

CONCLUSIONES Y EVALUACIÓN DE RESULTADOS DE LA PRIMERA TRANSFORMACIÓN A GAS NATURAL DE UN MOTOR AUXILIAR EN UN FERRI

PROYECTO CLEANPORT

25/04/19

1. Objetivos del proyecto

2. Descripción de la instalación

2.1 Instalación en el buque.

2.2 Infraestructura de bunkering en tierra

3. Resultados de la Operación

3.1 KPI's de la instalación de gas natural en el buque.

3.2 KPI's de la infraestructura de bunkering en tierra.

4. Conclusiones

1. OBJETIVOS DEL PROYECTO



- El **objetivo** del proyecto CleanPort es **demostrar la viabilidad de un sistema de generación de energía alternativo limpio en el ámbito marino**. Esta acción se alinea con la **Directiva Europea 2014/94/EU** relativa a la implantación de una infraestructura para los combustibles alternativos y la **Directiva 2012/33/EU** relativa al contenido de azufre de los combustibles para uso marino.



BALEARIA



- Duración:** 1 de enero 2014 a 31 de diciembre 2018.



El proyecto europeo **CleanPort** que lidera y coordina **Naturgy**, está cofinanciado por la Unión Europea a través del programa **CEF-Transport**.



- El proyecto consiste en la instalación de un **motor auxiliar a gas natural para la generación de electricidad a bordo** del ferry Abel Matutes, propiedad de Balearia, que opera la ruta Barcelona-Palma de Mallorca. El motor a gas natural opera durante **las maniobras del buque de entrada y salida de los puertos y mientras permanece atracado, mejorando la calidad del aire en los puertos donde atracan.**

En particular los objetivos específicos del proyecto son:

- Definir y diseñar una solución tecnológica factible e innovadora de generación de energía auxiliar limpia. La solución tecnológica propuesta ofrece importantes reducciones en las emisiones de NOx, CO2, SOx y partículas, frente a otros combustibles.
- Facilitar el bunkering de Gas Natural Licuado y de Gas Natural en el puerto de Barcelona implementando una solución móvil, rápida y segura en tierra para realizar las cargas al buque.
- Contribuir a la armonización de las normas y regulaciones para el bunkering en puertos.
- Desarrollar nuevos modelos de negocio basados principalmente en un modelo de compañía de servicio de energía.

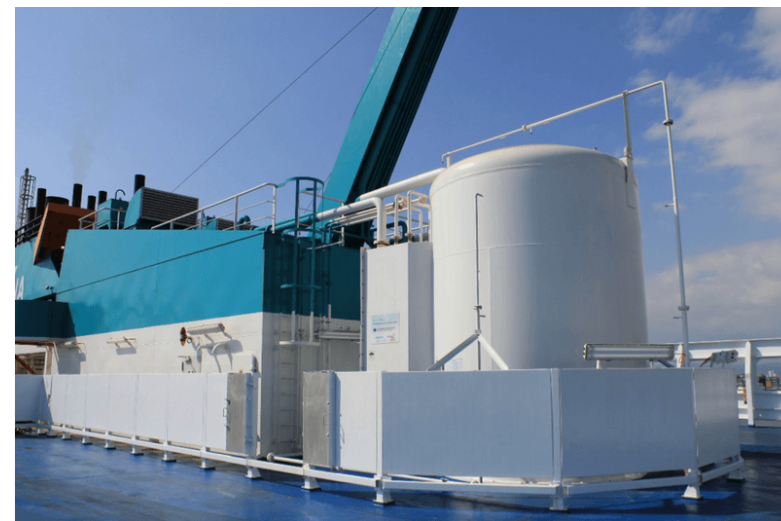
2. DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

2.1 INSTALACIÓN EN EL BUQUE (I)

- Motor a gas natural y equipos auxiliares en caseta, emplazados en cubierta 8, totalmente integrado en entorno y operativamente en la planta eléctrica del buque.
- Motor Rolls-Royce Bergen C26:33L6AG.

CILINDRADA	Nº CILINDROS	RPM	PESO(T)	POT. MEC.KW	POT. ELEC.KW
105 L	6	1.000	33,905	1.620	1.555

- Tanque de GNL de 30m³, planta de vaporización del GNL, “cold box” y skid de refrigeración del aceite del motor agua-glicol. El calor extraído del aceite se utiliza para vaporizar el GNL.



2.1 INSTALACIÓN EN EL BUQUE (II)

- Bunker skid en cada una de las bunker stations del buque, ubicadas en la cubierta 3 (estribor y babor), para permitir el bunkering en cualquiera de los dos sentidos de atraque. Conexiones disponibles para GNL/GN.
- Sistemas electromecánicos y auxiliares (tuberías vacío, aire de control, N2, ventilación, contraincendios).



2.2 INFRAESTRUCTURA DE BUNKERING EN TIERRA (I)

- La carga de Gas Natural Licuado al buque se realiza mediante camión cisterna.
- La infraestructura requerida en tierra para la carga de GNL al buque es un **skid móvil de trasvase e inertización** que se conecta mediante dos mangueras al camión cisterna y al buque. Este skid cuenta con un almacenamiento de N_2 de 480 l a 250 bar para inertizado de la tubería y mangueras, valvulería, instrumentación y cuadro ESD. Este skid se puede emplear tanto para cargas de GNL al buque como para el suministro de Gas Natural conectándolo a las conexiones de gas de los bunker skids del buque . El skid es suministro de Molgas Energía.





2.2 INFRAESTRUCTURA DE BUNKERING EN TIERRA (II)

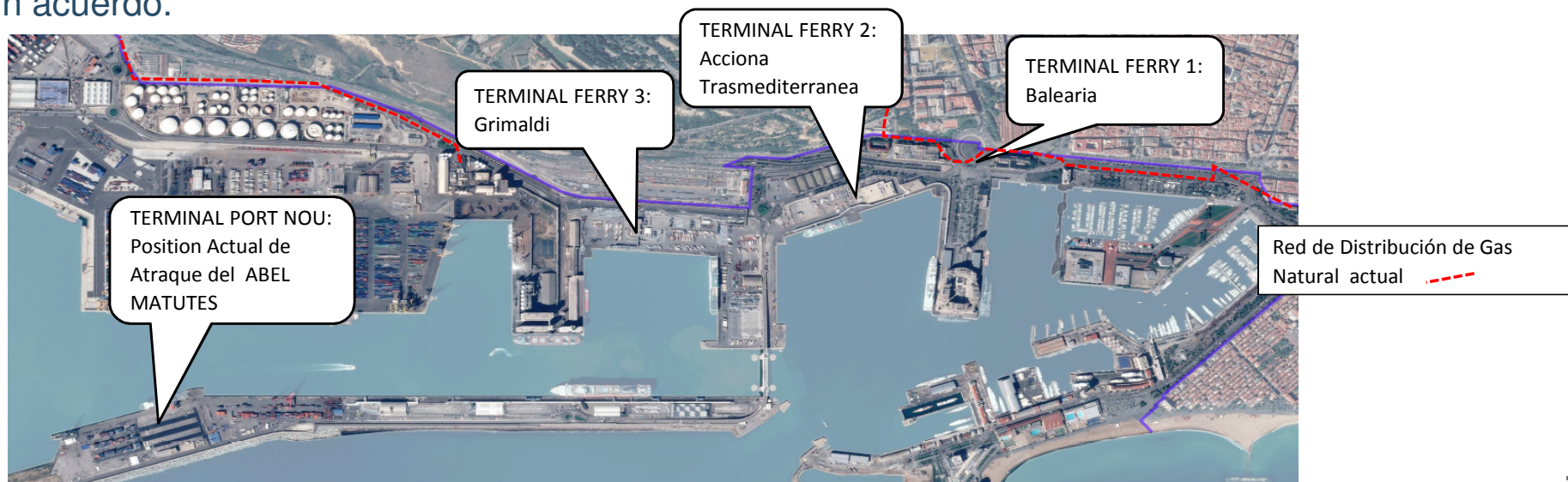
VENTAJAS DEL USO DEL SKID DE TRANSFERENCIA DE GNL Y GAS NATURAL

- El skid está equipado con un rack de botellas de nitrógeno que permite el barrido de nitrógeno para el inertizado de las mangueras y tuberías desde tierra hasta el buque y que se descarga a través del mástil de venteo del buque, lo que evita los venteos de gas natural en el muelle, reduciendo el riesgo de desarrollo de atmósferas explosivas.
- El skid cuenta con un cuadro ESD dotado de una seta de emergencia y de un semáforo que mediante la conexión de un cable entre este cuadro y los cuadros ubicados en los bunker stations del buque permite el intercambio de señales entre la instalación en tierra y la instalación a bordo.
- Este intercambio de señales permite cancelar la operación de suministro ante cualquier problema que se detecte tanto en el buque como en la instalación de tierra. Si el barco se mueve y la manguera se desconecta o si se detecta alguna incidencia en la instalación del buque, la operación de carga puede detenerse de manera segura ya que el panel ESD informa a los operadores en tierra a través de las luces del semáforo de que la operación debe detenerse, encendiéndose la luz roja. Del mismo modo ante cualquier incidencia en tierra el operador de tierra pulsando la seta de emergencia hace que el panel ESD envíe una señal al buque que detendría automáticamente la operación de suministro.
- El skid está equipado con ruedas que permiten el movimiento a otras ubicaciones en el muelle, por lo que podría usarse en otras operaciones de suministro e inertizado de otros barcos o en diferentes ubicaciones de atraque del buque.

2.2 INFRAESTRUCTURA DE BUNKERING EN TIERRA (III)

TUBERÍA DE SUMINISTRO DE GAS NATURAL DE RED EN TIERRA

- Debido a la gran complejidad y al elevado coste que supone la extensión de la red de suministro de gas natural en tierra hasta la posición de atraque actual del Abel Matutes, la construcción no se va a llevar a cabo en el proyecto.
- La posición de atraque actual del buque no es la que se había previsto inicialmente en el proyecto. Tres posiciones de atraque cercanas al punto de conexión existente de la red de gas fueron analizadas por Balearia y descartadas en unos casos por no ser adecuadas para las dimensiones del Abel Matutes y otras por ser concesiones de otras compañías con las cuales no fue posible llegar a un acuerdo.



3. RESULTADOS DE LA OPERACIÓN Y CONCLUSIONES



- Los datos analizados de la operación corresponden al período del 1/06/17 al 31/10/18 (3.639h de operación produciendo 1.848,61kWh).
- Los datos obtenidos se han analizado a través de **Indicadores Clave de Desempeño (KPI's)** que cubren los siguientes aspectos:
 - ✓ **Seguridad en la operación**
 - ✓ **Fiabilidad de la instalación**
 - ✓ **Eficiencia**
 - ✓ **Económicos**
 - ✓ **Ruido**
 - ✓ **Emisiones**
- A continuación se analizan los KPI's correspondientes al funcionamiento de la instalación de gas en el buque (tuberías, tanque de GNL, "coldbox", motor auxiliar de GNL) y los KPI's correspondientes a la infraestructura de bunkering en tierra para el suministro de GNL al buque.



3.1 KPI's DE LA INSTALACIÓN DE GAS EN EL BUQUE (I)

- ✓ **Seguridad en la operación.** Se define el siguiente KPI:

$S = \text{Número de Accidentes} / \text{Horas de operación del motor}$

Número de Accidentes=0

Horas de operación del motor=3.639 h

$$S=0$$

- ✓ **Fiabilidad de la instalación.** Se define el siguiente KPI:

$F = \text{Número de fallos del sistema de gas} / \text{Horas de operación del motor}$

Número de fallos del sistema de gas= 0

Horas de operación del motor=3.639 h

$$F=0$$

- ✓ **Variación de eficiencia** entre el motor a gas natural y un motor equivalente diésel. Se define el siguiente KPI:

$$\Delta Ef_{GN} = \left(1 - \frac{E_{GN}}{E_{DIESEL}}\right) * 100\%$$

E_{GN} (energía consumida del gas natural)=1.848,61 kWh

E_{DIESEL} (energía consumida del diesel)=1.740,81 kWh

$$\Delta Ef_{GN} = -6,19\%$$



3.1 KPI 's DE LA INSTALACIÓN DE GAS EN EL BUQUE (II)

✓ **Ahorros en combustible.** Se define el siguiente KPI:

$$A_{GN} = \left(1 - \frac{C_{GN}}{C_{DIESEL}}\right) * 100\%$$

$$A_{GN} = 35,76 \%$$

C_{GN} = Coste del GNL consumido por el motor a gas = 205.880,43 €

C_{DIESEL} = Coste del diésel consumido por un motor equivalente = 320.476,5 euros

✓ **Incremento costes de mantenimiento.** Se define el siguiente KPI:

$$M = (C_M / H) * 100 = 0 \text{ €}$$

$$M=0$$

C_M = Costes adicionales de mantenimiento= 0 €

H = Horas de operación del motor=3.639 h

✓ **Ruido.** Se define el siguiente KPI:

$$\Delta dB_{GN} = \left(1 - \frac{dB_{GN}}{dB_{DIESEL}}\right) * 100\%$$

$$\Delta dB_{GN} = 17,05 \%$$

$dB_{DIESEL} = 129 \text{ dB}$ $dB_{GN} = 107 \text{ dBA}$

3.1 KPI's DE LA INSTALACIÓN DE GAS EN EL BUQUE (III)

✓ **Emisiones.** Se definen los siguientes KPI's que definen la reducción de emisiones:

$$\Delta CO_{2GN} = \left(1 - \frac{CO_{2GN}}{CO_{2DIESEL}}\right) * 100\% \quad \Delta CO_{2GN} = 56,46 \% \quad \Delta CO_{2GN} = -1.292,17 \text{ t}$$

$$\Delta NO_{XGN} = \left(1 - \frac{NO_{XGN}}{NO_{XDIESEL}}\right) * 100\% \quad \Delta NO_{XGN} = 86,01 \% \quad \Delta NO_{XGN} = -19,07 \text{ t}$$

$$\Delta SO_{XGN} = \left(1 - \frac{SO_{XGN}}{SO_{XDIESEL}}\right) * 100\% \quad \Delta SO_{XGN} = 99,38 \% \quad \Delta SO_{XGN} = -1,9 \text{ t}$$

$$\Delta PM_{GN} = \left(1 - \frac{PM_{GN}}{PM_{DIESEL}}\right) * 100\% \quad \Delta PM_{GN} = 100\% \quad \Delta PM_{GN} = -0,48 \text{ t}$$

3.2 KPI 's DE LA INFRAESTRUCTURA DE BUNKERING EN TIERRA (I)

- ✓ **Seguridad en la operación.** Se define el siguiente KPI:

$S = \text{Número de Accidentes} / \text{Energía total del GNL suministrada}$

$$S=0$$

Número de Accidentes=0 Energía total del GNL suministrada = 7.648,78 MWh

- ✓ **Fiabilidad de la instalación.** Se define el siguiente KPI:

$F = \text{Número de fallos del sistema} / \text{Energía total del GNL suministrada}$

$$F=0$$

Número de fallos del sistema= 1 Energía total del GNL suministrada = 7.648,78 MWh

- ✓ **Tiempo de carga de GNL.** Se define el siguiente KPI:

$T = \text{Tiempo de carga registrado en las operaciones de bunkering}$

$$T=60 \text{ min}$$

- ✓ **Porcentaje de cargas de GNL satisfactorias.** Se define el siguiente KPI:

$$N = \frac{\text{Nº cargas satisfactorias}}{\text{Nº total cargas}} * 100\% = 69/70 * 100\% = 98,57 \%$$



- A continuación se recogen los resultados de los KPI's del sistema de gas en el buque, versus valores objetivo.

N	KPI	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	VALOR OBJETIVO	VALOR REAL
1	S	Seguridad operación	Accidentes / h	$\leq 0,05$	0
2	F	Fiabilidad	Fallos / h	$\leq 0,10$	0
3	ΔEf_{GN}	Variación de eficiencia	%	$\geq -25,00$	-6,19
4	A_{GN}	Ahorro de combustible	%	$\geq 25,00$	35,76
5	M	Incremento costes mantenimiento	€/ h	$\leq 0,33$	0
6	ΔdB_{GN}	Reducción de ruido	%	$\geq 10,00$	17,05
7	ΔCO_{2GN}	Reducción emisiones CO ₂	%	$\geq 15,00$	56,46 (reduction de 1.292,17 t)
8	ΔNO_{XGN}	Reducción emisiones NO _x	%	$\geq 10,00$	86,01 (reducción de 19,07 t)
9	ΔSO_{XGN}	Reducción emisiones SO _x	%	$\geq 90,00$	99,38 (reducción de 1,9 t)
10	ΔPM_{GN}	Reducción Partículas	%	$\geq 99,00$	100 (reducción de 0,48 t)

- ✓ **Todos los valores reales de los KPI's han mejorado los valores objetivo.**



- A continuación se recogen los resultados de los KPI's del sistema de bunkering en tierra, versus valores objetivo.

N	KPI	DESCRIPCIÓN	UNIDADES	VALOR OBJETIVO	VALOR REAL
1	S	Seguridad operación	Accidentes / MWh _{GNL}	$\leq 0,00$	0
2	F	Fiabilidad	Fallos / MWh _{GNL}	$\leq 0,05$	0,0001
3	T	Tiempo de carga de GNL	min	≤ 120	60
4	N	% Cargas satisfactorias	%	≥ 99	98,57 (69/70)

- ✓ Los valores reales de los **KPI's cumplen** con los **valores objetivo exceptuando el KPI "O"**, correspondiente a los costes de la operación de bunkering, cuyo valor está muy por encima del esperado, por razones, quizás ajenas a una operativa convencional.

4. CONCLUSIONES



4.0 CONCLUSIONES.

De los resultados de la operación del piloto se puede concluir:

- ✓ Los resultados obtenidos en la operación relativos a la **seguridad, fiabilidad de los sistemas, eficiencia, mejora de las emisiones, reducción de ruido, consumo de combustible, costes de mantenimiento y tiempos de carga de GNL** han sido mejores de lo previsto.
- ✓ En relación al funcionamiento del motor y sistema de gas natural la **instalación** ha **funcionado correctamente** y sin incidentes.
- ✓ En referencia al **mantenimiento** de la instalación de gas **no** se han registrado **costes adicionales** a los de un sistema diésel.
- ✓ Además de los **ahorros de combustible**, por el hecho de funcionar con el motor auxiliar a gas natural en el puerto se obtienen importantes descuentos en la **tarifa de atraque**.
- ✓ En relación al proceso de **bunkering** de GNL se ha llevado a cabo **sin accidentes ni incidentes**, no presentando para el personal de operación de Balearia dificultades adicionales a las de un proceso de bunker de diésel.
- ✓ No obstante, queda pendiente optimizar los **costes de la operación** de bunkering.

Muchas gracias
