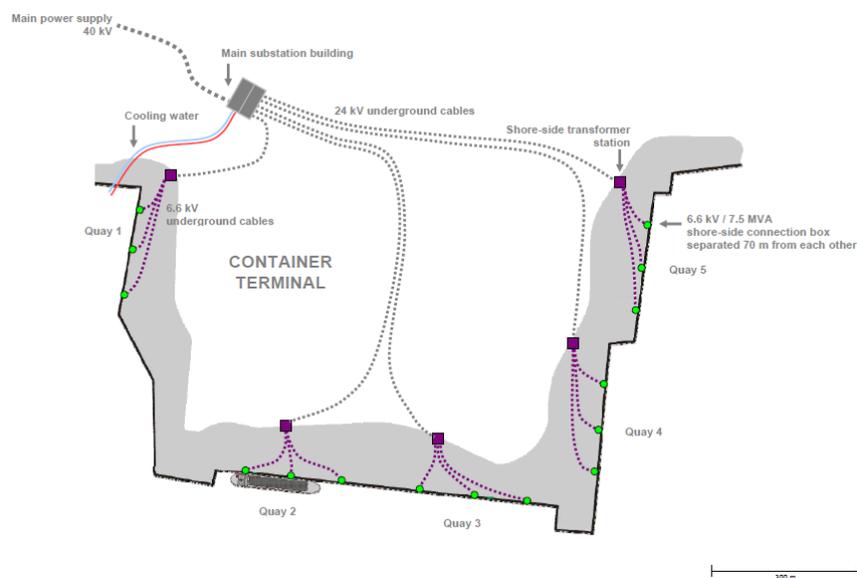


Figura 10. Configuración en tierra para el sistema de suministro energético a buques del caso de estudio. Fuente: Chalmers Technological University.

En el informe se analiza una configuración para una terminal de contenedores con cinco posiciones de atraque y que serán suministrados mediante un equipo OPS de 6,6 kV, 7,5 MVA que sea capaz de distribuir tanto 50 Hz como 60 Hz. Cada punto de atraque debe estar equipado con un transformador de forma obligatoria que sirva como separación galvánica entre la red eléctrica del puerto y el sistema eléctrico de a bordo. En cada punto de atraque hay 3 puntos de conexión, separados 70 m entre sí.

El estudio incluye un capítulo de revisión técnica con un nivel de detalle muy bueno. Se analiza la demanda de potencia por tipo de buque y se revisan patrones en terminales para estas instalaciones, según se usen grúas para las operaciones o no las haya (carga rodada). Asimismo, se evalúan 3 configuraciones técnicas, de acuerdo con las recomendaciones europeas. Estas son: convertidor de frecuencia en el muelle, convertidor de frecuencia central y distribución en corriente continua con alternadores. Se definen técnicamente los distintos elementos que forman parte de la configuración recomendada: subestación principal, sistema de cables, transformador en muelle, conexión en muelle, requerimientos de conexión del buque y los procedimientos de control para la conexión y la desconexión.

La manera más recomendada para poder reducir el coste de la instalación es instalando convertidores de frecuencia centrales que sean dimensionados para la demanda de potencia total del puerto. Aunque puede que no sea suficiente, los convertidores pueden significar hasta el 50% de la inversión. Por tanto, los convertidores de frecuencia modulares son deseables, ya que el mismo módulo puede emplearse como un bloque de construcción para distintas necesidades de potencia y así permitiría incrementar los volúmenes de producción y, por lo tanto, reducir los costes de fabricación.

#### 2.5.4. PEMA: BEST PRACTICES IN PORT OPERATIONS FOR SHORE CONNECTION

En este apartado se resumen las aportaciones de mayor interés de la publicación *"Shore Connection: Regulatory Developments and Best Practice in Port Operations"*, un artículo de la Asociación PEMA (*Port Equipment Manufacturers Association*), con fecha de agosto de 2016.



Proporciona una visión general de los desarrollos regulatorios y de las mejores prácticas para la conexión eléctrica en muelle a los buques, incorporando varios ejemplos prácticos de la introducción de la tecnología para buques portacontenedores, *ferries* de tipo Ro-Ro y Ro-Pax y también para buques de cruceros.

El artículo se enfoca en los estándares ISO/IEC/IEEE 80.005-1, los cuales regulan la conexión para buques grandes (con requerimientos de potencia superiores a 1MVA) y no valora otras categorías de buques como los de suministros en alta mar, las barcas de navegación fluvial y los grandes barcos de pesca, incluidos en otras normativas desarrolladas por la *International Electrotechnical Commission* (IEC).

También se especifica que la tecnología OPS es una de las alternativas para reducir las emisiones de los barcos mientras se encuentran en el puerto. Otros ejemplos serían los sistemas *scrubber*, que emplean agua de mar para absorber el dióxido de carbono que genera el barco y los barcos que emplean gas natural licuado como combustible.

En el documento se realiza una revisión de la **normativa internacional** disponible en el momento del análisis:

- California. La *California Air Resources Board* (CARB) obliga a que los muelles de los puertos de California se electrifiquen. Desde el 2014, el 50% de los requerimientos de potencia en muelle se proporcionaban mediante sistemas OPS. Este ratio llegó al 70% en 2017 y al 80% en 2020.
- China. Se ha ido incrementando la importancia de los puertos y el transporte marítimo para la calidad del aire. En 2011, China propuso un plan a 15 años para limitar la polución en puertos y los sistemas OPS eran una de las principales soluciones. La ley efectiva a partir de 2016 empezó a obligar que los buques atracados emplearan combustibles que cumplieran con los requerimientos de emisiones especificados. Además, se decretó que todas las terminales de nueva construcción deberían tener instalados los sistemas necesarios para proveer potencia eléctrica en el muelle.
- Europa. Hay varias iniciativas y regulaciones que se han ido implementando de forma progresiva para atacar el problema de las emisiones de los buques. El Artículo 5 de la Directiva 2014/94/EU especifica que los Estados miembros deberán garantizar que se analiza en los marcos políticos nacionales la necesidad de suministro eléctrico en tierra para buques de navegación interior y marítima. Además, este suministro deberá ser instalado de forma prioritaria en los puertos de la red básica RTE-T, antes del 31 de diciembre de 2025, a excepción de si no se justifica por demanda o los costes son desproporcionado, incluyendo beneficios económicos y medioambientales. Además, el programa CEF fue establecido por la Comisión Europea para dar soporte a la construcción y a la mejora de las infraestructura en toda la Unión Europea. El programa CEF establece que las inversiones en sistemas OPS son elegibles tanto en las categorías de innovación como en infraestructura. Por otro lado, la Directiva 2003/96/EC permite a los miembros de la Unión Europea la exención a los operadores de buques de pagar las tasas a la electricidad que se les proporcione en puerto.

El bloque central del documento analiza las **mejores prácticas** para el diseño e implementación de estas instalaciones, de lo que se destaca:

- El Instituto de Ingenieros Electrónicos y Electrotécnicos (IEEE, por sus siglas en inglés) desarrolló unos estándares para el uso común de estas instalaciones (ver Tabla 5). Además, el documento IEC62613 define los requerimientos para enchufes, tomas de conexión y acopladores de alta tensión.

Tipo de Buque	Tensión Nominal	Requerimiento Máximo Potencia	Frecuencia	Nº de cables de Media Tensión a Buque	Localización Sistema Gestión Cable
Ro-Ro / Ro-Pax	11kV (6,6kV válido para corta distancia)	6,5 MVA	50 ó 60 Hz	1	Muelle
Portacontenedores	6,6 kV	7,5 MVA	50 ó 60 Hz	2	Barco
Crucero	6,6kV y/o 11kV	20 MVA (sugerencia 16 MVA)	50 ó 60 Hz	4	Muelle

Tabla 5. Requerimientos estándar para conexión a buques. Fuente: IEC/IEEE80.005-1.

- Para suministrar la energía a los barcos, se requiere **infraestructura adicional**, tanto en el lado muelle como a bordo, ya que la energía de la red en tierra no está adaptada a las necesidades de un buque, ni en tensión, ni en frecuencia, ni en el sistema de conexión a tierra. Esta infraestructura está conformada por los siguientes elementos:
  - Instalaciones en tierra. Para convertir la tensión y frecuencia de la red a aquella que requieren los barcos, incluyendo los sistemas de protección. Son necesarias conexiones aguas arriba y aguas abajo del sistema de conversión en media tensión.
  - Equipamiento e interfaz de conexión. Conocido como sistema de gestión del cableado (CMS, por sus siglas en inglés) y se encargan de asegurar procesos de conexión y desconexión con todas las garantías. La posición de los sistemas CMS también está definida por el IEC: para todos los buques que no sean portacontenedores, se debe instalar en tierra. Los portacontenedores requieren tener la instalación de los cables a bordo, debido principalmente a las limitaciones de espacio en el muelle. También es crítica la selección de enchufes.
  - Instalaciones a bordo. Incluye un equipo de control en media tensión para gestionar la potencia y la conexión con tierra, un transformador reductor para la tensión que requiere el barco, un panel receptor, que incluye la adaptación de la media tensión existente o de la baja tensión para recibir la potencia de tierra y un sistema de control y sincronización, que siempre se ejecuta teniendo en cuenta el estándar de a bordo. Si se requiere, en el barco se incluye un sistema de gestión e la potencia para controlar la conexión y desconexión con tierra.
- El documento proporciona **consideraciones preliminares** para optimizar el uso y la instalación de estos sistemas:
  - Son más beneficiosos cuando se instalan en muelles cercanos a áreas residenciales o comerciales.
  - Hay que priorizar instalaciones con un ratio de ocupación elevado, es decir, centrarse en muelles con tráfico regular y de mayor duración.
  - Los puertos deben priorizar la instalación de equipos en los muelles donde se hagan escalas regulares, para dar servicio a los buques que ya estén equipados.



- Foco en aquellos muelles que atienden a buques que consumen mucha energía, ya que son los que más emisiones producen.
- El beneficio de la instalación es mayor si el suministro de electricidad se da desde fuentes renovables.
- Los puertos que requieran extender la red eléctrica van a tener inconvenientes en tiempo y en inversión. Esto debe ser considerado juntamente con los requerimientos de potencia de los buques. Los *ferries* no solicitan tanta potencia cuando hacen escalas, pero sí lo hacen los grandes cruceros y los buques portacontenedores, especialmente aquellos con un número de conexiones *reefer* relevante.
- En cuanto a los criterios para el dimensionamiento, se sugiere que lo siguiente deba ser analizado:
  - Tipo de barco que va a estar conectado, que va a dictar la tensión, la potencia y la frecuencia.
  - Subestación de media tensión, necesaria para dimensionar transformadores y determinar si se requiere convertidor de frecuencia. También es importante la ubicación, ya que va a determinar la longitud y sección de los cables, las zanjas y las obras civiles.
  - Espacio disponible, especialmente en las terminales que ya están en operación, evitando causar un impacto relevante en las operaciones.
- Dentro de las **subestaciones eléctricas**, se destacan los siguientes aspectos:
  - **Convertidor de frecuencia.** La mayoría de los buques de mercancías o pasajeros requieren más de 1 MVA y operan a 60 Hz, mientras que la mayor parte de redes del mundo usan 50 Hz. En estos casos se requiere un convertidor de frecuencia. Los estándares recomiendan que la conversión se realice en tierra preferentemente antes de a bordo del buque. Hay dos tecnologías para la conversión de frecuencia: estática y rotativa. Esta última es una tecnología probada y exitosa desde hace muchos años. La tecnología estática es más actual y ofrece ventajas en la electrónica de potencia, además de beneficios en costes más bajos para la instalación y el mantenimiento, así como mayor eficiencia.
  - **Sistemas de protección.** Las subestaciones de conexión en puerto tienen que operar con sistemas de potencia eléctrica que son complejos: múltiples fuentes (generadores a bordo y subestación), conversión de potencia para conversión de frecuencia, equipamiento móvil (de media tensión y el enchufe) para la conexión del buque a tierra, con un uso potencialmente diario. Por este motivo, la ISO/IEC/IEEE80.005-1 es clara con los aspectos que deben seguirse:
    - Implementar protecciones adecuadas.
    - Asegurar una conexión y desconexión segura. El operador tiene acceso a los conectores de potencia y puede exponerse a riesgo de shock eléctrico si los conectores de potencia no están desconectados y con la toma de tierra. Los riesgos que indica la normativa son: fallo al desconectar de la subestación de tierra, fallo en

la descarga del cable de media tensión y fallo al desconectar el barco al sistema de potencia. Hay medidas específicas que proponen y recomiendan para evitar estos riesgos:

- Apagón de emergencia.
- Condiciones para la secuencia de inicio de la conexión.
- Condiciones para el enchufe y manipulación durante la operación (abriendo el desconectar y cerrando la toma de tierra y el enchufe en ambos lados).
- Los aspectos de seguridad deben ser monitorizables desde ambos lados.

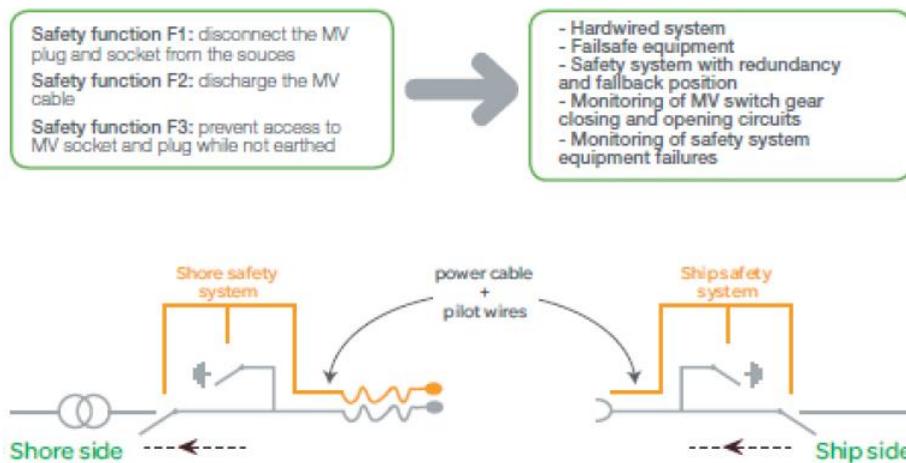


Figura 11. Funciones obligatorias de seguridad para ser implementadas en los sistemas OPS. Fuente: PEMA-IP11 Shore-Connection Regulatory Development.

- **Sistemas modulares e integrados.** Para reducir tiempos de instalación, minimizar la disrupción en las operaciones portuarias y reducir los costes de ingeniería, se están desarrollando soluciones totalmente integradas con la subestación, ya sea en instalaciones prefabricadas o en casetas de hormigón. Estas opciones pueden simplificar el proceso de adaptar la terminal a estos sistemas, así como la escalabilidad de la solución en caso de incremento de tráfico.
- **Sistemas de gestión de cableado,** que incluyen los cables y conectores que unen el barco con el sistema de generación energía. También son necesarios para mantener la correcta longitud del cable asumiendo movimientos del buque, para mantener el radio correcto del cable y para identificar peligros. Hay dos tipos principales de sistemas de gestión:
  - Sistemas en muelle. Pueden ser móviles, fijados en una ubicación o fijados en una alineación, pero que se pueda mover transversalmente por el muelle. Es la solución recomendada para cruceros, barcos tipo Ro-Ro y tipo Ro-Pax.
  - Sistemas en buque. Suelen estar instalados en una posición fija y se usan como punto de vinculación entre los cables del barco al enchufe en tierra. Recomendados para buques portacontenedores.

Finalmente, el artículo plantea unas **perspectivas futuras** (se recuerda que fue escrito en 2016) y **conclusiones** de los aspectos analizados:

- Se han visto numerosas mejoras en el campo de aplicación del suministro de energía en muelle, a destacar el primer estándar internacional ISO/IEC, así como también regulaciones cada vez más exigentes para reducir las emisiones de la navegación marítima, además de la aparición de múltiples tecnologías.
- El suministro eléctrico se está desarrollando a velocidad de crucero en muchos puertos del mundo y las nuevas terminales ya se desarrollan incluyendo esta instalación de base. También sigue creciendo el número de barcos que han pasado por astillero para adaptar su sistema eléctrico y también los barcos de nueva construcción que están ya preparados.
- El crecimiento en el uso ha implicado también gran heterogeneidad y variaciones tecnológicas. En Noruega, los sistemas OPS se usan para cargar *ferries* de pasajeros cuyo motor es traccionado por una batería eléctrica. En Alemania, concretamente en el Puerto de Hamburgo, para gestionar la demanda energética de los cruceros, teniendo en cuenta que la red eléctrica no dispone de potencia suficiente, se ha introducido una barcaza híbrida de GNL para suministrar energía.
- Además de las recomendaciones técnicas del artículo, se destaca que, para alcanzar una implementación exitosa se requiere que todas las partes estén involucradas (armadores, operadores de terminal, autoridades portuarias, fabricantes industriales y suministradores de electricidad) y que cooperen con el mismo objetivo desde el primer momento.

#### 2.5.5. *BRITISH PORTS ASSOCIATION: EXAMINING THE BARRIERS TO SHORE POWER*

La Asociación de Puertos Británica publica en mayo de 2020 un informe que analiza las barreras para el desarrollo del suministro energético en puerto en el Reino Unido, con la colaboración en la investigación y desarrollo de múltiples asociaciones internacionales, tales como Arkevista, ARUP, Schneider Electric o la *UK Power Networks Services*, entre otros.

En el primer bloque del informe, se analizan los sistemas SSE desde múltiples ópticas y se exponen algunas de las conclusiones de la revisión de las **condiciones de contorno** en el mercado de los sistemas de suministro eléctrico:

- Como parte fundamental de la logística y las cadenas de suministro, los buques tienen un papel muy amplio para facilitar la descarbonización y los esfuerzos de reducción de las emisiones del sector transporte de mercancías.
- Se está actuando en la reducción de emisiones en puertos desde el lado de las operaciones portuarias, aunque la contribución de sus emisiones es realmente menor teniendo en cuenta la contaminación generada por la actividad marítima en puerto.
- Los sistemas SSE serán una parte de un conjunto de soluciones para la reducción de emisiones de los barcos atracados, tanto en los puertos del Reino Unido, como del resto del mundo. Hay consenso en que no es viable la instalación de sistemas SSE en todos los muelles para poder acomodar a cualquier buque que recale.

- La necesidad de actuación del Gobierno no debe verse como una intervención en un mercado competitivo, ya que el cambio climático y la descarbonización es un reto sin precedentes donde la industria portuaria juega un papel estratégico.
- El mercado no puede ser tratado y analizado desde el punto de vista que la generación de oferta funcionará como catalizador para la generación de la demanda (*"si tú lo construyes, ya vendrán a usarlo"*). Si se construyen los sistemas, pero no se acompañan de más medidas estatales, no se van a emplear estos sistemas, entre otros motivos, por el precio de la electricidad y por la dificultad de internalizar los costes externos.

Posteriormente, el informe realiza una revisión exhaustiva de los sistemas para aprovisionar electricidad en puerto:

- La conexión en puerto sirve para poder apagar los motores auxiliares, que se necesitan para atender las necesidades de electricidad de la tripulación, de los pasajeros o de sistemas de manipulación de carga. A veces, también hay que proveer energía para contenedores refrigerados o para el funcionamiento de *scrubbers*. Habitualmente, la conexión se realiza directamente de la red eléctrica, pero las opciones fuera de red son posibles y beneficiosas, ya sea con una generación en puerto o fuera del puerto. Soluciones como el hidrógeno para generar la electricidad permitirían una cadena local de cero emisiones.
- Los requerimientos de potencia típicos varían según el tipo de buque. Así los ferry requieren una demanda máxima de 6,5 MVA, los portacontenedores 7,5 MVA, los cruceros de 16 a 20 MVA y los buques de GNL, tanqueros, quimiqueros, buques de transporte de gas, etc. 10 MVA.
- Los sistemas SSE tradicionales, basados en conexión a la red eléctrica tienen 4 componentes:
  - Cables que traen la alta tensión a una subestación local, que la transforma y distribuye de forma local.
  - Transformador, dependiendo de la fuente de potencia, para bajar el tensión.
  - Convertidor de frecuencia, habitualmente necesario, puesto que la mayor parte de los buques emplean 60 Hz de potencia.
  - Sistema de gestión de cable, que permite elevar los cables para ajustar la parte del buque y el enchufe, o viceversa.
- Las emisiones en puerto significan un 16% de las emisiones de carbono a la atmosfera, un 13% de los óxidos de nitrógeno y un 10% de partículas. Estos sistemas pueden contribuir a la limpieza atmosférica en hasta un 97% de reducción de los óxidos de nitrógeno y un 89% en la emisión de partículas.

A fecha de abril de 2020, no existe ninguna conexión de SSE a gran escala en ninguna instalación del Reino Unido. En el informe, se identifican **barreras significativas** para el desarrollo de los sistemas SSE en el Reino Unido, así como recomendaciones principales y secundarias para abordarlas:

- **Costes de capital.** Es la principal barrera para la instalación de estos sistemas, no solo influyen los elevados costes para instalar la infraestructura en puerto sino también las inversiones necesarias para adecuar la red local de distribución dotarla de mayor capacidad, construir nuevas subestaciones y reforzar la red en los puntos que sea necesario. Ningún proyecto hasta la fecha se ha llevado a cabo

sin soporte público de alguna manera. En el Reino Unido se requiere un fondo verde marítimo que ayude a reducir los costes prohibitivos, especialmente los que tienen que ver con la red eléctrica y con la generación. Las áreas de mayor necesidad de inversión pública son las siguientes cuatro:

- Estudios de viabilidad y fases pre-proyecto.
  - Mejoras de red y sistemas de generación eléctrica fuera de la red.
  - Infraestructura en el lado del muelle.
  - Sistemas eléctricos de a bordo.
- **Precio de la electricidad.** En el Reino Unido es especialmente elevado, en comparación con países en los que estos sistemas ya se encuentran en funcionamiento (y el segundo más elevado de Europa). Además, la mayor parte de los puertos que quieren ofrecer este servicio tienen que subvencionar el servicio de alguna manera para que la electricidad sea más competitiva contra el fuel marino. Se propone la eliminación de los impuestos a la electricidad cuando tengan como objeto proveer energía al buque atracado en puerto. La industria marítima es muy competitiva y los armadores siempre escogerán la opción más económica por la viabilidad de sus negocios.
  - **Falta de una demanda consistente.** Algunas compañías navieras de los sectores de cruceros y del transporte de contenedores se han acercado a los operadores y autoridades portuarias para interesarse por el tema, gracias sobre todo a la naturaleza competitiva de estos sectores industriales. El tercer sector es el de los *ferries*, ya que sus escalas son predecibles, así como los tiempos en muelle, además demandan poca potencia y hay integración empresarial entre la naviera y el operador de la terminal. No obstante, las estancias en puerto son cortas y a veces puede reducir la viabilidad técnica del proyecto. Este riesgo se relaciona a su vez con la imposibilidad de la terminal de recuperar las inversiones de capital. Si una terminal decide asumir la inversión inicial requerida para instalar los elementos OPS y la demanda de buques del servicio es baja, tendrá que hacer frente además a importantes facturas de la compañía eléctrica y a costes fijos de mantenimiento operativo.

Así pues, los buques no demandan actualmente este servicio, por lo que se requiere que el Gobierno legisle. Cualquier Gobierno que quiera que estos sistemas desempeñen un papel importante en la reducción de emisiones, debe centrar sus políticas en hacer frente a la falta de demanda. La Asociación de Puertos Británica (BPA) está desarrollando unos estándares de cero emisiones en muelle para discutir con la industria y con el gobierno, lo que podría aumentar la demanda de las tecnologías de reducción de emisiones y daría seguridad a los inversores.

- **Falta de capacidad en la red local de transmisión.** Los grandes buques pueden requerir 5 MW por conexión, lo que significa de una cuarta parte a la mitad de la demanda típica de un puerto pequeño a mediano. Una conexión OPS introduce un gran estrés en la red local de energía, por lo que se requieren inversiones elevadas para reforzarla o adaptarla (ver Tabla 6). Sin contar los gastos avanzados en consultoría o viabilidad inicial, que pueden significar una barrera para que el proyecto ya no continúe.

Elemento de proyecto

Rango de Costes Estimado

Soporte Estatal  
Requerido

Estudios de Viabilidad, Trabajos de Campo, Trabajos Pre-Proyecto	5k a 70k £	Hasta 80%
Mejoras de la Capacidad de Red, Refuerzos, etc.	2M a 25M £ para una conexión de 16 MW	Hasta 80%
Generación de Energía fuera de la Red	Hasta 6M £	Hasta 80%
Infraestructura en muelle, incluyendo obra civil	0,3M a 10M £	Hasta 66%
Retrofit de buques	Hasta 1M £	Hasta 66%

Tabla 6. Costes estimados para los elementos de un proyecto OPS. Fuente: British Ports Association.

- Otras recomendaciones y siguientes pasos para el proyecto incluyen iniciativas tales como:
  - Asesoramiento normativo y apoyo a la industria para la reducción de emisiones.
  - Exploración de la energía como servicio como potencial modelo alternativo al suministro de energía en tierra.
  - Compromiso nacional e internacional sobre los desarrollos que apoyen el desarrollo de este tipo de proyectos y otras opciones de reducción de emisiones, incluyendo la exploración de programas de colaboración e intercambio de información.
  - Investigación sobre la cuantificación de los costes y beneficios de la energía en tierra y otras opciones de reducción de emisiones, incluyendo el desarrollo de una calculadora de emisiones.

Puerto / Terminal	Tipo de Buque	Fecha	Coste (Millones €)	Capacidad (MW)
Bergen	Cruceros	2020	8,4	20
Dunkirk	Container	2019	2,2	8
Génova	Container	2020	4,5	40
Hamburgo	Container	2022	76,0	33,5
Kiel	Ferry	2019	1,5	4,5
Kiel	Crucero	2020	15,0	12,8
Palma Mallorca	Ferry	2020	2,1	1,6
Rotterdam	Container	2020	1,5	n/d
Toulon	Ferry	2021	15,0	7
Valencia	Varios	2023	8,5	30
Vancouver	Container	2019	4,6	7,5

Tabla 7. Características de proyectos recientemente ejecutados o en previsión de ejecución. Fuente: British Ports Association.

Finalmente, el informe realiza una revisión de las **experiencias internacionales** y valora cómo otros países han superado las barreras que existen para una implementación exitosa de las instalaciones OPS. Se revisa por países las políticas que dan soporte al desarrollo de la tecnología y a las posibilidades de financiamiento.

### 3. DETERMINACIÓN DE LOS CRITERIOS TÉCNICOS DE CALIDAD

#### 3.1. ANÁLISIS DE LOS COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN OPS EN PUERTO

Una de las primeras propuestas oficiales sobre este tipo de instalaciones se recogió en la recomendación de la Unión Europea 2006/339/EC.

Según esta recomendación, se presenta el diagrama que sigue, que ilustra los requisitos típicos de una conexión de electricidad en puerto, aunque se indica que existen otras configuraciones posibles en función del tipo de embarcación y muelle.

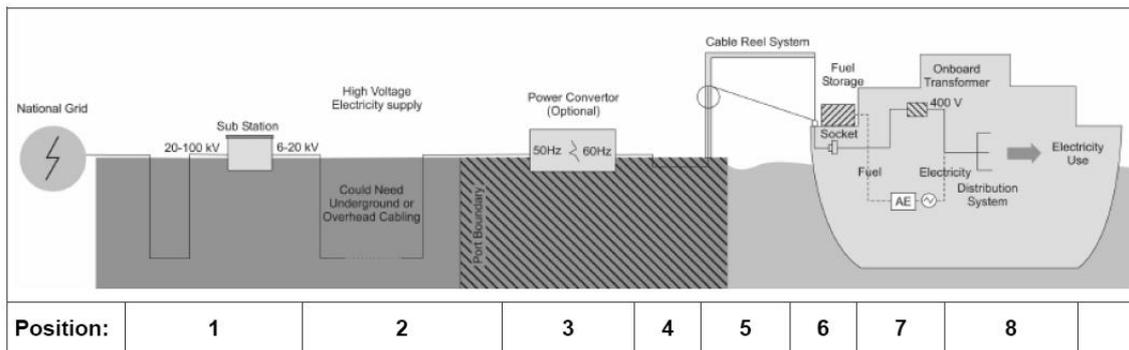


Figura 12. Esquema de una conexión tierra-barco según recomendación de la Unión Europea 2006/339/EC.

En una instalación OPS estándar como la de la figura, como ya se comentó en el apartado 2.1, se pueden identificar las siguientes posiciones:

1. Conexión a la red nacional de transporte de electricidad (20 a 100 kV) desde una subestación local, donde se transforma a entre 6 y 20 kV.
2. Cables para distribuir la electricidad de entre 6 y 20 kV desde la subestación a la terminal portuaria.
3. Conversión eléctrica, en caso necesario (el suministro eléctrico en la Comunidad suele tener una frecuencia de 50 Hz. Los buques diseñados para electricidad de 60 Hz podrían utilizar electricidad de 50 Hz en algunos equipos como la iluminación doméstica y la calefacción, pero no en los equipos motorizados como bombas, chigres y grúas. Por lo tanto, un buque que utilice electricidad de 60 Hz requeriría la conversión de la electricidad de 50 Hz).
4. Cables para distribuir la electricidad a la terminal. Éstos pueden instalarse bajo tierra en conductos existentes o nuevos.
5. Sistema de enrollado de cables para evitar la manipulación de cables de alta tensión. Este dispositivo puede instalarse en el amarradero mediante un carrete de cable, un cabestrante y una estructura. El cabestrante y la estructura pueden utilizarse para subir y bajar los cables al buque. El carrete y la estructura pueden accionarse y controlarse por medios electromecánicos.
6. Conexión a bordo del buque para conectar el cable.
7. Transformador a bordo del buque para transformar la electricidad de alta tensión a 400 V.
8. La electricidad se distribuye por el buque, y los motores auxiliares se apagan.

Dentro de este informe, no es el objetivo describir las instalaciones de la subestación de entrada al puerto y las posiciones aguas arriba (posición 1), ni las actuaciones necesarias a partir de la conexión al barco (posiciones 7 y 8 de la figura).

Así, focalizamos la atención del informe en los puntos 2, 3, 4, 5 y 6, que se describen con mayor detalle en los siguientes apartados, una vez descritos los principales tipos de instalaciones en función de sus características y esquema constructivo que se comentan a continuación.

3.1.1. TIPOS DE SISTEMAS Y CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DE CADA UNO

Se presenta en la siguiente figura un resumen de las principales características de los principales tipos de sistemas OPS en función de las embarcaciones a alimentar, distinguiendo los suministro en baja tensión y en media tensión mediante puntos rojos y negros, respectivamente:

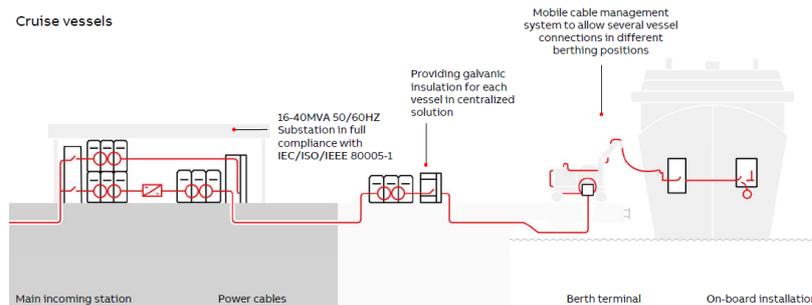
Characteristics	● Bulk Carrier / PSV / Tugs	● RORO/Ferry	●● Container	● Cruise	● LNG/Tanker/ FSU/FPSO	● Shipyard/Navy
SC Voltage	400-440-690V	11 kV or low voltage	6.6 kV	6.6 and 11kV	6.6 kV	6.6, 11 kV or low voltage
Max power consumption	1-2 MVA	6,5 MVA	7,5 MVA	16/20 MVA	10 MVA	Case by case
Frequency	60 and 50 Hz	60 and 50 Hz	60 Hz mainly	60 Hz mainly	60Hz	50 and 60 Hz
Plugs/cables (per vessel)	Up to 5	1 for HVSC	2	4+1	2/3	Case by case
Transformer	Onshore	Onboard	Onshore	Onshore	Onshore	Case by case
Layout	Not critical	Not critical	Critical	Critical	Critical	Not critical
Load profile	Not controlled	Partially controlled	Partially controlled	Controlled	Critical	Case by case
Protect selectivity	Critical	Not critical	Not critical	Critical	Critical	Case by case
Cable management system	High cost	Mid cost	Low cost	High cost	Mid cost	Case by case

- HVSC or LVSC – Low Power
- HVSC – High Power
- Special Application

Figura 13. Tabla resumen principales características en los diferentes tipos de sistemas OPS en función de las embarcaciones a alimentar. Fuente: ABB.

En función de la potencia y las necesidades de conexión, podemos distinguir los siguientes esquemas de conexión, donde se indican los principales elementos que los constituyen:

■ Conexión para cruceros:



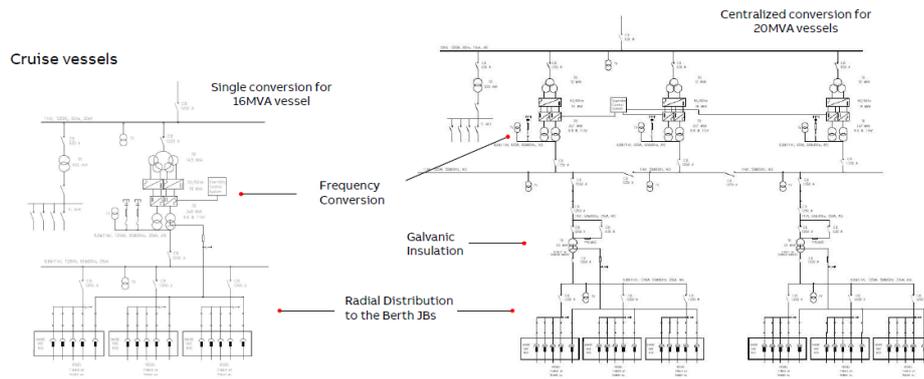


Figura 14. Representación esquemática simplificada y unifilar propuesta para OPS para cruceros. Fuente: ABB.

■ **Conexión para portacontenedores:**

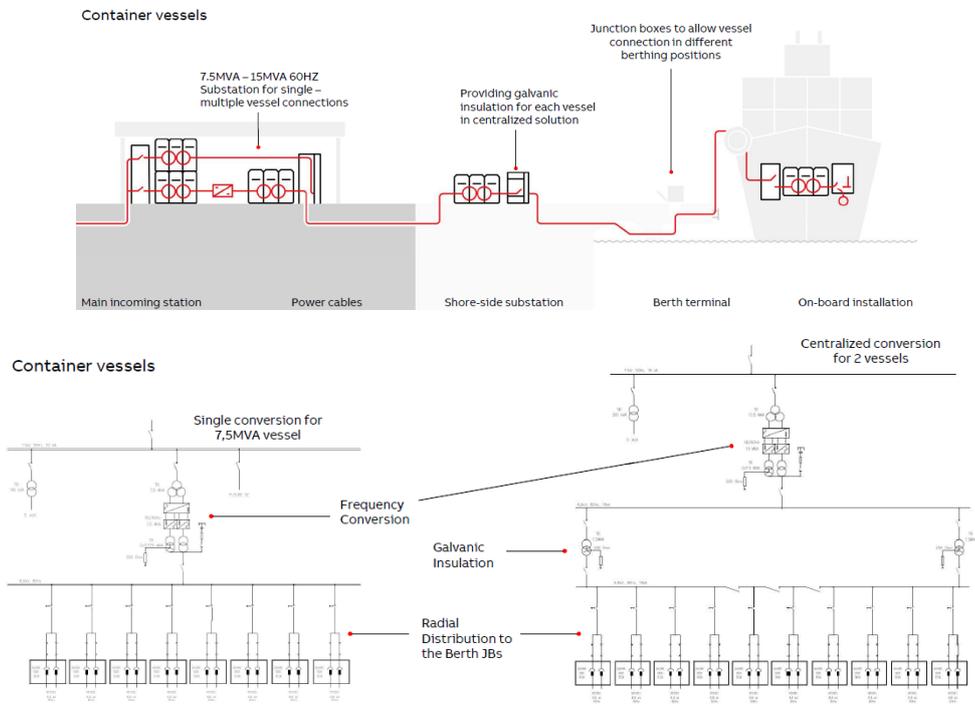
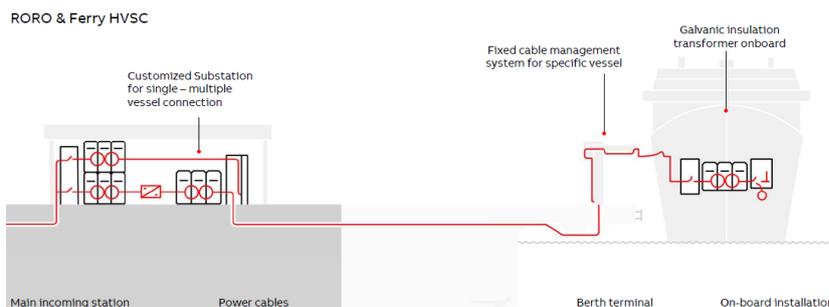


Figura 15. Representación esquemática simplificada y unifilar propuesta para OPS para portacontenedores. Fuente: ABB.

■ **Conexión para roro y ferries en media tensión:**



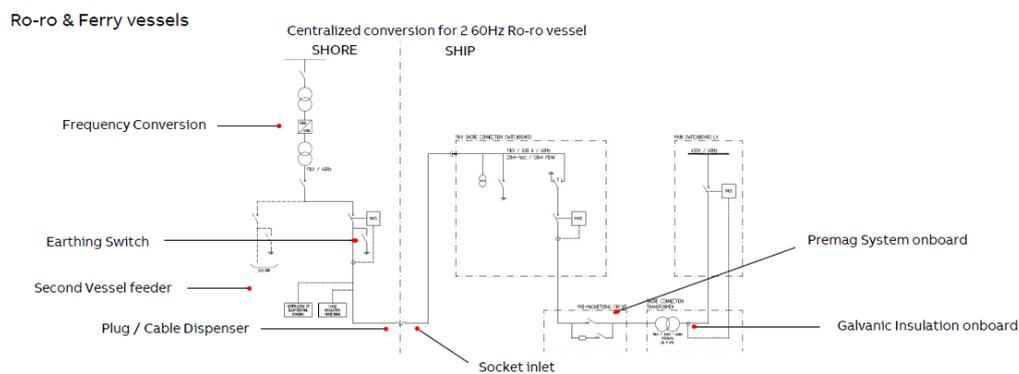


Figura 16. Representación esquemática simplificada y unifilar propuesto para OPS para Ro-Ro y Ferries. Fuente: ABB.

En las figuras anteriores pueden verse los diferentes elementos que componen estas instalaciones y que en su mayoría comentaremos a continuación y serán recogidos dentro de los criterios técnicos expuestos en la parte final del informe.

### 3.1.2. PRINCIPALES ELEMENTOS DE UNA INSTALACIÓN OPS:

#### 3.1.2.1. Canalizaciones y cables para distribución de energía (posiciones 2 y 4)

Las canalizaciones y cableado de conexión de la subestación principal de acometida a la instalación, situada fuera de la terminal, a la estación convertidora, situada en la terminal, habitualmente se realizan en media tensión, entre 6 y 20 kV en función del emplazamiento, y enterrada bajo tubo, en galerías de distribución o directamente en tierra.

La distribución por la terminal puede realizarse tanto en baja tensión a 400 o 690 V, o en media tensión a 6,6 o 11 kV como indica la norma IEC 80.005-1, dependiendo del tipo de embarcación a alimentar.

La distribución por la terminal en media tensión sigue los mismos criterios y utiliza materiales semejantes a los utilizados en la acometida a las central de conversión (habitualmente cableado tipo HEPR, 12/20 kV, conductor de Aluminio, con pantalla distribuido por tubo eléctrico de PE doble capa enterrado o en galería).

Con ello, las posibles variantes para estas partes de la instalación son muy reducidas y se limitan al desarrollo de configuraciones de conexión complejas en frecuencias o tensiones diferentes, o instalaciones con puntos de conexión para varias embarcaciones que necesitan de interruptores y seccionadores que permitan adaptar la instalación de distribución a las necesidades de alimentación a embarcaciones en cada momento. Algunas veces, si es necesario alimentar a varios buques al mismo tiempo y la instalación sólo dispone de una estación convertidora, se hace necesaria la instalación de celdas de media tensión para maniobrar las conexiones y transformadores de aislamiento galvánico para independizar la instalación de cada embarcación y de la de la terminal.

Ejemplos de configuración compleja con red mallada y transformadores de aislamiento para alimentación de cruceros pueden verse en las figuras del apartado anterior.

3.1.2.2. Conversión eléctrica de tensión y frecuencia y Sistema de Control (posición 3)

La parte principal, más compleja y que mayor número de elementos engloba en las instalaciones OPS es la parte de la adecuación de las características eléctricas de la energía eléctrica a las que necesita cada embarcación.

En esta parte, no sólo se produce la adaptación de la tensión desde la red exterior, habitualmente a 20 kV, a la del barco (400, 690, 6.600 o 11.000 V), sino que se realiza la adecuación de la frecuencia, se instalan las protecciones eléctricas, dispositivos de mando y sistemas de control necesarios para la coordinación de la operación, además de todos los sistemas auxiliares y envolventes que protegen la infraestructura eléctrica.

Se muestra a continuación una propuesta de elementos que componen una instalación de conversión en media tensión muy completa, y posteriormente se describen las principales características de cada uno de ellos.

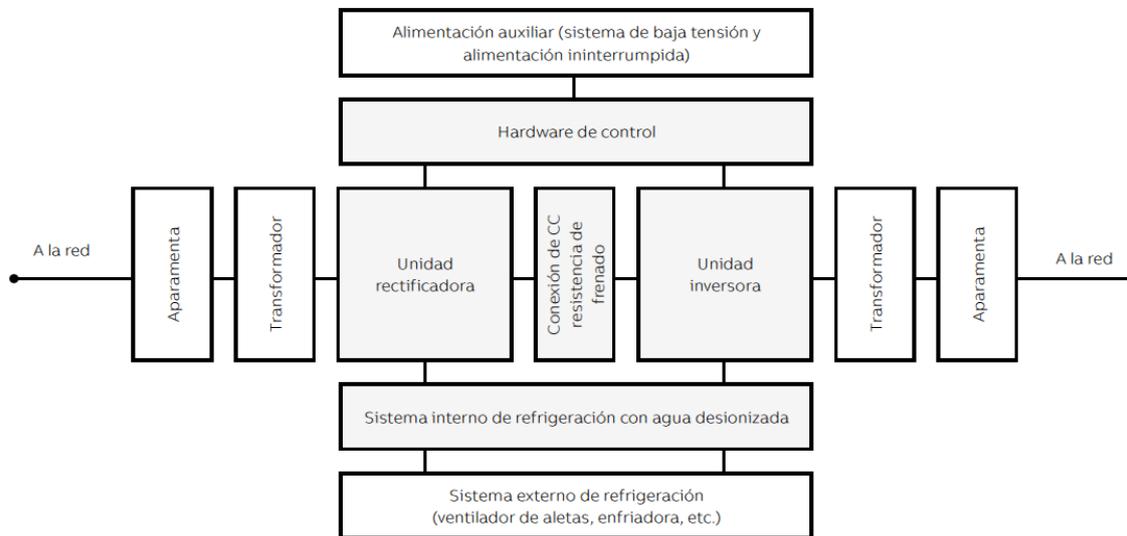


Figura 17. Esquema del sistema de convertidor en media tensión y alcance del suministro habitual. Fuente: ABB.

- Edificios/Habitáculos para Equipos:** Todo el equipamiento anterior estará protegido por una envolvente que puede ser en forma de ISO contenedor, o ejecutada a medida con otras consideraciones relativas al impacto visual. Esto dependerá en gran medida del ambiente o tipo de muelle en el que se encuentren y de las necesidades de espacio y potencia a suministrar. Independientemente, las envolventes deben proteger a los equipos, ofreciendo un ambiente lo suficientemente limpio y poco agresivo para garantizar la correcta operación y durabilidad de estos. En este sentido, suelen ser convenientes, además de sistemas HVAC (Sistema externo de refrigeración + Sistema interno de refrigeración, en la figura anterior) que garanticen que las temperaturas de las salas se encuentren siempre en un rango aceptable, sistemas de detección de incendios, de control de accesos y de vigilancia, además de todas las instalaciones auxiliares de tomas de corriente e iluminación habituales en salas técnicas (incluidos los Sistemas de Alimentación Auxiliar, considerados dentro de este capítulo también). Un punto importante aquí serían los filtros que garantizan la calidad del aire interior, que deben mantenerse con la periodicidad adecuada, y convenientemente disponer de dispositivos de alarma en caso de colmatación. Respecto a la forma constructiva, se muestra a



continuación dos soluciones muy diferentes para realizar esta función de protección de los equipos comentada:



Figura 18.: Subestación para portacontenedores de hasta 2 MVA con conversión de frecuencia (izquierda); Subestación para cruceros de hasta 12 MVA en 6,6 y 11 kV en el muelle Altona del Puerto de Hamburgo (derecha). Fuente: PEMA

- **Aparamenta:** La aparamenta de protección y maniobra principal la podemos encontrar tanto en el lado de la acometida a la unidad (lado izquierdo de la figura superior), que es en media tensión y suele ser a 20 kV, como en la salida a la embarcación (lado derecho de la figura inicial de este apartado), que puede realizarse a 400, 690, 6.600 o 11.000 V. Con ello, en la acometida, la aparamenta serán celdas de media tensión, mientras que en la parte de la embarcación pueden ser celdas de media tensión para suministro en media tensión, o cuadros de baja tensión para suministros en baja tensión.

En cualquier caso, tanto las maniobras como las protecciones y las características a solicitar en cada tipo de equipamiento son similares, con la principal diferencia de la solución material y técnica que se da y las diferencias formas de afrontarlas, principalmente por la diferencia de manipulación de la energía eléctrica en baja tensión y en media tensión. Puntos importantes en esta parte son las características físicas de los equipos de protección y maniobra (IP, IK, materiales de construcción, forma de compartimentación interna, cuadros extensibles,...) principalmente por encontrarnos en un ambiente marino y por optimizar la ocupación de espacio de los equipos en puerto para minimizar la huella de los mismos y garantizar su extensibilidad futura, pero sobre todo las características eléctricas que poseen dichos equipos para realizar las funciones que se les exigen (características de las protecciones, corrientes nominales, poderes de corte máximos en cortocircuito, elementos extraíbles, motorizados, etc.).

Por otro lado, la monitorización, motorización y control en remoto/automático por parte del sistema de control es primordial para el correcto funcionamiento de la instalación OPS, especialmente para altas potencias, puesto que existen funciones de seguridad que lo exigen, como es la Puesta a Tierra de la embarcación en caso de fallo. Asimismo, la inclusión de medida de energía en las protecciones y comunicación directa con el sistema de control flexibiliza la instalación y dota al sistema de una mayor velocidad de respuesta.

Por último, algunos sistemas auxiliares como la ventilación forzada o refrigeración si fuera conveniente puntualmente, o la inclusión de sistemas de detección de incendio o extinción, pueden ser mejoras de la instalación que ayudarían a una mayor continuidad de servicio de esta por evitar situaciones críticas en caso de fallo de algún componente.

- **Transformador:** El transformador es uno de los equipos más importantes en las instalaciones OPS, ya que es el encargado de realizar la adaptación vasta de la tensión de la red a la de trabajo del convertidor en el transformador reductor de entrada a la instalación, y posteriormente también



adaptarla a la de la embarcación y servir además de aislamiento galvánico entre las instalaciones en el lado de suministro a barco. Los transformadores para las potencias de estos usos suelen ser de tres tipo: Aceite, Secos y Éster vegetal.

Generalmente, las soluciones más comunes para instalaciones OPS ofrecen transformadores Secos debido a su menor mantenimiento y más sencilla monitorización térmica, pero principalmente hasta hace pocos años porque eran la única alternativa a los tradicionales transformadores de aceite, que no necesitaba de un sistema de detección y extinción de incendios auxiliar ni tenían el riesgo de verter aceites que podrían resultar contaminantes al mar, aunque los de aceite deben estar proyectados con su propio cubeto de recogida. Además, la posibilidad de dotarlos de un sistema propio de ventilación forzada permite incrementar su potencia temporalmente hasta un 40%.

Estos problemas han sido en gran medida mitigados con los transformadores de Éster vegetal, donde se sustituye el aceite por este compuesto que tiene un punto de ignición más alto, lo que reduce su carga de fuego y evita la necesidad de sistemas de extinción dedicados, y posee un aislamiento 100% biodegradable que, aun continuando el riesgo de vertido, no generaría un problema ambiental. Además, sigue conservando las ventajas que poseían los transformadores de aceite de ser más resistentes a sobretensiones y sobrecargas, generar menos ruidos y tener menores niveles de pérdidas para un tamaño similar, además de poseer mejores resistencia a ambientes corrosivos por su forma constructiva.

Además de estas características físicas, los transformadores deben estar diseñados de acuerdo con el convertidor al que alimentan o del que reciben la energía, principalmente en el lado de la red exterior, pudiendo ser necesaria la implementación de varios bobinados o un cierto sobredimensionamiento por armónicos (Factor K de compensación armónica) en caso de conectarse a rectificadores DFE, y siendo recomendable la opción de un escudo o placa de apantallamiento electrostático entre bobinados. Por otro lado, la regulación de tensiones puede ser manual, siendo habitual disponer de 5 posiciones que pueden llegar a ser hasta 9 si fueran necesarias, y esta función llega a ser de gran importancia en instalaciones sin convertidor donde toda la regulación de tensión recae sobre el transformador y es recomendable la instalación de un regulador de tensión en carga, preferentemente motorizado y automatizado. Dentro de los parámetros puramente técnicos, el último punto, pero no menos importante, sería la eficiencia del transformador, que debe ser la maximizada cumpliendo los requerimientos de EcoDiseño requeridos por la legislación comunitaria europea.

Por último, es habitual que los estándares de las grandes marcas realicen test de rutina y tipo según el tipo de transformador (seco o de dieléctrico líquido), pero existen ensayos opcionales que pueden ser solicitados para garantizar la calidad de los equipos suministrados.



Figura 19. Transformadores. (a) Éster vegetal (ORMAZÁBAL) -(b) Seco (ABB)

- **Convertidor de Frecuencia** (Rectificador + Bus CC + Inversor): El convertidor es la pieza clave de la instalación en los sistemas OPS que necesitan de adaptación de la frecuencia de los 50 Hz habituales en los puertos españoles a los 60 Hz más comunes en la gran mayoría de las embarcaciones. Aunque existen dos tipos de convertidores a grandes rasgos, mecánicos (rotativos) y electrónicos (estáticos), actualmente la gran mayoría de las instalaciones utilizar los de tipo estático, que son los que se comentan a continuación.

Este equipo es el elemento tecnológicamente más avanzado de la instalación, y también el más costoso, pudiendo llegar a suponer un coste por encima del 50% de la instalación. Debe disponer no sólo de los elementos básicos comentados de rectificador, bus de continua e inversor, sino también de los filtros de entrada y salida necesarios para garantizar la calidad de la energía en el punto más alejado de consumo, y además de elementos auxiliares imprescindibles como la refrigeración (aire forzado o agua), y sobre todo un software de control propio que gestiona la operación del convertidor comunicándose con el Sistema de Control central de la instalación.

Este equipo no sólo realiza esta función de adaptación de la frecuencia, sino que además realiza el ajuste fino de la tensión para garantizar que la embarcación recibe la energía dentro de los parámetros de calidad mínimos necesarios, además de ajustar la calidad de la onda reduciendo al máximo la distorsión armónica de la misma (THD). Asimismo, debe estar preparado para poder realizar la sincronización con el sistema eléctrico de la embarcación, llegando a adecuar su tensión y frecuencia de salida a los generadores del barco para, llegado el momento de la transición, comenzar a asumir la carga del barco hasta que los generadores estén libres de carga y puedan llegar a detenerse.

En el mundo, existe un gran número de fabricantes de convertidores, pero sin embargo el número de especialistas en instalaciones OPS es reducido; ello es debido a que el convertidor no debe limitarse a realizar su función de conversión, sino, como hemos dicho, también debe adaptar la tensión y frecuencia en el punto de conexión al barco desde tierra y eso supone, no sólo disponer la tecnología adecuada y el software de control necesario en el convertidor, sino también un sistema de monitorización y control bien diseñado y coordinado con el convertidor que sea capaz de gestionarlo para llegar a estabilizar el suministro eléctrico, formando un sistema integral de suministro eléctrico. Las características básicas del inversor son el tipo de rectificador (activo o no activo), eficiencia, calidad de onda y refrigeración. Además, existen multitud de parámetros que pueden definir la solución



empleada y suelen diferir entre las diferentes propuestas comerciales, pero que también deben ser valorados en la comparación, como son diferentes parámetros físicos o de protección del equipo, así como los modos de control de la frecuencia, que podrían marcar la velocidad de sincronización del convertidor con la red del barco, pero que no se consideran esenciales en este tipo de aplicaciones donde no existen variaciones de la frecuencia una vez establecido el suministro estable a la embarcación.

Dentro de las soluciones existentes en el mercado, podemos distinguir tres tipos claros de aplicaciones en función de la potencia y tipo de convertidor utilizado.

- Suministros en baja tensión hasta 1 MVA: En este rango de potencia, los suministros son habitualmente en baja tensión, y los convertidores utilizados suelen ser convertidores modulares con tensiones de entrada y salida de 400 V basados en tecnología tradicional de SAI (IGBTs), y refrigerados por ventilación forzada. Los rendimientos de estos convertidores pueden llegar a ser de hasta el 95-96%, pero sólo en los más optimizados. Si es necesario y en función de las potencias unitarias de los equipos, se pueden instalar varias unidades en paralelo para alcanzar la potencia requerida.
- Suministros en media tensión de entre 1 MVA y hasta 4 MVA: Dentro de este rango, conviven convertidores en baja y media tensión, que gracias a transformadores elevadores alcanzan las potencias de suministro estandarizadas de 6,6 y 11 kV. Además de los comentados en el punto anterior, algunos fabricantes comienzan a introducir convertidores con diseños adaptados, en tensiones superiores, que pueden ser 690 V en baja tensión o hasta 3,3 kV en media tensión, y que pueden disponer tanto de refrigeración forzada por aire como por agua, incluso con redundancia en la refrigeración. La tecnología utilizada suele ser IGBTs, pero comienzan a verse versiones en media tensión montadas con IGCTs. Si es necesario, se pueden instalar varias unidades en paralelo de baja tensión hasta alcanzar la potencia deseada, pero no se recomienda superar las 8 unidades en paralelo por lo complejo de la sincronización de estas, y conforme aumenta la potencia, es preferible pasar a unidades convertidoras en media tensión con mayor potencia unitaria.
- Suministros en media tensión de entre 4 MVA y hasta 40 MVA: En este rango de potencia los suministradores ofertan únicamente equipos en media tensión debido a la complejidad en la coordinación de estos, pero también a la mayor eficiencia de estos respecto a los de baja tensión. La instalación y el control son más completos, aparece mayor dispersión en las características de los convertidores (topología del rectificador, eficiencias máximas, elementos auxiliares como filtros LCL o similares, modos de control de la frecuencia, que influyen en la velocidad del convertidor para adaptarse a la frecuencia y tensión de la red de la embarcación, etc.). Si es necesario, especialmente para el caso de grandes portacontenedores o suministro a cruceros, pueden instalarse varias unidades en paralelo hasta alcanzar la potencia necesaria, y siempre es recomendable que la escalabilidad de la instalación se una premisa debido al elevado coste de este tipo de instalaciones.
- **Sistema de Control (Software + Hardware):** El sistema de control es, junto con el convertidor, el otro punto clave de la instalación, pero en este caso el coste es mucho más reducido que el coste del convertidor. Este sistema es el encargado de coordinar los diferentes equipos que forman parte de la

instalación con la embarcación a alimentar, en las condiciones de calidad mínimas exigidas por la normativa.

Sus funciones son la monitorización y control de los diferentes equipos, además de los parámetros de tensión, frecuencia y sincronización entre la instalación eléctrica de tierra y barco, para garantizar que la transición entre los generadores auxiliares del barco y la red de tierra se produce dentro de los más estrictos parámetros de seguridad tanto para los operarios como para los equipos. Puede llegar a integrar las comprobaciones de seguridad en el sistema antes de permitir la conexión eléctrica, además de incluir enclavamientos y control remoto de los interruptores motorizados tanto de alimentación de los diferentes equipos y barco, como de puesta a tierra de la embarcación en caso de fallo. Todos estos elementos y funciones son más habituales cuanto mayor es la potencia que suministrar a la embarcación, puesto que ello supone la operación de un sistema más completo y complejo.

Otro punto que añade complejidad al sistema es la necesidad de sincronización entre la red del barco y tierra sin paso por cero, cuya necesidad se da por supuesta, pero que no es habitual en instalaciones de pequeña potencia.

La redundancia del PLC central o de las redes de comunicación, la alimentación segura del sistema, el número de puntos de monitorización y la inclusión de enclavamientos y funciones de seguridad del sistema son características esenciales que suelen definir la complejidad del sistema de control. Asimismo, un completo estudio de selectividad y protecciones (que se supone como una característica del sistema por tener que coordinarse con la embarcación, aunque es parte de la parametrización de los sistemas de protección eléctricos) es indispensable en cualquier instalación OPS.

Por otro lado, la programación en código abierto elimina barreras para cualquier posterior ampliación de funciones o adaptación del sistema, que siempre debe ser escalable por cualquier posible extensión futura.

Por último, la capacidad de alimentar a diferentes buques simultáneamente, especialmente en instalaciones de un único convertidor, son cuestiones que todavía hoy en día son barreras tecnológicas cuya solución se sigue trabajando.

La norma que marca las principales características técnicas que deben cumplir los componentes de la instalación, principalmente en la parte de comunicaciones, es la IEC-80.005-2, que actualmente no es de obligado cumplimiento en España, pero se espera que sea establecido como el estándar a seguir por todos los suministradores con el objetivo de obtener cada vez soluciones más normalizadas.

En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se muestra una propuesta para el esquema de control de una unidad de 11 MVA para suministro a portacontenedores donde se pueden observar los elementos que componen el sistema, además de los protocolos de comunicaciones utilizados.

### 3.1.2.3. Sistema de gestión de cables y conexión a barco (posiciones 5 y 6)

Una vez alcanzada la zona del cantil del muelle, en el extremo del cableado de alimentación se instalan las Cajas de Conexión (o Junction Boxes), que equipan tomas para la conexión del cableado a la embarcación. Estas cajas suelen tener un alto grado de estanqueidad (IP>55) y resistencia mecánica a impactos (IK<08), además de ser alojadas en arquetas con tapas de resistencia de al menos 60T (E-600), las habituales en emplazamientos portuarios, aunque podrían llegar a tener resistencias de hasta 90 T (F-900). Respecto a las



tensiones y corrientes de diseño de las cajas, pueden ser de baja tensión, soportando hasta 1.000 V habitualmente, y con rangos de corrientes de hasta 700 A, o de media tensión para las tensiones normalizadas de 6,6 kV y 11 kV, hasta corrientes de 500 A. Las cajas pueden ser enterradas (a) o verticales (b), como se puede observar en la siguiente figura, y siempre de materiales con alta resistencia a ambientes salinos, como aceros galvanizados, o incluso inoxidables, o materiales basado en fibras, más inmunes a los ambientes salinos.

Las primeras suelen utilizarse en muelles para barcos portacontenedores, donde existe operación de carga y descarga y se requiere reducir al máximo la interferencia. Las segundas son más habituales en muelles de ferris o RoRo, donde la actividad portuaria es mucho más reducida y una interferencia no es crítica.

Dependiendo del tipo de embarcación a suministrar puede ser necesario un Equipo de Gestión de Cableado en muelle, o el equipo va embarcado en el buque, como sucede en el caso de los portacontenedores que equipan un contenedor con una bobina de cable que desciende en el atraque para conectar a las cajas de conexión (este caso no es analizado en este documento por no ser una inversión a realizar en la terminal portuaria). Se observa este tipo de conexión en la figura esquemática que representa la alimentación a portacontenedores del apartado 3.1.1, obtenida de la documentación técnica de ABB.



Figura 20. Cajas de conexión. (a) Enterrada (CAVOTEC) -(b) Vertical. Fuente: poweratberth.eu

Respecto a estos equipos de gestión y almacenamiento de cableado, pueden ser de tipo fijo, habitualmente tipo grúa o bobinas estacionarias con un rango de altura o alcance horizontal limitado, o de tipo móvil, que gracias a ruedas motrices son capaces de desplazarse a lo largo del muelle.



Figura 21. Equipos de Gestión de cable en muelle tipo Fijo (izquierda) y Móvil (derecha). Fuente: PEMA

Adicionalmente, en función de las necesidades del muelle y los barcos que amarran en él, pueden operar manualmente o de forma automática, en local o también en remoto, y tener diferentes características constructivas en su parte física y eléctrica similares a las que poseen las cajas de conexión. Otro parámetro para tener en cuenta en el caso de equipos para conexión a cruceros es la altura de elevación que pueden alcanzar para poder acercar las tomas de conexión a la ventana de acceso a la embarcación. En el caso de portacontenedores, cobra mayor importancia la interferencia del equipo con las grúas que deben realizar la descarga de la embarcación, para lo cual existen equipos, que podrían considerarse a mitad de camino entre las cajas de conexión y los equipos de gestión de cableado, capaces de desplazarse longitudinalmente por el cantil evitando dicha interferencia con el cableado de conexión, siendo este tipo de soluciones las únicas que consideran un equipo de gestión de cableado, o en este caso más de gestión de la conexión, para portacontenedores.



Figura 22. Cajas de conexión móviles que se desplazan a lo largo del cantil sin interferencia con las operaciones de muelle. Fuente: IGUS.es

Por último, un punto importante en estos equipos es que deben disponer de un sistema de enclavamiento de tomas eléctricas que impida la conexión hasta que todas las tomas estén correctamente conectadas y bloqueadas, impidiendo conexiones o desconexiones accidentales.

### 3.2. ESTUDIO DE LOS CRITERIOS TÉCNICOS DE CALIDAD

Se ha realizado un análisis en profundidad de todos los aspectos y características que componen una instalación OPS con el objetivo de ofrecer un marco que permita la valoración de propuestas de distintos licitadores que se presenten a un eventual concurso para la provisión del servicio portuario de suministro de electricidad a buques atracados.

Los criterios de calidad, según lo que se vaya a exigir en un concurso y pendiente de las adaptaciones específicas que puedan hacerse a algunos de los criterios según sea el perfil operativo del buque o buques que se pretende dar servicio en cada muelle, se han estructurado siguiendo las premisas que se exponen:

- **Criterios mínimos exigibles** (enumerados por la secuencia M<sub>x</sub>). Se agrupan en esta categoría todos aquellos aspectos que son considerados como un mínimo que debe aportar cualquier solución que se proponga en el concurso. Pueden ser entendidos como criterios de solvencia técnica, es decir, que la calidad de las instalaciones debe de ser, al menos, igual a los criterios mínimos planteados. Por ende, estos criterios no formarán parte de una valoración comparada entre ofertas, sino que se adecua más a un criterio de “*pasa o no pasa*”.

- **Criterios valorables** (se enumeran siguiendo la secuencia  $V_x$ ). Para todas aquellas propuestas que hayan superado sin problemas los criterios mínimos exigibles, se procedería a la valoración de los criterios técnicos de calidad de los distintos elementos y componentes que conforman la solución OPS sobre las que se han ofrecido directrices para ofertar. Cada criterio valorable ha sido analizado como componente del elemento al que pertenece y se han estudiado los valores que ofrece la industria, proponiéndose una escala de valoración en tres grados, cuya justificación particular se expone en el apartado 3.3:
  - Valor mínimo. Se otorgarían 0 puntos a la propuesta que presente características de mínimos en el criterio técnico de calidad que se esté evaluando.
  - Valor estándar. Entendiéndose este valor como el valor normal exigible en la industria para el elemento en cuestión, se otorgarían 2,5 puntos a la propuesta que presente este valor.
  - Valor máximo. Para los proveedores industriales que incluyan en su propuesta características asimilables a alta calidad o al ideal exigible, se les otorgaría la puntuación máxima de 5 puntos.

Cabe destacar, por otro lado, que los criterios siguen una estructura jerárquica de hasta tres niveles de detalle, formadas por las siguientes divisiones:

- **Nivel 1. Categorías Generales.** Se han organizado 4 categorías principales:
  - Componentes y materiales de la solución OPS (C1).
  - Sistemas de control (C2).
  - Cajas de conexión y equipos de gestión de cable (C3).
  - Puesta en marcha, ajustes y operativa del sistema (C4).
- **Nivel 2. Subcategoría 1.** Cada categoría general se subdivide en una o varias subcategorías de nivel 1 y, estas su vez, se subdividen en una o varias subcategorías de nivel 2. Se incluyen 23 subcategorías de nivel 1, siguiendo el desglose que se indica: el nivel C1 incluye 7 subcategorías de nivel 1, el nivel C2 incluye 5 subcategorías, el nivel C3 incluye 2 y, finalmente, el nivel C4, incluye 4 subcategorías.
- **Nivel 3. Subcategoría 2.** Puede estar formada por uno o más criterios de técnicos de calidad.

### 3.2.1. CRITERIOS MÍNIMOS EXIGIBLES

Se presentan a continuación los criterios mínimos, o de solvencia técnica, detectados durante el análisis de la documentación técnica de los principales suministradores presentes en el mercado eléctrico para los diferentes tipos de materiales, equipamientos o sistemas que componen la instalación OPS.

El número total de criterios mínimos exigibles propuestos es de 98 y se dividen en las cuatro categorías en las que se ha subdividido el análisis.

#### 3.2.1.1. Componentes y Materiales de la Solución OPS

- C1.1. Edificios / habitáculos para equipos:

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor
Aislamiento acústico de las salas		M1	Sí
Aislamiento térmico de las salas		M2	Sí

<b>Envolvente de la sala</b>	Resistente a condiciones marinas (clase de corrosión C5-M)	M3	Sí
<b>Monitorización de equipos, control y medición mecánica en la sala</b>	Sistema de control de incendios en la salas - Detección de humo	M4	Sí
	Alarma de colmatación de filtros de aire para ventilación	M5	Sí
<b>Instalación auxiliar de HVAC</b>	Filtrado de aire para ventilación de la sala necesario	M6	Sí
<b>Instalación auxiliar de iluminación interior</b>	Tipo de luminarias	M7	LED
	Eficiencia lumínica (lm/W)	M8	120
	Temperatura de color	M9	4.000 K-6.300 K
	Grado de protección contra impactos IK	M10	>=08
<b>Instalación auxiliar de iluminación exterior</b>	Tipo de luminarias	M11	LED
	Eficiencia lumínica (lm/W)	M12	120
	Temperatura de color	M13	4.000 K-6.300 K
	Protección de sobretensiones incorporado	M14	Sí
	Grado de protección contra impactos IK	M15	>=09
	Porcentaje de flujo luminoso al hemisferio superior (ULOR) (%)	M16	0

Tabla 8. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 1. Edificios / habitáculos para equipos.

■ **C1.2. Canalizaciones y soleras:**

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor
<b>Tubos enterrados</b>	Material constructivo	M17	PE doble pared
	Color	M18	Rojo
	Grado de protección IP	M19	54
	Resistencia a la compresión (N)	M20	450
	Resistencia al curvado	M21	Curvable
	Temperatura mínima (°C)	M22	-5
<b>Tubos superficiales</b>	Material constructivo	M23	Plástico, RLH7035 libre de halógenos
	Color	M24	Gris
	Grado de protección IP	M25	54
	Aislante eléctrico	M26	>100 Mohm
	Resistencia a la compresión (N)	M27	1250
	Resistencia al fuego	M28	No propagador de la llama
	Temperatura máxima (°C)	M29	90
	Temperatura mínima (°C)	M30	-5
<b>Bandejas</b>	Material constructivo de la bandeja	M31	Acero galvanizado en caliente / PCV autoextinguible
	Resistencia a radiación UV	M32	Sí
	Resistencia a corrosión en ambientes salinos	M33	Sí
	Comportamiento al fuego	M34	min. M1

Tabla 9. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 2. Canalizaciones y soleras.

■ **C1.3. Conductores eléctricos:**

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor
Cableado de media tensión y/o baja tensión	Material de conductor en baja tensión / media tensión	M35	Cu / Al
	Temperatura máxima del conductor en carga (°C) baja tensión / media tensión	M36	90 / 105
	Temperatura máxima del conductor en cortocircuito (°C) baja tensión / media tensión	M37	250
Canalización eléctrica prefabricada (interior salas)	Material conductor	M38	Al
	Grado de protección IP	M39	54/55
	Grado de protección IK	M40	08

Tabla 10. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 3. Conductores eléctricos.

■ **C1.4. Transformadores:**

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor
Características físicas	Tipo constructivo de transformador	M41	Seco/Ester vegetal
	Material de los devanados	M42	Al/Al
	Clase térmica del transformador, conforme a la norma IEC (Éster vegetal: IEC 60836 / Seco: IEC 60085)	M43	Clase K / Clase F
	Temperatura ambiente máxima media (°C)	M44	40
	Calentamiento máximo de los devanados / Incremento de temperatura (K)	M45	100
Características eléctricas	Eficiencia (%)	M46	>99%
	Nivel de pérdidas según Directiva de Ecodiseño UE548/2014	M47	Ao-10% Ak
	Tensión de cortocircuito a 75°C (%)	M48	4-6%
	Regulación de tensión (%)	M49	5 pos. +/- 2,5%

Tabla 11. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 4. Transformadores.

■ **C1.5. Celdas de protección en media tensión:**

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor
Características físicas	Material de los embarrados y protección mecánica de los mismos	M50	Cu/Al
	Clase de compartimentación	M51	PM
	Grado de protección IP	M52	IP4X o IP3X (IP67 partes alta tensión)
	Grado de protección contra impactos IK	M53	08
	Extensible o no extensible	M54	Sí
Características eléctricas / protecciones	Corriente nominal máxima de los embarrados (A)	M55	Según diseño de la instalación, >=630



	Corriente máxima de cortocircuito de las celdas y protecciones	M56	Según diseño de la instalación, >=20
	Relés de protección electrónicos	M57	Sí
	Interruptor de PaT de barco motorizado y automatizado (sólo para Suministro en media tensión)	M58	Sí
	Medidores de tensión, corriente, frecuencia y energía activa y reactiva analógicos, o analizadores de red digitales.	M59	Sí
	Interruptores principales de distribución motorizados	M60	Sí
	Comunicación de las protecciones y analizadores con sistema de monitorización remota	M61	Sí
	Enclavamientos electromecánicos para evitar maniobras no permitidas	M62	Sí
<b>Certificados y ensayos</b>	Certificados de cumplimiento de norma IEC 62271	M63	Sí

Tabla 12. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 5. Celdas de protección en media tensión.

■ **C1.6. Cuadros eléctricos de protección en baja tensión:**

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor
<b>Características físicas</b>	Material de los embarrados y protección mecánica de los mismos	M64	Cu/Al
	Grado de protección contra impactos IK	M65	08
	Reserva mínima de espacio en el cuadro (%)	M66	20
<b>Características eléctricas / protecciones</b>	Analizadores de redes (tensión, corriente, frecuencia) con medición de energía en las principales salidas	M67	Sí
	Protección contra sobretensiones transitorias	M68	Sí
	Interruptores principales de distribución motorizados	M69	Sí
	Interruptor de PaT del barco motorizado y automatizado (Suministros en baja tensión)	M70	Sí
	Enclavamientos electromecánicos para evitar maniobras no permitidas	M71	Sí
<b>Certificados de cumplimiento de norma IEC 61439-1 y 2</b>		M72	Sí

Tabla 13. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 6. Cuadros eléctricos de protección en baja tensión.

■ **C1.7. Convertidores de frecuencia:**

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor
<b>Características físicas</b>	Tecnología del convertidor / Tipo	M73	Estático (electrónico)
	Temperatura máxima de operación	M74	-20 a +45 °C (60 °C con derating)
<b>Características eléctricas</b>	EN 61000 Norma para armónicos	M75	Sí
	Los límites de THDv y TDD deben estar de acuerdo con IEEE519	M76	Sí
	Norma UL508C para Equipos de Conversión de Potencia	M77	Sí

IEC/EN 61000-3-12: 2011 Compatibilidad electromagnética (EMC)	M78	Sí
---	-----	----

Tabla 14. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 7. Convertidores de frecuencia.

3.2.1.2. Sistemas de Control

Subcategoría 1/2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor
<b>Generales</b>	Programación mediante código abierto	M79	Sí
	Alimentación segura de los componentes del sistema de control	M80	Sí
<b>Equipamiento y comunicaciones</b>	Comunicación con el barco a través del equipo de conexión	M81	Sí
	PLC de control centralizado	M82	Sí
	Red de comunicación en anillo	M83	Sí
	HMI local con pantalla para control desde la ubicación de los equipos	M84	Sí
	SCADA para monitorización y control remoto del sistema OPS	M85	Sí
<b>Monitorización de equipos, control y medición eléctrica</b>	Registro de energía activa, reactiva y total consumida por la embarcación	M86	Sí
	Comunicación con analizadores de redes (tensión, corriente, frecuencia)	M87	Sí
<b>Certificados y ensayos</b>	Cumplimiento de la norma IEC-80.005-2	M88	Sí

Tabla 15. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 2. Sistemas de Control.

3.2.1.3. Cajas de Conexión y Equipos de Gestión de Cable

■ C3.1. Cajas de conexión:

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor
<b>Características de la caja</b>	Interferencia con otras operaciones, infraestructuras y equipos de muelle	M89	No
	Grado de protección IP	M90	56
<b>Características de los conectores</b>	Grado de protección IP	M91	56
	Grado de protección contra impactos IK	M92	08
	Sistema de enclavamiento para garantizar conexión correcta	M93	Sí

Tabla 16. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 3. Cajas de conexión y equipos de gestión de cable y Subcategoría 1. Cajas de conexión.

■ C3.2. Equipos de gestión de cable:

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor
<b>Criterios de operación</b>	Operación en modo manual	M94	Sí
<b>Características de los conectores</b>	Grado de protección IP	M95	56
	Grado de protección contra impactos IK	M96	08
	Sistema de enclavamiento para garantizar conexión correcta	M97	Sí

Tabla 17. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 3. Cajas de conexión y equipos de gestión de cable y Subcategoría 2. Equipos de gestión de cable.

3.2.1.4. Puesta en Marcha, Ajustes y Operativa del Sistema

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor
Generales	Estudio de selectividad y coordinación de protecciones completo de la instalación	M98	Sí

Tabla 18. Criterios mínimos exigibles para la Categoría 4. Puesta en marcha, ajustes y operativa del sistema.

3.2.2. CRITERIOS VALORABLES

Adicionalmente a las tablas anteriores, se presentan a continuación los criterios valorables que han sido levantados durante el análisis de la documentación técnica y el estudio de las soluciones que ofrecen los principales suministradores de sistemas OPS.

El número total de criterios valorables propuestos es de 93 y se dividen en las cuatro categorías principales.

3.2.2.1. Componentes y Materiales de la Solución OPS

- C1.1. Edificios / habitáculos para equipos:

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor mínimo	Valor estándar	Valor máximo
Monitorización de equipos, control y medición mecánica en la sala	Medición de temperatura en los diferentes ambientes de las salas	V1	No	Algunas salas	Todas las salas
	Sistema de control de acceso a las salas	V2	No	Tarjeta o similar	Dispositivos biométricos
	Sistema de cámaras - CCTV	V3	No	-	Sí
Instalación auxiliar de HVAC	Temperatura de diseño interior de la sala (°C)	V4	>35	26<X<35	<25
Instalación auxiliar de iluminación interior	Vida útil de las luminarias a T°25°C 100.000h	V5	L60	L70	L80
	Grado de protección IP	V6	<55	55	66
Instalación auxiliar de iluminación exterior	Vida útil de las luminarias a T°25°C 100.000h	V7	L60	L70	L80
	Grado de protección IP	V8	<=55	65	66

Tabla 19. Criterios valorables para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 1. Edificios / habitáculos para equipos.

- C1.3. Conductores eléctricos:

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor mínimo	Valor estándar	Valor máximo
Cableado de media tensión y/o baja tensión	Longitud máxima del conductor aguas abajo del convertidor (m) cumpliendo estándares de calidad de onda y caída de tensión máxima	V9	<500	500<L<1000	>1000
Canalización eléctrica prefabricada (interior salas)	Intensidad de empleo según THD3 (tasa de distorsión, rango 3)	V10	<=15%	15%<THD<33%	>=33%
	Temperatura ambiente de servicio (°C)	V11	<35	35	40

Tabla 20. Criterios valorables para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 3. Conductores eléctricos.

▪ **C1.4. Transformadores:**

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor mínimo	Valor estándar	Valor máximo
<b>Características físicas</b>	Arrollamientos múltiples del transformador para conexión con convertidor según necesidad (Instalaciones con convertidor)	V12	No	2	3 ó más
	Escudo, placa o pantalla de aislamiento electrostático entre bobinados (Instalaciones con convertidor)	V13	No	-	Si
	Refrigeración (Ventilación)	V14	Aire natural (AN)	-	Aire forzado (AF)
	Nivel sonoro / Nivel de potencia acústica LwA (dB)	V15	>=75	65<X<75	<=65
	Categoría de corrosividad atmosférica de diseño / Clase de corrosividad	V16	C3	C4	C5-M
	Clase ambiental del transformador (E)	V17	E2	E3	E4
<b>Características eléctricas / protecciones</b>	Regulación de tensión automática en carga (Instalaciones en baja tensión 50 Hz sin convertidor)	V18	No	-	Sí
	Factor de compensación armónica o justificación del sobredimensionamiento del transformador por trabajo con convertidor (Instalaciones con convertidor no activo)	V19	No	>=4	>=10
	Protección por sondas de temperatura	V20	No	- Seco: 6 PTC (o 3 PT100) + relé - Éster: Termómetro alarma y disparo y aguja de máxima	9 PTC (o 6 PT100) + relé
	Ensayos de tensión aplicada en BT según IEC 60076-11 realizados	V21	3 kV	-	10kV
<b>Certificados y ensayos</b>	Protocolos de ensayo para transformador (Éster vegetal: IEC 60076-1 / Seco: IEC 60076-11)	V22	No se define	- Ensayos rutinarios IEC. - Ensayos de tipo IEC: incremento de temperatura, impulso de tipo rayo	- Ensayos especiales IEC: nivel de ruido, cortocircuito - Otros: resistencia sísmica, climático, medioambiental o clase de fuego.

Tabla 21. Criterios valorables para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 4. Transformadores.



▪ C1.5. Celdas de protección en media tensión:

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor mínimo	Valor estándar	Valor máximo
Características físicas	Material de la envolvente y chasis y tratamiento superficial de la misma	V23	No se define	Estructura metálica galvanizada en caliente y chapa pintada	Estructura metálica galvanizada en caliente y chapa con tratamientos superficiales anticorrosión
	Monitorización de temperatura	V24	No	-	Sí
	Sistema de detección de incendios en el propio conjunto de celdas	V25	No	-	Sí
	Sistema de extinción de incendios en el propio conjunto de celdas	V26	No	-	Sí
Características eléctricas / protecciones	Corte al aire, en vacío o en cámara de SF6	V27	Aire	SF6	Vacío
	Aislamiento en cámara de corte o integral	V28	No se define	Aislamiento en cámara de corte	Aislamiento integral
	Relés de protección direccionales aguas abajo del convertidor	V29	No	-	Sí
	Interruptores principales de distribución extraíbles	V20	No	-	Sí

Tabla 22. Criterios valorables para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 6. Celdas de protección en media tensión.

▪ C1.6. Cuadros eléctricos de protección en baja tensión:

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor mínimo	Valor estándar	Valor máximo
Características físicas	Material de la envolvente y chasis y tratamiento superficial de la misma	V31	No se define	Estructura metálica galvanizada en caliente y chapa pintada	Estructura metálica galvanizada en caliente y chapa con tratamientos superficiales anticorrosión
	Forma de compartimentación interna cuadros principales	V32	3a	3b	4b
	Forma de compartimentación interna cuadros secundarios	V33	2a	2b	3a
	Grado de protección IP	V34	2X	3X	>=4X
	Ventilación natural, forzada o refrigeración	V35	Natural	Forzada	Refrigeración
	Cuadro extensible	V36	No	-	Sí
	Monitorización de temperatura	V37	No	-	Sí
	Sistema de detección de incendios en el propio cuadro	V38	No	-	Sí

	Sistema de extinción de incendios en el propio cuadro	V39	No	-	Sí
<b>Características eléctricas / protecciones</b>	Corriente máxima de cortocircuito de cuadros y aparata de distribución principal (kA) (escala comercial 15-25-36-42-50-66-70-85-100-150 kA)	V40	Ajustada al diseño de la instalación	Un escalón por encima de la mínima requerida	Dos escalones por encima de la mínima requerida
	Interruptores principales de distribución extraíbles	V41	No	-	Sí
	Funciones de protección y medida en los interruptores principales de distribución	V42	Relé electrónico ajustable	Relé electrónico ajustable + Medida energía y otras variables	Relé electrónico ajustable + Medida energía y otras variables + Función diferencial con toroidal incluido
	Protección contra sobretensiones permanentes	V43	No	-	Sí
	Interruptores principales directamente comunicables con sistema de control	V44	No	-	Sí

Tabla 23. Criterios valorables para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 6. Cuadros eléctricos de protección en baja tensión.

▪ C1.7. Convertidores de frecuencia:

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor mínimo	Valor estándar	Valor máximo
<b>Características físicas</b>	Grado protección IP	V45	2X	3X	>=4X
	Grado de protección contra impactos IK	V46	Valoración comparada entre soluciones ofertadas		
	Nivel sonoro / Nivel de potencia acústica LWA (dB)	V47	>=75	65<X<75	<=65
	Refrigeración del convertidor	V48	No se define	Aire	Agua
	Redundancia en el sistema de refrigeración	V49	No	-	Sí
<b>Características eléctricas</b>	Tipología del rectificador (DFE, AFE)	V50	No se define	DFE	AFE
	Eficiencia energética del convertidor en todo el rango de carga (60-95%)	V51	<95%	95% <= X < 98%	>=98%
	Factor de potencia aguas arriba para carga lineal	V52	<=0,9	0,9<X<0,95	>=0,95
	Tasa de armónicos a la salida para cargas lineales (tensión y corriente) (%)	V53	<=5	<=3	<=2,5
	Capacidad de sobrecarga (%/s)	V54	Valoración comparada entre soluciones ofertadas		
	Corriente de cortocircuito límite 1 segundo (%)	V55	120%	150%	180%
	Posibilidad de flujo de energía reversible	V56	No	-	Sí

Mantenimiento	Convertidor de construcción modular	V57	No	-	Sí
---------------	-------------------------------------	-----	----	---	----

Tabla 24. Criterios valorables para la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS y Subcategoría 7. Convertidores de frecuencia.

3.2.2.2. Sistemas de Control

Subcategoría 1	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor mínimo	Valor estándar	Valor máximo
Generales	Protección mínima de ciberseguridad del sistema	V58	No	-	Sí
	Comprobación de funciones de seguridad en la conexión a barco integradas en el sistema de control, incluyendo Relé de seguridad dedicado	V59	No	-	Sí
Equipamiento y comunicaciones	Redundancia de PLC central	V60	No	-	Sí
	Redundancia en el anillo de la red de comunicación	V61	No	-	Sí
Monitorización de equipos, control y medición eléctrica	Monitorización de estados y alarmas de celdas de media tensión en remoto/automático	V62	No	-	Sí
	Monitorización de estados y alarmas de cuadros de baja tensión en remoto/automático	V63	No	-	Sí
	Monitorización de estados y alarmas del convertidor en remoto/automático	V64	No	-	Sí
	Monitorización de estados y alarmas de equipos de gestión de cables en remoto/automático	V65	No	-	Sí
Operación de equipos en remoto/automático	Funciones de enclavamiento de cuadros de baja tensión y celdas de media tensión integradas en el sistema de control	V66	No	-	Sí
	Maniobra de celdas de media tensión en remoto/automático	V67	No	-	Sí
	Conexión secuencial de transformadores para limitar corrientes de magnetización aguas arriba	V68	No	-	Sí
	Maniobra de cuadros de baja tensión en remoto/automático	V69	No	-	Sí
	Operación del convertidor en remoto/automático	V70	No	-	Sí
	Operación de equipos de gestión de cables en remoto/automático	V71	No	-	Sí

Tabla 25. Criterios valorables para la Categoría 2. Sistemas de control.

3.2.2.3. Cajas de Conexión y Equipos de Gestión de Cable

■ C3.1. Cajas de conexión:

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor mínimo	Valor estándar	Valor máximo
Características de la caja	Material de fabricación principal de la caja	V72	No se define	Acero galvanizado	Acero inox - AISI 316
	Resistencia mínima de la tapa al tráfico rodado	V73	<=D-400 o no se define	E-600	F-900

Características de los conectores	Tensión máxima nominal de servicio (V) (BT/MT)	V74	<= o no se define	500 / 7.200	1.000 / 11.000
	Corriente máxima nominal de servicio (A) (BT/MT)	V75	<= o no se define	400 / 300	700 / 500
	Tensión máxima nominal de servicio (V) (BT/MT)	V76	<= o no se define	500 / 7.200	1.000 / 11.000
	Corriente máxima nominal de servicio (A) (BT/MT)	V77	<= o no se define	400 / 300	700 / 500

Tabla 26. Criterios valorables para la Categoría 3. Cajas de conexión y equipos de gestión de cable y Subcategoría 1. Cajas de conexión.

▪ C3.2. Equipos de gestión de cable:

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor mínimo	Valor estándar	Valor máximo
Criterios geométricos	Altura máxima alcanzada	V78	Valoración comparada entre soluciones ofertadas		
	Equipo móvil o fijo	V79	Fijo	-	Móvil
	Alcance máximo sobre el muelle para equipos fijos	V80	Valoración comparada entre soluciones ofertadas		
	Desplazamiento horizontal máximo sobre el muelle para equipo móvil	V81	Valoración comparada entre soluciones ofertadas		
Criterios de operación	Consumo energético	V82	Valoración comparada entre soluciones ofertadas		
	Operación automática programable	V83	No	-	Sí
	Posibilidad de accionamiento remoto desde tierra y/o a bordo	V84	No	-	Sí
Características de los conectores	Tensión máxima nominal de servicio (V) (BT/MT)	V85	<= o no se define	500 / 7.200	1.000 / 11.000
	Corriente máxima nominal de servicio (A) (BT/MT)	V86	<= o no se define	400 / 300	700 / 500

Tabla 27. Criterios valorables para la Categoría 3. Cajas de conexión y equipos de gestión de cable y Subcategoría 2. Equipos de gestión de cable.

3.2.2.4. Puesta en Marcha, Ajustes y Operativa del Sistema

Subcategoría 2	Criterio Técnico de Calidad	Código	Valor mínimo	Valor estándar	Valor máximo
Generales	Tiempo total de maniobra desde reposo hasta finalizada la conexión (minutos)	V87	>30	<30	<15
	Capacidad del sistema para alimentar varios barcos al mismo tiempo	V88	No	-	Sí
	Sistema escalable, extensible a futuro	V89	No	-	Sí
	Interferencia en la conexión con el barco con otras operaciones, infraestructuras y equipos de muelle	V90	Sí	-	No
Ocupación permanente de zona portuaria (huella de la infraestructura)	Ocupación permanente de zona portuaria - Huella de la infraestructura	V91	Valoración comparada entre soluciones ofertadas		
Impacto visual	Impacto Visual	V92	Valoración comparada entre soluciones ofertadas		

<b>Impacto de la solución propuesta y su procedimiento de conexión en la operativa del puerto/explotador</b>	Impacto de la solución propuesta y su procedimiento de conexión en la operativa del puerto/explotador	V93	Valoración comparada entre soluciones ofertadas
--	---	-----	---

Tabla 28. Criterios valorables para la Categoría 4. Puesta en marcha, ajustes y operativa del sistema.

### 3.3. DESCRIPCIÓN, JUSTIFICACIÓN Y ESCALA DE VALORACIÓN DE LOS CRITERIOS SELECCIONADOS

Complementando las tablas presentadas en el apartado 3.2.2 anterior, se plantea a continuación una guía para dar soporte a la evaluación de cada uno de los criterios valorables, aportando una explicación de cada uno de ellos que permita la asignación de una puntuación comparable y armonizada. La exposición de los criterios se realiza de forma jerarquizada como hasta el momento, empleando como guía el código alfanumérico que los identifica.

#### 3.3.1. COMPONENTES Y MATERIALES DE LA SOLUCIÓN OPS

##### 3.3.1.1. Edificios / Habitáculos para equipos

- C1.1.4. Monitorización de equipos, control y medición mecánica en la sala:

V1		
Medición de temperatura en los diferentes ambientes de las salas		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	NO se realiza medición de temperatura ambiental en ninguna de las salas donde existen instalados equipamientos eléctricos que sirven a las instalación OPS.
Valor estándar	2,5	Se realiza medición de temperatura ambiental en ALGUNAS de las salas donde existen instalados equipamientos eléctricos que sirven a las instalación OPS.
Valor máximo	5	Se realiza medición de temperatura ambiental en TODAS las salas donde existen instalados equipamientos eléctricos que sirven a las instalación OPS.

V2		
Sistema de control de acceso a las salas		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	NO se dispone de sistema de control de accesos a las salas que conforman la infraestructura.
Valor estándar	2,5	Se dispone de sistema de control de accesos a las salas que conforman la infraestructura mediante TARJETA O SIMILAR.
Valor máximo	5	Se dispone de sistema de control de accesos a las salas que conforman la infraestructura mediante DISPOSITIVO BIOMÉTRICO avanzado.

V3		
Sistema de cámaras – CCTV		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	NO existe un sistema de vigilancia mediante Circuito Cerrado de cámaras de TV (CCTV).
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	Existe un sistema de vigilancia mediante Circuito Cerrado de cámaras de TV (CCTV).

▪ C1.1.5. Instalación auxiliar de HVAC:

V4		
Temperatura de diseño interior de la sala (°C)		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Se prevé una temperatura de diseño para el interior de las salas con componentes electrónicos (cuadros, convertidores, SAIs, baterías, etc.) de 36°C o superior.
Valor estándar	2,5	Se prevé una temperatura de diseño para el interior de las salas con componentes electrónicos (cuadros, convertidores, SAIs, baterías, etc.) de 26 a 35°C.
Valor máximo	5	Se prevé una temperatura de diseño para el interior de las salas con componentes electrónicos (cuadros, convertidores, SAIs, baterías, etc.) de 25°C o inferior.

▪ C1.1.6. Instalación auxiliar de iluminación interior:

V5		
Vida útil de las luminarias a T=25°C 100.000h		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Se proponen luminaria que tras 100.000 h de operación conservan al menos el 60% del flujo lumínico original.
Valor estándar	2,5	Se proponen luminaria que tras 100.000 h de operación conservan al menos el 70% del flujo lumínico original.
Valor máximo	5	Se proponen luminaria que tras 100.000 h de operación conservan al menos el 80% del flujo lumínico original.

V6		
Grado de protección IP		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Se proponen equipos con grado de protección inferior a IP55.
Valor estándar	2,5	Se proponen equipos con grado de protección IP55.
Valor máximo	5	Se proponen equipos con grado de protección IP66 o superior.

▪ C1.1.7. Instalación auxiliar de iluminación exterior:

V7		
Vida útil de las luminarias a T=25°C 100.000h		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Se proponen luminaria que tras 100.000 h de operación conservan al menos el 60% del flujo lumínico original.
Valor estándar	2,5	Se proponen luminaria que tras 100.000 h de operación conservan al menos el 70% del flujo lumínico original.
Valor máximo	5	Se proponen luminaria que tras 100.000 h de operación conservan al menos el 80% del flujo lumínico original.

V8		
Grado de protección IP		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Se proponen equipos con grado de protección inferior o igual a IP55.
Valor estándar	2,5	Se proponen equipos con grado de protección IP65.
Valor máximo	5	Se proponen equipos con grado de protección IP66 o superior.

3.3.1.2. Conductores eléctricos

▪ C1.3.1. Cableado de media tensión y/o baja tensión:

V9	Longitud máxima del conductor aguas abajo del convertidor (m) cumpliendo estándares de calidad de onda y caída de tensión máxima	
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	La longitud máxima que es posible plantear aguas abajo del convertidor debido a la tecnología de este y los filtros que equipa en las condiciones normativas de calidad de onda y caída de tensión máxima es de hasta 500 METROS.
Valor estándar	2,5	La longitud máxima que es posible plantear aguas abajo del convertidor debido a la tecnología de este y los filtros que equipa en las condiciones normativas de calidad de onda y caída de tensión máxima es MAYOR DE 500 METROS y DE HASTA 1.000 METROS.
Valor máximo	5	La longitud máxima que es posible plantear aguas abajo del convertidor debido a la tecnología de este y los filtros que equipa en las condiciones normativas de calidad de onda y caída de tensión máxima es MAYOR DE 1.000 METROS y DE HASTA 2.000 METROS.

▪ C1.3.2. Canalización eléctrica prefabricada (interior salas):

V10	Intensidad de empleo según THD3 (tasa de distorsión, rango 3)	
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	La CEP propuesta ha sido dimensionada teniendo en cuenta que la Tasa de Distorsión Armónica en corrientes (THDi) de la instalación para el tercer armónico es inferior o igual al 15%.
Valor estándar	2,5	La CEP propuesta ha sido dimensionada teniendo en cuenta que la Tasa de Distorsión Armónica en corrientes (THDi) de la instalación para el tercer armónico es superior al 15% pero inferior al 33%.
Valor máximo	5	La CEP propuesta ha sido dimensionada teniendo en cuenta que la Tasa de Distorsión Armónica en corrientes (THDi) de la instalación para el tercer armónico es superior al 33%.

V11	Temperatura ambiente de servicio (°C)	
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	No se indica la temperatura ambiente de servicio considerada en el dimensionamiento de la CEP, o es inferior a 35°C.
Valor estándar	2,5	Se considera una temperatura ambiente de servicio en el dimensionamiento de la CEP de 35°C.
Valor máximo	5	Se considera una temperatura ambiente de servicio en el dimensionamiento de la CEP de 40°C o superior.

3.3.1.3. Transformadores

▪ C1.4.1. Características físicas:

V12	Arrollamientos múltiples del transformador para conexión con convertidor según necesidad (Instalaciones con Convertidor)	
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	El transformador no dispone de varios devanados para la conexión del convertidor, pudiendo así mejorar la calidad de la energía eléctrica trasegada por la instalación.



<b>Valor estándar</b>	2,5	El transformador dispone de 2 devanados para la conexión del convertidor, pudiendo así mejorar la calidad de la energía eléctrica trasegada por la instalación.
<b>Valor máximo</b>	5	El transformador dispone de 3 O MÁS devanados para la conexión del convertidor, pudiendo así mejorar notablemente la calidad de la energía eléctrica trasegada por la instalación.

<b>V13 Escudo, placa o pantalla de aislamiento electrostático entre bobinados (Instalaciones con Convertidor)</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	El transformador NO DISPONE de un ESCUDO ELECTROSTÁTICO O PLACA DE ISLAMIENTO ENTRE BOBINADOS.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	Con el fin de evitar el acoplamiento capacitivo entre los devanados de alta y baja tensión, y proteger los dispositivos electrónicos del lado de baja de sobretensiones en el lado de alta tensión, el transformador dispone de un ESCUDO ELECTROSTÁTICO O PLACA DE ISLAMIENTO ENTRE BOBINADOS.

<b>V14 Refrigeración (Ventilación)</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	La refrigeración del transformador se produce por AIRE NATURAL (AN).
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	La refrigeración del transformador se produce por AIRE FORZADO (AN) mediante ventiladores tangenciales acoplados al propio transformador, pudiendo aumentar la potencia nominal del mismo hasta el 40% de la prevista en condiciones AN.

<b>V15 Nivel sonoro / Nivel de potencia acústica LwA (dB)</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	El nivel sonoro generado por el equipo medido a través de la potencia acústica LwA generada por el equipo en decibelios (dB) es superior o igual a 75 dB.
<b>Valor estándar</b>	2,5	El nivel sonoro generado por el equipo medido a través de la potencia acústica LwA generada por el equipo en decibelios (dB) es superior a 65 dB pero inferior a 75 dB.
<b>Valor máximo</b>	5	El nivel sonoro generado por el equipo medido a través de la potencia acústica LwA generada por el equipo en decibelios (dB) es inferior o igual a 65 dB.

<b>V16 Categoría de corrosividad atmosférica de diseño / Clase de corrosividad</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	La categoría de corrosividad atmosférica considerada para el diseño del equipo es de C3, correspondiente a áreas costeras con baja salinidad.
<b>Valor estándar</b>	2,5	La categoría de corrosividad atmosférica considerada para el diseño del equipo es de C4, correspondiente a zonas industriales y zonas costeras con moderada salinidad.
<b>Valor máximo</b>	5	La categoría de corrosividad atmosférica considerada para el diseño del equipo es de C5-M, correspondiente a áreas costeras y plataformas marinas con alta salinidad.



V17		Clase ambiental del transformador (E)
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	La clase ambiental mínima de resistencia a la humedad, condensación y contaminación considerada para el diseño del equipo es de E2, correspondiente a áreas con condensación frecuente y contaminación leve o combinación de ambas, con humedad relativa hasta el 93%.
Valor estándar	2,5	La clase ambiental mínima de resistencia a la humedad, condensación y contaminación considerada para el diseño del equipo es de E3, correspondiente a áreas con condensación casi total, contaminación media o combinación de ambas, con nivel de humedad anómalo hasta el 95%, conforme a la norma IEC 60076-16.
Valor máximo	5	La clase ambiental mínima de resistencia a la humedad, condensación y contaminación considerada para el diseño del equipo es de E4, correspondiente a áreas con condensación casi total, contaminación elevada o combinación de ambas, con nivel de humedad anómalo superior al 95%.

▪ C1.4.2. Características eléctricas / protecciones:

V18		Regulación de tensión automática en carga (Instalaciones en baja tensión 50 Hz sin Convertidor)
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Se propone un transformador estándar con REGULACIÓN DE TENSIÓN MANUAL SIN CARGA.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	Se propone un transformador equipado con un REGULADOR DE TENSIÓN AUTOMÁTICO EN CARGA.

V19		Factor de compensación armónica o justificación del sobredimensionamiento del transformador por trabajo con convertidor (Instalaciones con Convertidor NO Activo)
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	No se propone un sobredimensionamiento del transformador ni se justifica la selección de este.
Valor estándar	2,5	Para instalaciones equipadas con convertidor de frecuencia, se propone un TRANSFORMADOR CON FACTOR DE COMPENSACIÓN ARMÓNICA IGUAL O SUPERIOR A 4, o justificación del sobredimensionamiento del transformador por trabajo con convertidor equivalente.
Valor máximo	5	Para instalaciones equipadas con convertidor de frecuencia, se propone un TRANSFORMADOR CON FACTOR DE COMPENSACIÓN ARMÓNICA IGUAL O SUPERIOR A 10, o justificación del sobredimensionamiento del transformador por trabajo con convertidor equivalente.

V20		Protección por sondas de temperatura
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	No existe protección por sobre temperatura o no se define nada.
Valor estándar	2,5	Para la protección por temperatura del transformador, en transformadores tipo SECO se propone la instalación de 6 sondas de temperatura tipo PTC (o 3 PT100) más un relé de sobre temperatura, o bien en tipo ÉSTER se propone la instalación de un termómetro con contactos de alarma y disparo por sobre temperatura y aguja de máxima.

<b>Valor máximo</b>	5	Para la protección por temperatura del transformador, en transformadores tipo SECO se propone la instalación de 9 sondas de temperatura tipo PTC (o 6 PT100) más un relé de sobre temperatura.
---------------------	---	--

<b>V21 Ensayos de tensión aplicada en BT según IEC 60076-11 realizados</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	Se realiza ensayo de tensión aplicada en baja tensión para el transformador a 3 kV, cumpliendo con el requisito mínimo que exige la norma IEC 60076-11.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	Se realiza ensayo de tensión aplicada en baja tensión para el transformador a 10 kV, un escalón por encima del mínimo exigido por la norma IEC 60076-11, lo que garantiza que el equipo es más robusto a posibles sobretensiones.

▪ **C1.4.3. Certificados y ensayos:**

<b>V22 Protocolos de ensayo para transformador (Éster vegetal: IEC 60076-1 / Seco: IEC 60076-11)</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	No se definen ensayos a realizar.
<b>Valor estándar</b>	2,5	Se propone la realización de Ensayos de Rutina según norma IEC, y Ensayos de Tipo IEC como incremento de temperatura e impulso de tipo rayo
<b>Valor máximo</b>	5	Además de los anteriores, se propone la realización de Ensayos especiales IEC como nivel de ruido, y cortocircuito, además de otros como resistencia sísmica, climático, medioambiental o clase de fuego.
<b>Alternativa</b>		Se atribuye la puntuación realizando una COMPARACIÓN DIRECTA ENTRE LAS SOLUCIONES OFERTADAS y asignándolas a una de las 3 puntuaciones, debido a la variabilidad de soluciones en el mercado y la compleja estandarización, que en gran parte depende del proyecto en particular.

3.3.1.4. **Celdas de protección en media tensión**

▪ **C1.5.1. Características físicas:**

<b>V23 Material de la envolvente y chasis y tratamiento superficial de la misma</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	No se define el material y tratamiento de estructura y envolvente.
<b>Valor estándar</b>	2,5	Los equipos propuestos tienen estructura metálica galvanizada en caliente y chapa pintada.
<b>Valor máximo</b>	5	Los equipos propuestos tienen estructura metálica galvanizada en caliente y chapa con tratamientos superficiales anticorrosión.

<b>V24 Monitorización de temperatura</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	NO se prevé monitorización de temperatura de las celdas.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	Se prevé monitorización de temperatura individualizada de todas las celdas.

V25 Sistema de detección de incendios en el propio conjunto de celdas		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	NO se prevé un sistema de detección de incendios en el propio conjunto de celdas.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	Se prevé un sistema de detección de incendios en el propio conjunto de celdas.

V26 Sistema de extinción de incendios en el propio conjunto de celdas		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	NO se prevé un sistema de extinción de incendios en el propio conjunto de celdas.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	Se prevé un sistema de extinción de incendios en el propio conjunto de celdas.

▪ C1.5.2. Características eléctricas / protecciones:

V27 Corte al aire, en vacío o en cámara de SF6		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	EL CORTE EN LA CELDA DE PROTECCIÓN SE PRODUCE AL AIRE, lo que supone mayores dimensiones de las cabinas.
Valor estándar	2,5	EL CORTE EN LA CELDA DE PROTECCIÓN SE PRODUCE EN CÁMARA DE SF6, lo que supone menores dimensiones de las cabinas, pero utiliza SF6, que es un gas en proceso de eliminación y podría suponer no disponer de repuestos en un determinado período de tiempo.
Valor máximo	5	EL CORTE EN LA CELDA DE PROTECCIÓN SE PRODUCE EN VACÍO, lo que supone menores dimensiones de las cabinas en corte al aire, y no necesitas de SF6 para el corte, suponiendo así una tecnología con mejores perspectivas futuras en cuestión de repuestos y mantenimiento.

V28 Aislamiento en cámara de corte o integral		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	No se define claramente cómo es el aislamiento y configuración interna de la celda.
Valor estándar	2,5	ÚNICAMENTE EL INTERRUPTOR DE CORTE DISPONE DE UNA CÁMARA DE AISLAMIENTO, bien en vacío o bien en SF6.
Valor máximo	5	La celda dispone de una CUBA DE AISLAMIENTO INTEGRAL, BIEN EN VACÍO O EN SF6, DONDE SE SITUAN TANTO LOS DISPOSITIVOS DE CORTE COMO EL EMBARRADO Y CONEXIONES, que quedan totalmente aislados del ambiente exterior.

V28 Relés de protección direccionales aguas abajo del convertidor		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	NO SE PREVÉ RELÉS DE PROTECCIÓN DIRECCIONALES AGUAS DEBAJO DEL CONVERTIDOR que puedan proteger al sistema, y principalmente al convertidor, en caso de corrientes inversas producidas desde el barco a tierra en el momento de la conexión.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	SE PREVÉ RELÉS DE PROTECCIÓN DIRECCIONALES AGUAS DEBAJO DEL CONVERTIDOR que puedan proteger al sistema, y principalmente al convertidor, en caso de corrientes inversas producidas desde el barco a tierra en el momento de la conexión.



V30 Interruptores principales de distribución extraíbles		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	NO SE PREVÉ QUE LOS INTERRUPTORES PRINCIPALES, los que intervienen en el suministro de energía a la embarcación o los equipos principales de la instalación, SEAN EXTRAÍBLES y puedan ser sustituidos rápidamente en caso de fallo o mal funcionamiento del interruptor.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	SE PREVÉ QUE LOS INTERRUPTORES PRINCIPALES, los que intervienen en el suministro de energía a la embarcación o los equipos principales de la instalación, SEAN EXTRAÍBLES y puedan ser sustituidos rápidamente en caso de fallo o mal funcionamiento del interruptor.

3.3.1.5. Cuadros eléctricos de protección en baja tensión

▪ C1.6.1. Características físicas:

V31 Material de la envolvente y chasis y tratamiento superficial de la misma		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	No se define el material y tratamiento de estructura y envolvente.
Valor estándar	2,5	Los equipos propuestos tienen estructura metálica galvanizada en caliente y chapa pintada.
Valor máximo	5	Los equipos propuestos tienen estructura metálica galvanizada en caliente y chapa con tratamientos superficiales anticorrosión.

V32 Forma de compartimentación interna cuadros principales		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Se prevé una forma de compartimentación interna cuadros principales 3a.
Valor estándar	2,5	Se prevé una forma de compartimentación interna cuadros principales 3b.
Valor máximo	5	Se prevé una forma de compartimentación interna cuadros principales 4b.

V33 Forma de compartimentación interna cuadros secundarios		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Se prevé una forma de compartimentación interna cuadros principales 2a.
Valor estándar	2,5	Se prevé una forma de compartimentación interna cuadros principales 2b.
Valor máximo	5	Se prevé una forma de compartimentación interna cuadros principales 3a.

V34 Grado de protección IP		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	El grado de protección IP de los equipos propuestos es de IP2X.
Valor estándar	2,5	El grado de protección IP de los equipos propuestos es de IP3X.
Valor máximo	5	El grado de protección IP de los equipos propuestos es de IP4X o superior.

V35 Ventilación natural, forzada o refrigeración		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Se prevén los cuadros con VENTILACIÓN NATURAL en general en todos los módulos.



<b>Valor estándar</b>	2,5	Se prevén los cuadros con VENTILACIÓN FORZADA en los módulos principales, además de ventilación natural en general.
<b>Valor máximo</b>	5	Se prevén los cuadros con REFRIGERACIÓN en los módulos principales, además de ventilación forzada en general.

V36	Cuadro extensible	
Nivel	Calificación	Justificación
<b>Valor mínimo</b>	0	Los embarrados del cuadro NO SON EXTENSIBLES, por lo que no se puede aumentar su tamaño conservando la misma envolvente y embarrado.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	Los embarrados del cuadro SON EXTENSIBLES, por lo que se puede aumentar su tamaño conservando la misma envolvente y embarrado.

V37	Monitorización de temperatura	
Nivel	Calificación	Justificación
<b>Valor mínimo</b>	0	NO se prevé monitorización de temperatura de los cuadros.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	Se prevé monitorización de temperatura individualizada de todas los cuadros.

V38	Sistema de detección de incendios en el propio cuadro	
Nivel	Calificación	Justificación
<b>Valor mínimo</b>	0	NO se prevé un sistema de detección de incendios en el propio cuadro de distribución principal.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	Se prevé un sistema de detección de incendios en el propio cuadro de distribución principal.

V39	Sistema de extinción de incendios en el propio cuadro	
Nivel	Calificación	Justificación
<b>Valor mínimo</b>	0	NO se prevé un sistema de extinción de incendios en el propio cuadro de distribución principal.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	Se prevé un sistema de extinción de incendios en el propio cuadro de distribución principal.

▪ C1.6.2. Características eléctricas / protecciones:

V40	Corriente máxima de cortocircuito de cuadros y apartamento de distribución principal (kA) (escala comercial 15-25-36-42-50-66-70-85-100-150 kA)	
Nivel	Calificación	Justificación
<b>Valor mínimo</b>	0	Se prevén celdas de media tensión con corrientes máximas de cortocircuito ajustadas al diseño de la instalación (siempre garantizando el cumplimiento de las necesidades mínimas del proyecto).
<b>Valor estándar</b>	2,5	Se prevén celdas de media tensión con corrientes máximas de cortocircuito un escalón por encima de las ajustadas al diseño de la instalación.



<b>Valor máximo</b>	5	Se prevén celdas de media tensión con corrientes máximas de cortocircuito dos escalones por encima de las ajustadas al diseño de la instalación.
<b>Alternativa</b>		Se atribuye la puntuación realizando una COMPARACIÓN DIRECTA ENTRE LAS SOLUCIONES OFERTADAS y asignándolas a una de las 3 puntuaciones, debido a la variabilidad de soluciones en el mercado y la compleja estandarización, que en gran parte depende del proyecto en particular.

<b>V41 Interruptores principales de distribución extraíbles</b>		
Nivel	Calificación	Justificación
<b>Valor mínimo</b>	0	NO SE PREVÉ QUE LOS INTERRUPTORES PRINCIPALES, los que intervienen en el suministro de energía a la embarcación o los equipos principales de la instalación, SEAN EXTRAÍBLES y puedan ser sustituidos rápidamente en caso de fallo o mal funcionamiento del interruptor.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	SE PREVÉ QUE LOS INTERRUPTORES PRINCIPALES, los que intervienen en el suministro de energía a la embarcación o los equipos principales de la instalación, SEAN EXTRAÍBLES y puedan ser sustituidos rápidamente en caso de fallo o mal funcionamiento del interruptor.

<b>V42 Funciones de protección y medida en los interruptores principales de distribución</b>		
Nivel	Calificación	Justificación
<b>Valor mínimo</b>	0	Los interruptores automáticos principales disponen de relés electrónicos ajustables que garantizan la consecución de la selectividad eléctrica total en del sistema en caso de falta eléctrica.
<b>Valor estándar</b>	2,5	Los interruptores automáticos principales disponen de relés electrónicos ajustables que garantizan la consecución de la selectividad eléctrica total en del sistema en caso de falta eléctrica, y además incluyen funciones de medición de consumo energético y otras variables del dispositivo de protección.
<b>Valor máximo</b>	5	Los interruptores automáticos principales disponen de relés electrónicos ajustables que garantizan la consecución de la selectividad eléctrica total en del sistema en caso de falta eléctrica, incluyen funciones de medición de consumo energético y otras variables del dispositivo de protección, y además integran las funciones de protección diferencial con el toroidal incluido en el propio dispositivo.

<b>V43 Protección contra sobretensiones permanentes</b>		
Nivel	Calificación	Justificación
<b>Valor mínimo</b>	0	NO se prevé la instalación de protecciones contra sobretensiones permanentes en los principales cuadros eléctricos que forman parte del sistema.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	Se prevé la instalación de protecciones contra sobretensiones permanentes en los principales cuadros eléctricos que forman parte del sistema.

<b>V44 Interruptores principales directamente comunicables con sistema de control</b>		
Nivel	Calificación	Justificación
<b>Valor mínimo</b>	0	Las PROTECCIONES PRINCIPALES PREVISTAS NO SON COMUNICABLES DIRECTAMENTE CON EL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN REMOTA mediante protocolos de comunicación industriales, pudiendo leer de ellos todos sus parámetros.



Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	Las PROTECCIONES PRINCIPALES PREVISTAS NO SON COMUNICABLES DIRECTAMENTE CON EL SISTEMA DE MONITORIZACIÓN REMOTA mediante protocolos de comunicación industriales, pudiendo leer de ellos todos sus parámetros.

3.3.1.6. Convertidores de frecuencia

▪ C1.7.1. Características físicas:

V45	Grado de protección IP	
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	El grado de protección IP de los equipos propuestos es de IP2X.
Valor estándar	2,5	El grado de protección IP de los equipos propuestos es de IP3X.
Valor máximo	5	El grado de protección IP de los equipos propuestos es de IP4X o superior.

V46	Grado de protección contra impactos IK	
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Se atribuye la puntuación realizando una COMPARACIÓN DIRECTA ENTRE LAS SOLUCIONES OFERTADAS y asignándolas a una de las 3 puntuaciones, debido a la variabilidad de este parámetro dentro del mercado.
Valor estándar	2,5	
Valor máximo	5	

V47	Nivel sonoro / Nivel de potencia acústica LwA (dB) (o comparación entre los valores ofertados)	
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	El nivel sonoro generado por el equipo medido a través de la potencia acústica LwA generada por el equipo en decibelios (dB) es superior o igual a 75 dB.
Valor estándar	2,5	El nivel sonoro generado por el equipo medido a través de la potencia acústica LwA generada por el equipo en decibelios (dB) es superior a 65 dB pero inferior a 75 dB.
Valor máximo	5	El nivel sonoro generado por el equipo medido a través de la potencia acústica LwA generada por el equipo en decibelios (dB) es inferior o igual a 65 dB.
Alternativa		Se atribuye la puntuación realizando una COMPARACIÓN DIRECTA ENTRE LAS SOLUCIONES OFERTADAS y asignándolas a una de las 3 puntuaciones, debido a la variabilidad de soluciones en el mercado y la compleja estandarización, que en gran parte depende del proyecto en particular.

V48	Refrigeración del convertidor	
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	NO se define la refrigeración del convertidor.
Valor estándar	2,5	Se propone un convertidor con REFRIGERACIÓN POR AIRE FORZADO que habitualmente, aunque dependiendo de la potencia, generan mayor ruido y necesitan de un mayor espacio para los equipamientos. Se suele utilizar, como máximo, hasta una potencia de unos 4 MVA, siendo predominante en instalaciones menores de 1 MVA.
Valor máximo	5	Se propone un convertidor con REFRIGERACIÓN POR AGUA, que generalmente tiene una menor huella en planta y suele permitir mayores eficiencias en la conversión. Esta tecnología es comercial a partir de 1 a 1,5 MVA, siendo predominante en convertidores o grupos de convertidores con potencia total superior a 4 MVA.

V49 Redundancia en el sistema de refrigeración		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	NO se prevé un sistema redundante de refrigeración para el convertidor que actúe en caso de fallo del sistema principal de refrigeración.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	Se prevé un sistema redundante de refrigeración para el convertidor que actúe en caso de fallo del sistema principal de refrigeración.

▪ C1.7.2. Características eléctricas:

V50 Tipología del rectificador (DFE, AFE)		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	No se define el tipo de rectificador.
Valor estándar	2,5	El RECTIFICADOR QUE INCORPORA EL CONVERTIDOR ES TIPO DFE (Diode Front End o rectificador de frente de diodos), tecnología más convencional.
Valor máximo	5	El RECTIFICADOR QUE INCORPORA EL CONVERTIDOR ES TIPO AFE (Active Front End o rectificador de frente activo), que es una tecnología electrónica más avanzada caracterizada por alimentación limpia (sin contaminación armónica), controlada, y que es capaz de inyectar reactiva a la red para mejorar el factor de potencia o admite flujos de potencia inversos en el convertidor.

V51 Eficiencia energética del convertidor en todo el rango de carga (60-95%)		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	El convertidor previsto ofrece eficiencias totales para todo el equipo en todo el rango de carga (60-95%) menores al 95%.
Valor estándar	2,5	El convertidor previsto ofrece eficiencias totales para todo el equipo en todo el rango de carga (60-95%) comprendidas entre el 95 y el 98%.
Valor máximo	5	El convertidor previsto ofrece eficiencias totales para todo el equipo en todo el rango de carga (60-95%) de al menos el 98%.

V52 Factor de potencia aguas arriba para cargas lineales		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	El convertidor trabaja con un factor de potencia en la entrada desde la instalación eléctrica menor o igual a 0,9.
Valor estándar	2,5	El convertidor trabaja con un factor de potencia en la entrada desde la instalación eléctrica de entre 0,9 y 0,95.
Valor máximo	5	El convertidor trabaja con un factor de potencia en la entrada desde la instalación eléctrica superior a 0,95.

V53 Tasa de armónicos a la salida para cargas lineales (tensión y corriente) (%)		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	El convertidor opera con una Tasa de armónicos a la salida para cargas lineales en tensión y corriente inferior al 5%.
Valor estándar	2,5	El convertidor opera con una Tasa de armónicos a la salida para cargas lineales en tensión y corriente inferior al 3%.
Valor máximo	5	El convertidor opera con una Tasa de armónicos a la salida para cargas lineales en tensión y corriente inferior al 2,5%.



Alternativa

Ante la posible variabilidad en las soluciones técnicas aportadas y la dependencia del tipo de convertidor y la potencia, se propone la alternativa de atribuir la puntuación realizando una COMPARACIÓN DIRECTA ENTRE LAS SOLUCIONES OFERTADAS y asignándolas a una de las 3 puntuaciones.

V54	Capacidad de sobrecarga (%/s)	
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Se atribuye la puntuación realizando una COMPARACIÓN DIRECTA ENTRE LAS SOLUCIONES OFERTADAS y asignándolas a una de las 3 puntuaciones, debido a la variabilidad de soluciones en el mercado y la compleja estandarización, que en gran parte depende del proyecto en particular.
Valor estándar	2,5	
Valor máximo	5	

V55	Corriente de cortocircuito límite 1 segundo (%)	
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	La corriente de cortocircuito límite en 1 segundo puede alcanzar hasta el 120% de la corriente nominal máxima del convertidor.
Valor estándar	2,5	La corriente de cortocircuito límite en 1 segundo puede alcanzar hasta el 150% de la corriente nominal máxima del convertidor.
Valor máximo	5	La corriente de cortocircuito límite en 1 segundo puede alcanzar hasta el 180% de la corriente nominal máxima del convertidor.

Alternativa

Ante la posible variabilidad en las soluciones técnicas aportadas y la dependencia del tipo de convertidor y la potencia, se propone la alternativa de atribuir la puntuación realizando una COMPARACIÓN DIRECTA ENTRE LAS SOLUCIONES OFERTADAS, asignándole una puntuación de 5 a la mejor solución, y cero a la peor, y puntuaciones proporcionales al resto de propuestas.

V56	Posibilidad de flujo de energía reversible	
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	El equipo NO PERMITE FLUJOS DE ENERGÍA INVERSOS PUNTUALES que realicen vertidos de energía desde el barco a la red en el momento de la conexión en paralelo con los generadores del barco.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	El equipo PERMITE FLUJOS DE ENERGÍA INVERSOS PUNTUALES que realicen vertidos de energía desde el barco a la red en el momento de la conexión en paralelo con los generadores del barco, o dispone de los elementos auxiliares (como resistencias de frenado y/o protecciones), capaces de limitar o eliminar los efectos.

■ C1.7.3. Mantenimiento:

V57	Convertidor de construcción modular	
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	El equipo NO DISPONE DE UNA CONSTRUCCIÓN MODULAR que permita seguir operando el resto de los módulos que componen el equipo de forma independiente y seguir dando servicio aún con una cierta reducción de potencia.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	El equipo DISPONE DE UNA CONSTRUCCIÓN MODULAR que permite seguir operando el resto de los módulos que componen el equipo de forma independiente y seguir dando servicio aún con una cierta reducción de potencia.

## 3.3.2. SISTEMAS DE CONTROL

## 3.3.2.1. Generales

V58		
Protección mínima de ciberseguridad del sistema		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	NO EXISTE PROTECCIÓN MÍNIMA DE CIBERSEGURIDAD DEL SISTEMA ante posibles ataques producidos desde la red exterior del puerto al que está conectado el sistema de control de la OPS.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	EXISTE PROTECCIÓN MÍNIMA DE CIBERSEGURIDAD DEL SISTEMA ante posibles ataques producidos desde la red exterior del puerto al que está conectado el sistema de control de la OPS.

V59		
Comprobación de funciones de seguridad en la conexión a barco integradas en el sistema de control, incluyendo Relé de seguridad dedicado		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	El sistema de control NO dispone de ningún bloqueo de la conexión ante la no verificación de todos los puntos de seguridad recogidos en los procedimientos de conexión que imponga el operador del sistema OPS.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	El sistema de control tiene entre sus funcionalidades el bloqueo de la conexión eléctrica a la embarcación hasta que sea realizada la verificación de la seguridad del sistema en la conexión a las embarcaciones según los procedimientos de conexión que imponga el operador del sistema OPS. Además, existe un relé de seguridad exclusivo para el control de estas funciones.

## 3.3.2.2. Equipamiento y comunicaciones

V60		
Redundancia de PLC central		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	El PLC principal que gestiona el sistema de control de la instalación OPS es único y no dispone de back-up en caso de fallo.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	El PLC principal que gestiona el sistema de control de la instalación OPS dispone de un PLC en back-up capaz de tomar el control de la instalación en caso de fallo, garantizando la continuidad de servicio en el sistema de control.

V61		
Redundancia en el anillo de la red de comunicación		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Existe un único anillo en la red de comunicaciones, no existiendo redundancia de este y pudiendo quedar fuera de servicio en caso de corte del anillo.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	Existe un anillo doble en la red de comunicaciones, cada uno en una canalización independiente, existiendo redundancia de este y pudiendo mantener el servicio en caso de corte del anillo principal.



3.3.2.3. Monitorización de equipos, control y medición eléctrica

<b>V62 Monitorización de estados y alarmas de celdas de media tensión en remoto/automático</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	El SISTEMA DE CONTROL NO MONITORIZA Y REGISTRA TODOS LOS PARÁMETROS DE ESTADOS Y ALARMAS DE LAS CELDAS DE media tensión que alimentan a la embarcación.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	El SISTEMA DE CONTROL MONITORIZA Y REGISTRA TODOS LOS PARÁMETROS DE ESTADOS Y ALARMAS DE LAS CELDAS DE media tensión que alimentan a la embarcación.

<b>V63 Monitorización de estados y alarmas de cuadros de baja tensión en remoto/automático</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	El SISTEMA DE CONTROL NO MONITORIZA Y REGISTRA TODOS LOS PARÁMETROS DE ESTADOS Y ALARMAS DE LAS CUADROS DE baja tensión que alimentan a la embarcación. No se consideran en esta parte aquellos elementos de protección o salidas que alimentan a sistemas auxiliares de la instalación OPS que no suministran al buque.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	El SISTEMA DE CONTROL MONITORIZA Y REGISTRA TODOS LOS PARÁMETROS DE ESTADOS Y ALARMAS DE LAS CUADROS DE baja tensión que alimentan a la embarcación. No se consideran en esta parte aquellos elementos de protección o salidas que alimentan a sistemas auxiliares de la instalación OPS que no suministran al buque.

<b>V64 Monitorización de estados y alarmas del convertidor en remoto/automático</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	El SISTEMA DE CONTROL NO MONITORIZA Y REGISTRA TODOS LOS PARÁMETROS DE ESTADOS Y ALARMAS DEL CONVERTIDOR.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	El SISTEMA DE CONTROL MONITORIZA Y REGISTRA TODOS LOS PARÁMETROS DE ESTADOS Y ALARMAS DEL CONVERTIDOR.

<b>V65 Monitorización de estados y alarmas de equipos de gestión de cables en remoto/automático</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	El SISTEMA DE CONTROL NO MONITORIZA Y REGISTRA TODOS LOS PARÁMETROS DE ESTADOS Y ALARMAS DEL EQUIPO DE GESTIÓN DE CABLEADO.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	El SISTEMA DE CONTROL MONITORIZA Y REGISTRA TODOS LOS PARÁMETROS DE ESTADOS Y ALARMAS DEL EQUIPO DE GESTIÓN DE CABLEADO.

3.3.2.4. Operación de equipos en remoto / automático

<b>V66 Funciones de enclavamiento de cuadros de baja tensión y celdas de media tensión integradas en el sistema de control</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	El sistema de control NO dispone de enclavamientos por software de las celdas de media tensión y cuadros de baja tensión que bloquean la realización de maniobras no permitidas que pudieran causar daño al sistema, a los operadores o a las embarcaciones alimentadas.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	El sistema de control dispone de enclavamientos por software de las celdas de media tensión y cuadros de baja tensión que bloquean la realización de maniobras no permitidas que pudieran causar daño al sistema, a los operadores o a las embarcaciones alimentadas.

<b>V67 Maniobra de celdas de media tensión en remoto/automático</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	El sistema de control NO es capaz de gestionar en remoto y automatizar la maniobra de apertura y cierre de las celdas de media tensión.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	El sistema de control es capaz de gestionar en remoto y automatizar la maniobra de apertura y cierre de las celdas de media tensión.

<b>V68 Conexión secuencial de transformadores para limitar corrientes de magnetización aguas arriba</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	Cuando existen varios transformadores reductores en paralelo aguas arriba de la conversión, la conexión de todos los transformadores reductores es simultánea y no existe ninguna secuencia determinada de conexión que optimice la corriente de magnetización transmitida aguas arriba.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	Cuando existen varios transformadores reductores en paralelo aguas arriba de la conversión, el sistema realiza la conexión secuencial de estos para evitar grandes corrientes debidas a la magnetización en la acometida al sistema OPS.

<b>V69 Maniobra de cuadros de baja tensión en remoto/automático</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	El sistema de control NO es capaz de gestionar en remoto y automatizar la maniobra de apertura y cierre de las principales protecciones en los cuadros de baja tensión.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	El sistema de control es capaz de gestionar en remoto y automatizar la maniobra de apertura y cierre de las principales protecciones en los cuadros de baja tensión.

<b>V70 Operación del convertidor en remoto/automático</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	El sistema de control NO es capaz de gestionar en remoto y automatizar el control del convertidor de frecuencia.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-



<b>Valor máximo</b>	5	El sistema de control es capaz de gestionar en remoto y automatizar el control del convertidor de frecuencia.
---------------------	---	---

V71	Operación de equipos de gestión de cables en remoto/automático	
Nivel	Calificación	Justificación
<b>Valor mínimo</b>	0	El sistema de control NO es capaz de gestionar en remoto y automatizar el control del equipo de gestión de cable situado en el muelle.
<b>Valor estándar</b>	2,5	-
<b>Valor máximo</b>	5	El sistema de control es capaz de gestionar en remoto y automatizar el control del equipo de gestión de cable situado en el muelle.

### 3.3.3. CAJAS DE CONEXIÓN Y EQUIPOS DE GESTIÓN DE CABLE

#### 3.3.3.1. Cajas de conexión

- C3.1.1. Características de la caja:

V72	Material de fabricación principal de la caja	
Nivel	Calificación	Justificación
<b>Valor mínimo</b>	0	No se define el material de construcción de la envolvente o posee una calidad inferior al resto de materiales propuestos.
<b>Valor estándar</b>	2,5	La ENVOLVENTE DE LA CAJA DE CONEXIÓN ESTARÁ FABRICADA EN ACERO GALVANIZADO EN CALIENTE, limitando la corrosión de esta en el ambiente marino donde se encuentra.
<b>Valor máximo</b>	5	La ENVOLVENTE DE LA CAJA DE CONEXIÓN ESTARÁ FABRICADA EN ACERO INOXIDABLE AISI 316, garantizando una máxima protección contra la corrosión de esta en el ambiente marino donde se encuentra.

V73	Resistencia mínima de la tapa al tráfico rodado	
Nivel	Calificación	Justificación
<b>Valor mínimo</b>	0	No se define la resistencia de la tapa, o indica tipo D-400 o inferior según la UNE-EN-124.
<b>Valor estándar</b>	2,5	La resistencia mecánica de la tapa de la arqueta donde se encuentra la caja será al menos E-600, lo que supone que son capaces de resistir cargas de rodadura de hasta 60 T, lo habitualmente recomendado para zonas portuarias, según la UNE-EN-124.
<b>Valor máximo</b>	5	La resistencia mecánica de la tapa de la arqueta donde se encuentra la caja será al menos F-900, lo que supone que son capaces de resistir cargas de rodadura de hasta 90 T, mayores de lo recomendado para zonas portuarias, según la UNE-EN-124.

V74	Tensión máxima nominal de servicio (V) (BT/MT)	
Nivel	Calificación	Justificación
<b>Valor mínimo</b>	0	Tensión máxima nominal de servicio menor o igual que el resto de los valores o no se define.
<b>Valor estándar</b>	2,5	Las cajas de conexión están diseñadas para una tensión máxima nominal de servicio: BT: hasta 500 V. MT: hasta 7.200 V.
<b>Valor máximo</b>	5	Las cajas de conexión están diseñadas para una tensión máxima nominal de servicio: BT: hasta 1.000 V o superior.

MT: hasta 11.000 V o superior.

V75		Corriente máxima nominal de servicio (A) (BT/MT)
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Corriente máxima nominal de servicio menor o igual que el resto de los valores o no se define.
Valor estándar	2,5	Las cajas de conexión están diseñadas para una tensión máxima nominal de servicio: BT: hasta 400 A. MT: hasta 300 A.
Valor máximo	5	Las cajas de conexión están diseñadas para una tensión máxima nominal de servicio: BT: hasta 700 A o superior. MT: hasta 500 A o superior.

▪ C3.1.2. Características de los conectores:

V76		Tensión máxima nominal de servicio (V) (BT/MT)
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Tensión máxima nominal de servicio menor o igual que el resto de los valores o no se define.
Valor estándar	2,5	Los conectores están diseñados para una tensión máxima nominal de servicio: <ul style="list-style-type: none"> <li>• BT: hasta 500 V.</li> <li style="text-align: right;">MT: hasta 7.200 V.</li> </ul>
Valor máximo	5	Los conectores están diseñados para una tensión máxima nominal de servicio: BT: hasta 1.000 V o superior. MT: hasta 11.000 V o superior.

V77		Corriente máxima nominal de servicio (A) (BT/MT)
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Corriente máxima nominal de servicio menor o igual que el resto de los valores o no se define.
Valor estándar	2,5	Los conectores están diseñados para una tensión máxima nominal de servicio: BT: hasta 400 A. MT: hasta 300 A.
Valor máximo	5	Los conectores están diseñados para una tensión máxima nominal de servicio: BT: hasta 700 A o superior. MT: hasta 500 A o superior.

3.3.3.2. Equipos de gestión del cable

▪ C3.2.1. Criterios geométricos:

V78		Altura máxima alcanzada
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Se atribuye la puntuación realizando una COMPARACIÓN DIRECTA ENTRE LAS SOLUCIONES OFERTADAS, debido a la variabilidad de soluciones en el mercado y la compleja estandarización, que en gran parte depende del proyecto en particular. Expresado como el alcance máximo del brazo telescópico sobre el paramento vertical teórico de los buques atracados (plano X-Z del barco). Medida como la distancia absoluta en el espacio (X, Y, Z) entre la proyección sobre el muelle de la base del brazo
Valor estándar	2,5	
Valor máximo	5	



telescópico y el centro de una escotilla teórica de 1x1 m sobre el paramento vertical del barco atracado (expresada en metros con hasta dos decimales).  
 Se valorará de la siguiente manera:  
 Se concederán 5 puntos a la propuesta que ofrezca un mayor alcance del brazo telescópico (en metros lineales con hasta dos decimales).  
 El resto de las ofertas recibirán una puntuación proporcional, obteniendo cero (0) puntos, aquellas que no indiquen el alcance del brazo telescópico.

V79		
Equipo móvil o fijo		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	El equipo propuesto para la conexión a la embarcación es de tipo FIJO.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	La propuesta incorpora ruedas motrices motorizadas y direccionales para el desplazamiento del equipo de gestión del cable sin necesidad de ser remolcado o asistido por otros equipos.

V80		
Alcance máximo sobre el muelle para equipos fijos		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Se atribuye la puntuación realizando una COMPARACIÓN DIRECTA ENTRE LAS SOLUCIONES OFERTADAS, debido a la variabilidad de soluciones en el mercado y la compleja estandarización, que en gran parte depende del proyecto en particular. Expresado como la distancia máxima de recorrido sobre el muelle del extremo del cable de conexión, quedando la bobina de cable fija junto al punto de conexión, medida entre la toma eléctrica del muelle (caja de conexión) y la proyección sobre el muelle de los terminales a conectar al barco, se valorará de la siguiente manera: Se concederán 5 puntos a la propuesta que ofrezca una mayor distancia de recorrido a lo largo del muelle (eje X) (en metros lineales con hasta dos decimales). El resto de las ofertas recibirán una puntuación proporcional, obteniendo cero (0) puntos, aquellas que no indiquen la distancia máxima de recorrido.
Valor estándar	Proporcional	
Valor máximo	5	

Alternativa

Se atribuye la puntuación realizando una COMPARACIÓN DIRECTA ENTRE LAS SOLUCIONES OFERTADAS y asignándolas a una de las 3 puntuaciones, debido a la variabilidad de soluciones en el mercado y la compleja estandarización, que en gran parte depende del proyecto en particular.

V81		
Desplazamiento horizontal máximo sobre el muelle para equipo móvil		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Se atribuye la puntuación realizando una COMPARACIÓN DIRECTA ENTRE LAS SOLUCIONES OFERTADAS, debido a la variabilidad de soluciones en el mercado y la compleja estandarización, que en gran parte depende del proyecto en particular. Expresado como la distancia máxima de recorrido sobre el muelle del equipo de gestión de cables, medida entre la toma eléctrica del muelle (caja de conexión) y la proyección sobre el muelle de la base del brazo telescópico (expresada sobre el eje X en metros con hasta dos decimales), se valorará de la siguiente manera: Se concederán 5 puntos a la propuesta que ofrezca una mayor distancia de recorrido a lo largo del muelle (eje X) (en metros lineales con hasta dos decimales). El resto de las ofertas recibirán una puntuación proporcional, obteniendo cero (0) puntos, aquellas que no indiquen la distancia máxima de recorrido.
Valor estándar	Proporcional	
Valor máximo	5	

▪ C3.2.2. Criterios de operación:

V82 Consumo energético		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Se atribuye la puntuación realizando una COMPARACIÓN DIRECTA ENTRE LAS SOLUCIONES OFERTADAS y asignándolas a una de las 3 puntuaciones, debido a la variabilidad de este parámetro dentro del mercado y complicada estandarización.
Valor estándar	2,5	
Valor máximo	5	

V83 Operación automática programable		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	El equipo de gestión de cable solo permite la operación en modo manual.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	El equipo de gestión de cable permite la operación en modo automático motorizado, gestionado autónomamente o por el sistema de control centralizado.

V84 Posibilidad de accionamiento remoto desde tierra y/o a bordo		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	El equipo de gestión de cable NO permite el accionamiento remoto del equipo desde el sistema de control centralizado en tierra o desde la embarcación.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	El equipo de gestión de cable permite el accionamiento remoto del equipo desde el sistema de control centralizado en tierra o desde la embarcación.

Posibilidad de accionamiento remoto desde tierra y/o a bordo.

▪ C3.2.3. Características de los conectores:

V85 Tensión máxima nominal de servicio (V) (BT/MT)		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Tensión máxima nominal de servicio menor o igual que el resto de los valores o no se define.
Valor estándar	2,5	Los conectores están diseñados para una tensión máxima nominal de servicio: BT: hasta 500 V. MT: hasta 7.200 V.
Valor máximo	5	Los conectores están diseñados para una tensión máxima nominal de servicio: BT: hasta 1.000 V o superior. MT: hasta 11.000 V o superior.

V86 Corriente máxima nominal de servicio (A) (BT/MT)		
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Corriente máxima nominal de servicio menor o igual que el resto de los valores o no se define.
Valor estándar	2,5	Los conectores están diseñados para una tensión máxima nominal de servicio: BT: hasta 400 A. MT: hasta 300 A.
Valor máximo	5	Los conectores están diseñados para una tensión máxima nominal de servicio: BT: hasta 700 A o superior.

MT: hasta 500 A o superior.

### 3.3.4. PUESTA EN MARCHA, AJUSTES Y OPERATIVA DEL SISTEMA

#### 3.3.4.1. Generales

V87	Tiempo total de maniobra desde reposo hasta finalizada la conexión (minutos)	
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	Una vez el barco está amarrado, el tiempo total estimado en la maniobra de conexión al barco y el comienzo del suministro eléctrico, es superior a 30 minutos.
Valor estándar	2,5	Una vez el barco está amarrado, el tiempo total estimado en la maniobra de conexión al barco y el comienzo del suministro eléctrico, es inferior a 30 minutos.
Valor máximo	5	Una vez el barco está amarrado, el tiempo total estimado en la maniobra de conexión al barco y el comienzo del suministro eléctrico, es inferior a 15 minutos.

V88	Capacidad del sistema para alimentar varios barcos al mismo tiempo	
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	El sistema NO POSEE LA CAPACIDAD DE ALIMENTAR A DIFERENTES BUQUES SIMULTÁNEAMENTE.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	El sistema POSEE LA CAPACIDAD DE ALIMENTAR A DIFERENTES BUQUES SIMULTÁNEAMENTE, disponiendo de los medios técnicos necesarios tanto en equipos como en el control de la instalación para ello (transformadores de aislamiento, embarrados independientes, convertidores en paralelo, múltiples tomas o equipos de conexión, etc.)

V89	Sistema escalable, extensible a futuro	
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	El sistema está diseñado para trabajar de forma autónoma y no es posible añadir módulos de equipos en paralelo que permitan aumentar la potencia suministrada por el conjunto para alimentar a una o varias embarcaciones.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	El sistema está diseñado teniendo en cuenta su extensibilidad a futuro, pudiendo incluir módulos de equipos en paralelo que incrementen su potencia de forma proporcional al número de módulos añadidos y permitan alimentar a una o varias embarcaciones.

V90	Interferencia en la conexión con el barco con otras operaciones, infraestructuras y equipos de muelle	
Nivel	Calificación	Justificación
Valor mínimo	0	EXISTE INTERFERENCIA entre la instalación de los equipos propuestos y otras operaciones, infraestructuras y equipos de muelle existentes.
Valor estándar	2,5	-
Valor máximo	5	NO EXISTE INTERFERENCIA entre la instalación de los equipos propuestos y otras operaciones, infraestructuras y equipos de muelle existentes.



**3.3.4.2. Ocupación permanente de la zona portuaria – huella de la infraestructura**

<b>V91</b>		
<b>Ocupación permanente de zona portuaria - Huella de la infraestructura</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	Se atribuye la puntuación realizando una COMPARACIÓN DIRECTA ENTRE LAS SOLUCIONES OFERTADAS y asignándolas a una de las 3 puntuaciones, debido a la variabilidad de soluciones en el mercado y la compleja estandarización, que en gran parte depende del proyecto en particular.
<b>Valor estándar</b>	2,5	
<b>Valor máximo</b>	5	

**3.3.4.3. Impacto visual**

<b>V92</b>		
<b>Impacto Visual</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	Se atribuye la puntuación realizando una COMPARACIÓN DIRECTA ENTRE LAS SOLUCIONES OFERTADAS y asignándolas a una de las 3 puntuaciones, debido a la variabilidad de soluciones en el mercado y la compleja estandarización, que en gran parte depende del proyecto en particular.
<b>Valor estándar</b>	2,5	
<b>Valor máximo</b>	5	

**3.3.4.4. Impacto de la solución propuesta y su procedimiento de conexión en la operativa del puerto / explotador**

<b>V93</b>		
<b>Impacto de la solución propuesta y su procedimiento de conexión en la operativa del puerto/explotador</b>		
<b>Nivel</b>	<b>Calificación</b>	<b>Justificación</b>
<b>Valor mínimo</b>	0	Se atribuye la puntuación realizando una COMPARACIÓN DIRECTA ENTRE LAS SOLUCIONES OFERTADAS y asignándolas a una de las 3 puntuaciones, debido a la variabilidad de soluciones en el mercado y la compleja estandarización.
<b>Valor estándar</b>	2,5	
<b>Valor máximo</b>	5	

## 4. METODOLOGÍA DE PONDERACIÓN DE CRITERIOS DE CALIDAD

### 4.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS Y PROPUESTA DE PONDERACIÓN

Cabe destacarse, llegados a este punto, que la propuesta de ponderación se corresponde con el caso más general posible, que deberá ser adaptado según las necesidades del concurso que se decida llevar a cabo. Para facilitar la aplicación del método propuesto, se han incluido dos subcasos relevantes de trabajo:

- **Propuesta generalista.** Correspondiente al caso en que debe hacerse el suministro a buque en baja tensión, necesitando un convertidor de frecuencia.
- Propuestas específicas:
  - Caso que debe hacerse el suministro a buque en baja tensión, sin la instalación de un convertidor de frecuencia.
  - Caso en que debe hacerse el suministro a buque en media tensión, necesitando un convertidor de frecuencia.

Dado que las propuestas específicas determinan un nuevo equilibrio entre los componentes, pues varía su importancia relativa, especialmente en aquellos elementos incluidos en la categoría 1, se exponen los resultados para los tres casos.

#### 4.1.1. PROPUESTA GENERALISTA

Finalmente, acorde a las valoraciones anteriormente expuestas, se han obtenido las ponderaciones parciales de cada elemento sometido a análisis para finalmente llegar a las ponderaciones finales. De forma jerárquica, se presentan los resultados obtenidos.

En primer lugar, se plantean las ponderaciones entre las cuatro categorías principales, destacándose la importancia de las dos primeras, es decir, de los componentes y materiales de la solución OPS y de los sistemas de control:

Subcategoría 1	Peso Nivel 1
C1	30,16%
C2	25,08%
C3	18,97%
C4	25,79%

Tabla 29. Jerarquía de ponderaciones para las cuatro categorías principales

Seguidamente, se plantea la ramificación dentro de cada una de las categorías. Se indica la ponderación de las subcategorías de nivel 1 y nivel 2 (cuando existan) por cada una.

Así, para la **Categoría 1 de componentes y materiales de la solución OPS**, se obtiene la siguiente matriz de dos niveles para agregar los resultados de valoración de los 55 criterios valorables especificados:

Subcategoría 1	Peso Nivel 2	Subcategoría 2	Peso Nivel 3
C1.1	5,45%	C1.1.4	36,97%
		C1.1.5	31,97%
		C1.1.6	16,76%

		C1.1.7	14,30%
C1.3	5,00%	C1.3.1	50,16%
		C1.3.2	49,84%
C1.4	19,61%	C1.4.1	49,41%
		C1.4.2	40,19%
		C1.4.3	10,40%
C1.5	16,65%	C1.5.1	38,82%
		C1.5.2	61,18%
C1.6	22,47%	C1.6.1	33,18%
		C1.6.2	66,82%
C1.7	30,82%	C1.7.1	17,77%
		C1.7.2	63,53%
		C1.7.3	20,70%

Tabla 30. Jerarquía de ponderaciones para subcategorías dentro de la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS.

En cuanto a la **Categoría 2 de sistemas de control**, solamente dispone de un nivel intermedio antes de proceder a la evaluación de los 14 criterios valorables y se agregan mediante los pesos indicados para las 4 subcategorías que la componen:

Subcategoría 1	Peso Nivel 2
C2.1	35,94%
C2.2	15,03%
C2.3	29,06%
C2.4	19,97%

Tabla 31. Jerarquía de ponderaciones para la subcategoría dentro de la Categoría 2. Sistemas de control.

Seguidamente, se muestran las ponderaciones para la subcategoría 1 y 2 que conforman la tercera categoría, de **cajas de conexión y equipos de gestión de cable** que, en total, incluyen 15 criterios valorables:

Subcategoría 1	Peso Nivel 2	Subcategoría 2	Peso Nivel 3
C3.1	30,53%	C3.1.1	60,63%
		C3.1.2	39,37%
C3.2	69,47%	C3.2.1	56,11%
		C3.2.2	23,49%
		C3.2.3	20,40%

Tabla 32. Jerarquía de ponderaciones para subcategorías dentro de la Categoría 3. Cajas de conexión y equipos de gestión de cable.

Por último, para agregar los 7 criterios que componen la última categoría, la de **puesta en marcha, ajuste y operativa del sistema**, existe solamente un nivel de agregación, que se plantea en la siguiente tabla:

Subcategoría 1	Peso Nivel 2
C4.1	61,16%
C4.2	13,62%
C4.3	10,75%
C4.4	14,47%

Tabla 33. Jerarquía de ponderaciones para la subcategoría dentro de la Categoría 4. Puesta en marcha, ajuste y operativa del sistema.

El presente informe se acompaña de un fichero Excel para ayudar a la evaluación de las propuestas en las que, escogiendo la escala de valoración de cada uno de los criterios técnicos de calidad evaluables, se puede obtener una recomendación de puntuación para dicha alternativa del proveedor. Asimismo, la propuesta de ponderación de cada grupo de criterios dentro de la subcategoría a la que pertenece se encuentra en el ANEXO I. PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS .

#### 4.1.2. ADAPTACIÓN A PROPUESTAS ESPECÍFICAS

La propuesta de ponderación realizada en el apartado anterior es una propuesta de máximos, entendiéndose para que pueda ser adaptada al caso que sea necesario evaluar, pudiéndose simplificar o modificar algunos de los criterios valorables. No obstante, se han identificado dos casos que pudieran ser comunes en algunas instalaciones y que modificarían el sentido o la importancia de algunos elementos dentro de la categoría 1, de componentes y materiales.

##### 4.1.2.1. Instalaciones sin convertidores de frecuencia

Cuando se decreta que se requiere una instalación que deba realizar el suministro en baja tensión al buque, pero sin necesidad de instalar un convertidor de frecuencia, el transformador adoptará un rol mucho más importante, así como también los cuadros eléctricos en baja tensión. Es por este motivo, que se expone de nuevo la matriz de jerarquía propuesta para la ponderación de la categoría 1 de componentes y materiales de la solución OPS:

Subcategoría 1	Peso Nivel 2	Subcategoría 2	Peso Nivel 3
C1.1	6,79%	C1.1.4	36,97%
		C1.1.5	31,97%
		C1.1.6	16,76%
		C1.1.7	14,30%
C1.3	6,34%	C1.3.1	50,16%
		C1.3.2	49,84%
C1.4	33,68%	C1.4.1	26,40%
		C1.4.2	47,19%
		C1.4.3	26,40%
C1.5	19,33%	C1.5.1	38,82%
		C1.5.2	61,18%
C1.6	33,86%	C1.6.1	33,18%
		C1.6.2	66,82%

Tabla 34. Jerarquía de ponderaciones para subcategorías dentro de la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS.

El resto de las categorías se mantiene sin modificación respecto al caso base.

##### 4.1.2.2. Instalaciones con toma a buque en media tensión

Por otro lado, cuando la instalación diseñada deba proporcionar la toma al buque en media tensión, con un convertidor de frecuencia, las celdas de protección en media tensión (C1.5) cogen mucha más relevancia en la instalación que los cuadros eléctricos de protección en baja tensión (C1.6), por lo que debe reponderarse estos elementos para obtener de nuevo la distribución del nivel 2 dentro de esta categoría 1, de componentes y materiales de la solución OPS.



Subcategoría 1	Peso Nivel 2	Subcategoría 2	Peso Nivel 3
C1.1	5,45%	C1.1.4	36,97%
		C1.1.5	31,97%
		C1.1.6	16,76%
		C1.1.7	14,30%
C1.3	5,00%	C1.3.1	50,16%
		C1.3.2	49,84%
C1.4	22,61%	C1.4.1	26,40%
		C1.4.2	47,19%
		C1.4.3	26,40%
C1.5	23,65%	C1.5.1	38,82%
		C1.5.2	61,18%
C1.6	8,47%	C1.6.1	33,18%
		C1.6.2	66,82%
C1.7	34,82%	C1.7.1	15,77%
		C1.7.2	63,53%
		C1.7.3	20,70%

Tabla 35. Jerarquía de ponderaciones para subcategorías dentro de la Categoría 1. Componentes y materiales de la solución OPS.

El resto de las categorías se mantiene sin modificación respecto al caso base.

## ANEXO I. PONDERACIÓN DE LOS CRITERIOS EN LAS SUBCATEGORÍAS

Código	Indicador	Peso	Subcategoría
V1	Medición de temperatura en los diferentes ambientes de las salas	33%	C1.1.4
V2	Sistema de control de acceso a las salas	33%	
V3	Sistema de cámaras - CCTV	33%	
V4	Temperatura de diseño interior de la sala (°C)	100%	C1.1.5
V5	Vida útil de las luminarias a Tª25°C 100.000h	50%	C1.1.6
V6	Grado de protección IP	50%	
V7	Vida útil de las luminarias a Tª25°C 100.000h	50%	C1.1.7
V8	Grado de protección IP	50%	
V9	Longitud máxima del conductor aguas abajo del convertidor (m) cumpliendo estándares de calidad de onda y caída de tensión máxima	100%	C1.3.1
V10	Intensidad de empleo según THD3 (tasa de distorsión, rango 3)	50%	C1.3.2
V11	Temperatura ambiente de servicio (°C)	50%	
V12	Arrollamientos múltiples del transformador para conexión con convertidor según necesidad	5%	C1.4.1
V13	Escudo, placa o pantalla de aislamiento electrostático entre bobinados	5%	
V14	Refrigeración (Ventilación)	25%	
V15	Nivel sonoro / Nivel de potencia acústica LwA (dB)	10%	
V16	Categoría de corrosividad atmosférica de diseño / Clase de corrosividad	30%	
V17	Clase ambiental del transformador (E)	25%	
V18	Regulación de tensión automática en carga	5%	C1.4.2
V19	Factor de compensación armónica o justificación del sobredimensionamiento del transformador por trabajo con convertidor (Instalaciones con convertidor NO ACTIVO)	30%	
V20	Protección por sondas de temperatura	35%	
V21	Ensayos de tensión aplicada en BT según IEC 60076-11 realizados	30%	C1.4.3
V22	Protocolos de ensayo para transformador (Éster vegetal: IEC 60076-1 / Seco: IEC 60076-11)	100%	
V23	Material de la envolvente y chasis y tratamiento superficial de la misma	30%	C1.5.1
V24	Monitorización de temperatura	20%	
V25	Sistema de detección de incendios en el propio conjunto de celdas	30%	
V26	Sistema de extinción de incendios en el propio conjunto de celdas	20%	C1.5.2
V27	Corte al aire, en vacío o en cámara de SF6	25%	
V28	Aislamiento en cámara de corte o integral	25%	
V29	Relés de protección direccionales aguas abajo del convertidor	25%	
V30	Interruptores principales de distribución extraíbles	25%	
V31	Material de la envolvente y chasis y tratamiento superficial de la misma	15%	C1.6.1
V32	Forma de compartimentación interna cuadros principales	20%	
V33	Forma de compartimentación interna cuadros secundarios	5%	
V34	Grado de protección IP	10%	
V35	Ventilación natural, forzada o refrigeración	15%	
V36	Cuadro extensible	20%	
V37	Monitorización de temperatura	5%	
V38	Sistema de detección de incendios en el propio cuadro	5%	
V39	Sistema de extinción de incendios en el propio cuadro	5%	C1.6.2
V40	Corriente máxima de cortocircuito de cuadros y aparata de distribución principal (kA) (escala comercial 15-25-36-42-50-66-70-85-100-150 kA )	30%	
V41	Interruptores principales de distribución extraíbles	25%	
V42	Funciones de protección y medida en los interruptores principales de distribución	30%	



V43	Protección contra sobretensiones permanentes	5%	
V44	Interruptores principales directamente comunicables con sistema de control	10%	
V45	Grado protección IP	20%	
V46	Grado de protección contra impactos IK	15%	
V47	Nivel sonoro / Nivel de potencia acústica LwA (dB)	30%	C1.7.1
V48	Refrigeración del convertidor	30%	
V49	Redundancia en el sistema de refrigeración	5%	
V50	Tipología del rectificador (DFE, AFE)	10%	
V51	Eficiencia en todo el rango de carga (60-95%)	20%	
V52	Factor de potencia aguas arriba	20%	
V53	Tasa de armónicos a la salida para cargas lineales (tensión y corriente) (%)	20%	C1.7.2
V54	Capacidad de sobrecarga (%/s)	15%	
V55	Corriente de cortocircuito límite 1 segundo (%)	10%	
V56	Posibilidad de flujo de energía reversible	5%	
V57	Convertidor de construcción modular	100%	C1.7.3
V58	Protección mínima de ciberseguridad del sistema	40%	
V59	Comprobación de funciones de seguridad en la conexión a barco integradas en el sistema de control, incluyendo Relé de seguridad dedicado	60%	C2.1
V60	Redundancia de PLC central	70%	C2.2
V61	Redundancia en el anillo de la red de comunicación	30%	
V62	Monitorización de estados y alarmas de celdas de MT en remoto/automático	25%	
V63	Monitorización de estados y alarmas de cuadros de BT en remoto/automático	25%	C2.3
V64	Monitorización de estados y alarmas del convertidor en remoto/automático	25%	
V65	Monitorización de estados y alarmas de equipos de gestión de cables en remoto/automático	25%	
V66	Funciones de enclavamiento de cuadros de BT y celdas de MT integradas en el sistema de control	20%	
V67	Maniobra de celdas de MT en remoto/automático	20%	
V68	Conexión secuencial de transformadores para limitar corrientes de magnetización aguas arriba	5%	C2.4
V69	Maniobra de cuadros de BT en remoto/automático	20%	
V70	Operación del convertidor en remoto/automático	30%	
V71	Operación de equipos de gestión de cables en remoto/automático	5%	
V72	Material de fabricación principal de la caja	40%	
V73	Resistencia mínima de la tapa al tráfico rodado	20%	C3.1.1
V74	Tensión máxima nominal de servicio (V) (BT/MT)	20%	
V75	Corriente máxima nominal de servicio (A) (BT/MT)	20%	
V76	Tensión máxima nominal de servicio (V) (BT/MT)	50%	C3.1.2
V77	Corriente máxima nominal de servicio (A) (BT/MT)	50%	
V78	Altura máxima alcanzada	25%	
V79	Equipo móvil o fijo	25%	C3.2.1
V80	Alcance máximo sobre el muelle para equipos fijos	25%	
V81	Desplazamiento horizontal máximo sobre el muelle para equipo móvil	25%	
V82	Consumo energético	10%	
V83	Operación automática programable	50%	C3.2.2
V84	Posibilidad de accionamiento remoto desde tierra y/o a bordo	40%	
V85	Tensión máxima nominal de servicio (V) (BT/MT)	50%	C3.2.3
V86	Corriente máxima nominal de servicio (A) (BT/MT)	50%	
V87	Tiempo total de maniobra desde reposo hasta finalizada la conexión (minutos)	25%	C4.1
V88	Capacidad del sistema para alimentar varios barcos al mismo tiempo	45%	



V89	Sistema escalable, extensible a futuro	15%	
V90	Interferencia en la conexión con el barco con otras operaciones, infraestructuras y equipos de muelle	15%	
V91	Ocupación permanente de zona portuaria - Huella de la infraestructura	100%	C4.2
V92	Impacto Visual	100%	C4.3
V93	Impacto de la solución propuesta y su procedimiento de conexión en la operativa del puerto/explotador	100%	C4.4