

DOUBLE MULTICRITERIA EVALUATION OF BEST ENERGY PRACTICES IN MEDITERRANEAN PORTS.

Cloquell Ballester, V.; Cloquell Ballester, V.; Santamarina Siurana, C.;
Siurana Vicent, M.

Universitat Politècnica de València

In order to determine best practices energy developed by the ports of Valencia, Algeciras Bay, Luka Koper, Leghorn, Piraeus and Marseille, inside of the Climeport project, arises the need to proceed to evaluation and comparison (Benchmarking) in order to select those that have one greater impact in relation to the minimization of emissions of Greenhouse Gases (GEIS's). In a first assessment will proceed to establish the degree of effectiveness of the same in relation to their quality, impact and relevance for the reduction of GEI's. Obtained the previous ranking, there is a second phase of evaluation of those good practices whose valuation is remarkable, to be again valued on their technical, economic viability and implementation. The end result of this phase of evaluation will support investment decision making in the implementation of improvement projects energy-environmental by the makers of the port authorities of the different ports of the Mediterranean to face with greater guarantees of success GEI's of port activities studied emissions reduction.

Keywords: *Good practices; Evaluation; Ports; Climeport*

DOBLE EVALUACIÓN MULTICRITERIO DE BUENAS PRÁCTICAS ENERGÉTICAS EN PUERTOS DEL MEDITERRÁNEO.

Al objeto de determinar las mejores prácticas energéticas desarrolladas por los puertos de Valencia, Livorno, Algeciras Bay, Luka Koper, Piraeus and Marseille, dentro del proyecto Climeport, se plantea la necesidad de proceder a su evaluación y comparación (Benchmarking) a fin de seleccionar aquellas que tienen un impacto mayor en relación a la minimización de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEIS's). En una primera evaluación se procederá a establecer el grado de efectividad de las mismas en relación con su calidad, impacto y relevancia para la reducción de GEI's. Obtenido el ranking anterior, se plantea una segunda fase de evaluación de aquellas buenas prácticas cuya valoración es notable, para ser nuevamente valoradas respecto a su viabilidad técnica, económica y de implantación. El resultado final de esta fase de evaluación servirá de apoyo a la toma de decisión de inversiones en la implantación de proyectos de mejora energético-ambiental por parte de los responsables de las Autoridades Portuarias de los distintos puertos del mediterráneo para afrontar con mayores garantías de éxito la reducción de las emisiones de GEI's de las actividades portuarias estudiadas.

Palabras clave: *Buenas prácticas; Evaluación; Puertos; Climeport*

Correspondencia: vacloque@dpi.upv.es

1. Introducción

El proyecto Climeport ha tenido como objeto desarrollar e implementar soluciones con el fin de mejorar las condiciones del clima global, pues la magnitud del consumo energético supera ampliamente la capacidad regenerativa de la biosfera (Wackernagel, 1999). Por medio de la implantación de acciones a llevar a cabo sobre el transporte marítimo y terrestre, el ahorro y eficiencia energética, se ha pretendido impulsar un sistema de declaraciones climáticas portuarias a nivel mundial, el diseño de un sistema de indicadores ambientales como el cálculo de la huella de carbono, etc. Por estas razones, el proyecto Climeport ha establecido diversas acciones e iniciativas encaminadas a desarrollar un diagnóstico de la influencia de los puertos del mediterráneo en el cambio climático y plantear planes de acción, integrados por buenas prácticas encaminadas a paliar el impacto de las actividades portuarias en el medio ambiente. Asimismo se han considerado estudios previamente realizados en lo respectivo a la huella de carbono en España (ver Martín (2004), Uriondo et al. (2011)). En el presente documento se focalizará la atención en la propuesta y desarrollo de buenas prácticas, tratando de alcanzar los objetivos anteriormente mencionados, teniendo en cuenta sus limitaciones, como apuntan Carballo, A. y Sebastián, C. (2008), pues entre otras cosas únicamente se tiene en cuenta el efecto del CO₂, dejando de considerar otros gases.

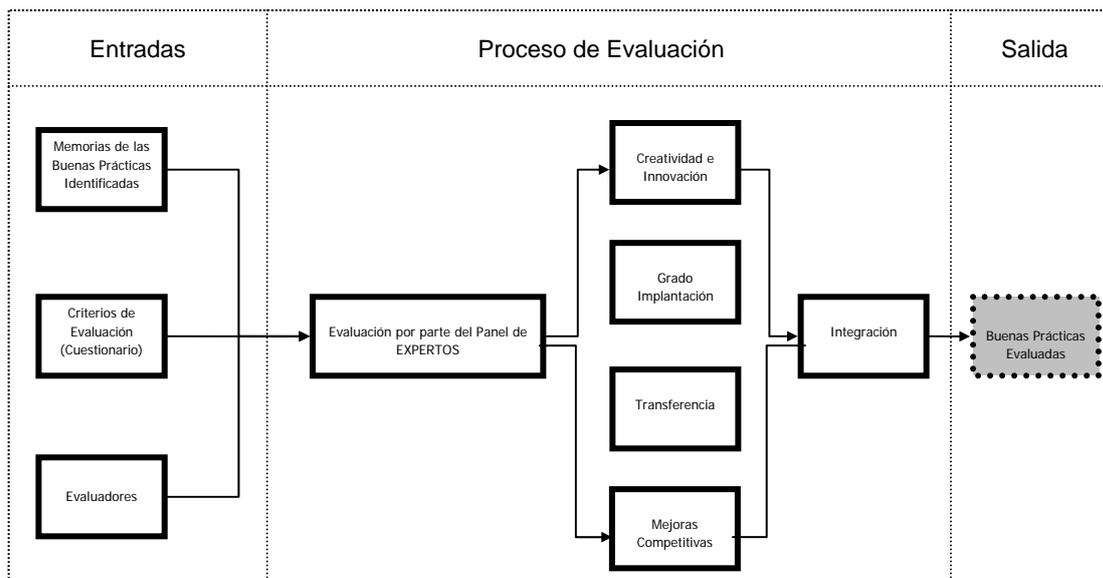
La fase de evaluación comparativa (benchmarking) de buenas prácticas de cada uno de los puertos participantes ha permitido hacer una comparación entre ellos en términos de impacto de las emisiones de GEI's, teniendo presente estudios realizados a este respecto en puertos (Joseph et al., (2009), Tzanattos, (2010) y Zuin et al. (2009)) así como la norma vigente (Norma ISO 14064:2006 "Gases de Efecto Invernadero") y lo indicado por la Comisión Europea (European Commission. 1999: Evaluating socio-economic programmes). Esta fase ha sido válida para conocer cuáles son aquellas buenas prácticas llevadas a cabo en cada uno de los puertos participantes que tienen un impacto mayor en relación a la minimización de emisiones de GEI's, partiendo de estudios realizados en lo referente a emisión de GEI's (Bogner et al., (1997), Couth y Trois (2010)). A su vez ha proporcionado metodologías para la realización de una clasificación de buenas prácticas de cada uno de los puertos, de acuerdo a su grado de efectividad en relación con las emisiones de GEI's. El resultado final de esta fase, permitirá determinar un grupo de buenas prácticas, a llevar a cabo para la reducción de las emisiones de GEI's de las actividades portuarias previamente estudiadas en diferentes fases del proyecto Climeport.

Una vez consensuadas, las buenas prácticas han sido utilizadas con el objetivo de desarrollar desde una perspectiva múltiples planes de acción para la reducción de emisiones de GEI's. Dichos planes consideran la generación y/o consumo in situ de energías renovables y la mejora de la eficiencia energética en edificios, procesos, transporte y distribución. Se habrán tenido en cuenta las posibles barreras a la implantación, a fin de contrarrestar sus efectos negativos sobre el plan de acción común. Debido a sus características especiales, los puertos son sistemas muy complejos con un amplio rango de aplicaciones medio ambientales (Darbra et al, 2005), pues, entre otros aspectos, los movimientos continuos de los buques en un área cerrada incrementan la frecuencia de los accidentes y, por tanto, el vertido de materiales peligrosos (Trozzi y Vaccaro, 2000).

2. Metodología

Se va a proceder a detallar la propuesta metodológica para la evaluación de buenas prácticas, el diagrama general del proceso evaluador es el siguiente, basado en los procesos descritos por Cloquell, V. (Fundamentos de generación del método, 1997):

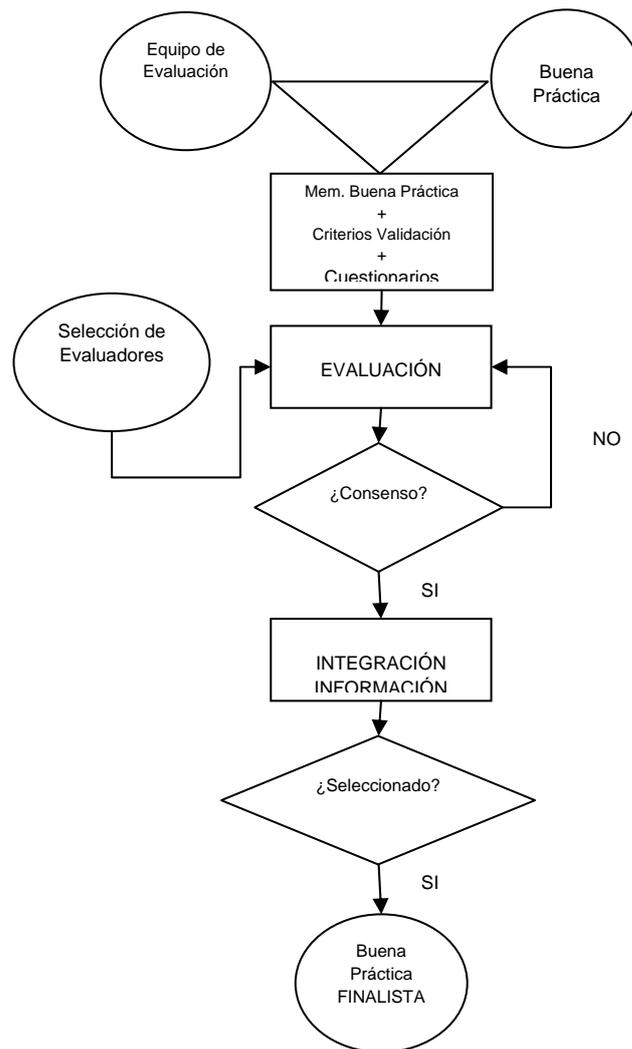
Figura 1. Diagrama del proceso evaluador de buenas prácticas



- **Entradas:** se identifican las memorias de buenas prácticas a evaluar, que conformarán el conjunto de alternativas de decisión. Las buenas prácticas se evaluarán a partir de tres aspectos fundamentales: viabilidad técnica, económica y determinación de barreras a la implantación. Se seguirán los pasos necesarios para definir y seleccionar los participantes en el proceso evaluador¹. Dicha relación de expertos deberán provenir del ámbito científico-tecnológico, y deberán poseer conocimientos y experiencia demostrables en la materia a la que se refieren las buenas prácticas a evaluar.
- **Proceso de evaluación:** durante el presente estadio se desarrollarán las actividades que permitirán tomar la decisión de qué proyectos deberán ser seleccionados. Una vez determinadas las memorias y los criterios de evaluación, se procederá a la evaluación² de las Buenas Prácticas presentadas. Una vez evaluadas, se procederá a la integración de la información contenida en la valoración de los criterios, con el objetivo de tomar la decisión de qué buenas prácticas son seleccionadas.
- **Salidas:** una vez aplicadas el conjunto de actividades y metodologías anteriores, se obtienen las buenas prácticas finalmente seleccionadas, sobre las que se basarán el desarrollo de los planes de acción del proyecto.

Inicialmente el orden a seguir en la implementación de la metodología es coincidente con el utilizado para realizar su descripción, aunque dependiendo de la cantidad de buenas prácticas a evaluar y de los recursos destinados al proceso pueden simultanearse alguna de las actividades. En la figura 1 se presenta un diagrama de flujo del modelo de evaluación propuesto:

Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de selección de buenas prácticas



Una vez finalizado el flujo del proceso de selección, tendremos determinada una lista de buenas prácticas que cumplen con los requisitos establecidos en cuanto a viabilidad económica y técnica, impacto y factibilidad de implantación.

A continuación se presenta el listado de buenas prácticas definido por cada una de las autoridades portuarias implicadas en el proyecto.

- **Algeciras:** reducción de emisiones en la flota de vehículos de las autoridades portuarias; instalación de transformadores de acuerdo al estándar HD 428.1 S1; optimización de los sistemas de iluminación de interior en edificios; aumentar la eficiencia de energías renovables en la producción de aguas sanitarias; disposición de fuentes de energía eólica en las instalaciones del puerto; instalación de fuentes energéticas fotovoltaicas en edificios administrativos de las autoridades portuarias; Establecimiento de un modelo jardín para la optimización en la captura y retención de CO₂ en los sistemas verdes del puerto de Algeciras.
- **Livorno:** reducción de las emisiones de la flota de vehículos de las autoridades portuarias; *on shore powersupply (OPS)*; instalación de fuentes de energía renovables; I+D+i ambiental en puerto; participación de la comunidad portuaria.

- **Luka Koper:** mejora en el consumo de iluminación exterior, muelles y jardines; centro de gestión de desechos portuarios; uso de software de control para optimizar el consumo de gasóleo de las grúas móviles del puerto; uso de NH3 para los sistemas de refrigeración, en lugar de CFC's; limitación de velocidad para los buques en la entrada al puerto; limpieza de gasóleo para mecanizaciones portuarias; *Active frontendtechnology* (AFE) para grúas del puerto; *on shore powersupply* (OPS); gestionar el movimiento de empleados en bicicletas y autobuses portuarios organizados; instalación de fuentes de energía renovables; reciclaje de residuos de hidrocarburos;
- **Marsella:** *on shore powersupply* (OPS); instalación de fuentes de energía renovables; reciclaje de residuos de hidrocarburos; monitorización de consumos eléctricos.
- **Pireo:** Establecimiento de un modelo jardín para la optimización en la captura y retención de CO₂ en los sistemas verdes del puerto de Pireo; instalación de fuentes de energía renovables; reducción de emisiones para equipos de motores diesel; mejora de la eficiencia energética en edificaciones; limitación del vertido de basuras en vertederos.
- **Valencia:** mejora en el consumo de iluminación exterior, muelles y jardines; reducción del consumo de gasóleo para maquinaria; aprovechamiento de la inercia térmica en instalaciones de refrigeración; mejoras en la calidad de los consumos; mejoras en el consumo de aires acondicionados mediante intercambiadores energéticos; mejoras en la gestión energética de las empresas concesionarias; reducción de emisiones en la flota de vehículos de la autoridad portuaria.

Una vez citadas, se asignará un código a cada una de las buenas prácticas, formando un listado a evaluar y jerarquizar en el que se omitirán las repeticiones.

3. Evaluación y selección de buenas prácticas, Fase 1:

La presente fase contempla la evaluación del total de buenas prácticas propuestas, en función de 9 criterios de selección. Se designa una serie de evaluadores expertos¹ de las diferentes autoridades portuarias e instituciones asociadas. Los criterios de evaluación de buenas prácticas se citan a continuación, aplicando el Método Delphi de evaluación de expertos descrito por Landeta, J. (1999) y el Proceso Analítico Jerárquico (Saaty, 1980):

1. Índice de calidad
 - 1.1. Informa.
 - 1.2. Grado de complejidad recursos para su implementación.
 - 1.3. Grado de complejidad conocimientos necesarios para su implantación.
 - 1.4. Grado de seguimiento, control y mantenimiento.
2. Índice de impacto
 - 2.1. Reducción de emisiones
 - 2.2. Alteración del entorno
 - 2.3. Relación de coste/beneficio
3. Índice de relevancia
 - 3.1. Afección de actividades portuarias
 - 3.2. Afección en la cadena logística

Haciendo uso del software *ExpertChoice* que implementa la metodología de 'jerarquías analíticas' (AHP), y teniendo en cuenta las valoraciones de los expertos, donde se compara la importancia de cada criterio respecto al resto de los mismos considerados, se obtuvieron los pesos relativos y absolutos de cada uno:

Tabla 1. Pesos relativos según criterios

Grupo de Criterios	Criterio FASE 1	Peso del Criterio % (Local)	Peso del Criterio % (Global)	Peso del Grupo de Criterios %
Índice de Calidad	Información asociada disponible	15	3	
	Grado de complejidad de recursos	50	10	
	Grado de complejidad de conocimientos	10	2	20
	Grado de seguimiento, control y mantenimiento	25	5	
Índice de Impacto	Reducción de emisiones	55	38,5	
	Alteración del entorno	20	14	70
	Relación Coste/Beneficio	25	17,5	
Índice de Relevancia	Afección en actividades portuarias	50	5	10
	Afección en la cadena logística	50	5	
		Total	100	100

Una vez determinados los pesos de cada criterio, el panel de expertos procede a valorar la bondad de cada buena práctica respecto a dichos criterios establecidos. Ponderando los valores obtenidos de cada alternativa con los pesos de los criterios¹, se determina la puntuación final de la buena práctica.

A continuación se muestran los resultados en escala jerárquica de mayor a menor importancia:

Tabla 2. Escala jerárquica de buenas prácticas

Posición	Descripción de la buena práctica	Puntuación
1	Limitación de velocidad para los buques en la entrada al puerto	4,78
2	Mejora en el consumo de iluminación exterior, muelles y jardines	4,61
3	Mejoras en la gestión energética de las empresas concesionarias	4,57
4	Optimización de los sistemas de iluminación de interior en edificios	4,42
5	Establecimiento de un modelo jardín para la optimización en la captura y retención de CO ₂ en los sistemas verdes del puerto de Algeciras	4,30
6	Uso de software de control para optimizar el consumo de gasóleo de las grúas móviles del puerto	4,26
7	Reducción de emisiones en la flota de vehículos de las autoridades portuarias	4,25
8	Disposición de fuentes de energía eólica en las instalaciones del puerto	4,21
9	Instalación de fuentes energéticas fotovoltaicas en edificios administrativos de las autoridades portuarias	4,14

10	Instalación de transformadores de acuerdo al estándar HD 428.1 S1	4,12
11	I+D+i ambiental en puerto	4,10
12	Aumentar la eficiencia de energías renovables en la producción de aguas sanitarias	4,08
13	Limpieza de gasóleo para mecanizaciones portuarias	4,08
14	<i>On-shore power supply</i> (OPS)	4,08
15	Reducción del consumo de gasóleo para maquinaria	4,07
16	Monitorización de consumos eléctricos	4,03
17	Aprovechamiento de la inercia térmica en instalaciones de refrigeración	4,00
18	Mejoras en la calidad de los consumos	3,90
19	Uso de NH3 para los sistemas de refrigeración, en lugar de CFC's	3,87
20	Reducción de emisiones para equipos de motores diesel	3,85
21	Mejoras en el consumo de aires acondicionados mediante intercambiadores energéticos	3,81
22	Mejora de la eficiencia energética en edificaciones	3,78
23	Gestionar el movimiento de empleados en bicicletas y autobuses	3,74
24	Instalación de fuentes de energía renovables	3,54
25	Centro de gestión de desechos portuarios	3,44
26	<i>Active frontend technology</i> (AFE) para grúas del puerto	3,30
27	Participación de la comunidad portuaria	3,29
28	Reciclaje de residuos de hidrocarburos	3,17
29	Limitación del vertido de basuras en vertederos	2,96

Las primeras 17 buenas prácticas serán las evaluadas en la 2ª fase.

4. Evaluación y selección de buenas prácticas, Fase 2:

En la presente fase se contempla la evaluación de las 17 primeras buenas prácticas seleccionadas en la fase anterior. El grupo de expertos que participará en la evaluación es el mismo que en la fase anterior. Los criterios de evaluación de la presente fase son los siguientes:

1. Viabilidad técnica
 - 1.1. Capacidad de reducción de emisiones de CO₂ de la buena práctica.
 - 1.2. Conocimientos necesarios para la implantación de la buena práctica.
 - 1.3. Disponibilidad para llevar a cabo la implantación de la buena práctica.
 - 1.4. Capacidad para llevar a cabo la implantación de la buena práctica.

2. Viabilidad económica
 - 2.1. Inversión necesaria para la implantación de la buena práctica
 - 2.2. Retorno de inversión de la buena práctica

3. Barreras a la implantación
 - 3.1. Barreras de carácter legislativo
 - 3.2. Barreras de carácter organizativo

Haciendo uso de nuevo de la herramienta informática *ExpertChoice*, y contando con las valoraciones del panel de expertos donde se compara la importancia de cada criterio respecto a los considerados, se obtuvieron los pesos relativos y absolutos de cada uno:

Tabla 3. Pesos relativos y absolutos por criterio

Grupo de Criterios	Criterio FASE 1	Peso del Criterio % (Local)	Peso del Criterio % (Global)	Peso del Grupo de Criterios %
Viabilidad técnica	Capacidad de reducción de emisiones de CO ₂ de la buena práctica	39	5,85	15
	Conocimientos necesarios para la implantación de la buena práctica	17	2,55	
	Disponibilidad de suministros locales para la implantación de la buena práctica	6	0,9	
	Capacidad para llevar a cabo la implantación de la buena práctica	38	5,7	
Viabilidad económica	Inversión necesaria para la implantación de la buena práctica	20	12,6	63
	Retorno de inversión de la buena práctica	80	50,4	
Barreras a la implantación	Barreras de carácter legislativo	80	17,6	22
	Barreras de carácter organizativo	20	4,4	
		Total	100	100

Continuando con la metodología de la fase anterior, una vez determinados los pesos de cada criterio, el panel de expertos procede a valorar la bondad de cada buena práctica respecto a dichos criterios establecidos. Ponderando los valores obtenidos de cada alternativa con los pesos de los criterios¹, se determina la puntuación final de la buena práctica, siguiendo los métodos multi-criterio descritos por Mendoza et al. (1999), Prabhu et al. (1999) y Triantaphyllou (2000).

A continuación se muestran los resultados en escala jerárquica de mayor a menor importancia:

Tabla 4. Escala jerárquica final de buenas prácticas

Posición	Descripción de la buena práctica	Puntuación
1	Reducción de emisiones en la flota de vehículos de las autoridades portuarias	4,78
2	Monitorización de consumos eléctricos	4,61
3	Limitación de velocidad para los buques en la entrada al puerto	4,57
4	Mejora en el consumo de iluminación exterior, muelles y jardines	4,42
5	Optimización de los sistemas de iluminación de interior en edificios	4,30
6	Aumentar la eficiencia de energías renovables en la producción de aguas sanitarias	4,26
7	Mejoras en la gestión energética de las empresas concesionarias	4,25
8	Reducción del consumo de gasóleo para maquinaria	4,21

9	I+D+i ambiental en puerto	4,14
10	Establecimiento de un modelo jardín para la optimización en la captura y retención de CO ₂ en los sistemas verdes del puerto de Algeciras	4,12
11	Limpieza de gasóleo para mecanizaciones portuarias	4,10
12	Instalación de transformadores de acuerdo al estándar HD 428.1 S1	4,08
13	Disposición de fuentes de energía eólica en las instalaciones del puerto	4,08
14	Instalación de fuentes energéticas fotovoltaicas en edificios administrativos de las autoridades portuarias	4,08
15	<i>On-shore power supply</i> (OPS)	4,07
16	Uso de software de control para optimizar el consumo de gasóleo de las grúas móviles del puerto	4,03
17	Aprovechamiento de la inercia térmica en instalaciones de refrigeración	4,00

5. Conclusiones

Mediante la aplicación del proceso previamente explicado, se ha conseguido establecer una serie de buenas prácticas a llevar a cabo en los puertos implicados en el proyecto Climeport. Dichas buenas prácticas servirán como punto de referencia para llevar a cabo proyectos y actividades que promuevan la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en puertos y zonas pertenecientes a los mismos. El sector tiene una capacidad de disminución de emisiones importante, resultando en logros medio ambientales. Sin embargo, hay ciertos retos que deben ser superados para conseguir llevar a cabo procesos y metodologías exitosas (Miola et al., 2011).

Una vez puestas en práctica las buenas prácticas identificadas, los diferentes puertos participantes en el proyecto podrán llevar a cabo una evaluación comparativa, en términos de impacto de las emisiones de GEI's. Dicha comparativa, llevada a cabo de manera similar a lo expuesto por Rizet et al. (2012), permitirá conocer cuáles son aquellas buenas prácticas que tienen una mayor efectividad en la reducción de emisiones de CO₂. De esta manera, será posible implementar los mismos planes de acción que hayan obtenido un mejor resultado ambiental en otras entidades portuarias dispuestas a participar en futuros proyectos relacionados. En el caso particular del Puerto de Valencia, los resultados del proyecto piloto seleccionado e implantado como resultado de la doble evaluación, considerando que los mismos serían relevantes (en cuanto a la reducción de emisiones) y viables (desde el punto de vista económico), ha sido la implantación de Sistemas de Gestión Energética según ISO 50001 obteniéndose una mejora en la intensidad energética media en las cuatro terminales participantes en el proyecto de una 18.75%. Tan solo comentar para finalizar que este resultado está en la línea de la política europea del 20/20/20 y es un resultado destacable y adecuado en la línea de mejora energética y reducción de emisiones objeto de las buenas prácticas energéticas consideradas en la doble evaluación presentada en esta comunicación.

La totalidad de la información recopilada sentará las bases y marcará el camino para armonizar las acciones a desarrollar tanto por el grupo de participantes, como para potenciales entidades interesadas en llevar a cabo proyectos similares. Debido a las características particulares de cada puerto, como su localización geográfica, condiciones climáticas o acciones específicas, se hace necesario establecer un punto final a alcanzar, común a todos los participantes, de modo que se optimicen los

resultados en cuanto a reducción de emisiones se refiere, y a fin de asegurar la transferibilidad de las metodologías y los resultados de los proyectos pilotos propuestos.

Referencias

- Bogner, J.E., Meadows, M., Czepiel, P. 1997. Fluxes of methane between landfills and the atmosphere, natural and engineered controls. *Soil Use and Management* 13, 268-277.
- Carballo, A., Sebastián, C. 2008. Applying physical input-output tables of energy to estimate the energy ecological footprint (EEF) of Galicia (NW Spain). *Energy Policy* 36, 1148-1163.
- Carbón Footprinting for Ports Guidance Document. WPCI-2009. (Prepared by: Carbon Footprint Working Group World Ports Climate Initiative Port of Los Angeles, Lead Port.)
- Cloquell, V.A. 1997. Fundamentos de generación del método.
- Couth, R., Trois, C. 2010. Carbon emissions reduction strategies in Africa from improved waste management: A review. *Waste Management*.
- Darbra, R.M., Ronza, A., Stojanovic, T.A., Wooldridge, C., Casal, J. 2005. A procedure for identifying significant environmental aspects in sea ports. *Marine Pollution Bulletin* 50, 866-874.
- European Commission. 1999: Evaluating socio-economic programmes. Selection and use of indicators for monitoring and evaluation. Volume 2. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities. I.S.B.N. 92-828-6626-2.
- Joseph, J., Patil, R.S., Gupta, S.K. 2009. Estimation of air pollutant emission loads from construction and operational activities of a port and harbor in Mumbai, India. *Environmental Assessment and Monitoring* 159:85-98.
- Landeta, J. 1999. El método Delphi. Una técnica de previsión para la incertidumbre. Ed. Ariel, S.A. I.S.B.N. 84-344-2836-9.
- Martín P.F. (Ed.), 2004. Desarrollo sostenible y huella ecológica. Ed. Netliblo S.L., A Coruña.
- Mendoza, G.A.; Macoun, P.; Prabhu, R.; Sukadri, D.; Purnomo, H.; Hartanto, H. (1999): Guidelines for applying multi-criteria analysis to assessment of criteria and indicators. Center for International Forestry Research (CIFOR). I.S.B.N. 979-8764-27-7
- Miola, A., Marra, M., Ciuffo, B. 2011. Designing a climate change policy for the international maritime transport sector: Market-based measures and technological options for global and regional policy actions. *Energy Policy* 39, 5490-5498.
- Norma ISO 14064:2006 "Gases de Efecto Invernadero" - AENOR 2006
- Prabhu, R., Colfer, C.J., Dudley, R.G. 1999. Guidelines for developing, testing and selecting criteria and indicators for sustainable forest management. Center for International Forestry Research (CIFOR). I.S.B.N. 979-8764-24-2.
- Rizet, C., Browne, M., Cornelis, E., Leonardi, J. 2012. Assessing carbon footprint and energy efficiency in competing supply chains: Review – Case studies and benchmarking. *Transportation Research Part D* 17, 293-300.
- Saaty, T.L. 1980. *The analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- Triantaphyllou, E. 2000. Multi-criteria decision making methods: A comparative study. Kluwer Academic Publishers. I.S.B.N. 0-7923-6607-7.
- Trozzi, C., Vaccaro, R., 2000. Environmental impact of port activities. In: Brebbia, C.A., Olivella, J. (Eds.), *Maritime Engineering and Ports II*, 9. WIT Press, Southampton, pp. 151-161.
- Tzanattos, E. 2010. Ship emissions and their externalities for the port of Piraeus – Greece. *Atmospheric Environment* 44, 400-407.
- Uriondo, Z., Durán, V., Clemente, C., Moreno, J., Martín, L. 2011. Effects of charged air temperature and pressure on NO_x emissions of marine medium speed engines. *Transportation Research Part D* 16, 288-295.

Wackernagel, M. 1999. An evaluation of the ecological footprint. *Ecological Economics* 31, 317-318.

Zuin, S., Belac, E., Marzi, B. 2009. Life cycle assessment of ship-generated waste management of Luka Koper. *Waste Management* 29, 3036-3046.