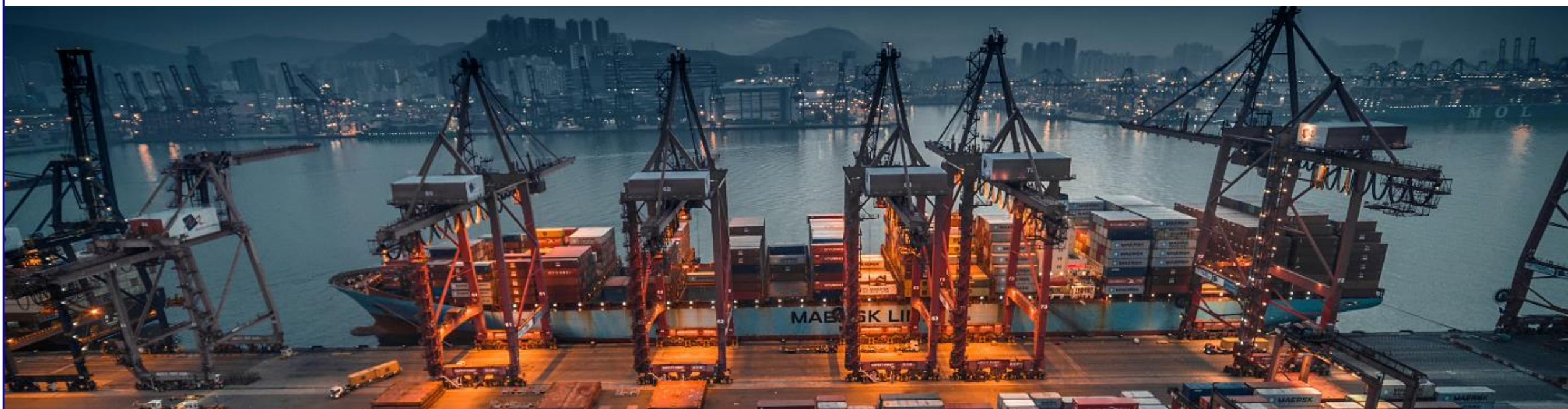


Asistencia Técnica para la Determinación de Criterios de Valoración Técnicos Asociados al Servicio de Suministro de Energía Eléctrica a Buques Mediante Sistemas OPS

Resumen Ejecutivo de Resultados Preliminares

03 de Junio de 2021

Puertos del Estado



CONTENIDO

| | Slide |
|-----------------------------------------|-------|
| Estado del Arte de los Sistemas OPS | 3 |
| Entrevistas con <i>Stakeholders</i> | 7 |
| Determinación de los Criterios Técnicos | 11 |
| Propuesta de Ponderación de Criterios | 16 |

Estado del Arte de los Sistemas OPS

Entrevistas con *Stakeholders*

Determinación de los Criterios Técnicos

Propuesta de Ponderación de Criterios



Estado del Arte – Documentación Revisada

El estudio de la documentación requerida para el proyecto ha incluido 3 bloques diferenciados: análisis de las iniciativas actuales en España, estudio de las soluciones técnicas del mercado español y selección de artículos de referencia

Master Plan OPS e Iniciativas en España

- **Marco General y Antecedentes.**
- **Master Plan de OPS** para Puertos Españoles.
- **Estudios de Viabilidad** para la Implementación:
 - Puerto de Castellón (Ro-Ro, granel y contenedor)
 - Puerto de Málaga (cruceros)
 - Puerto de Vigo (Ro-Ro)
 - Puerto de Santander (cruceros y Ro-Pax)
- **Proyectos de Infraestructura Eléctrica:**
 - Palma de Mallorca (*ferry + fast ferry*)
 - Santa Cruz de la Palma (*ferry / fast ferry / Ro Pax*)

Soluciones Técnicas de Mercado para Puertos

- **Suministradores Generalistas:**
 - Schneider Electric
 - SIEMENS
 - ABB
 - Ormazabal + Ingeteam
- **Suministradores Especialistas:**
 - Celdas de MT
 - Transformadores
 - Cuadros de BT
 - Convertidores
- **Gestión de Cableado y Conexión a Buque:**
 - **Cavotec**
 - Stemmann-Technik
 - Otros (Iigus, etc.)

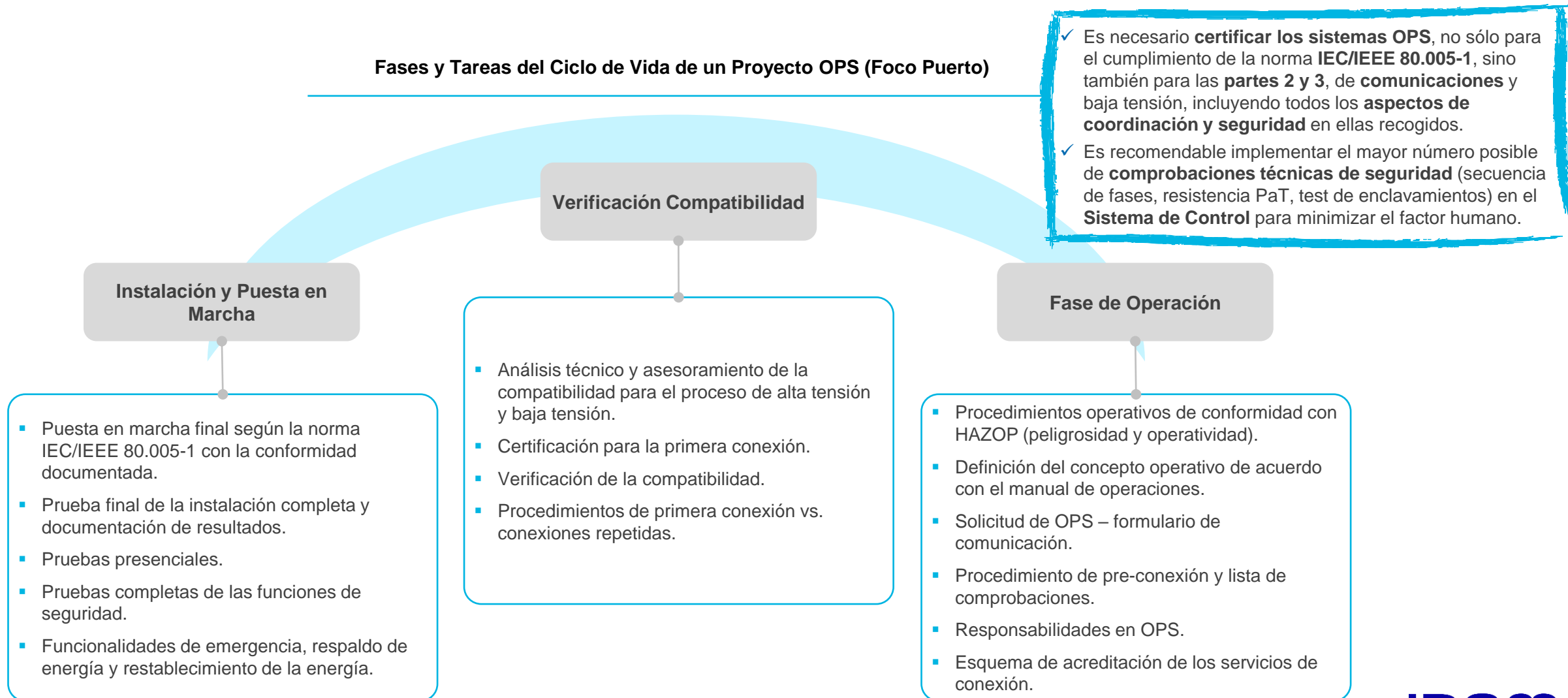
Otra Documentación Técnica de Interés

- **Concept Papers EMSA:**
 - Configuraciones y Topologías de OPS
 - Regulación para la Interoperatividad y la Interconectividad
 - Estimación de la Demanda de Potencia y Planificación
 - **Fase Operativa**
 - **Aspectos Vinculados a la Seguridad**
- **Asociación de Puertos Británicos:** Análisis de las Barreras para la Implementación de OPS
- PEMA: Mejores Prácticas en Operaciones Portuarias para la Conexión OPS
- **Chalmers University:** *Shore-Side Power Supply*
- *Cold Ironing* en Canarias.

Estado del Arte – Aportaciones a Destacar Documentación Adicional

La Agencia Marítima de Seguridad Europea ha redactado recientemente una guía de sistemas OPS para Autoridades Portuarias como referencia para la planificación, toma de decisiones técnica y operativa para el desarrollo de estos sistemas

Fases y Tareas del Ciclo de Vida de un Proyecto OPS (Foco Puerto)





Estado del Arte – Aportaciones a Destacar Documentación Adicional

La Asociación de Puertos Británica realiza un estudio en 2020 en el que se identifican las barreras más significativas para el desarrollo de los sistemas de SSE y propone recomendaciones a distintos niveles para poder superarlas

Barreras para el Desarrollo de SSE

Costes de Capital

- Estudios previos + trabajos de campo (hasta 70k€).
- Mejoras en la red (2 a 25M€ para 16 MW).
- Generación energía (< 6M€).
- Infra en muelle (0,3 a 10M€).
- *Retrofit* buque (< 1M€).

Precio de la Electricidad

- Precio elevado en el RU.
- Industria marítima es muy competitiva, armadores siempre escogerán la opción más viable para sus negocios.

Demanda Inconsistente

- Sin demanda generalizada.
- Número de buques es limitado.
- Estancia en puerto es corta.
- Llegadas pueden ser aleatorias.
- Elevadas facturas compañía eléctrica y costes fijos.

Capacidad en Red Local

- Grandes buques pueden requerir 5 MW (>50% puerto).
- Introducción de un gran estrés en la red local de energía.
- Elevadas inversiones para reforzar o adaptar la red.

Recomendaciones Planteadas

- Los proyectos requieren soporte público económico (65 al 80% de subvención requerida).
- **Fondo verde marítimo** para reducir costes elevados.
- Especial foco en la red eléctrica y en la generación de energía.

- Necesidad de subvencionar el coste de la electricidad, porque no es competitivo contra el fuel marino.
- **Eliminación de los impuestos a la electricidad** cuando tengan como objetivo proveer energía al buque atracado al puerto.

- Dar seguridad a los entes que realicen las inversiones.
- **Políticas del gobierno** enfocadas en hacer frente a la falta de demanda.
- Implementación de **estándares de cero emisiones en el muelle**.

- **Tasas a las emisiones** que posteriormente den soporte al desarrollo de iniciativas verdes.
- Proporcionar financiamiento público.
- Planificación de las necesidades energéticas a largo plazo.

Estado del Arte de los Sistemas OPS

Entrevistas con *Stakeholders*

Determinación de los Criterios Técnicos

Propuesta de Ponderación de Criterios



Entrevistas – Valor Agregado Aportado

Los agentes consultados han aportado lecciones aprendidas en la instalación de equipos, así como los retos más importantes que hay que tener en cuenta a la hora de abordar un proyecto OPS en un puerto

- Niveles de **potencia** requeridos son **muy elevados**.
- **Red eléctrica** portuaria no dispone de suficiente **capacidad**.
- Aspecto con **impacto** en **plazo y presupuesto** importante.
- **Responsabilidad** de la **inversión** a acometer.
- Puede **afectar a la viabilidad** del proyecto OPS.

Potencia Disponible en el CT

Sistema de Gestión del Cableado

- Necesario que sea *ad-hoc* en cada proyecto; **no hay solución genérica**.
- Suministradores recurren a **empresas especializadas en CMS**.
- Más **fácil** para **proyectos greenfield** que *brownfield* por el impacto en las operaciones.
- Depende de la **tipología de buque** por su perfil operacional, además de espacio en muelle y posición de atraque.

- Las comunicaciones entre elementos **pueden invalidar un proyecto** si no hay una **coherencia en la selección** de los **componentes** de una misma instalación.
- **Sistema de control** y **convertidor de frecuencia**, idealmente del **mismo proveedor**, además del **transformador**, que sepa **trabajar con el convertidor**.
- **Capa de control** basada en **PLC** y testados previamente.

Coherencia entre Distintos Elementos

Segmentación de Buques

- **No se puede recomendar una solución general OPS** para cualquier **buque** en cualquier **destino**.
- Es muy **complicado técnica y económicamente** diseñar una instalación para **múltiples buques**, aún dentro del mismo segmento.
- Se recomienda **segmento por tipología**: *ferries*, portacontenedores y cruceros.

- Marca las **características de protección del barco** y debe ser estudiado y coordinado con cuidado.
- En BT puede no ejecutarse cumpliendo la norma.
- **Barco** debe tomar como **referencia la tierra** del puerto, la misma con la que trabajarán las protecciones.
- **Potencia de cortocircuito** del puerto puede ser diferente a la del barco.

Reactancia Puesta a Tierra

Repercusión Consumo en Red

- **Pico de consumo** en los cruceros se produce **durante el día**, ya que es cuando realizan sus escalas.
- Ello coincide con los **picos de consumo generales** de la red eléctrica.
- Debe **estudiarse con la compañía distribuidora de electricidad** las repercusiones que ello puedan tener.



Entrevistas – Buenas Prácticas para Proyectos OPS

Asimismo, parte de los suministradores generalistas y específicos, se han recogido buenas prácticas y aspectos clave a tener en cuenta a la hora de abordar el diseño y la implementación de esta tipología de soluciones

Sistemas Plug&Play

- Proyectos “llave en mano”:
 - Solución integral al cliente.
 - Asociación con proveedores de CMS (Cavotec, IGUS).
 - Asociación con empresa que ejecuta las obras civiles complementarias.
- Ventajas:
 - Fiabilidad y seguridad en la solución.
 - Testeado por terceros en laboratorio, con todas las certificaciones ISO.
 - Proyectos tipo, pero adaptables y escalables, según rangos de potencia.
- Punto de vista del cliente:
 - Precio cerrado.
 - Rapidez en la implementación.
 - Menor impacto en huella de la infraestructura.
 - Solución cerrada fiable.

Errores en Instalaciones

- Instalaciones híbridas:
 - Sin unión de componentes y con el sistema de control en el aire.
 - Sin lógica de cadena eléctrica, ni aplicación de cuerpo normativo.
 - Componentes generales de la industria, no director para OPS.
- Problemas en el suministro:
 - Baja tensión en 60 Hz y sin convertidor de frecuencia.
 - Baja tensión en 50 Hz, sin convertidor de frecuencia y sin regulador de tensión en carga en el transformador.
 - Caída de tensión del cable aguas abajo del transformador por problema de longitud no solucionado.
- Problemas con la red eléctrica:
 - Involucrar a los proveedores locales de energía.
 - Entender las características y potencial de la red.

Aspectos Más Críticos

- Suministros múltiples:
 - No soluciones genéricas para muchos barcos. Cuanto más específico, mejor solución.
 - Estudiar las combinaciones de barcos.
 - En dos frecuencias: independizar los módulos del convertidor de frecuencia.
 - En dos tensiones: no en simultáneo. Si se quiere a la vez, requiere 2 redes de distribución independientes.
- Enfoque por segmento de buque:
 - Cruceros requieren proyectos de diseño específicos, no valen soluciones prediseñadas.
 - Contenedores problema con el CMS. Los sistemas fijos son restrictivos ya desde el diseño.
 - Vida útil a 20 años: cambia la posición de atraque, el tamaño de los buques, etc.

Sistema de Control

- La normativa IEC 80.005-2 regula la comunicación y la interfaz tierra-buque.
- Se trata de un sistema muy complejo que trabaja con cargas simultáneas.
- Comunicación entre tierra y el barco es fundamental.
- También el transitorio de la conexión, es muy importante.
- La secuencia operativa es compleja y hay que diseñarla muy bien.
- El presupuesto no impacta en la solución general, pero la definición correcta del sistema es esencial.
- El sistema de sincronización se encuentra a bordo. Procedimientos oficiales de primera conexión.
- Ajuste de detalle en la fase de *commissioning*.

Estado del Arte de los Sistemas OPS

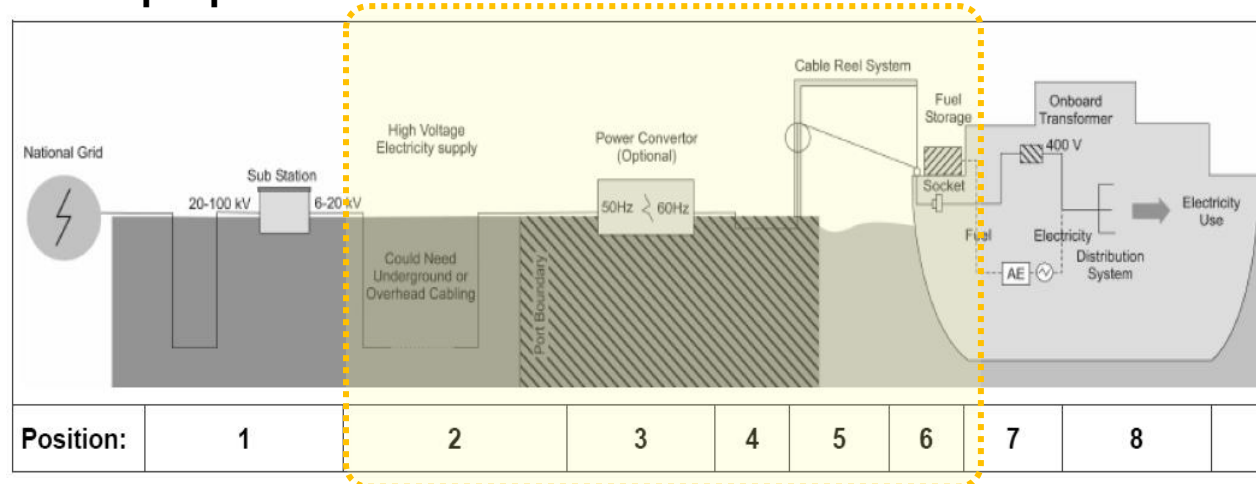
Entrevistas con *Stakeholders*

Determinación de los Criterios Técnicos

Propuesta de Ponderación de Criterios

Criterios Técnicos – Componentes de una Instalación OPS

Los criterios técnicos de calidad se centran en las instalaciones de la propia terminal, desde el punto de conexión a la subestación hasta los elementos que permiten la conexión al barco



| Cableado a Subestación Terminal | Conversión Eléctrica de Frecuencia | Cableado de Distribución Eléctrica por la Terminal | Carrete y Estructura Enrollado de Cables | Conexión a Bordo del Buque para Conectar el Cable |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> ▪ Canalización y cableado de la subestación principal de acometida a la instalación (fuera de la terminal) a la estación convertidora (en la terminal). ▪ En MT, entre 6 y 20 kV. ▪ Variantes son reducidas. ▪ Casos complejos con configuraciones que requieren frecuencias y/o tensiones diferentes. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Parte principal, más compleja y que mayor número de elementos engloba. ▪ Parte que adecua las características eléctricas de energía de la embarcación. ▪ Incluye habitáculos, apartament, transformador, convertidor y el sistema de control. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Puede ser en BT (400 o 690 V) o en MT (6,6 o 11 kV), según el tipo de embarcación. ▪ Lo indica la normativa IEC 80.005-1. ▪ Bajo tierra habitualmente, en conductos existentes o nuevos. | <ul style="list-style-type: none"> ▪ En la zona del cantil del muelle se instalan las cajas de conexión que equipan tomas para la conexión del cableado a la embarcación. ▪ Pueden ser de BT hasta 1.000 V y corriente hasta 700 A, o de MT para tensiones normalizadas de 6,6 y 11 kV, hasta corrientes de 500 A. ▪ Cajas pueden ser enterradas (portaconectores), para reducir interferencias, o verticales (<i>ferries</i> y cruceros). ▪ Puede ser necesario un equipo de gestión de cableado en muelle o equipo embarcado en buque (portacontenedores). ▪ El equipo almacena el cableado y pueden ser fijo, tipo grúa o bobina estacionaria (alcance horizontal limitado) o de tipo móvil, con ruedas motrices capaces de desplazarse por el muelle. | |

Criterios Técnicos – Conversión Eléctrica Tensión y Frecuencia + Sistema Control

Se produce la adaptación de la tensión desde la red exterior la del barco, 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

Edificios / Habitáculos para Equipos

- Envoltente para el equipamiento, en forma de contenedor u otro tipo de construcción.
- Ofrecen ambiente limpio y poco agresivo para correcta operatividad y durabilidad.
- Necesarios sistemas internos y externos de refrigeración, detección incendios, control de accesos, iluminación, etc.

Aparamenta

- Lado de la acometida a la unidad son celdas de MT.
- Lado de la salida a la embarcación, celdas de MT o cuadros de BT.
- Importante las características físicas equipos de protección y maniobra.
- También la monitorización, motorización y control en remoto.

Transformador

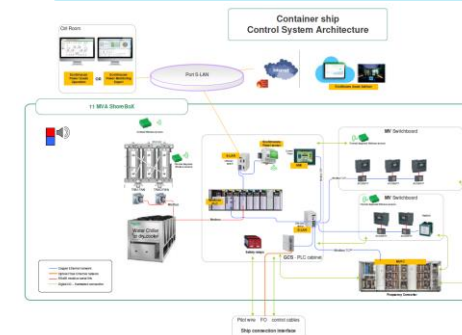
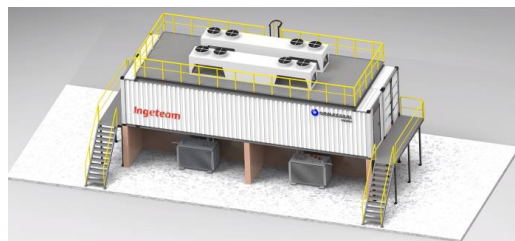
- Adaptación de la tensión de la red a la de trabajo del convertidor (reductor de entrada) y posteriormente a la red de la embarcación (elevador de salida).
- Aislamiento galvánico entre instalaciones suministro-barco.
- Importante el factor de eficiencia del transformador.
- Diseño acorde al convertidor que alimentan o reciben energía.

Convertidor de Frecuencia

- Pieza clave para adaptación frecuencia de 50 a 60 Hz.
- Equipo tecnológicamente más avanzado, coste de hasta el 50% de la instalación.
- Realiza ajuste fino de la tensión al buque.
- Importante el software de control propio de la operación, además para comunicación con Sistema de Control.

Sistema de Control

- Encargado de coordinar los distintos equipos de la instalación.
- Monitorización y control de los equipos, además de los parámetros de tensión, frecuencia y sincronización entre tierra y barco.
- Enclavamientos y control remoto de interruptores motorizados.





Crterios Técnicos – Criterios Mínimos Exigibles

Agrupan las características mínimas que deba aportar cualquier solución que sea propuesta en un potencial concurso; deben ser entendidos como criterios de solvencia técnica y no formarán parte de la valoración comparada de ofertas

Criterios Mínimos Exigibles a la Categoría C2 de Sistemas de Control

EJEMPLO

14
SUBCATEGORÍA 1

26
SUBCATEGORÍA 2

98
CRITERIOS VALORABLES

| Subcategoría 2 | Criterio Técnico de Calidad | Código KPI | Valor Mínimo |
|---------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|------------|--------------|
| General | Programación mediante código abierto | M79 | Sí |
| | Alimentación segura de los componentes del sistema de control | M80 | Sí |
| Equipamiento y Comunicaciones | 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 |
| Monitorización de Equipos, Control y Medición Eléctrica | Registro de energía activa, reactiva y total consumida por la embarcación | M86 | Sí |
| | Comunicación con analizadores de redes (tensión, corriente, frecuencia) | M87 | Sí |
| Certificados y Ensayos | Cumplimiento de la norma IEC-80.005-2 | M88 | Sí |

Criterios Técnicos – Criterios Valorables

Las propuestas que hayan pasado el corte de criterios mínimos serán sometidas al proceso de valoración de los criterios técnicos de calidad de los distintos elementos y componentes que vayan a conformar la solución OPS que se oferte

Criterios Técnicos Valorable Vinculados a las Cajas de Conexión C3.1

EJEMPLO

| Subcategoría 2 | Criterio Técnico de Calidad | Código KPI | Valor Mínimo | Valor Estándar | Valor Máximo |
|-----------------------------------|--------------------------------------------------|------------|--------------|-------------------|--------------|
| Características de la Caja | Material de fabricación principal de la caja | V70 | S/D | Acero Galvanizado | Acero Inox. |
| | Resistencia mínima de la tapa al tráfico rodado | V71 | Menor o S/D | E-600 | F-900 |
| | Tensión máxima nominal de servicio (V) (BT/MT) | V72 | Menor o S/D | 500/7200 | 1000/11000 |
| | Corriente máxima nominal de servicio (A) (BT/MT) | V73 | Menor o S/D | 400/300 | 700/500 |
| Características de los Conectores | Tensión máxima nominal de servicio (V) (BT/MT) | V74 | Menor o S/D | 500/7200 | 1000/11000 |
| | Corriente máxima nominal de servicio (A) (BT/MT) | V75 | Menor o S/D | 400/300 | 700/500 |

16
SUBCATEGORÍA 1

21
SUBCATEGORÍA 2

93
CRITERIOS VALORABLES

| V14 | Refrigeración / Ventilación | C1.4.1 Características Físicas del Transformador |
|----------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nivel | Calificación | Justificación |
| Valor Mínimo | 0 | Refrigeración del Transformación por Aire Natural (AN) |
| Valor Estándar | (2,5) | - |
| Valor Máximo | 5 | Refrigeración del Transformador por Aire Forzado (+40% potencia respecto condiciones AN) |

Estado del Arte de los Sistemas OPS

Entrevistas con *Stakeholders*

Determinación de los Criterios Técnicos

Propuesta de Ponderación de Criterios

Ponderación – Indicaciones y Metodología

La metodología empleada para el cálculo de la ponderación compuesta se propone de dos aproximaciones participativas principales, además de una valoración de la combinación de criterios dentro de cada subcategoría





Ponderación – Propuesta de Jerarquía de Valoración

La jerarquía de valoración contiene 4 niveles que se agrupan, desde los propios criterios de valoración, a las subcategorías de nivel 1 y 2, que conforman el peso de cada una de las 4 categorías definidas para su evaluación

| Categoría | | Subcategoría Nivel 1 ¹ | KPI | | |
|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------|--------|
| C1 | Componentes y Materiales de la Solución OPS | 30,16% | C1.1 ■ Edificios / Habitáculos para Equipos | 5,45% | 8 |
| | | | C1.3 ■ Conductores Eléctricos | 5,00% | 3 |
| | | | C1.4 ■ Transformadores | 19,61% | 9 |
| | | | C1.5 ■ Celdas de Protección en MT | 16,65% | 8 |
| | | | C1.6 ■ Cuadros Eléctricos de Protección en BT | 22,47% | 14 |
| | | | C1.7 ■ Convertidor de Frecuencia | 30,82% | 13 |
| | | | C2 | Sistemas de Control | 25,08% |
| C2.2 ■ Equipamiento y Comunicaciones | 15,03% | 2 | | | |
| C2.3 ■ Monitorización de Equipos, Control y Medición Eléctrica | 29,06% | 4 | | | |
| C2.4 ■ Operación de Equipos en Remoto / Automático | 19,97% | 6 | | | |
| C3 | Cajas de Conexión y Equipos de Gestión de Cable | 18,97% | C3.1 ■ Cajas de Conexión | 30,53% | 6 |
| | | | C3.2 ■ Equipos de Gestión de Cable | 69,47% | 9 |
| C4 | Puesta en Marcha, Ajuste y Operativa del Sistema | 25,79% | C4.1 ■ Generales | 61,16% | 4 |
| | | | C4.2 ■ Huella de la Infraestructura | 13,62% | 1 |
| | | | C4.3 ■ Impacto Visual | 10,75% | 1 |
| | | | C4.4 ■ Impacto en Operativa | 14,47% | 1 |

(1) Hay 2 subcasos de ponderaciones que se considerarán en la siguiente entrega: cuando no exista convertidor de frecuencia y cuando el suministro a buque se realice en BT. Ello podría alterar la importancia de los componentes planteados, así como algunas de las funciones dentro de la C1.

EXCELENCIA, INNOVACIÓN, COMPROMISO