

# Jornada sobre

# Electrificación de los puertos: Proyectos en desarrollo

5 de junio de 2023

Jornada sobre electrificación en los puertos:  
Proyectos en desarrollo  
Valencia, 5 de junio de 2023

# Implementación del sistema de suministro eléctrico a cruceros en el Puerto de la Bahía de Cádiz



Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz

Antonio Marcos Ruiz Vega  
Jefe del Departamento de Infraestructuras



# ÍNDICE

## **I. Estudio de Implementación del sistema de suministro eléctrico a cruceros en el Puerto de la Bahía de Cádiz**

01 | Introducción

02 | Análisis de demanda

03 | Estudio técnico de implementación

04 | Análisis económico-financiero

05 | Análisis ambiental

06 | Comparativa de alternativas

## **II. Proyecto Básico (APBC)**

01 | Condicionantes del diseño

02 | Programa de necesidades

03 | Estudio de soluciones

04 | Características de la instalación

## **III. Instalación eléctrica OPS destinada a cruceros en el Muelle Alfonso XIII (Endesa X)**

01 | Datos generales de la instalación

02 | Descripción de las actuaciones

# ***I. Estudio de Implementación del sistema de suministro eléctrico a cruceros en el Puerto de la Bahía de Cádiz***

01 | Introducción

02 | Análisis de demanda

03 | Estudio técnico de implementación

04 | Análisis económico-financiero

05 | Análisis ambiental

06 | Comparativa de alternativas

### CONTEXTO

La **preocupación por la reducción de emisiones** es cada vez mayor a nivel global, lo que se refleja en un **contexto normativo cada vez más estricto**. En el caso de los puertos, además de CO<sub>2</sub>, los buques emiten elevados niveles de óxidos de azufre (SO<sub>x</sub>), óxidos de nitrógeno (NO<sub>x</sub>) y material particulado (PM), contaminantes altamente peligrosos para la salud humana.

La **reducción de estas emisiones por parte de los buques atracados constituye una actuación clave** para restringir su impacto en las ciudades. Por ello, son cada vez más las iniciativas que promueven la implantación de sistemas para la conexión eléctrica de los buques durante su estancia en puerto, lo que se conoce como **Onshore Power Supply (OPS)**.

### ESTUDIO DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE SUMINISTRO ELÉCTRICO A CRUCEROS EN EL PUERTO DE CÁDIZ

El objetivo del estudio es **analizar la viabilidad de suministrar electricidad a los cruceros** durante su estancia en los muelles de la dársena de Cádiz, y de esta forma:



#### Reducir las emisiones

directas de CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>,  
SO<sub>x</sub> y PM



#### Satisfacer la demanda social

cada vez más sensibilizada  
en materia ambiental



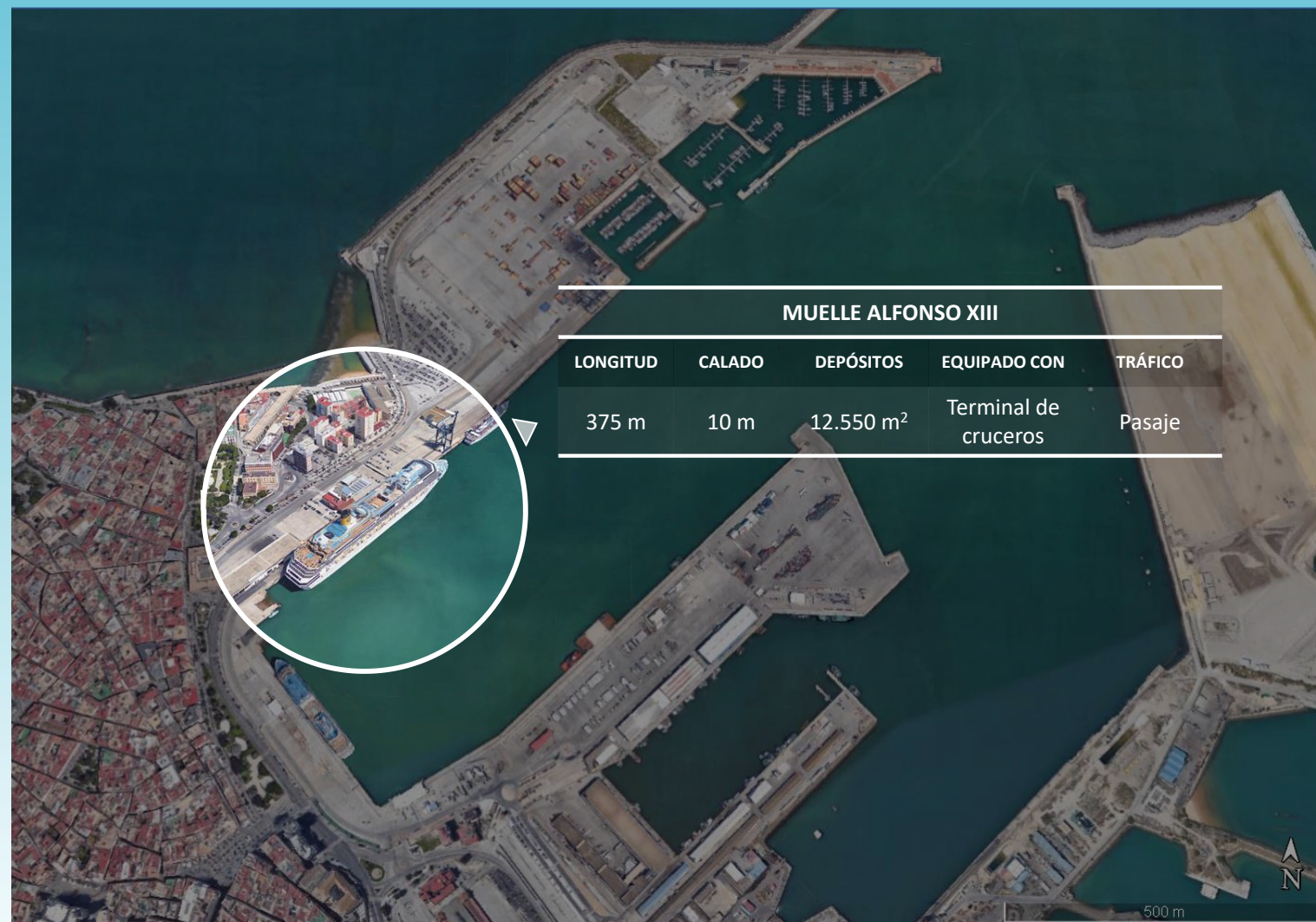
#### Liderar el cambio

fomentado por el  
marco regulatorio

# 01 | INTRODUCCIÓN

## DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

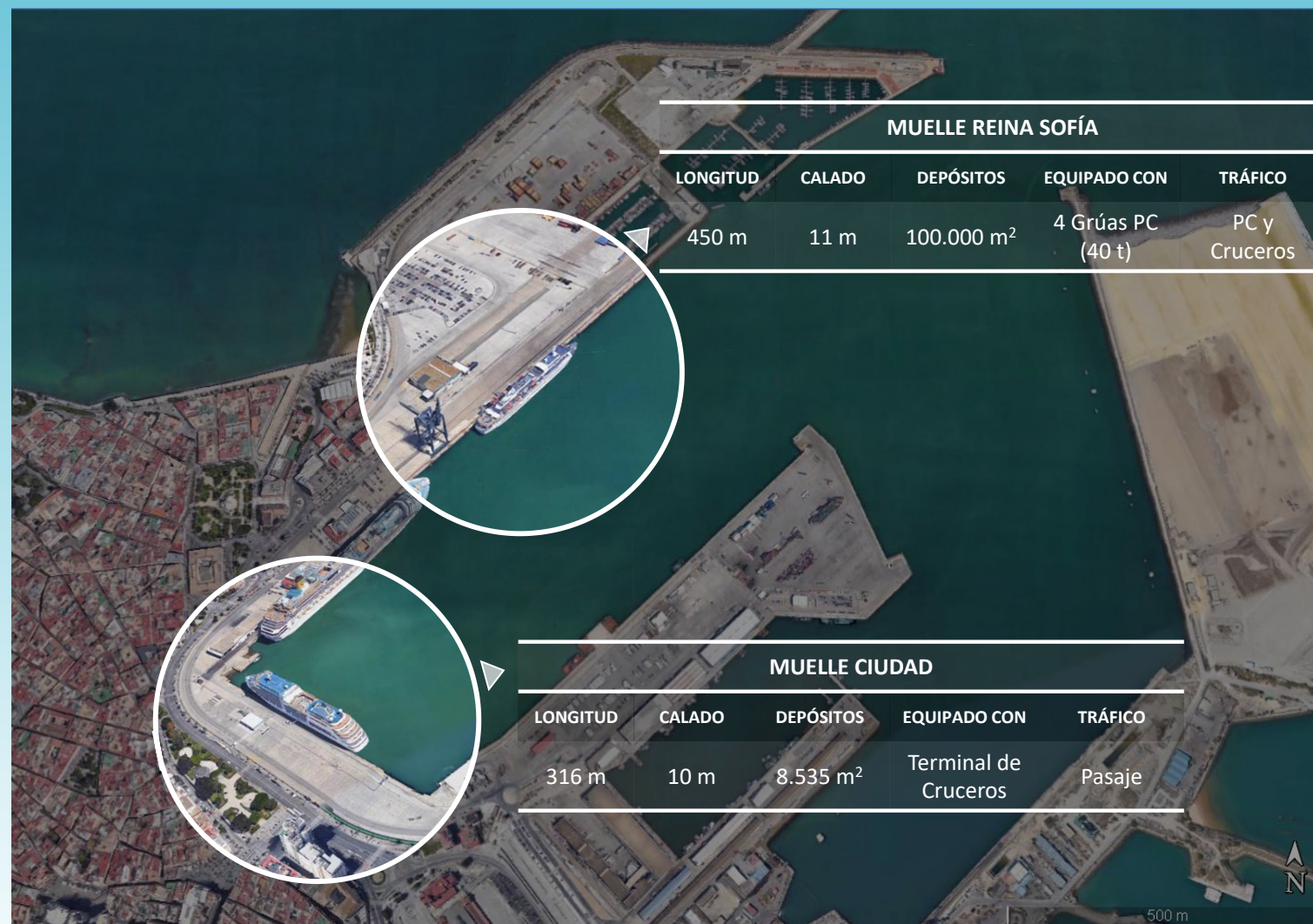
### MUELLES OBJETIVO – FASE 1



# 01 | INTRODUCCIÓN

## DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

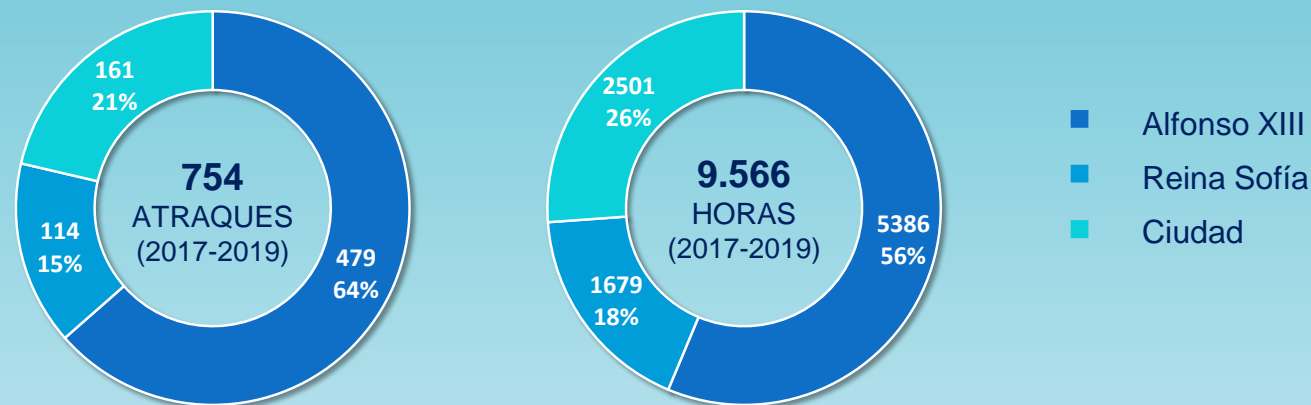
### MUELLES OBJETIVO – FASE 2



### ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA

#### CÁLCULO DE LA POTENCIA Y LA ENERGÍA NECESARIAS

A partir de los datos de partida aportados por la Autoridad Portuaria para el **período de referencia 2017-2019**, se ha realizado un **análisis del tráfico de cruceros en los muelles objetivo**.



En base a estos datos, se ha llevado a cabo la **estimación de la demanda eléctrica de los cruceros que operan en el Puerto de Cádiz**, con el objetivo de poder realizar el correcto dimensionamiento de la instalación.

DEMANDA ELÉCTRICA DE CRUCEROS EN EL PUERTO DE CÁDIZ 2017-2019						
Año	ALFONSO XIII		REINA SOFÍA		CIUDAD	
	Potencia Máx. (MW)	Energía (MWh)	Potencia Máx. (MW)	Energía (MWh)	Potencia Máx. (MW)	Energía (MWh)
2017	13,00	4.377	9,89	2.470	6,12	1.599
2018	13,00	7.065	10,00	900	6,12	1.624
2019	13,00	8.104	13,00	1.072	7,63	1.512
<b>TOTAL</b>	<b>13,00</b>	<b>19.546</b>	<b>13,00</b>	<b>4.442</b>	<b>7,63</b>	<b>4.735</b>



### CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE DEMANDA

#### PORCENTAJE DE DEMANDA CUBIERTA

Se ha determinado el porcentaje de la demanda total cubierta, **en función de la potencia instalada y el número de sistemas de gestión de cables (carros) disponibles.**

Potencia total (MW)	% Buques atendidos	% DEMANDA CUBIERTA					
		Número carros					
		1		2		3	
		Horas	Energía	Horas	Energía	Horas	Energía
26,19	100,0%	71,27%	49,25%	93,23%	84,55%	99,55%	98,78%
13,00	99,0%	71,27%	49,25%	88,88%	76,82%	92,42%	83,69%
12,50	99,0%	70,91%	48,40%	88,17%	75,44%	91,45%	81,72%
12,00	99,0%	70,91%	48,40%	87,87%	74,83%	91,04%	80,85%
11,50	99,0%	70,91%	48,40%	87,04%	73,04%	90,10%	78,87%
11,00	98,9%	70,59%	47,76%	86,06%	71,20%	88,72%	76,15%
10,50	98,6%	70,37%	47,31%	85,37%	69,92%	87,76%	74,26%
10,00	97,9%	70,35%	47,28%	84,33%	67,69%	86,73%	72,13%
9,50	95,8%	68,88%	44,64%	82,05%	63,79%	84,48%	68,45%
9,00	95,8%	68,88%	44,64%	81,11%	62,00%	83,11%	65,76%
8,50	95,8%	68,88%	44,64%	79,21%	58,22%	80,46%	60,40%
8,00	87,7%	63,98%	37,22%	73,30%	49,55%	74,44%	51,68%
7,50	86,2%	63,26%	36,18%	72,27%	48,10%	73,24%	49,89%
7,00	79,0%	59,24%	30,74%	67,57%	41,94%	68,26%	43,23%
6,50	74,7%	55,73%	26,44%	63,84%	37,86%	64,29%	38,65%
6,00	69,3%	51,83%	22,05%	58,59%	31,14%	59,04%	32,03%
5,50	59,2%	45,18%	15,20%	51,18%	23,89%	51,42%	24,38%
5,00	52,1%	39,44%	9,74%	45,38%	20,14%	45,63%	20,84%
4,50	51,7%	39,28%	9,60%	44,91%	19,20%	45,17%	19,90%
4,00	51,7%	39,28%	9,60%	44,63%	18,46%	44,65%	18,51%
3,50	51,7%	39,28%	9,60%	43,38%	15,36%	43,40%	15,40%
3,00	44,3%	33,64%	6,27%	36,93%	10,88%		
2,50	38,1%	29,87%	4,42%	32,59%	8,01%		
2,00	33,2%	26,27%	2,97%	28,70%	6,17%		
1,50	32,1%	25,23%	2,64%	27,65%	6,00%		
1,00	29,1%	21,31%	1,77%	23,26%	4,69%		
0,50	25,3%	10,12%	0,21%	11,50%	4,60%		
0,00	0,0%						

### CONCLUSIONES DEL ESTUDIO DE DEMANDA

#### PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN POR FASES

En base a los resultados obtenidos en el análisis de demanda, se propone la electrificación de los muelles del Puerto de Cádiz de acuerdo al siguiente esquema:

FASE 1	Instalación de un sistema de suministro eléctrico a cruceros en el <b>Muelle Alfonso XIII</b> , con una <b>potencia total de 6 MW</b> . A su vez, esta primera fase se dividirá en dos en función del número de sistemas de gestión de cables considerado en cada caso.
FASE 1.1	Instalación de cajas de conexión y un sistema de gestión de cables para que pueda conectarse <b>un único buque a la vez</b> , lo que permitirá satisfacer alrededor de un <b>52% de la demanda total</b> de los cruceros que operan en el Puerto de Cádiz.
FASE 1.2	En el momento en el que se produzca un aumento de la demanda que permita justificar la inversión necesaria, se ampliará el número de cajas de conexión y se adquirirá un segundo sistema de gestión de cables. En este caso, la solución adoptada permitiría la <b>conexión de hasta dos buques de forma simultánea</b> , logrando satisfacer cerca del <b>60% de la demanda eléctrica total</b> de los cruceros que operan en el Puerto de Cádiz.
FASE 2	<b>Ampliación de la potencia hasta 12 MW</b> y posibilidad de conectar <b>hasta tres buques de forma simultánea</b> . Para ello, en esta fase se incluye la adquisición de un tercer sistema de gestión de cables, así como la instalación de cajas de conexiones para que puedan conectarse los cruceros que operan en los muelles Reina Sofía y Ciudad. De esta forma, será posible satisfacer más del <b>90% de la demanda total</b> de los cruceros.

## 03 | ESTUDIO TÉCNICO DE IMPLEMENTACIÓN

### CONEXIÓN MUELLE-BUQUE

#### SISTEMA DE GESTIÓN DE CABLES Y CAJAS DE CONEXIÓN

Existen diferentes configuraciones para llevar la potencia directamente a los buques desde el muelle. En el caso de estudio, se propone la utilización de una **grúa móvil (carro)** y la instalación de una serie de **cajas de conexión** distribuidas a lo largo de los muelles.



#### GRÚA MÓVIL (CARRO) PARA LA GESTIÓN DE CABLES

Este tipo de sistema es que permite una **gran flexibilidad de operación a lo largo del muelle**, independientemente de la localización del punto de conexión a bordo del buque.

Por tanto, este tipo de grúas estén **especialmente indicadas para cruceros**, ya que estos presentan una gran diversidad en cuanto tamaños y ubicación del punto de conexión.



#### CAJAS DE CONEXIONES

Siempre que sea posible, se propone la instalación de **cajas de conexiones enterradas**.

Además de implicar una **obra de instalación reducida**, este sistema **no influye en las actividades portuarias** y permite operaciones seguras y fáciles, accionadas por una sola persona.

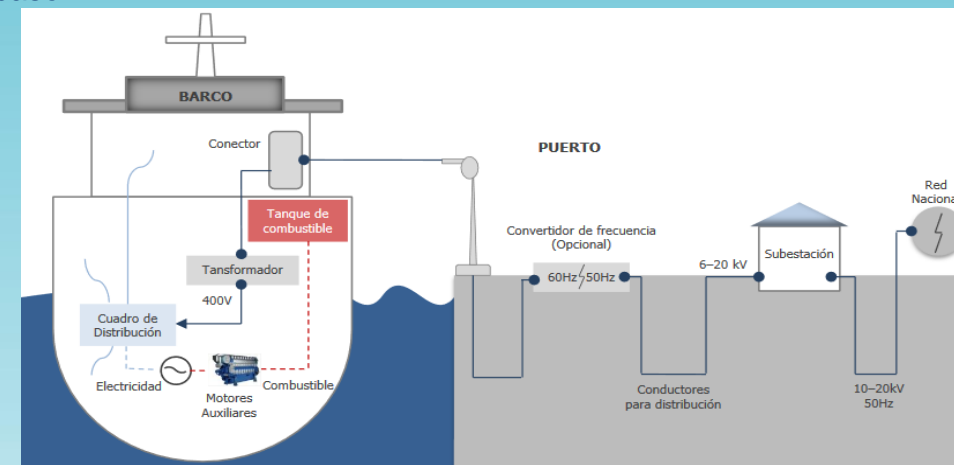
## 03 | ESTUDIO TÉCNICO DE IMPLEMENTACIÓN

### ALTERNATIVA OPS

#### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL SISTEMA

El **Onshore Power Supply (OPS)** consiste en la conexión a la red general eléctrica de los buques atracados en el puerto. Las soluciones y los equipos necesarios pueden variar en cada caso, pero el **esquema general** es común en cada caso:

- Acometida de la red eléctrica nacional.
- Acondicionamiento de la energía eléctrica (transformador y convertidor de frecuencia).
- Gestión de cables.
- Conexión buque-muelle y suministro eléctrico.



SUMINISTRO ELÉCTRICO A CRUCEROS - ALTERNATIVA OPS			
Fase de implementación	Fase 1.1	Fase 1.2	Fase 2
Ubicación de la instalación	Alfonso XIII	Alfonso XIII – R. Sofía	R. Sofía Ciudad
Simultaneidad máxima	1	2	3
Puntos de conexión (total)	3	5	11
Potencia instalada (MW)	6	6	12
Potencia instalada (MVA)	7,5	7,5	15,0
Voltaje de suministro (kV)	6,6 / 11	6,6 / 11	6,6 / 11
Frecuencia de suministro (Hz)	50 / 60	50 / 60	50 / 60
Sistema de gestión de cables	Grúa móvil	Grúa móvil	Grúa móvil

## 03 | ESTUDIO TÉCNICO DE IMPLEMENTACIÓN

### ALTERNATIVA OPS

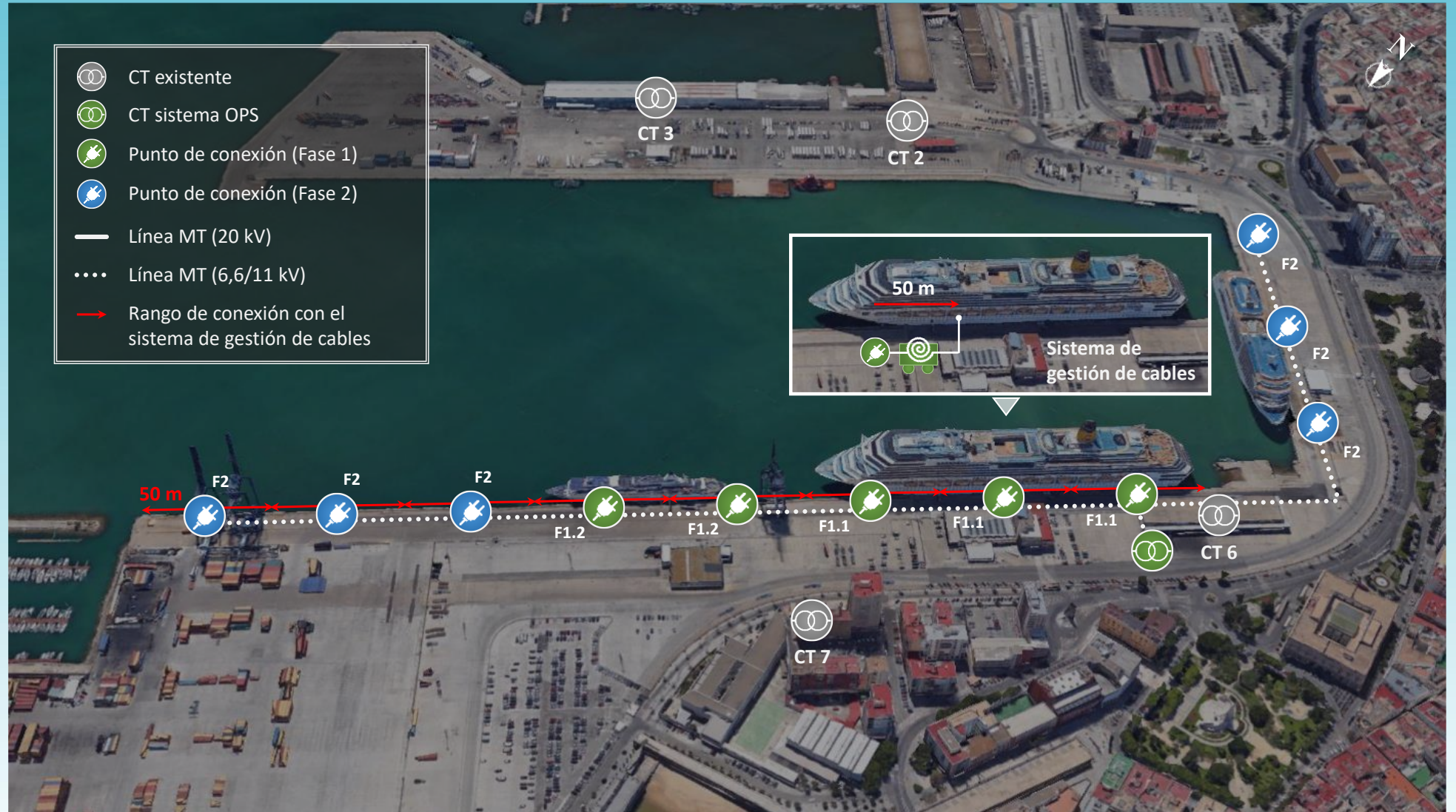
#### AMPLIACIÓN DE LA RED

Será necesario **ampliar la red eléctrica actual para poder abastecer la energía demandada por los cruceros**, ya que a día de hoy no se dispone de potencia suficiente en el puerto.

En particular, será necesaria la **instalación de una doble línea de M.T desde la Subestación Las Cortes** hasta el centro de transformación del puerto previsto para el suministro eléctrico a cruceros. Asimismo, será necesaria la dotación en la subestación de **dos celdas de potencia** en barras de 20 kV y sus correspondientes equipamientos complementarios.



## ALTERNATIVA OPS CONFIGURACIÓN GENERAL



## 03 | ESTUDIO TÉCNICO DE IMPLEMENTACIÓN

### ALTERNATIVA OGSP

#### CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL SISTEMA

En el **Off-Grid Shore Power (OGSP)**, se produce la **generación de electricidad in situ** en el mismo muelle a partir de gas natural licuado (GNL). Para esta alternativa, es necesario tener en cuenta la cadena logística para el abastecimiento de GNL. En general, el sistema se compone de los siguientes elementos:

- Sistema de almacenamiento y regasificación de GNL.
- Generador/es de electricidad.
- Convertidor de frecuencia.
- Sistema de gestión de cables.
- Equipos para la conexión buque-muelle y suministro eléctrico.



Sistema de almacenamiento de GNL.

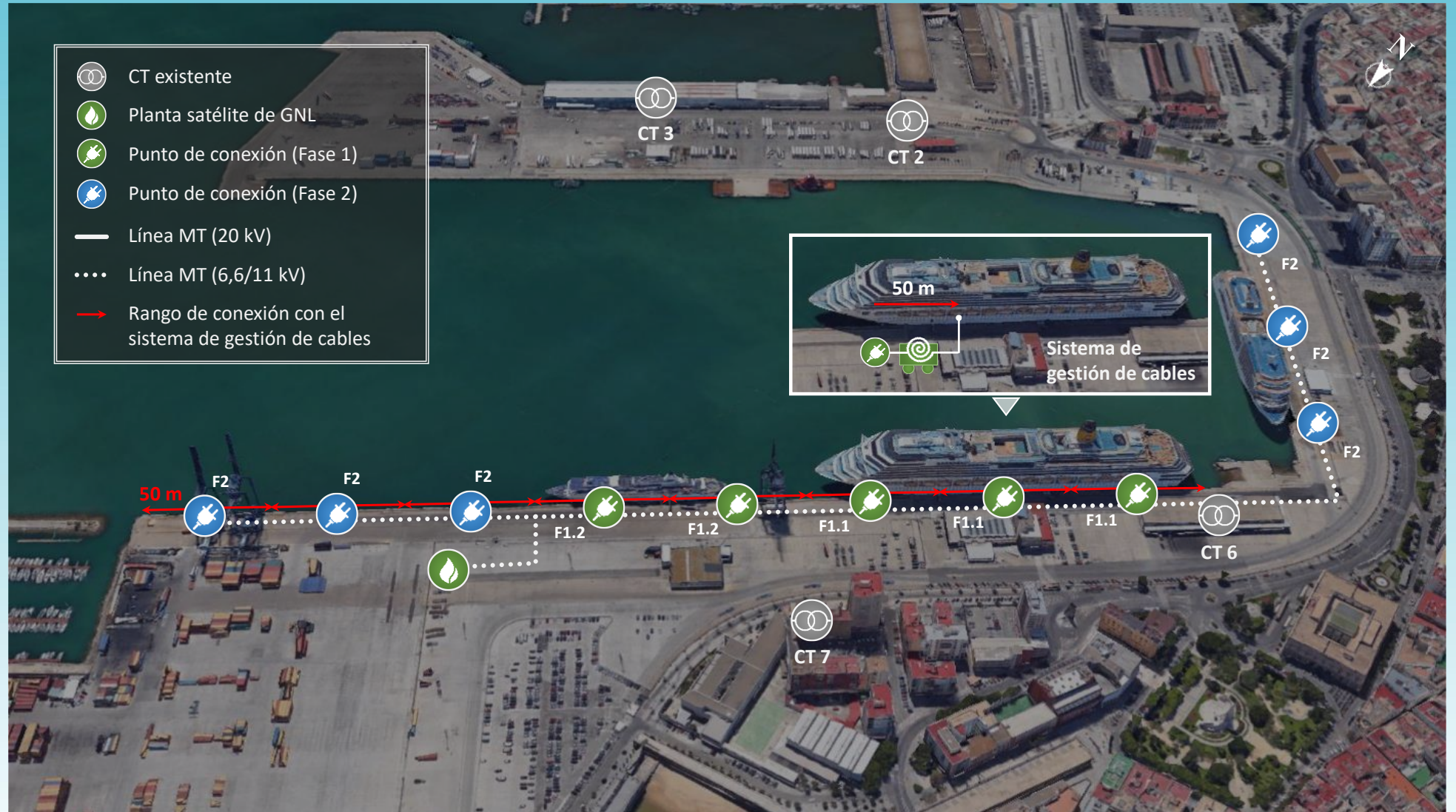
Generadores.

Sistema de gestión de cables.

Equipos para la conexión buque-muelle y suministro eléctrico.

SUMINISTRO ELÉCTRICO A CRUCEROS - ALTERNATIVA OGSP			
Fase de implementación	Fase 1.1	Fase 1.2	Fase 2
Ubicación de la instalación	Alfonso XIII	Alfonso XIII – R. Sofía	R. Sofía Ciudad
Simultaneidad máxima	1	2	3
Puntos de conexión (total)	3	5	11
Potencia instalada (MW)	6	6	12
Potencia instalada (MVA)	7,50	7,50	15,0
Voltaje de suministro (kV)	6,6 / 11	6,6 / 11	6,6 / 11
Frecuencia de suministro (Hz)	50 / 60	50 / 60	50 / 60
Sistema de gestión de cables	Grúa móvil	Grúa móvil	Grúa móvil

## ALTERNATIVA OGSP CONFIGURACIÓN GENERAL





## 04 | ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO

### ANÁLISIS ECONÓMICO

#### ALTERNATIVA OPS

Para el análisis económico de la alternativa OPS, se han tenido en cuenta los siguientes **parámetros**:

- **Ampliación de la red eléctrica:** costes de canalización y cableado desde la Subestación Las Cortes.
- **Equipos portuarios:** transformador, convertidor de frecuencia, puesta a tierra, conexión muelle-buque, canalización y cableado.
- **Coste de combustible:** coste por la compra de electricidad, considerando un precio de 9,29 c€/kWh.
- **O&M:** costes de operación y mantenimiento (2,0% de la inversión capital en instalaciones portuarias).
- **Costes tasa T-1:** incluye la bonificación del 50%.
- **Costes por emisión:** costes asociados a la emisión de CO<sub>2</sub> (27,81 €/tCO<sub>2</sub> emitida).
- **Subvención por reducción:** subvención por la eliminación de emisiones de CO<sub>2</sub> (9,6 €/tCO<sub>2</sub> reducida).

	FASE 1.1	FASE 1.2	FASE 2	TOTAL
<b>Inversión inicial (M€)</b>	5,27	0,72	2,40	<b>8,39</b>
Ampliación de la red eléctrica (M€)	0,89	-	-	<b>0,89</b>
Equipos portuarios (M€)	4,76	0,72	2,40	<b>7,50</b>
<b>Gastos anuales (k€/año)</b>				
Coste combustible (k€/año)	209,78	296,26	769,19	<b>769,19</b>
O&M (k€/año)	79,56	92,64	136,33	<b>136,33</b>
Costes Tasa T-1 (k€/año)	618,01	872,78	2.266,04	<b>2.266,04</b>
<b>Emisiones (k€/año)</b>				
Costes por emisión (k€/año)	356,90	322,82	136,48	<b>136,48</b>
Subvención por reducción (k€/año)	27,94	39,46	102,44	<b>102,44</b>

## 04 | ANÁLISIS ECONÓMICO-FINANCIERO

### ANÁLISIS ECONÓMICO

#### ALTERNATIVA OGSP

Para el análisis económico de la alternativa OGSP, se han tenido en cuenta los siguientes **parámetros**:

- **Ampliación de la red eléctrica:** no aplica en este caso.
- **Equipos portuarios:** sistema de generación, sistema de almacenamiento y regasificación, convertidor de frecuencia, puesta a tierra, conexión muelle-buque, canalización y cableado.
- **Coste de combustible:** coste por la compra de GNL, considerando un precio de 21,01 €/MWh.
- **O&M:** costes de operación y mantenimiento (2,5% de la inversión capital en instalaciones portuarias).
- **Costes tasa T-1:** incluye la bonificación del 50%.
- **Costes por emisión:** costes asociados a la emisión de CO<sub>2</sub> (27,81 €/tCO<sub>2</sub> emitida).
- **Subvención por reducción:** subvención por la eliminación de emisiones de CO<sub>2</sub> (9,6 €/tCO<sub>2</sub> reducida).

	FASE 1.1	FASE 1.2	FASE 2	TOTAL
<b>Inversión inicial (M€)</b>	4,39	0,77	2,49	<b>7,65</b>
Ampliación de la red eléctrica (M€)	-	-	-	-
Equipos portuarios (M€)	4,39	0,77	2,49	<b>7,65</b>
<b>Gastos anuales (k€/año)</b>				
Coste combustible (k€/año)	124,85	176,32	457,79	<b>457,79</b>
O&M (k€/año)	99,80	117,34	173,90	<b>173,90</b>
Costes Tasa T-1 (k€/año)	618,01	682,78	2.266,04	<b>2.266,04</b>
<b>Emisiones (k€/año)</b>				
Costes por emisión (k€/año)	403,40	388,48	306,95	<b>306,95</b>
Subvención por reducción (k€/año)	12,22	17,26	44,82	<b>44,82</b>

### ANÁLISIS DE RENTABILIDAD



Ejecución de Fase 1 / Fases 1+2  
Distintas tasas de financiación

### ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

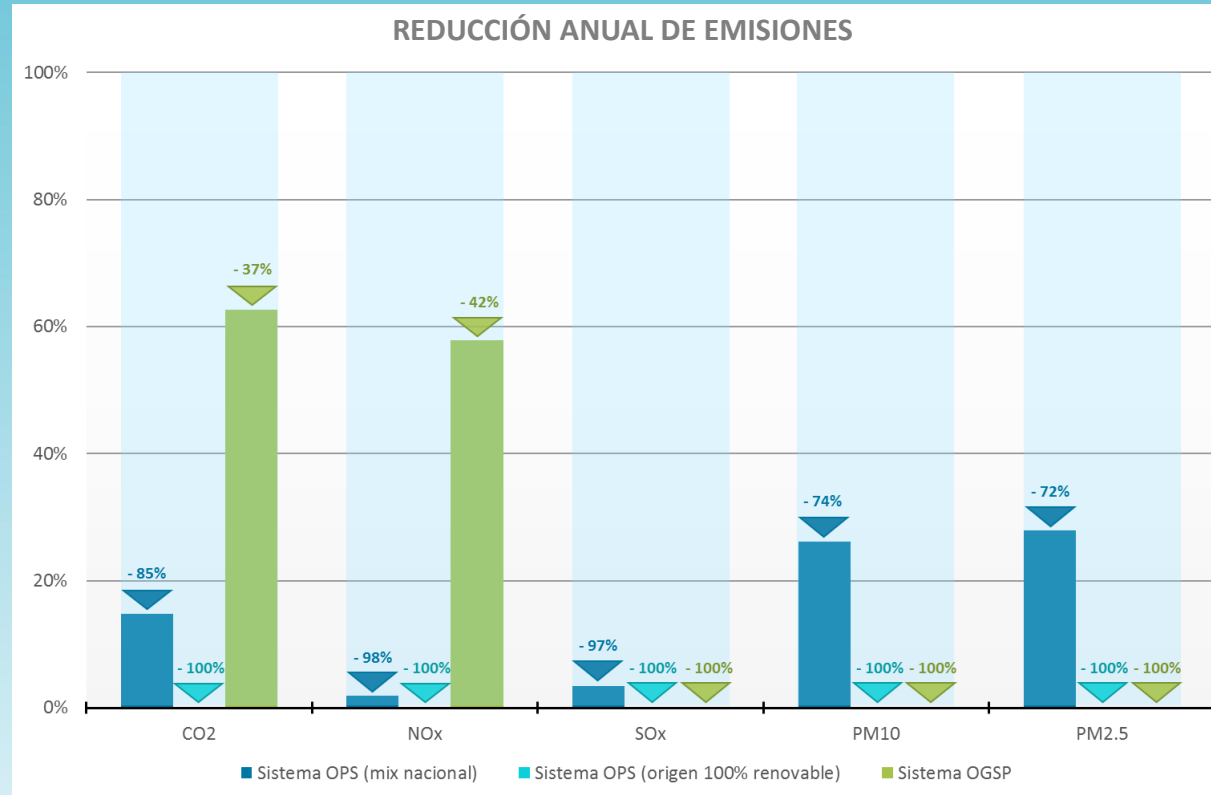


Variación en el precio de venta  
de la electricidad a los buques

- El proyecto resulta **rentable si se implementa en su totalidad** (Fase 1 y 2).
- Necesidad de **financiación si solo se ejecuta la Fase 1**.
- La **rentabilidad es ligeramente mejor para la alternativa OGSP** que para OPS.
- Rentabilidad a partir de un precio de venta de la energía de **20 c€/kWh**.

## EMISIONES E IMPACTO ACÚSTICO

### POTENCIAL DE REDUCCIÓN



Se estima una **reducción de hasta el 10% del impacto sonoro** generado por cada uno de los cruceros que se conecten a la red eléctrica durante el atraque, debido a la eliminación del ruido que generaría el funcionamiento de sus motores auxiliares.

La **reducción de emisiones** que se lograría con la implementación de un sistema de suministro eléctrico a cruceros es significativa, si bien existen diferencias entre ambas alternativas:

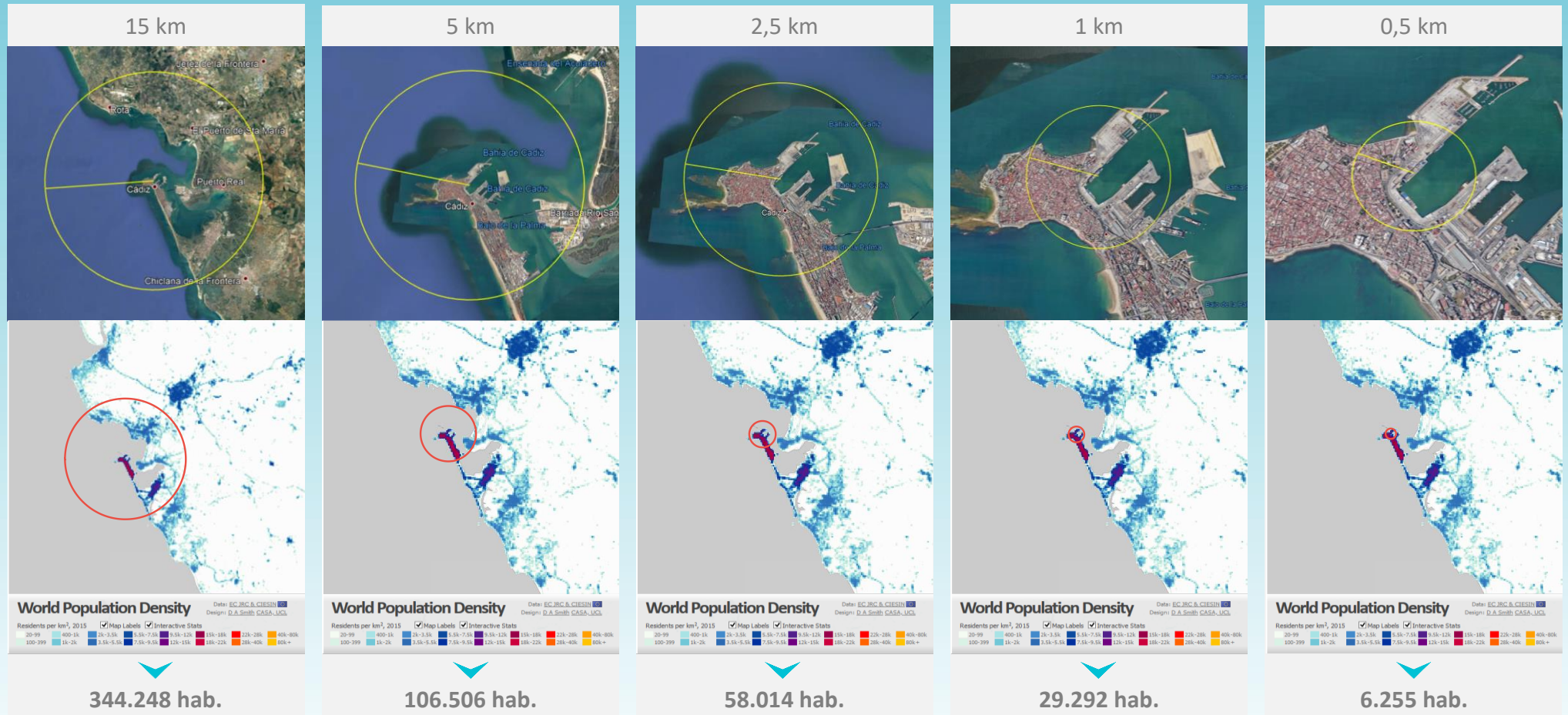
- Con el **sistema OPS**, se eliminaría la totalidad de las emisiones de los buques atracados en el puerto. A nivel global, se conseguiría una reducción notable en las emisiones, debido fundamentalmente a la composición del mix energético actual y a la mayor eficiencia de la conexión a la red frente a la generación a bordo.
- En el caso del **sistema OGSP**, se lograría la eliminación casi total de las emisiones de SO<sub>x</sub> y PM. La reducción de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub>, aun resultando menor que en el caso OPS, también sería significativa.


**REDUCCIÓN ESTIMADA DE POTENCIA SONORA (POR BUQUE)**  
 ▼ **6 - 10 dB** (5,3% - 9,4%)

## POBLACIÓN PROXIMA AL ÁREA PORTUARIA DE CÁDIZ

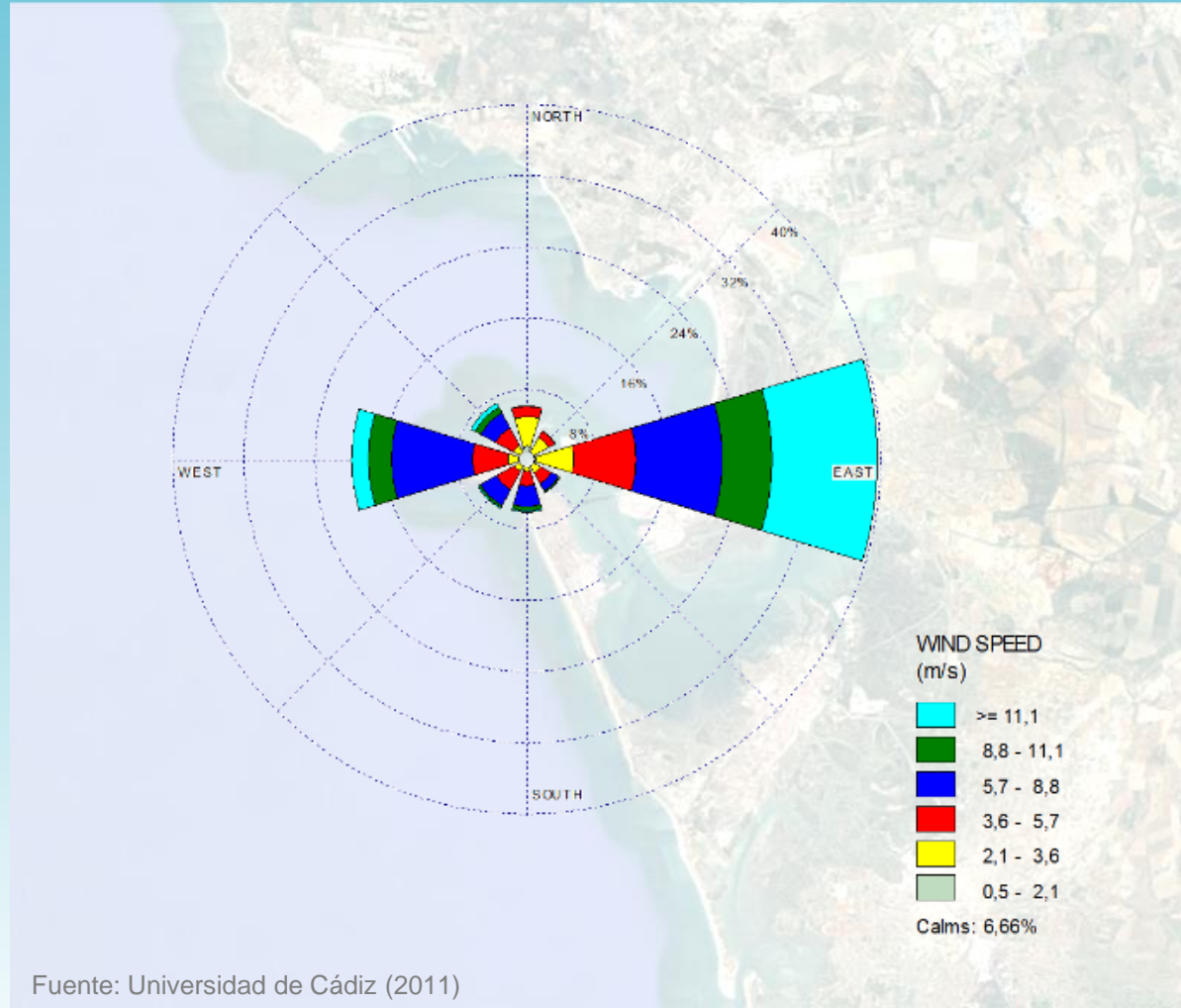
### ESTIMACIÓN DEL NÚMERO DE HABITANTES

En base a los datos publicados por el Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, se ha estimado la **población aproximada que vive en el área de influencia del Puerto de Cádiz**. Para ello, se han considerado diferentes rangos de distancia y se ha tomado como referencia el Muelle Alfonso XIII.



## POBLACIÓN PROXIMA AL ÁREA PORTUARIA DE CÁDIZ

### GRADO DE AFECTACIÓN DE LA POBLACIÓN



La densidad de población en zonas próximas al puerto es elevada, especialmente en los municipios de Cádiz, San Fernando y Jerez de la Frontera. No obstante, **no toda la población que habita estas áreas se verá afectada de igual modo** por el ruido y la contaminación generada por los buques:

- En el caso del **impacto sonoro**, este únicamente supondrá un problema para los habitantes de las zonas más próximas al área portuaria (menos de 1 km).
- En el caso de las **emisiones**, resulta más complejo poder acotar las áreas de afectación concretas, al depender fuertemente su dispersión de las condiciones meteorológicas (entre otros factores). La rosa de los vientos permite tener una idea aproximada de hacia donde se dispersarán las emisiones de forma predominante.

► La rosa de los vientos muestra la distribución del viento en el municipio de Cádiz en función de la frecuencia de ocurrencia de una determinada dirección.

## 06 | COMPARATIVA DE ALTERNATIVAS

### COMPARATIVA DE ALTERNATIVAS

#### OPS / OGSP

El **sistema OPS** implica una inversión inicial ligeramente superior, debido sobre todo a los costes de la acometida a la red. Sin embargo, permite reducir la totalidad de las emisiones de los cruceros en el puerto. Asimismo, la tecnología OPS cuenta con muchos más casos de éxito a nivel global.

El **sistema OGSP**, inicialmente implica una inversión menor y permitiría eliminar prácticamente la totalidad de emisiones de SO<sub>x</sub> y PM. Sin embargo, las emisiones de CO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> seguirían existiendo, aunque se verían reducidas de forma significativa. Por otra parte, la estacionalidad de los cruceros implica que sea necesario gestionar el GNL evaporado durante los períodos en los que no exista demanda.

	OPS	OGSP
Viabilidad técnica	↑ ↑	➤
Consideraciones de seguridad	↑	↓
Interferencias con la operación portuaria	➤	➤
Necesidad de obra	➤	➤
Necesidad de espacio portuario disponible	➤	↓
Seguridad de suministro	↑	↑
Madurez del sistema	↑ ↑	↑
Reducción de emisiones	↑ ↑	➤
Inversión necesaria	➤	↑
Costes asociados	➤	➤
Aceptación social	↑ ↑	↓

## **II. Proyecto Básico (APBC)**

01 | Condicionantes del diseño

02 | Programa de necesidades

03 | Estudio de soluciones

04 | Características de la instalación



# 01 CONDICIONANTES DEL DISEÑO

El planteamiento es proyectar una instalación operativa tanto para la Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz como para los cruceros que hagan uso de los citados muelles.

## PUNTO DE VISTA DE LA AUTORIDAD PORTUARIA, CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN:

- **Obra sencilla**, con un plazo de ejecución reducido.
- **Integración en la infraestructura eléctrica existente en el puerto**, evitando realizar grandes reformas, y garantizando la seguridad en el suministro eléctrico.
- **Instalación estandarizada y versátil**, de forma que permita su utilización por otros buques si fuera necesario.
- Instalación **preparada para realizar futuras ampliaciones**.
- **Funcionamiento** de la instalación y **mantenimiento sencillos**.
- **Seguridad de operación**. Minimizar riesgos eléctricos.
- **Resistencia y durabilidad de los equipos**, ante el riesgo elevado de corrosión y sabotajes.

## PUNTO DE VISTA DE LAS NAVIERAS, CUMPLIMIENTO DE LOS SIGUIENTES OBJETIVOS:

- **Cobertura de la potencia requerida** por el buque durante el tiempo de atraque.
- **Rapidez en las maniobras** de conexión / desconexión. Simplificación de las operaciones manuales.
- **Garantía de calidad de la corriente** suministrada.
- **Integración con los sistemas eléctricos propios del buque**.
- **Evitar grandes reformas en el buque**.

## 02 PROGRAMA DE NECESIDADES

Se plantea una distribución eléctrica que permita alimentar a **tres cruceros simultáneamente** y cuya **demanda total de potencia no supere los 16 MVA**.

Se consideran **once posibles puntos de conexión a través de los tres muelles**. Se dispondrá de **tres sistemas de gestión de cables**, ofreciendo la posibilidad de conectar tres cruceros simultáneamente, cuando la suma de sus potencias demandadas no exceda de 16 MVA.

La potencia máxima que puede suministrar una caja de conexión está limitada por la máxima potencia del sistema, establecida en 16 MVA. La máxima simultaneidad será de tres cruceros al disponer de tres sistemas de gestión de cables, siempre y cuando se asegure el aislamiento galvánico e independencia entre los buques conectados y no se superen los 16 MVA del sistema.

Los valores de voltaje y frecuencia del sistema serán los establecidos para los cruceros por la norma *IEC 80005-1 Part 1: High voltage shore connection (HVSC) systems - General requirements*:

- **Voltaje:**            **6,6kV y 11kV**
- **Frecuencia:**    **50Hz y 60Hz**

El sistema pretende ser lo más versátil posible, por tanto, **en cada caja de conexiones habrá disponibles, 11kV ó 6,6kV a 50Hz ó 60Hz**, seleccionando los ajustes adecuados.

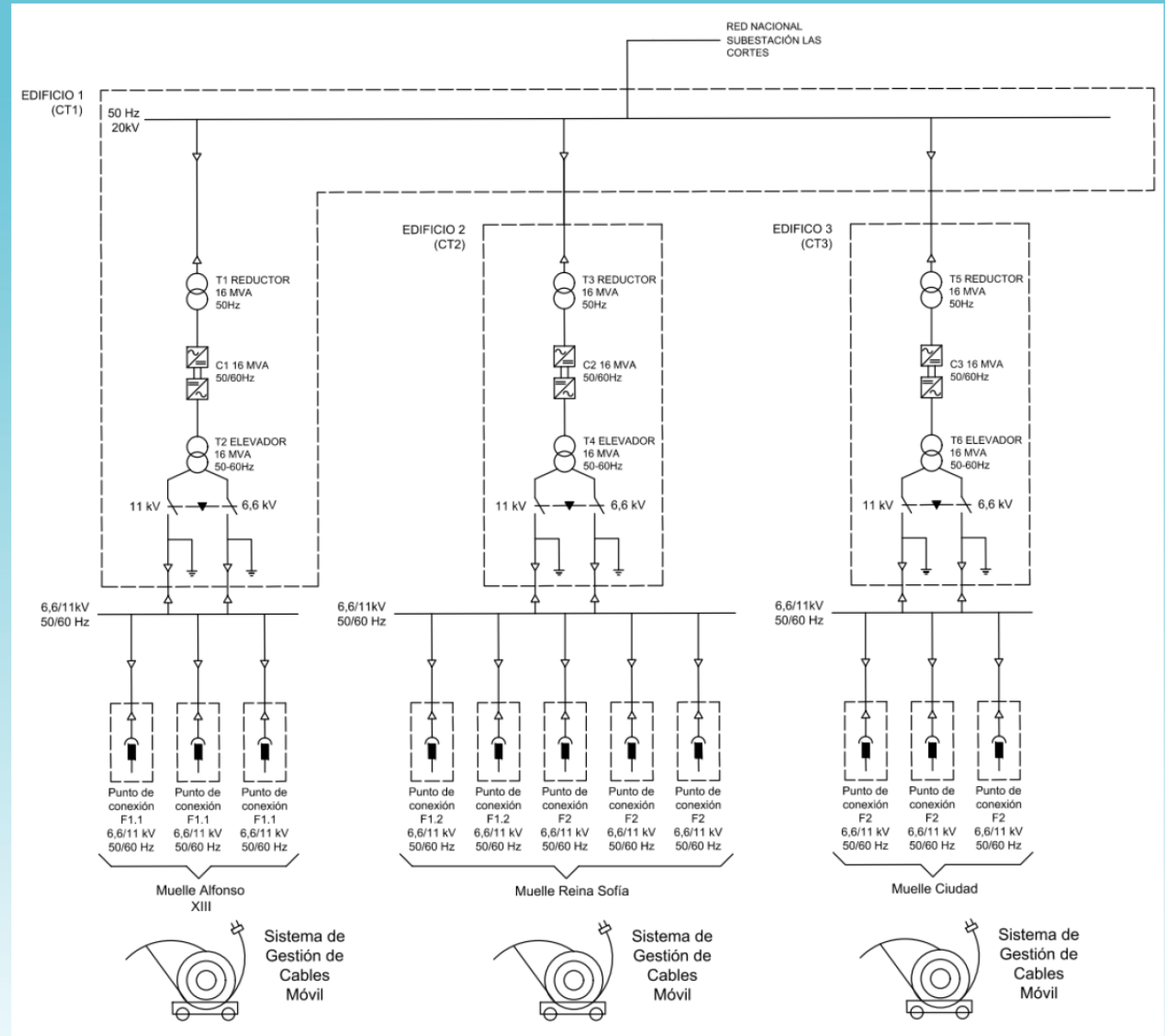


# 03 ESTUDIO DE SOLUCIONES

## Configuración 1. Sistema OPS descentralizado

Esta configuración se trata de un **sistema descentralizado que cuenta con un sistema de conversión independiente en cada muelle**. Se alimentan de forma radial desde una subestación común.

Esta configuración tiene un sistema independiente en cada muelle, lo que puede considerarse una ventaja si se produce una avería en la instalación. Si se produce una avería en uno de los convertidores de frecuencia, el muelle afectado puede desconectarse sin que afecte a los demás. Incluso los trabajos de operación y mantenimiento se facilitan al tener un sistema separado según esta configuración.



## 03 ESTUDIO DE SOLUCIONES

### CONFIGURACIÓN 1. SISTEMA OPS DESCENTRALIZADO

#### Ventajas

+ **Sistema independiente en cada muelle:** el fallo en un convertidor de frecuencia y el mantenimiento del servicio no influirán en otros Muelles.

#### Desventajas

- Se necesita **una gran superficie para la instalación** en cada uno de los muelles.
- Se necesita **un sistema de conversión de frecuencia por muelle**, y cada uno de los sistemas de conversión debe ser dimensionado para la mayor demanda de energía en el muelle.
- **Se requieren más transformadores**, debido a la necesidad de un transformador reductor y un transformador elevador para cada convertidor de frecuencia.
- Los **convertidores de frecuencia se utilizan siempre**, incluso si se conecta un buque de 50 Hz.



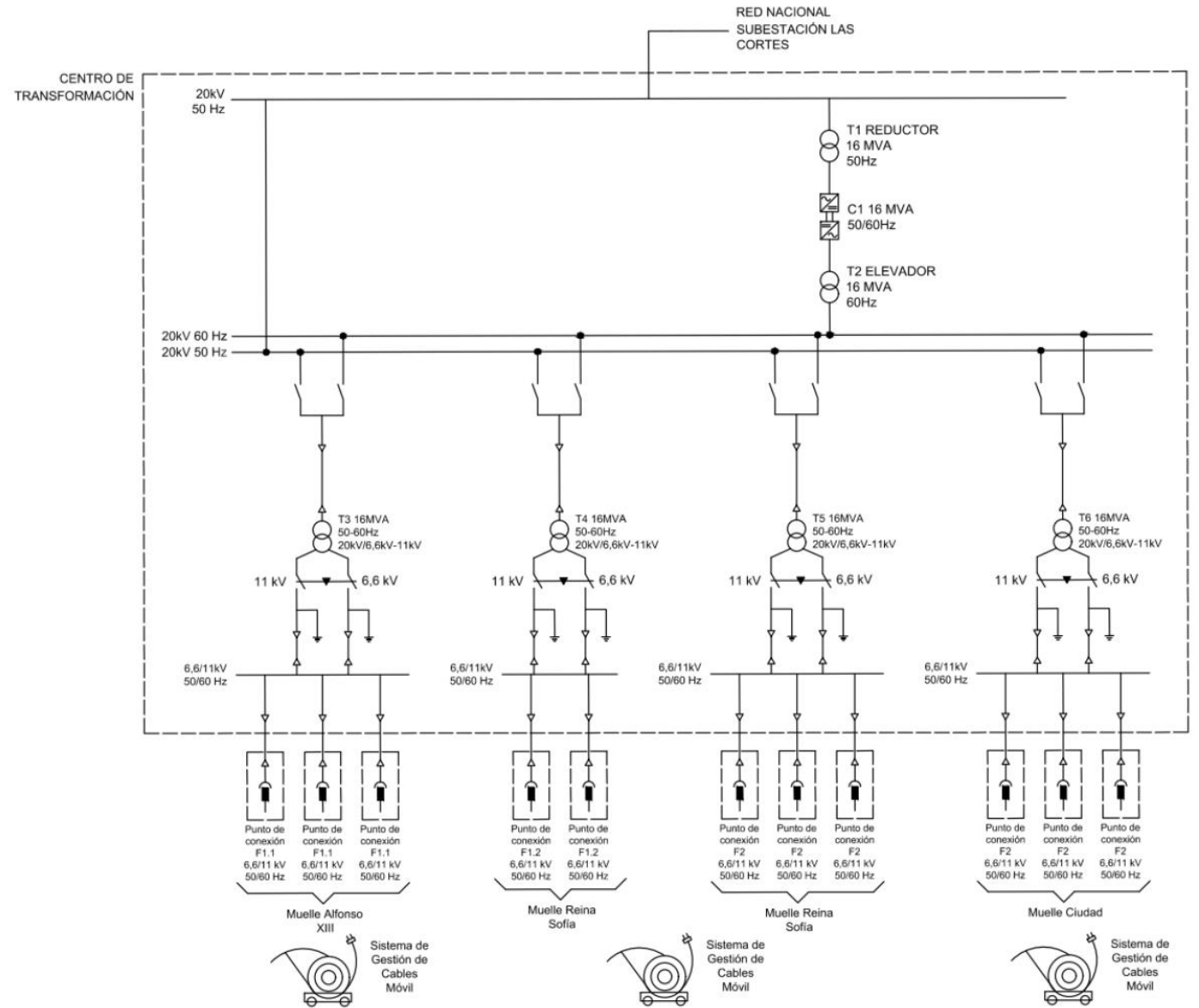
# 03 ESTUDIO DE SOLUCIONES

## Configuración 2. Sistema OPS centralizado

Esta configuración se basa en una **instalación centralizada para la conversión de frecuencia** con **aparamenta de conexión con doble barra**.

Un convertidor de frecuencia, o varios convertidores de frecuencia conectados en paralelo, dependiendo de la demanda de energía, se acopla a una de las barras (bus de 60Hz) a través de un transformador reductor y un transformador elevador.

Para permitir la conexión simultánea de buques de 50 Hz y 60 Hz en los distintos muelles, se integra una barra adicional (bus de 50Hz), que se conecta directamente a la red nacional.



## 03 ESTUDIO DE SOLUCIONES

### CONFIGURACIÓN 2. SISTEMA OPS CENTRALIZADO

#### Ventajas

- + Necesidad de **una superficie pequeña** en cada muelle.
- + **Solo** se necesita **un sistema de conversión para dar suministro a los distintos muelles**.
- + El convertidor de frecuencia sólo se utiliza para convertir 50 Hz en 60 Hz, por lo que **el convertidor no se ve sometido a la carga de los buques de 50 Hz**, lo que se traduce en un mayor rendimiento y el convertidor de frecuencia puede dimensionarse en función de la demanda total de energía del puerto, para los buques de 60 Hz.

#### Desventajas

- **Más vulnerable**. Si se produce una avería en el convertidor de frecuencia, todas las cajas de conexiones conectadas no podrán dar servicio a 60 Hz a los buques.
- El **uso de conmutadores de doble barra** en lugar de conmutadores estándar **aumentará el precio**.



## 03 ESTUDIO DE SOLUCIONES

### OPCIÓN ESCOGIDA

Entre la Configuración 1 y Configuración 2 se opta por ésta última (Configuración Centralizada). Se justifica esta elección atendiendo a los siguientes aspectos:

- El espacio en la zona portuaria es bien preciado y la Configuración 2 tiene menor huella, necesitando **menos espacio de instalación**.
- Los equipos de electrónica de potencia (Convertidores de frecuencia) y de adecuación de tensión (Transformadores) son los equipos que más encarecen la instalación eléctrica. **La Configuración 1 requiere de 3 sistemas de conversión (uno por muelle) frente a 1 único sistema de conversión requerido por la Configuración 2.**

Dependiendo del fabricante y las tecnologías usadas, un sistema de conversión de frecuencia de 16 MVA tiene un coste en torno a 1.5M€. De igual modo los transformadores para las tensiones y potencias de nuestro sistema rondan los 300-400k€.

Las ventajas de robustez y continuidad de suministro que aporta la Configuración 1 frente a la Configuración 2, no justifican el mayor coste de instalación.

## 04 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

Los elementos a instalar son:

- Centro de transformación.
  - El edificio del centro de transformación representa la **parte principal del sistema** y constituye su unidad central.
  - Esta instalación **contiene equipos de acoplamiento** como interruptores automáticos, seccionadores, sistemas de doble barra, descargadores de sobretensión, etc.
  - Los **principales componentes de la infraestructura de alimentación en tierra se encuentran en el interior de los módulos** (convertidor de frecuencia con el transformador correspondiente, transformadores de medida, protección por relés y sistema de control global)
- Líneas de alimentación desde la Subestación Eléctrica Las Cortes.
- Líneas de alimentación a las cajas de conexión.
- Caja de conexiones.
- Equipos de gestión de cable.
- Cables de conexión con el buque.
- Sistemas de control.



## 04 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

La **configuración elegida** para el diseño del sistema OPS, consta de **cuatro áreas de conexión, cada una de ellas con un transformador de aislamiento**. Una para el Muelle Alfonso XIII y otra para el Muelle Ciudad, y dos para el Muelle Reina Sofía. Este muelle es el de más longitud, por ello se han previsto dos áreas de conexión, que dan servicio a 2 cajas de conexión en Fase 1 y 3 cajas de conexión en Fase 2.

El servicio a cruceros está limitado a **un solo crucero conectado por transformador de aislamiento**.

Las **cajas de conexión** se instalarán espaciadas a 100 metros de forma que usando un sistema de gestión de cables de 50 metros cubra toda la longitud de los muelles.

## 04 CARACTERÍSTICAS DE LA INSTALACIÓN

La red eléctrica del Puerto de la Bahía de Cádiz existente en Cádiz no puede satisfacer la demanda del nuevo sistema OPS, por ello **se requiere la ampliación de la subestación eléctrica “Las Cortes”** situada en las inmediaciones del puerto.

Esta ampliación permitirá disponer de potencia suficiente desde la red nacional para la acometida de este nuevo sistema OPS.

Será necesaria la ampliación de las barras de 20kV en la subestación para la conexión y suministro de 16 MVA de potencia. **Se instalarán celdas de potencia, en barras de 20 kV** y sus correspondientes equipamientos complementarios.

Los **datos del punto de conexión** son:

- Tensión de servicio: 20 kV
- Potencia de la conexión: 16 MVA
- Intensidad de cortocircuito trifásico esperada: 16 kA
- Intensidad de cortocircuito fase tierra: 1000 A

Se instalará una **nueva línea de media tensión desde la Subestación Eléctrica Las Cortes hasta el centro de transformación en el puerto** previsto para el suministro eléctrico a cruceros. Se estima una longitud de línea de 2150 metros.

El cable será tipo HEPRZ1 1x240 mm<sup>2</sup> Al H16 12/20 kV. Se añadirá a la instalación un cable cero para garantizar calidad de servicio. Para la potencia demandada por el sistema OPS son necesarios tres cables de 240 mm<sup>2</sup>.

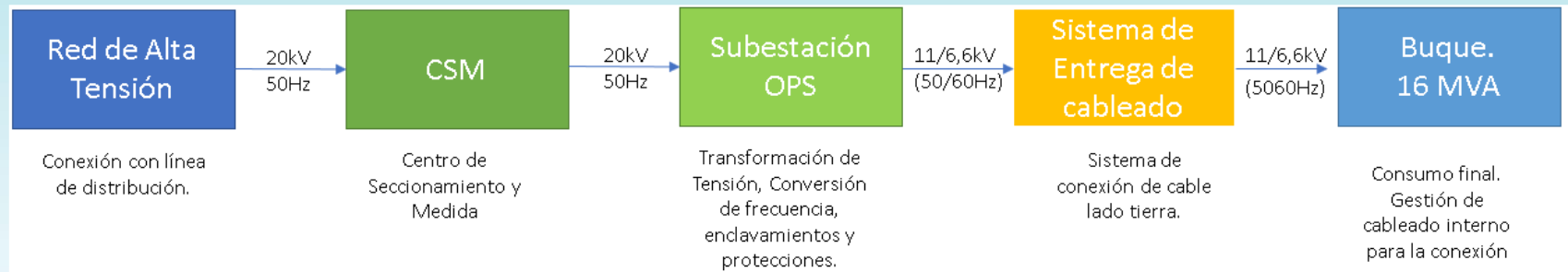
### **III. *Instalación eléctrica OPS destinada a cruceros en el Muelle Alfonso XIII (Endesa X)***

01 | Datos generales de la instalación

02 | Descripción de las actuaciones

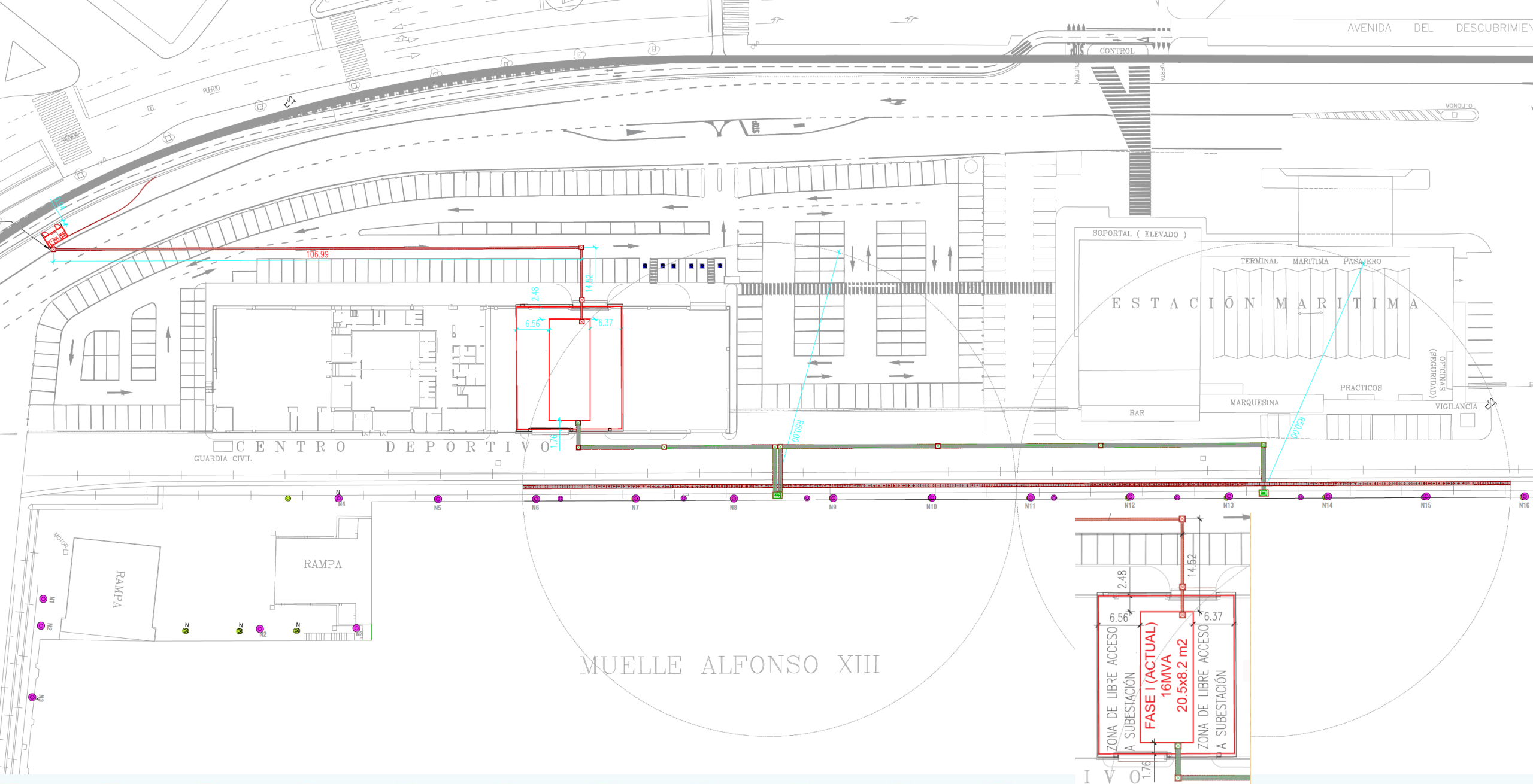
# 01 DATOS GENERALES DE LA INSTALACIÓN (ENDESA X)

- **Tipo embarcación:** Cruceros
- Anexo según Normativa: ANEXO C (Cruise Ships según Clasificación de la Norma IEC 80.005 de 2019)
- **Potencia mínima requerida:** 16 MVA por punto de conexión referida a la tensión de 11kV. La Subestación OPS dispondrá de capacidad de ampliación en un futuro de 8MVA, manteniendo la potencia por punto de conexión de hasta 16MVA.
- Los 16 MVA se consideran a nivel de tensión de 11kV. En el nivel de tensión de 6,6kV quedará limitado al amperaje soportado por conectores y cableado.
- **Tensión suministro:** 11kV s/normativa. (Se incluye la conexión de 6.6kV para atender el mayor número de embarcaciones).
- Icc= 25kA.
- **Frecuencia suministro:** 50Hz – 60Hz
- **Punto de conexión:** Dos puntos de conexión aéreos en el cantil del Muelle Alfonso XIII a los que se conectará una grúa con devanadora de cable y radio de acción de 50m operativos, que permiten una longitud de conexión de 200m. El tendido del cable se realizará en una zanja practicable con tapas D-400 de 680mm de anchura y altura libre interior de la zanja de 200mm.

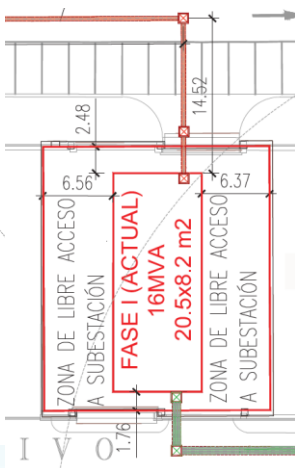


## 02 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTUACIONES (ENDESA X)

- **Colocación de un centro de seccionamiento** y medida dentro de la concesión y en el límite con vía pública.
- **Tendido de línea de Media Tensión de 20 kV hasta la Subestación OPS.** La zanja discurrirá por el actual aparcamiento.
- **Construcción de una Subestación OPS en el interior de nave existente**, que se deberá acondicionar para atender las necesidades de Contraincendios y Ventilación. La subestación será de tipo modular, enrackable (contenedores o bases de transporte tipo skid) y ampliable por si es necesario en un futuro su desplazamiento.
- **Tendido de cuatro circuitos alimentadores de 6.6/11kV bajo tubular hasta el punto de conexión con las cajas de conexión situadas en el cantil.** Estas cajas aéreas, de momento 2, deberán ir dotadas de dummy plugs.
- **Ejecución de una zanja con tapas D-400 (200m)** con una capacidad de 4 circuitos de potencia más tierra más neutro + pilot loop y control. **A lo largo de esta zanja se podrá conectar el sistema de gestión de cableado móvil.**



MUELLE ALFONSO XIII





**2023:**

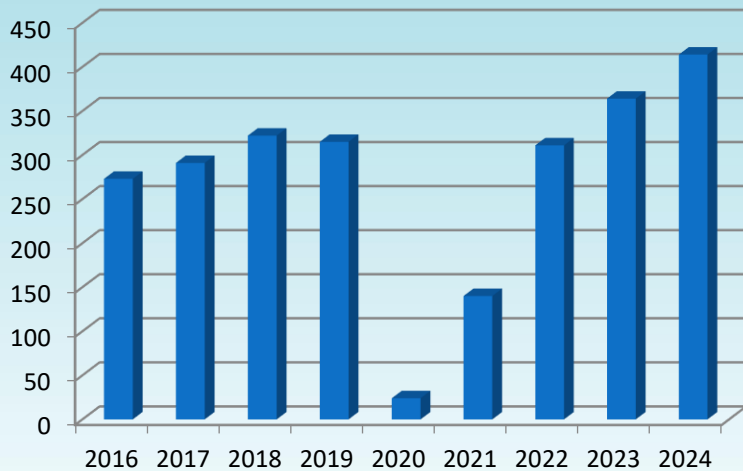
362 ESCALAS

Proyección de pasajeros: 456.000

**2024:**

414 ESCALAS

Proyección de pasajeros: 518.000



Miércoles 24.05.23  
LA VOZ

## El tráfico de cruceros crece un 23% en el primer cuatrimestre

La Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz señala que el puerto se sitúa como quinto del país, con 86 escalas y 138.797 cruce-ristas hasta abril

LA VOZ

CÁDIZ. El tráfico de cruceros en el puerto de Cádiz ha crecido un 23 por ciento en escalas y un 116 por ciento en pasajeros en el primer cuatrimestre de este año en comparación con el mismo periodo de 2022, llegando a las 86 escalas y los 138.797 cruce-ristas, según indicó la Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz (APBC), quien resaltó que estos datos colocan al puerto gaditano como quinto puerto de cruceros del país.

Además, en una nota, la APBC señaló que respecto al tráfico de mercancías hasta el mes de abril el Puerto de la Bahía de Cádiz ha movido 1,75 millones de toneladas, lo que supone un 3,75 por ciento menos que en la misma fecha de 2022. Este descenso se debe fundamentalmente a la bajada de la mercancía general, que de forma global en el sistema nacional anota un inicio de año en retroceso, que en el caso de Cádiz alcanza el once por ciento, con 674.289 toneladas acumuladas.

Los otros dos grupos de mercancías, graneles líquidos y sólidos, apuntan un mantenimiento en el caso del primero, con 502.481 toneladas, y un crecimiento del 4,4 por ciento en el segundo, con 574.461 toneladas.

El avituallamiento, con 36.160 tonela-

das, reduce un 34 por ciento su volumen respecto a abril de 2022, mientras que la pesca fresca, con 3.604 toneladas y un valor de venta de 14 millones de euros, crece un 5 por ciento en volumen y un 7 por ciento en valor de venta, respectivamente.

Con todo, el tráfico total general llega en abril a los 1,8 millones de toneladas de mercancías, prácticamente igualando el movimiento del primer cuatri-

mestre del año 2022, según la APBC.

Respecto al modo de transporte, el tráfico rodado creció un siete por ciento en los cuatro primeros meses de 2023, con 271.488 toneladas, mientras el contenedor (lolo) baja un 21 por ciento en toneladas (397.189), un 20 por ciento en unidades (26.620) y un 17 por ciento en teus (51.268) en comparación con el tráfico acumulado en abril de 2022.



Un crucero de MSC en el puerto de Cádiz. :: ANTONIO VÁZQUEZ



## AGRADECIMIENTOS:

PUERTOS DEL ESTADO

ENDESA X

INOVA Labs

GHENOVA

MOSE

VALENCIAPORT

# MUCHAS GRACIAS

