

**Día del
Medio ambiente
5 de junio 2026**

**Autosuficiencia
energética
en puertos**



Sistemas de Almacenamiento Estacionario (BESS)

Juan Gilabert Marzal (juan.gilabert@ite.es)



ITE
CENTRO TECNOLÓGICO

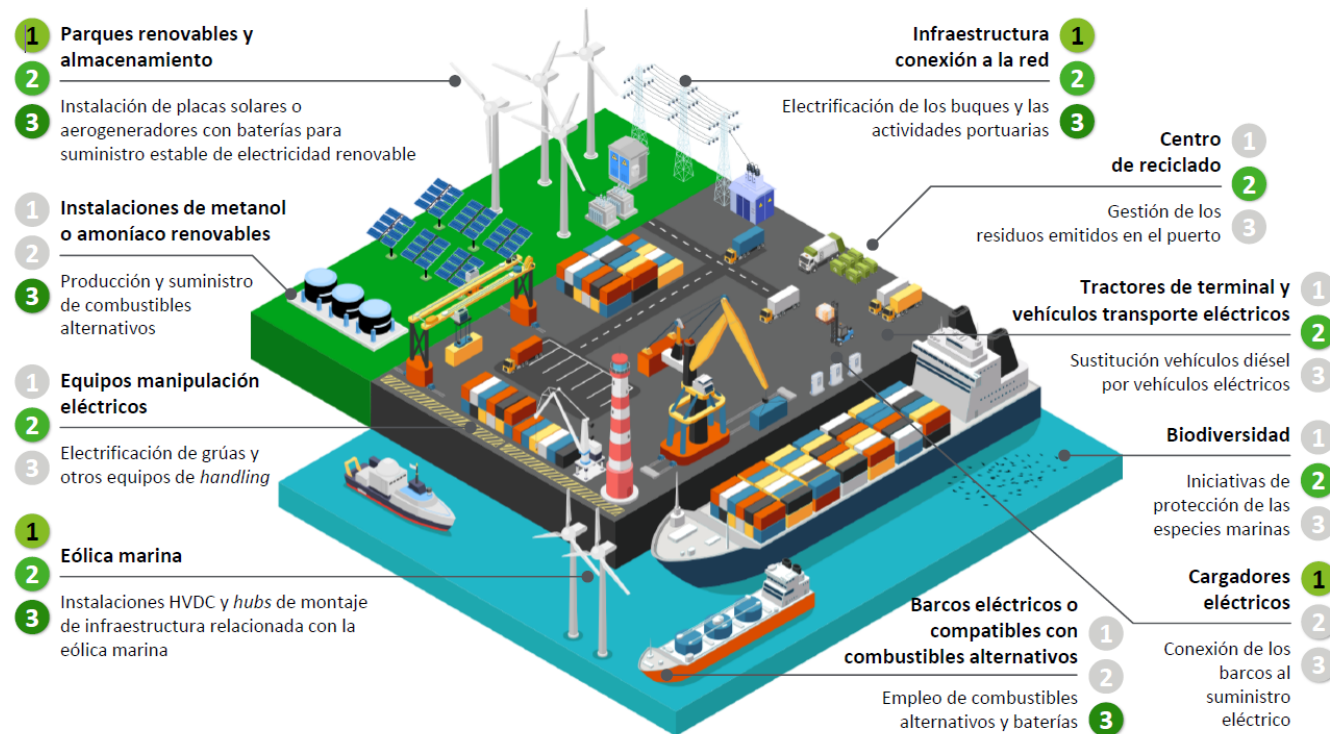


Introducción y contexto

El puerto del futuro: no solo logístico, sino también energético

Retos energéticos en puertos:

- Electrificación de muelles OPS
- Integración de renovables (FV, eólica)
- Características de la demanda (STS, reefers, RTG, movilidad)
- Costes energéticos y resiliencia
- ...



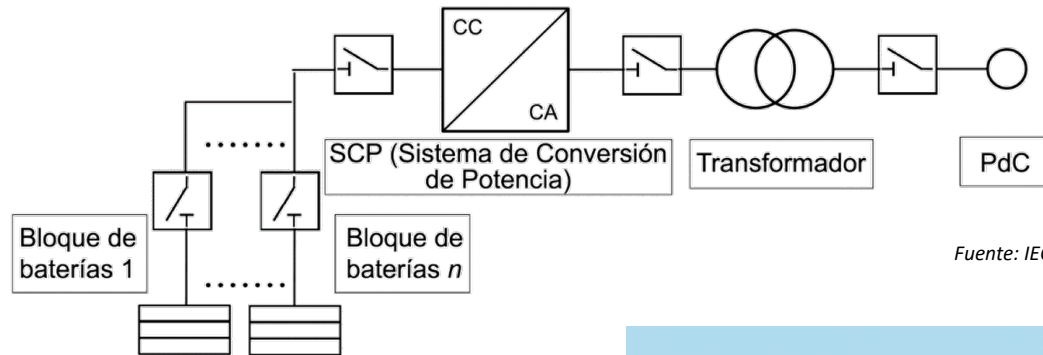
Fuente: Monitor Deloitte 2025 - Puertos verdes: la ruta hacia el liderazgo marítimo sostenible

La autosuficiencia energética en puertos requiere flexibilidad

¿Qué es un BESS y qué puede aportar?

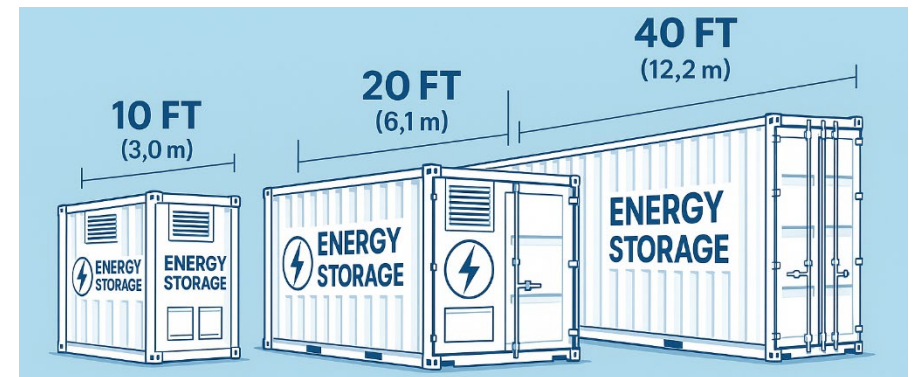
Sistemas de Almacenamiento Energético en Baterías (BESS)

Sistema → compuesto por:



Funciones clave en puertos:

- *Peak shaving* (potencia)
- *Load shifting* (uso de energía renovable)
- Soporte a OPS
- Respaldo y resiliencia
- Estabilización de red local (*microgrids*)



Fuente: Batteries European Partnership Association SRIA 2025

Un puerto puede cargar batería con renovables y suministrar cuando lo requiera

Retos Tecnológicos de los BESS en puertos

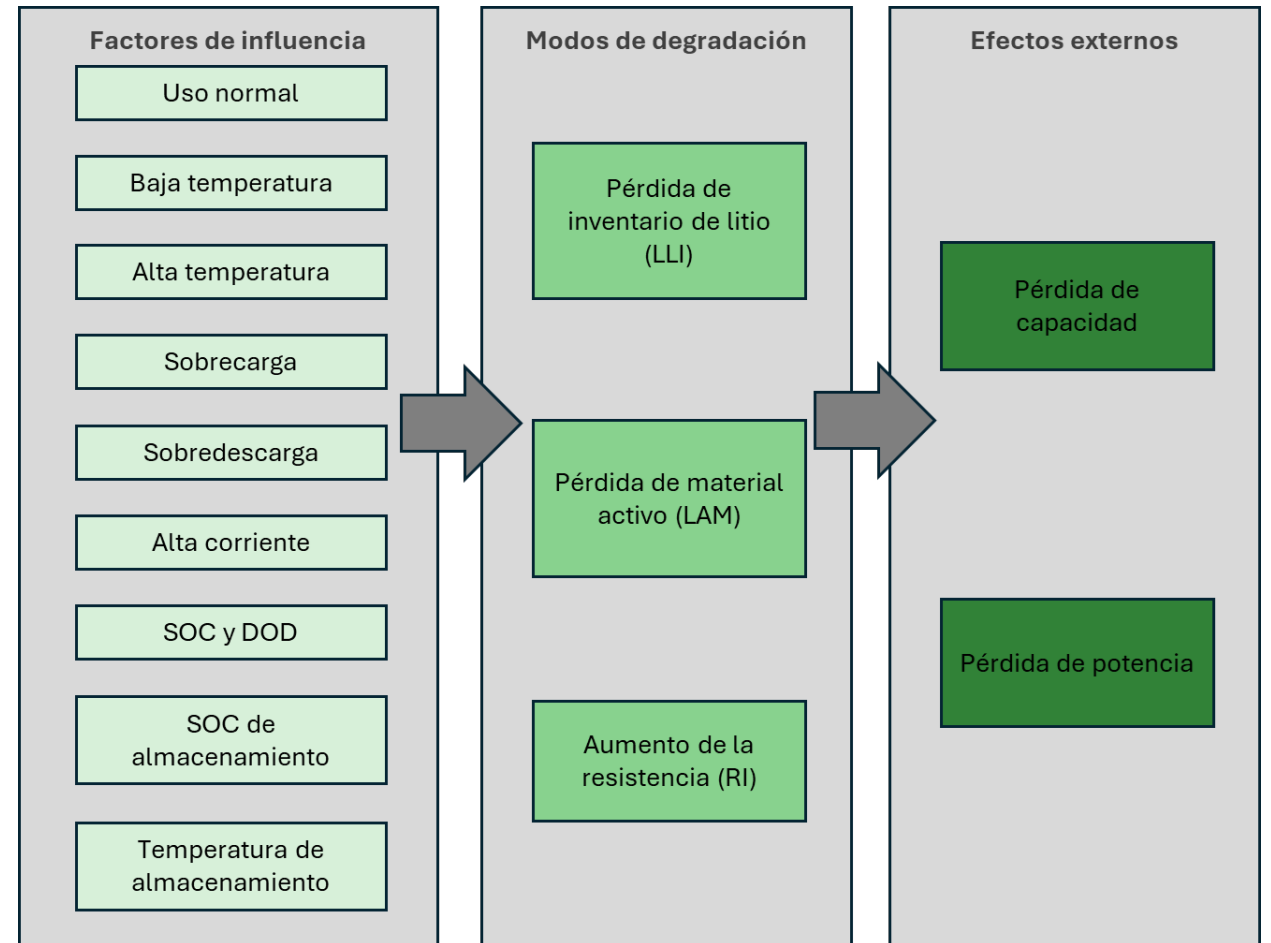
Proceso y factores de degradación de las baterías

La degradación de las baterías viene determinada por factores asociados a:

- Operación (cycling aging)
- Almacenaje (calendar aging).

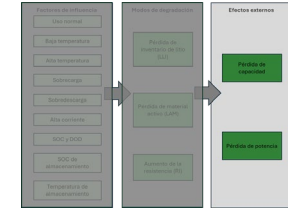
Los efectos perceptibles de dicha degradación son:

- Pérdida de capacidad
- Pérdida de potencia



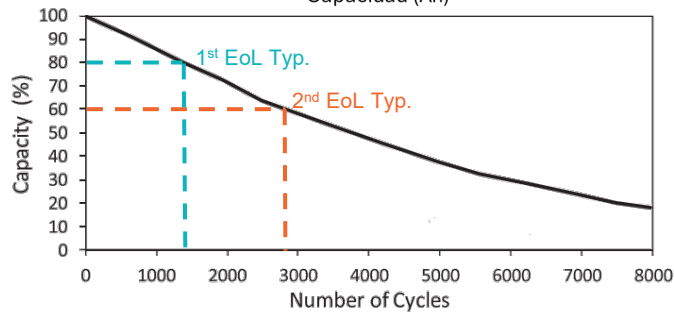
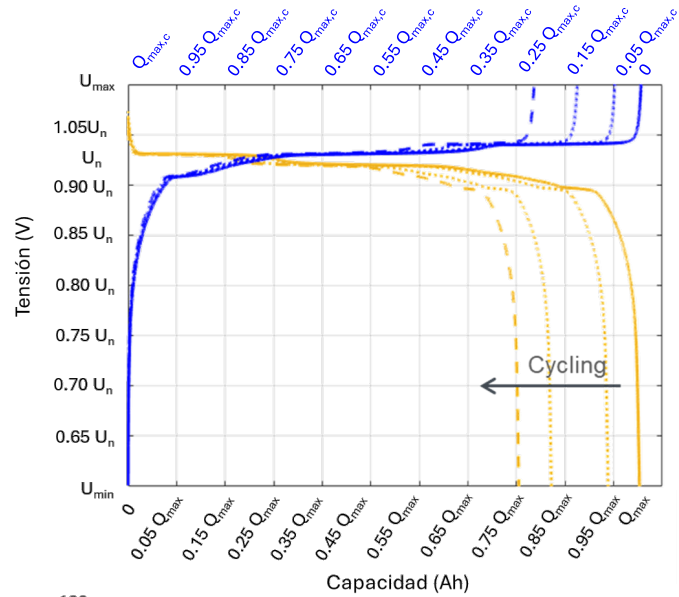
Retos Tecnológicos de los BESS en puertos

Proceso y factores de degradación de las baterías

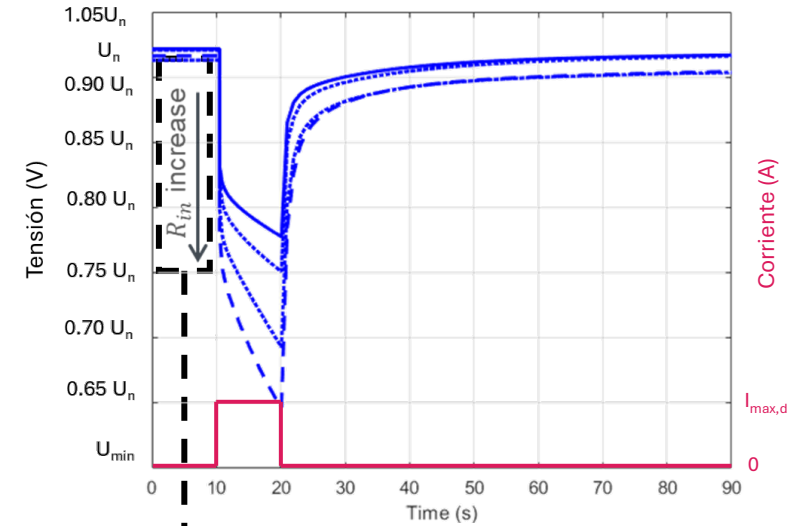


Efectos externos de la degradación de las baterías

Pérdida de capacidad



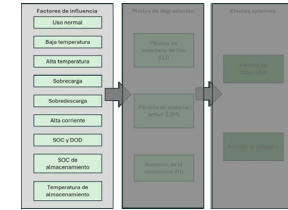
Pérdida de potencia



Pérdida de potencia con la degradación asociada al aumento de R_{int}

Retos Tecnológicos de los BESS en puertos

Proceso y factores de degradación de las baterías

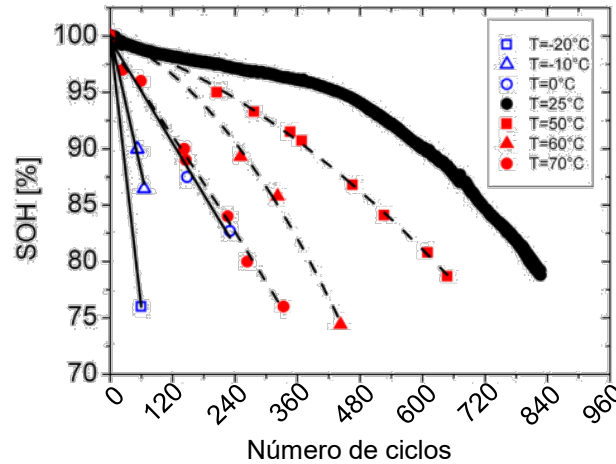


Principales factores de degradación durante el ciclado

Impacto de la Temperatura

Temperatura elevada

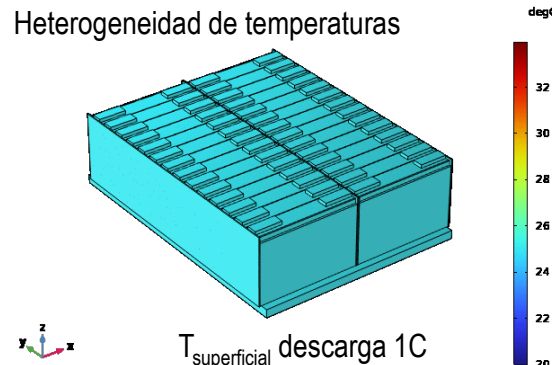
- Obstrucción de los poros del separador.
- Disolución de metales de transición.
- Descomposición del electrolito.
- Crecimiento de SEI.



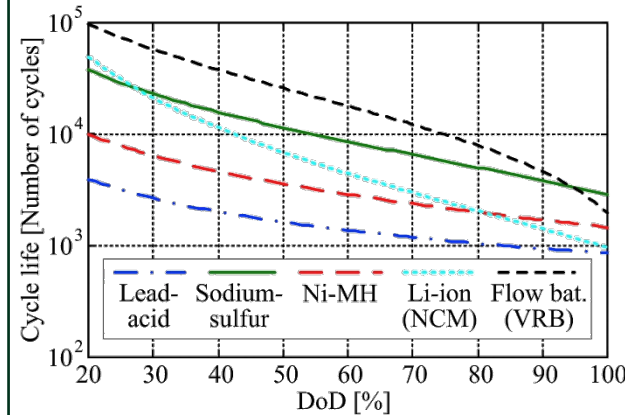
Temperatura baja

- Reducción de conductividad iónica del electrolito
- Subpotenciales internos
- Aparición de lithium plating

Heterogeneidad de temperaturas

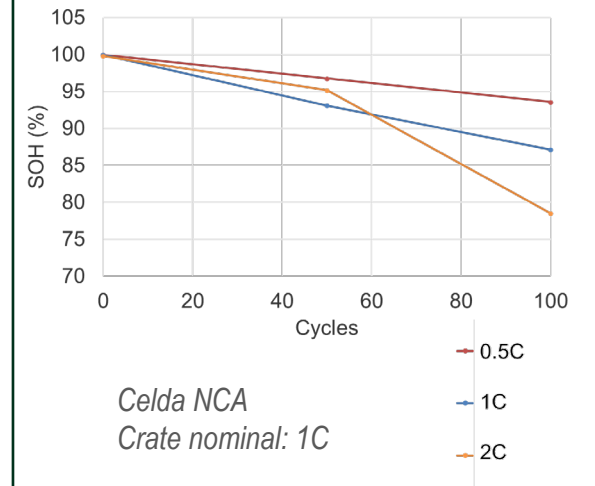


Impacto del DoD



- La profundidad de descarga (DoD) indica el % de energía cargada y descargada en un ciclo frente a la nominal.
- Influencia de DoD dependiente de tecnología de batería.
- Dentro de tecnología de Li-ion, degradación variable según material catódico: LFP, NMC, NCA, LCO

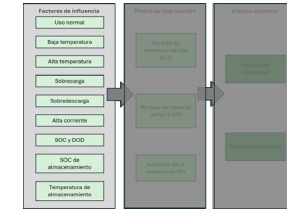
Impacto de Altas corrientes



- El incremento de las corrientes de trabajo, lleva asociado un aumento de la temperatura de la batería.
- **Temperaturas elevadas** favorecen los mecanismos de degradación.

Retos Tecnológicos de los BESS en puertos

Proceso y factores de degradación de las baterías



Principales factores de degradación durante el almacenaje/reposo

Impacto de la Temperatura

Temperatura elevada

- Almacenamiento a altas temperaturas favorece reacciones parásitas que aumentan la degradación.

Temperatura baja

- A baja temperatura, se reduce la degradación ($> 0\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Temperaturas $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ afectan al estado del electrolito.

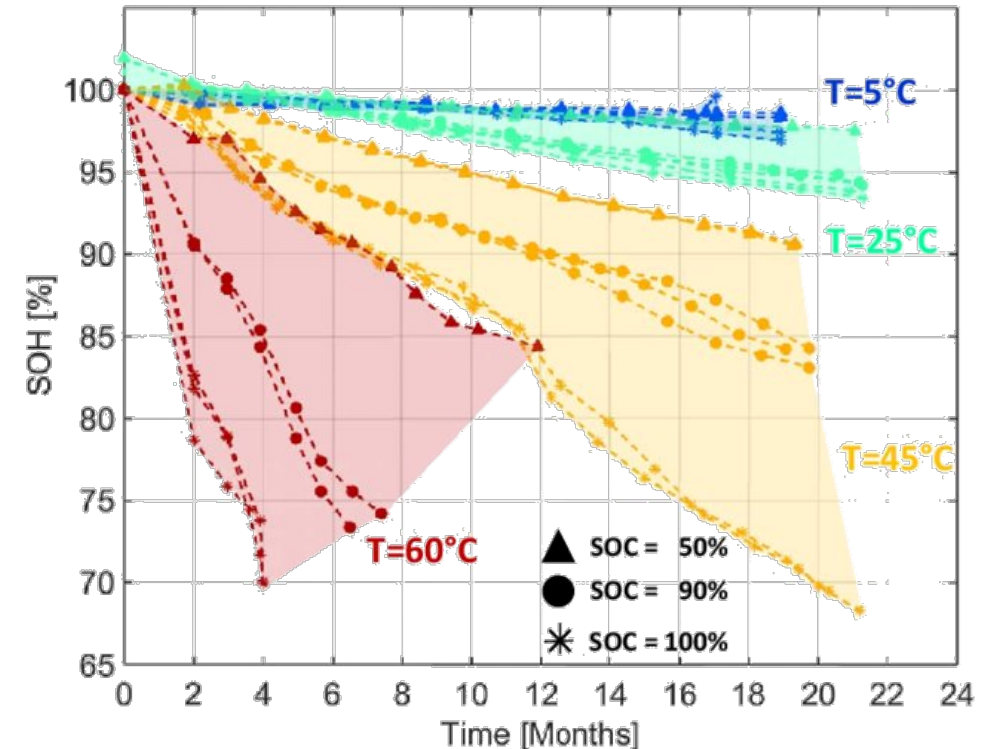
Impacto del Estado de carga (SOC)



- Alto SOC de almacenamiento también tiene efecto negativo sobre la degradación.



- Menor degradación a SOC entre 10%-30%.
- No conveniente almacenarlo a SOC próximo a 0%, riesgo de **sobredescarga** por efectos de autodescarga.



Efecto del **calendar aging** en celdas de ion litio en diferentes condiciones de SOC y temperatura durante el almacenamiento

Matadi, B.P Et al. Journal of The Electrochemical Society (2017), 164(6), A1089-A1097.

No es solo instalar baterías → es hacerlo bien, rentable y seguro

Métodos de evaluación del rendimiento durante la vida útil

Modelizado y testing

Battery pack



Módulo



Celda



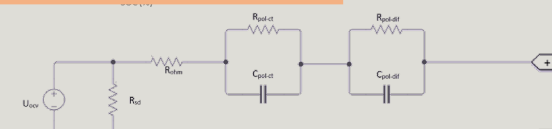
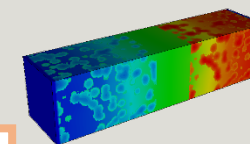
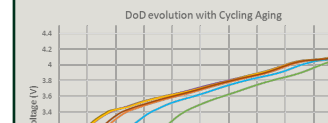
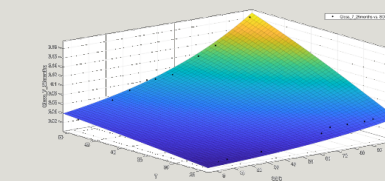
Testing avanzado

- Capacidad
- Potencia
- Resistencia interna
- Comportamiento térmico

No todas las baterías son iguales, y medirlas bien marca la diferencia

- Safety.
- Ensayo climático según aplicación.

Modelos de batería



Tiempo, coste, riesgos de seguridad, parada operativa

Incertidumbre de resultados

Sistemas de Almacenamiento Energético en Baterías (BESS)

Testing y validación

- Ensayos de:
 - Prestaciones
 - Ciclado y vida útil

Benchmarking de tecnologías

- Comparación entre químicas (LFP, NMC, Na, etc.)
- Evaluación independiente
- Infraestructura de laboratorio

Acompañamiento técnico

- Dimensionamiento de BESS
- Modelado energético
- Integración en microredes portuarias
- Estrategias de operación

Cumplimiento normativo

- Apoyo en:
 - Cumplimiento de normas internacionales
 - Certificación
 - Seguridad y regulaciones
- Reducción de riesgos en despliegue

Transferencia e innovación

- Proyectos piloto
- Demostradores
- Colaboración con autoridades portuarias y empresas





DÍA MUNDIAL DEL
MEDIOAMBIENTE
APV

