



TESIS DOCTORAL

2015

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE ACCIÓN METODOLÓGICA HACIA LA GESTIÓN INTEGRADA Y SOSTENIBLE DE LOS
PUERTOS EN EL ÁREA DEL MEDITERRÁNEO**

Autora: M^a DE GRACIA BUIZA CAMACHO

INGENIERO INDUSTRIAL (ORGANIZACIÓN)

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN Y FABRICACIÓN

ETS INGENIEROS INDUSTRIALES

DIRECTORA: DRA. CRISTINA GONZÁLEZ GAYA

CO-DIRECTORA: DRA. M^a DEL MAR CERBÁN JIMÉNEZ



TESIS DOCTORAL

2015

**ANÁLISIS Y PROPUESTA DE ACCIÓN METODOLÓGICA HACIA LA GESTIÓN INTEGRADA Y SOSTENIBLE DE LOS
PUERTOS EN EL ÁREA DEL MEDITERRÁNEO**

Autora: M^a DE GRACIA BUIZA CAMACHO

INGENIERO INDUSTRIAL (ORGANIZACIÓN)

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN Y FABRICACIÓN

ETS INGENIEROS INDUSTRIALES

DIRECTORA: DRA. CRISTINA GONZÁLEZ GAYA

CO-DIRECTORA: DRA. M^a DEL MAR CERBÁN JIMÉNEZ

Departamento y Facultad/Escuela/Instituto: DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE CONSTRUCCIÓN Y FABRICACIÓN, ETS INGENIEROS INDUSTRIALES (UNED)

Título de la tesis: ANÁLISIS Y PROPUESTA DE ACCIÓN METODOLÓGICA HACIA LA GESTIÓN INTEGRADA Y SOSTENIBLE DE LOS PUERTOS EN EL ÁREA DEL MEDITERRÁNEO

Autor: M^a de Gracia Buiza Camacho

Directora: Dra. Cristina González Gaya

Co-Directora: Dra. M^a del Mar Cerbán Jiménez

Quisiera agradecer su apoyo a mis directoras de tesis, Cristina González y M^a del Mar Cerbán. También por supuesto, al Instituto Andaluz de Tecnología (y al Comité de I+D), que me han ofrecido en todo momento cualquier recurso que he necesitado; y en general a todos aquellos que han hecho posible esta tesis, al Programa MED por la co-financiación al proyecto europeo SMARTPORT (*“Action Plan towards the SMART PORT concept in the Mediterranean Area” (Priority-Objective 3.1.; Axe 3: Improvement of mobility and of territorial accessibility; Objective 3.1: Improvement of maritime accessibility and of transit capacities through multimodality and intermodality)* que me ha servido de punto de partida para el desarrollo de la tesis, y especialmente a todas las entidades participantes en dicho proyecto que, tras meses de trabajo e interminables viajes, han sido mis amigos en esta aventura portuaria que comencé hace ya un tiempo y han colaborado en lo que he precisado para elaborar la tesis. Por supuesto, a Julia, Eduardo y a Pepe por todo, en especial por su paciencia.

INDICE

1. INTRODUCCION	9
1.1.El transporte marítimo de contenedores	9
1.2.Tendencias actuales en la gestión portuaria	11
1.3.Sistema de indicadores utilizados en el sector portuario	15
1.4.El concepto <i>smart port</i>	20
2. OBJETIVOS Y ENFOQUE METODOLÓGICO	28
3. ANÁLISIS EFQM DEL CONCEPTO <i>SMART PORT</i>	30
3.1.El Modelo EFQM de Excelencia	30
3.2.Correspondencia entre los criterios y subcriterios del Modelo EFQM y el concepto <i>smart port</i>	34
4. IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN UN <i>SMART PORT</i>	41
4.1. Introducción al AHP	41
4.2. Aplicación de AHP	43
4.3. Resultados	48
5. DETERMINACIÓN DE LÍNEAS DE ACCIÓN FUTURAS PARA ALCANZAR NIVELES MÁS ELEVADOS EN EL CONCEPTO <i>SMART PORT</i> EN EL MEDITERRÁNEO	51
5.1. Introducción al Concept Mapping	51
5.2. Aplicación del Concept Mapping	51
5.3. Resultados	57
6. CONCLUSIONES Y DISCUSION	67
9. BIBLIOGRAFIA	72
ANEXO 1. RANKING DE LOS 100 PRIMEROS PUERTOS DE CONTENEDORES DEL MUNDO EN 2013	81
ANEXO 2. CONCEPTO <i>SMART PORT</i> ASIMILADO EN EL MODELO EFQM	86
ANEXO 3. MATRICES DE DECISIÓN DERIVADAS DE APLICAR AHP	94
ANEXO 4. INFORME GENERADO POR SPSS EN LA APLICACIÓN DEL MDS	95

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS Y SIGLAS

SIGLA, ABREVIATURA, SÍMBOLO	SIGNIFICADO
AHP	Analysis Hierarchy Process
CCTV	Closed Circuit of Television
DEA	Data Envelopmen Analysis
DGNSS	Differential Global Navigation Satellite System
EFQM	European Foundation for Qaulity Management
ESPO	European Association of Ports Authorities
EUROPHAR	European Economic Interest Group for Port Environment Management
EU	European Union
GNL	Gas Natural Licuado
GNSS	Global Navigation Satellite System
IAHP	International Association of Ports and Harbours
ISO	International Standard Organization
KPI	Key Performance Indicator
OCR	Optical Character Recognition
PBAX	Private Branch Automatic Exchange
PERS	Port Environmental Review System
PM	Particulate Matter
PMR	Private Mobile Radio
RFID	Radio Frequency Identification
SDM	Self- Diagnosis Method
TEUS	Twenty-foot Equivalent Unit
TIC	Tecnologías de la Información y las Comunicaciones
UE	Unión Europea

SIGLA, ABREVIATURA, SÍMBOLO	SIGNIFICADO
UNCTAD	Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo
WPCI	World Port Climate Initiative

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Lista de tablas

Tabla 1. TOP de puertos de contenedores en Europa en 2013.....	10
Tabla 2. Relación de indicadores operacionales propuestos en la literatura.	17
Tabla 3. Relación de indicadores relacionados con el consumo energético propuestos en la literatura.	19
Tabla 4. Relación de indicadores relacionados con el medio ambiente propuestos en la literatura.	20
Tabla 5. Factores que determinan un smart port.	22
Tabla 6. Indicadores asociados al área operacional en un smart port.....	23
Tabla 7. Indicadores asociados al área energía en un smart port.....	23
Tabla 8. Indicadores asociados al área medio ambiente en un smart port.	24
Tabla 9. Situación de los puertos del Mediterráneo respecto a cada factor del concepto smart port.	26
Tabla 10. Principales barreras y gaps al desarrollo de los puertos del Mediterráneo respecto al concepto smart port.	27
Tabla 11. Esquema de criterios y subcriterios del Modelo EFQM de Excelencia.....	34
Tabla 12. Correspondencia del área operacional del concepto smart port y los criterios del Modelo EFQM.	36
Tabla 13. Correspondencia del área energía del concepto smart port y los criterios del Modelo EFQM.	37
Tabla 14. Correspondencia del área medio ambiente del concepto smart port y los criterios del Modelo EFQM.	38
Tabla 15. Número y porcentaje de vínculos entre los criterios smart port y los criterios del Modelo EFQM.	39
Tabla 16. Número y porcentaje de vínculos entre las áreas de un smart port y los subcriterios agentes del Modelo EFQM.....	40
Tabla 17. Número y porcentaje de vínculos entre las áreas de un smart port y los subcriterios resultados del Modelo EFQM.....	40
Tabla 18. Aspectos que se comparan en las matrices del estudio y objetivos.	44
Tabla 19. Escala numérica de Saaty.....	44
Tabla 20. Índices aleatorios (RI) en función del tamaño matricial (n).....	46
Tabla 21. Ejemplo de matriz de decisión.....	47
Tabla 22. Ejemplo de matriz de coeficientes de correlación de los expertos.	47
Tabla 23. Ejemplo de matriz exponencial de la de coeficientes de correlación de los expertos.	47
Tabla 24. Pesos de cada área estudiada del concepto smart port.....	48
Tabla 25. Pesos de cada factor del Área Operacional del concepto smart port.	49
Tabla 26. Pesos de cada factor del Área Energía del concepto smart port.....	49
Tabla 27. Pesos de cada factor del Área Medio Ambiente del concepto smart port.	50
Tabla 28. Pesos globales de los factores del concepto smart port.	50

Tabla 29. Clusters identificados de problemas, barreras, vacíos y desventajas que impiden que los puertos de contenedores del Mediterráneo se desarrollen en el concepto smart port.....	62
Tabla 30. Características principales de los seis clusters.	64
Tabla 31. Características principales de los ocho clusters.....	67

Lista de figuras:

Figura 1. Esquema de las áreas y criterios del concepto smart port.....	21
Figura 2. Esquema de las áreas y factores del concepto smart port y sus pesos.....	25
Figura 3. Esquema de las líneas futuras de acción propuestas para mejorar en el concepto smart port.	27
Figura 4. Esquema de las fases, técnicas y resultados del estudio.	29
Figura 5. Esquema del Modelo EFQM de Excelencia.	32
Figura 6. Esquema de la metodología seguida para el cálculo de los pesos o importancias relativas.	43
Figura 7. Ejemplo de matriz de comparación.....	45
Figura 8. Ejemplo de la primera jerarquía diseñada.	46
Figura 9. Ejemplo de hoja de Excel utilizada por los expertos en el ejercicio de agrupación, ponderación y asignación de etiquetas a los grupos creados.....	54
Figura 10. Ejemplo de agrupación de un experto.	55
Figura 11. Mapa de puntos resultante de MDS.....	58
Figura 12. Seis clusters derivados del Análisis Cluster.	60
Figura 13. Mapa de clusters resultante del Análisis Cluster Jerárquico.....	63
Figura 14. Mapa de clusters con nombre y ejes.....	65
Figura 15. Ocho clusters derivados del Análisis Cluster.	66

1. INTRODUCCIÓN

1.1. El transporte marítimo de contenedores

El transporte marítimo de mercancías representa alrededor del 90% del volumen del comercio mundial (UNCTAD, 2014). Situando el foco en la Unión Europea (EU, de sus siglas en inglés *European Union*), se comprueba que su economía se apoya en gran medida en este tipo de transporte, de hecho, el 75% de las exportaciones e importaciones de los 28 países europeos (EU-28) y un 37% del comercio interno (intra-EU) se realizan en transporte marítimo (Comisión Europea, 2013). En España la situación es similar, comprobándose, en cuanto a volumen de mercancía, que el 57% de las exportaciones y el 79% de las importaciones se realizan por vía marítima, siendo éste el principal modo de transporte en la economía nacional, seguido de la carretera (Gobierno de España, 2014).

Por otro lado, al igual que el mercado mundial ha ido creciendo, la mercancía transportada por mar se ha incrementado sobre un 50% en los últimos quince años (medido en tonelada de carga/Km). La destacada importancia del transporte marítimo junto con su continuo crecimiento se debe en gran parte al proceso de globalización, que ha distanciado los centros productivos de los de consumo, además de a las ventajas competitivas que ofrece el transporte marítimo respecto al resto de modos de transporte (Cerbán y Piniella, 2011).

En este contexto, el transporte de contenedores podría presumir de ser la primera industria del mundo verdaderamente global, así como de ser la que provoca en mayor parte el funcionamiento de la economía. Los puertos de contenedores del mundo aumentaron sus resultados aproximadamente en un 5,1% entre 2012 y 2013, siendo la carga total transportada en 2013 de 651,1 millones de TEUS. Esto es aún más relevante en los países en desarrollo, donde el aumento en la carga transportada fue de alrededor de un 7,2% (UNCTAD, 2014).

Profundizando en las características del tráfico de contenedores a nivel mundial, según la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo –UNCTAD (2014), destacan tres puntos de alto interés:

- El comercio en contenedores a nivel global creció un 4,6% en 2013, registrando un volumen total de 160 millones de TEUs, lo cual supone un aumento de 153 millones de TEU respecto a 2012.
- El tráfico intrarregional (liderado por el comercio intra-asiático) y el tráfico Sur-Sur representaron el 39,8% del transporte comercial de contenedores a nivel mundial, seguido en orden descendente por el comercio Norte-Sur (17,0%), el trans-Pacífico (13,6%), el Lejano Oriente y Europa (13,1%), Secundario Este-Oeste (12,6%) y transatlántica (3,9%).
- El puerto con mayor movimiento de contenedores en el mundo es Shanghái, situándose en la cima de los cincuenta mejores puertos de contenedores del mundo en 2013. Singapur se mantiene en un segundo puesto. La lista de los “Top 100 containers ports” de 2013, donde quedan representados 30 países, se ha recogido en el Anexo 1.

Entre estos 100 puertos de contenedores considerados los mejores del mundo en relación al volumen de mercancía que pasan por ellos anualmente, cabe destacar la presencia de los puertos europeos y, especialmente

los del Mediterráneo, casi un 50% (9 de 20) de los 20 primeros puertos de contenedores en el mundo son del Mediterráneo.

La International Association of Ports and Harbours (IAPH) publica anualmente la evolución en el tráfico de contenedores en los primeros puertos europeos del mundo. Según dicha organización, los 18 puertos de contenedores europeos más importantes supusieron en 2013 el 11% del total de contenedores transportados por vía marítima en el mundo. La Tabla 1 muestra los datos publicados en relación al 2012 y 2013, pudiéndose apreciar que entre los primeros puertos de contenedores del mundo hay 10 del norte de Europa y 8 del Mediterráneo. Todos ellos incrementaron TEUS en 2013.

Rango	Puerto	País	Mill. TEUS 2013	Mill. TEUS 2012	Región
1	Rotterdam	Netherlands	11.621	11.865	N Europa
2	Hamburg	Germany	9.302	8.891	N Europa
3	Antwerp	Belgium	8.578	8.635	N Europa
4	Bremerhaven	Germany	5.831	6.115	N Europa
5	Algeciras	Spain	4.501	4.114	Mediterráneo
6	Valencia	Spain	4.328	4.469	Mediterráneo
7	Felixstowe	United Kingdom	3.740	3.700	N Europa
8	Piraeus	Greece	3.164	2.734	Mediterráneo
9	Giogia Tauro	Italy	3.087	2.721	Mediterráneo
10	Duisburg	Germany	2.600	3.000	N Europa
11	Marsaxlokk	Malta	2.750	2.540	Mediterráneo
12	St. Petersburg	Russia	2.515	2.524	N Europa
13	Le Havre	France	2.486	2.306	N Europa
14	Genoa	Italy	1.988	2.064	Mediterráneo
15	Zeebrugge	Belgium	2.026	1.953	N Europa
16	Barcelona	Spain	1.720	1.756	Mediterráneo
17	Southampton	United Kingdom	1.491	1.475	N Europa
18	La Spezia	Italy	1.298	1.247	Mediterráneo

Fuente: IAPH (2015a).

Tabla 1. TOP de puertos de contenedores en Europa en 2013.

A nivel europeo, el mayor hub de contenedores es el puerto de Róterdam con un tráfico de 11,6 millones de TEUS en 2013. En este año, los resultados aumentaron para algunos puertos tan importantes en Europa como Pireo (+15,7%). Entre los puertos españoles, la única variación positiva fue presentada por Algeciras (+5,6%), que superó incluso a Valencia, moviendo más de 4,3 millones de TEUS. Los puertos italianos más destacados fueron Giogia Tauro, La Spezia y Génova, especialmente el primero con un incremento del +13,5%.

Las cifras expuestas ponen de manifiesto por qué los puertos de contenedores se han convertido en uno de los principales motores de desarrollo económico a nivel regional, nacional e internacional, vinculando el transporte marítimo y terrestre entre proveedores, industrias y negocios (Goss, 1990; Meersman et al, 2010). Realmente, se han convertido a lo largo de los años en verdaderos nodos estratégicos dentro de las cadenas logísticas de transporte, de manera que su eficiencia y productividad tiene un gran impacto en el desarrollo económico no solo del propio *hinterland*, sino también sobre el conjunto de las cadenas de transporte donde se integran.

En este marco internacional, la presente tesis doctoral se plantea como objetivo general contribuir al liderazgo de los puertos de contenedores del Mediterráneo, mediante el análisis y propuesta metodológica que les oriente hacia una gestión integrada y sostenible. El estado actual del tema abordado muestra una gran disparidad de iniciativas en este campo, abordadas por distintas entidades y con fines diversos, destacando el uso cada vez más extendido del concepto *smart port*, y el concreto el desarrollado a nivel europeo en el marco del proyecto SMARTPORT (COM&CAP Marina Med, 2015).

De esta manera, los siguientes apartados del presente documento (apartados 1.2, 1.3 y 1.4) describen algunas de estas iniciativas, consecuencia de la gran preocupación por mejorar la eficiencia y productividad portuaria: por un lado se exponen tendencias que se han expandido en los últimos años, algunas de las cuales ya con un largo recorrido y otras más novedosas, y por otro lado, se muestran los hallazgos y resultados de estudios enfocados en la determinación de sistemas de indicadores de la eficiencia y productividad en los puertos. Finalmente, se describe en detalle el concepto *smart port* en el que se centra la presente tesis doctoral, y se exponen los objetivos generales y específicos a alcanzar, así como el enfoque metodológico aplicado (apartado 2).

A continuación, se incluyen los tres apartados relevantes de la tesis y que recogen el valor fundamental de ésta: El análisis del concepto *smart port* desde la perspectiva del Modelo EFQM de Excelencia (apartado 3), el estudio sobre la importancia relativa de los criterios del concepto *smart port* (apartado 4) y la determinación de líneas de acción futuras que permitan a los puertos de contenedores del Mediterráneo alcanzar valores más elevados en el concepto *smart port* (apartado 5). El documento termina con las conclusiones alcanzadas como consecuencia del trabajo desarrollado, incluyendo sugerencias para futuros estudios (apartado 6).

Con todo ello, la presente tesis doctoral da un paso más allá del estado actual del ámbito que se aborda, y analiza el concepto *smart port* como paso avanzado hacia la gestión integrada y sostenible en los puertos de contenedores del Mediterráneo. Los resultados alcanzados facilitan la aplicación eficiente de este concepto desde la total comprensión de su enfoque y estructura. Así mismo, se presentan las líneas de acción que podrían seguirse actualmente, y de cara a los próximos años, y que permitirían alcanzar cuotas más altas en la consideración *smart port*.

1.2. Tendencias actuales en la gestión portuaria

La gran preocupación de los puertos por “ser los mejores” con objeto de captar el mayor tráfico posible, ha ido generando en los últimos años diferentes iniciativas, no sólo por impulsar un mayor desarrollo a nivel de operaciones portuarias, donde sin duda la tecnología actual y emergente están dirigiendo sus esfuerzos, sino también a nivel del desempeño ambiental y energético. El objetivo de este apartado es tratar de describir algunas de las tendencias existentes en la actualidad en este sentido.

Los compromisos establecidos en la Estrategia Europea para el 2020 apuntan hacia una consolidación del transporte inteligente, sostenible e integrado en Europa (European Commission, 2011 y 2015). El “Desarrollo Sostenible” se entiende como aquel que satisface las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades (Brundtland, 1987).

Pero es sin duda es el concepto *smart* (en castellano, inteligente) uno de los más utilizados en los últimos años cuando se desea hacer referencia a un lugar, entidad o producto que, basado en la tecnología, consigue ofrecer un servicio altamente sostenible, que incrementa la calidad de vida de los ciudadanos, que se consigue con una mayor eficacia de los recursos disponibles y que se apoya en una participación activa del usuario. En línea con ello, se vienen utilizando cada vez más términos “emergentes”, tales como *smart city*, *smart TV*, *smart phone* y por supuesto *smart port*. Las *smart cities* son concebidas como ciudades sostenibles económica, social y medioambientalmente en base a la aplicación de las tecnologías de la información y las comunicaciones-TIC (Endesa educa, 2015).

Aunque alrededor del concepto *smart city* se hacen estudios de clasificación, valoración y posicionamiento desde hace años, ello no es habitual en relación a lo que se podría denominar *smart port*. El concepto *smart port* comienza a acuñarse a partir de la difusión y cada vez mayor desarrollo del de *smart city*, y realmente no se identifica una definición única y globalmente asumida por el sector. Es por ello, que en general, y haciendo una traslación del concepto *smart city* al ámbito portuario, podría considerarse que un *smart port* es aquel puerto caracterizado por ser:

- Inteligente, sostenible e integrado en la redes logísticas.
- Eficiente (operacionalmente) y competitivo, gracias a las tecnologías y a la automatización.
- Eficiente desde el punto de vista energético, aspecto en el cual el uso de recursos renovables es sin duda de especial relevancia.
- Respetuoso con el medio ambiente, seguro y uniforme para el beneficio de los ciudadanos, la economía y la sociedad en general.
- Fuerza trectora en el desarrollo socio-económico de su ciudad o región.

Es el proyecto europeo SMARTPORT (COM&CAP Marina Med, 2015) uno de los que analiza en profundidad este concepto en los últimos años, llegando a definir una serie de factores e indicadores para guiar a un puerto de contenedores en su camino hacia la consideración de *smart port*. Entre estos factores, uno de los considerados de mayor peso específico es el “Nivel tecnológico”, dentro del cual se considera el uso de sistemas inalámbricos de comunicaciones y de sistemas sensóricos que incluyen específicamente *Radio Frequency Identification-RFID*, *Optical Character Recognition-OCR*, *Closed Circuit Television-CCTV* y *Global Navigation Satellite System-GNSS*.

Entre los proyectos o iniciativas *smart port* se encuentran aquellos relacionados con la instalación de cámaras para el registro de las matrículas de los vehículos que acceden al recinto portuario, la automatización de los controles de entrada y salida de las terminales con el servicio telemático *paper less* como medida que acelera la gestión documental, o la gestión automática del alumbrado en el recinto portuario, entre otros muchos. Una característica común a todos ellos es la utilización de las nuevas tecnologías para la optimización de los procesos portuarios.

Es de destacar que una de las tendencias actuales a nivel internacional, es asegurar la conectividad entre los *smart ports* y *smart cities* para constituir un conjunto integrado y único perfectamente sincronizado en todos los niveles (operacional, ambiental, energético y socio-económico).

Adicionalmente, los puertos y sus comunidades portuarias han mostrado desde hace años realmente un gran interés en el desarrollo de herramientas y plataformas que fomentan distintos aspectos concretos que podrían relacionarse con el concepto *smart port*. Entre estas podrían destacarse las siguientes:

- **ECOPORTS (ESPO, 2015):**

El medio ambiente siempre ha sido una prioridad para la Organización Europea de Puertos Marítimos (European Sea Ports Organization- ESPO) que pone en valor el estrecho vínculo entre una efectiva gestión ambiental y la efectividad de la gestión portuaria.

La web de ECOPORTS es el lugar desde donde ESPO ofrece a sus miembros la oportunidad de acceder y utilizar las últimas versiones de unas herramientas diseñadas para ayudar a mejorar su gestión ambiental. Estas herramientas son las siguientes:

- El método de auto-diagnóstico (*Self-Diagnosis Method- SDM*), diseñado para la identificación de riesgos ambientales y el establecimiento de prioridades para el desarrollo de un plan de acción de mejora. SDM ofrece un *check list* con el que los gestores portuarios pueden autoevaluar su programa de gestión ambiental en relación con el actual desempeño que en esta área registra el sector portuario europeo y sobre la base de estándares internacionales.
- El sistema de revisión del medio ambiente portuario (*Port Environmental Review System- PERS*), de gran prestigio como estándar ambiental específico para el sector portuario. PERS surge de un trabajo de consenso realizado por los propios puertos y está específicamente diseñado para apoyar a las Autoridades Portuarias en la organización funcional necesaria para cumplir con los objetivos de desarrollo sostenible. Además de incorporar los principales requisitos genéricos de estándares internacionales ampliamente reconocidos (por ejemplo: ISO 14001), PERS está diseñado para ayudar a una implantación efectiva de la gestión ambiental portuaria y su implementación puede ser certificada.

- **IAPH- Port Environment Committee/ World Ports Climate Initiative (WPCI, 2015):**

La iniciativa del IAPH denominada *IAPH's World Ports Climate Initiative- WPCI* tiene un espacio web enfocado al gas natural licuado (GNL) como combustible de buques y ha sido desde donde se ha desarrollado una *check list* para las operaciones con este tipo de producto en los puertos (WPCI, 2015).

Esta página web proporciona una detallada visión general sobre el uso del GNL en los buques, ilustra los requisitos técnicos y ofrece una pormenorizada descripción de la infraestructura y buques relacionados con el *bunkering*, así como sobre el negocio asociado al uso de este combustible en el sector portuario.

La ventaja del GNL es que es una de las alternativas más limpias de combustible de cara a las regulaciones sobre las emisiones de ácido sulfúrico. Los puertos se deben preparar para ofrecer un almacenamiento seguro y operaciones de *bunkering* a las navieras o en las áreas portuarias o cerca de ellas. Las emisiones

de sulfúrico y de partículas deberían reducirse casi a cero y las emisiones de óxido de nitrógeno sobre el 85-90%. Adicionalmente, el GNL puede reducir las emisiones de efecto invernadero. Este producto está actualmente disponible como combustible para transporte marítimo y terrestre en los llamados “puertos WPCI” como son: Antwerp, Ámsterdam, Rotterdam, Zeebrugge y Stockholm, así como en varios puertos noruegos.

- **IAPH- Air quality and Greenhouse Gas Tool Box (IAPH, 2015b):**

El propósito de esta “caja de herramientas” es proporcionar a los puertos, ya sean o no miembros de IAPH, un acceso rápido a técnicas necesarias para la planificación de cuestiones dirigidas hacia la calidad del aire y el cambio climático.

El equilibrio entre las operaciones portuarias y el desarrollo con consideraciones ambientales puede ser un reto de especial complejidad. Esta “caja de herramientas” proporciona información sobre ello específicamente para el sector portuario y las actividades marítimas. Basada en experiencias reales, describe estrategias para reducir las emisiones y una guía sobre cómo desarrollar un *Clean Air Program and a Climate Protection Plan*. Acciones tales como revisión de motores antiguos, aplicar tecnologías efectivas para una mayor eficiencia y control de las emisiones y el uso de combustibles alternativos puede reducir la contaminación del aire y las emisiones de efecto invernadero de forma considerable. Todo ello contribuirá a la salud de la población, y protegerá a los puertos y al planeta de los efectos del cambio climático.

- **ALICE (European Technology Platform ALICE) (ALICE, 2015):**

La Plataforma Europea de Tecnologías en Logística (*European Technology Platform*) ALICE se crea para el desarrollo de una estrategia rigurosa del desarrollo de la investigación, innovación y mercado en la gestión de la logística y la cadena de suministro en Europa. ALICE fue oficialmente creada en Bruselas en junio de 2013 como iniciativa de WINN, un proyecto europeo de 30 meses cofinanciado por el 7º Programa Marco de la Comisión Europea.

Esta plataforma apoya a la implementación del programa europeo de investigación Horizonte H2020 (European Parliament and the Council of the European Union, 2013) y en general se basa en el reconocimiento de la necesidad de una visión diferente de la planificación y control de la logística y la cadena de suministro, donde transportistas y suministradores de servicios logísticos colaboren estrechamente para alcanzar una eficiencia.

Las líneas de investigación futura impulsadas por ALICE van dirigidas hacia nuevos conceptos que incrementen esta colaboración y contribuyan al Internet Físico, donde exista una completa colaboración tanto a nivel horizontal como vertical.

1.3. Sistema de indicadores utilizados en el sector portuario

Paralelamente a las distintas iniciativas mencionadas anteriormente, la literatura pone de relieve la importancia de hacer un seguimiento y medición de las operaciones portuarias para poder optimizar su eficiencia. Evidentemente, si no se sabe “dónde nos encontramos” no es posible definir líneas de mejora, es decir, “a dónde nos queremos dirigir”, y es en este sentido que los indicadores cobran especial relevancia.

Debido al importante rol que desempeñan los puertos como punto de intercambio modal de mercancías y el valor estratégico de sus operaciones en la logística, la mejora de su eficiencia y productividad ha sido siempre una prioridad. Es por ello que se han desarrollado un elevado volumen de estudios y proyectos de investigación enfocados al análisis de la actividad portuaria y a la optimización de sus procesos.

Aunque, la medición de la eficiencia y la productividad es habitual que se presenten juntas, realmente son conceptos distintos (Mentzer y Konrad, 1991).

La eficiencia está vinculada a la “producción” de una actividad económica y a la asignación racional de recursos para la obtención de una mayor cantidad de producción. Es decir, la eficiencia viene dada por el cociente entre los bienes y servicios producidos y los recursos utilizados para su obtención. En base a ello, es evidente que el concepto de eficiencia es relativo, por lo cual un puerto o terminal se evaluará como eficiente en relación con el comportamiento de otros, si ninguno de sus inputs/outputs puede ser mejorado sin empeorar alguno de los restantes inputs/outputs.

Por otro lado, la productividad es la relación entre la producción y la totalidad de los medios empleados para realizarla, es decir, la relación entre el incremento del output (producción) que es consecuencia del incremento en la cantidad utilizada de uno de los inputs (factores) que intervienen en el proceso productivo.

Según González y Trujillo (2009), los estudios sobre eficiencia y productividad en puertos pueden clasificarse en tres grupos, esto es: (1) trabajos que emplean indicadores parciales de productividad del sistema portuario; (2) estudios que utilizan un enfoque ingenieril y/o emplean herramientas de simulación y teoría de colas; y (3) estudios que emplean estimaciones de fronteras tecnológicas, de las que se derivan los índices de eficiencia de las empresas portuarias. Otra categoría de estudios son los que se centran en la evaluación de la eficiencia de forma cualitativa a partir de entrevistas y encuestas para valorar la percepción de los clientes.

En cualquier caso, un interés común a todo el sector portuario es el desarrollo de una herramienta que permita orientar la toma de decisiones. Para ello, numerosos estudios proponen indicadores para la medición de la eficiencia y productividad de la actividad portuaria.

Los indicadores de rendimiento (*key performance indicators* –KPI) de las distintas actividades portuarias son muy diversos y, generalmente, están relacionados con la capacidad, productividad, utilización, ocupación y eficiencia. La importancia de estos indicadores reside, entre otros puntos, en su claridad para el usuario y en la sencillez de su obtención. Además, una adecuada definición y evaluación de indicadores es una tarea que contribuye de forma importante a la gestión y a la mejora de la competitividad portuaria ya que permiten visualizar en qué medida se alcanzan los objetivos marcados y se responde a las expectativas de los usuarios (Melnyk et al, 2004).

En lo relativo al estudio y análisis de indicadores de rendimiento de la actividad portuaria (KPI), existen numerosos estudios, destacando la publicación de la UNCTAD en el año 1976. Esta publicación es considerada como el punto de partida en la evaluación de las actividades portuarias mediante indicadores (operacionales y financieros) y en ella se destaca la importancia de los KPI para mejorar las operaciones portuarias y como base de planes futuros de desarrollo de un puerto. El estudio de Monie (1987) analizó en detalle el tiempo de estancia en puerto, la relación entre el nivel de ocupación del muelle y la probabilidad de espera, los indicadores de productividad relacionados a la manipulación de mercancía y, por último, indicadores vinculados a la ocupación de los recursos o infraestructura portuaria.

A partir fundamentalmente de estos dos estudios, el número de publicaciones se incrementó en gran medida. No obstante, y teniendo en cuenta los objetivos de la presente tesis doctoral, los principales indicadores expuestos a lo largo de la literatura se podrían organizar de la siguiente manera:

- **Indicadores operacionales**

Los indicadores operaciones engloban tanto los indicadores físicos como los que miden la productividad en los puertos y terminales. Destacan en gran medida, los indicadores de volumen de tráfico (toneladas o en número de contenedores), utilizados por la mayoría de las Autoridades Portuarias y que les permite clasificarse en relación a las demás. Los indicadores de volumen de tráfico suelen presentarse también en relación al tamaño de las infraestructuras (longitud de muelle, superficie almacenaje, etc.) o bien en relación al volumen total de tráfico de una región portuaria con el propósito de cuantificar la cuota de mercado de los puertos.

También son muy utilizados los indicadores que miden la productividad de las operaciones, es decir, el ritmo de carga/descarga de los buques, número de grúas asignadas por operativa, etc. Estos indicadores permiten estimar los tiempos en que se desarrollan las distintas actividades, uno de los principales factores de decisión a la hora de escoger un puerto dentro de una misma región.

Entre distintos artículos, podrían destacarse el de Doerr y Sánchez (2006) donde se propone un modelo de indicadores de productividad aplicables a 30 puertos de América Latina y el Caribe orientados a evaluar movimientos de carga, tiempos y productividades, y el de Hakam (2015) que proponen un conjunto de indicadores operacionales, ambientales, energéticos, de seguridad y sociales para los puertos de contenedores nórdicos.

En la siguiente tabla (Tabla 2) se destacan algunos de los indicadores operacionales utilizados en la literatura.

Indicador	Autores
Número de grúas por buque	UNCTAD (1976)
Mano de obra, terreno y equipos (infraestructuras)	Dowd y Leschine (1990)
Número de grúas	Marconsult (1994)
Disponibilidad de atraque; Ritmo de las operaciones de descarga	Marlow y Paixão (2003)
Número de grúas	Tongzon y Heng (2005)

Indicador	Autores
Longitud total de muelle	Cullinane et al. (2004), Cullinane, Ji y Wang (2005), Wang, Cullinane y Song (2005)
Área de la terminal, longitud de la terminal, grúa portico de muelle), grúa portico de patio, carretillas Puente	Cullinane, Ji y Wang (2005)
Nº de muelles; Nº de movimientos de estiba a bordo; Rendimiento neto de grúa; Tasa neta de naves (tasa neta de grúa por intensidad grúa); Longitud de muelle	Doerr y Sánchez (2006)
Coste total de operaciones, personal e inversiones	Barros y Peypoch (2007)
Capital, personal y gastos	Managi (2007)
Número medio de grúas para operar cada buque; Ocupación media del atraque; Superficie operación / superficie total; Tamaño de la mano de trabajo Nº de jornadas de una mano (disponibilidad de la mano en una jornada); Área de la zona de operaciones; Grúas cada 100 m de línea de atraque; TEUs anuales / nº slots; TEUs anuales / nº huellas; Altura media de apilado; Movimientos por grúa; Movimientos por hora operativa de grúa; Índice de ocupación de las grúas de patio; Grúas pórtico de patio / grúas de muelle; Nº total equipos / nº grúas de muelle; Nº máximo de vehículos que pueden entrar al día; Nº máximo de vehículos que pueden salir al día	González-Cancelas (2007)
Longitud de muelle, área de almacenamiento y equipos para manejo de carga	Al-Eraqui et al (2008)
Número de grúas Ship-to-Shore (STS)	Kruk y Donner (2009)
Capacidad para el transporte intermodal	Matajić (2010)
Empleados, coste total y número de grúas	Barros et al (2010)
Tecnologías implementadas	Merk y Dang (2012)
Longitud de muelle, número de grúas, número de empleados	Barros, Felicio y Fernandes (2012)
Longitud de muelle, mano de obra en el área marítima del Puerto	Barros (2012)
Total de activos y número de empleados	Halkos and Tzeremes (2012)
Total del área de la terminal, máxima profundidad de dragado, longitud de muelle, ratio de grúas de muelle, ratio de patio, número de vehículos y número de calles en las puertas de acceso	Mokhtar and Shah (2013)
Movimientos por hora operativa de grúa; TEUs movidos por equipo de descarga y carga	Hakam (2015)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2. Relación de indicadores operacionales propuestos en la literatura.

Los indicadores de tiempo, muy relacionados con la optimización de las operaciones portuarias y estrechamente vinculados por lo tanto con la eficiencia y/o productividad de éstas, han sido ampliamente analizados en la literatura (Chung, 1993; Marlow and Paixao, 2003; Talley, 2007; Doerr y Sánchez, 2006; González-Cancelas, 2007; Longo et al., 2013; Hakam ,2015). Desde el punto de vista de los buques, el objetivo es la reducción de coste, por tanto, el tiempo de estancia en puerto (Kozan y Preston 2006). Otros indicadores típicos son los tiempos de espera (Huynh y Walton 2005; Dragović et al. 2005; Henesey et al. 2003), ya sea a partir del ratio de ocupación de la línea de atraque o bien en relación al tiempo de servicio (waiting rate) o el tiempo de atraque. No obstante, tal y como se menciona en De Langen et al. (2007), no se conocen puertos que publiquen sistemáticamente resultados de este tipo de indicador.

- **Indicadores financieros**

En el estudio realizado por De Langen et al. (2007) se advierte de la desinformación debida por la falta de indicadores que midan la repercusión económica o la idoneidad de un enclave portuario frente a otro,

desde el punto de vista de las cadenas logísticas globales. En este contexto, destaca el trabajo realizado por Talley (2007), donde se analizan las operaciones portuarias desde el punto de vista económico. El autor plantea la evaluación de la actividad portuaria mediante 17 indicadores. Por otro lado, es de destacar la importancia del factor coste como elemento a tener en cuenta en la toma de decisiones por parte de navieras y usuarios (Chang et al. ,2008).

- **Indicadores de calidad**

El concepto de calidad es subjetivo y depende del punto de vista del cliente o usuario final. En relación a indicadores de calidad en terminales de carga rodada, destaca el estudio de Morales-Fusco et al. (2010) donde se desarrolla una metodología que permite cuantificar la capacidad máxima de una terminal (en relación al flujo de llegada de los buques) para garantizar un determinado nivel de servicio, medido a partir de la probabilidad de espera para el atraque y el tiempo de servicio.

También cabe destacar distintos artículos que proponen indicadores cualitativos para evaluar el nivel de servicio de un puerto o de sus procesos. Entre los más destacados está el estudio de Brooks et al. (2010), quienes realizan la evaluación de una serie de puertos estadounidenses y canadienses por parte de 57 entidades con experiencia en las actividades del puerto (usuarios y entidades responsables). Para ello recogen la opinión de éstas sobre aspectos generales como: seguridad, información inmediata de actualizaciones y cambios, conectividad/operatividad con otros agentes no portuarios, servicios directos con destino de mercancías, eficiencia en el proceso de documentación, incidencia de las demoras, disponibilidad de mano de obra, precisión de la facturación, puntualidad en llegadas y salidas, razonabilidad de las tarifas portuarias, costes totales por el paso por el puerto, calidad de los servicios marítimos y de los trabajos en muelle, entre otros.

En relación a las incidencias que puedan afectar a los aspectos de calidad y nivel de servicio en los puertos y terminales, destacan los artículos de Mabrouki et al. (2013) y Saurí et al. (2012) donde se recogen las incidencias operativas más frecuentes en las terminales de carga rodada en España y se hace un análisis de causa/efecto en función de la probabilidad de ocurrencia y el nivel de severidad de las consecuencias.

Otros aspectos importantes en este campo, son los referidos al tema de la reparación, reposición y renovación de los equipos de la terminal y de las tecnologías, y en general todos aquellos gastos asociados a la innovación y que les permiten mantener un alto grado de calidad y seguridad en los servicios portuarios. Así mismo, el número y alcance de las certificaciones según normas o estándares como ISO 9001 (UNE-EN ISO 9001, 2008) o el Modelo EFQM (EFQM, 2013) deberían ser tomadas en consideración como indicadores de calidad porque generalmente están asociadas a organizaciones con una cultura enfocada hacia principios de eficacia y eficiencia.

- **Indicadores de consumo energético**

La Comisión Europea (2010) publica la Estrategia de la Energía para el 2011-2020 con el objetivo general de contribuir a reducir los gases de efecto invernadero entre un 80% y un 95% antes del 2050. Como puertas de la economía exterior europea, los puertos son partes clave en las cadenas logísticas diseñadas

para proporcionar un vínculo esencial entre las industrias y sus mercados y proveedores. Los puertos a menudo son también las localizaciones claves donde tienen lugar actividades industriales, y que necesitan energía para sus procesos productivos. El consumo de energía y la emisión de gases invernadero desde los buques y el sector portuario están provocando que se incremente la atención sobre ellos tanto desde el punto de vista público (la sociedad) como político (ESPO, 2012c).

En las últimas décadas la necesidad de comprender mejor y monitorizar las actividades relacionadas con la energía que tienen lugar cerca o dentro de los recintos portuarios, está cobrando importancia como consecuencia del crecimiento experimentado por el sector energético, la concienciación ambiental de la sociedad y un mayor interés de la industria por la eficiencia energética (Acciaro et al. 2014).

Las Autoridades Portuarias han adoptado el reto de la eficiencia energética y muchas de ellas están cada vez más preocupadas por sus emisiones. Es por ello que la regulación en las áreas portuarias se ha vuelto más exigente, sobre todo en relación con los óxidos de nitrógeno y sulfuro (Acciaro et al., 2014), pero también respecto a las partículas (PM) y CO₂. El consumo de energía es muy importante también en la operación portuaria y en aquellas actividades vinculadas al puerto, y teniendo en cuenta el incremento del coste de la energía, las Autoridades Portuarias y las terminales están trabajando en la última década con gran interés en buscar formas para reducir sus facturas de combustibles y de energía eléctrica. Algunos ejemplos de proyectos que abordan esta cuestión son: GREEN EFFORTS (GREEN EFFORTS, 2015), GREENCRANES (GREENCRANES, 2012), PPRISM (PPRISM, 2010), EFICONT (EFICONT, 2012) y CLIMEPORT (CLIMEPORT, 2012).

El desempeño de la infraestructura y servicios portuarios expresados en términos de consumo de energía representa un importante elemento a considerar para la competitividad y la sostenibilidad del transporte y la logística (CIANAM, 2013).

La Tabla 3 muestra algunos de los indicadores referidos al ámbito energético propuestos por la literatura.

Indicador	Autores
Consumo total de energía	Peris-Mora et al (2005), ESPO (2012b), proyecto EFICONT (EFICONT, 2012) y EcoPorts Foundation (2004).
Consumo de energía por parte de contenedores refrigerados	Wilmsmeier et al (2014), Climeport (CLIMEPORT, 2012), EFICONT (EFICONT, 2012)
Consumo de energía en las oficinas	Wilmsmeier et al (2014); Chiu R.H. & Lai I.C. (2014); Puig (2012); Climeport (CLIMEPORT, 2012); EFICONT (EFICONT, 2012);
Energía consumida por los equipos para el movimiento de la mercancía	Johanson (sin fecha)
Uso de energía removable	Instituto Portuario de Estudios y Cooperación-FEPORTS (2012)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3. Relación de indicadores relacionados con el consumo energético propuestos en la literatura.

- **Indicadores ambientales.**

El compromiso entre el desarrollo del transporte marítimo y la conservación ambiental es un gran reto (European Commission, 2006). A la vez que hay que cumplir con las restricciones europeas sobre medio ambiente, es necesario abordar el desarrollo de los puertos. Es por ello, que se requieren cuadros de indicadores referidos al desempeño ambiental en los puertos (Chiu y Lai, 2014).

Siguiendo las recomendaciones europeas sobre este tema, se han desarrollado diferentes iniciativas, como la de la European Association of port Authorities (ESPO) editó el documento titulado “ESPO Environmental Code of Practice” en 2004 y más recientemente la guía “ESPO Green Guide”, o la creación del European Economic Interest Group for Port environment management-EUROPHAR formado por las Autoridades Portuarias de Génova, Marsella y Valencia. En esta línea se han desarrollado distintos proyectos europeos como: PPRISM (PPRISM, 2010), GREEN EFFORTS (GREEN EFFORTS, 2015); PEARL (PEARL, 2014), SuPPort (SUPPORT, sin fecha), Apice (APICE, 2011).

La Tabla 4 muestra algunos de los principales indicadores ambientales propuestos por la literatura.

Indicador	Autores
Consumo de agua	Proyecto PPRISM (PPRISM, 2010), ESPO (2012a, 2012b); Proyecto SuPPort (SUPPORT, sin fecha); Puig et al. (2014)
Aguas residuales	Proyecto SuPPort (SUPPORT, sin fecha), Chiu y Lai (2014).
Descarga de agua (aguas residuales, agua perdida accidentalmente durante operaciones)	Darbra et al. (2005)
Contaminación acústica (Lden y Lnight)	Directiva europea de ruidos (Directiva (UE) 2015/996)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4. Relación de indicadores relacionados con el medio ambiente propuestos en la literatura.

Por otra parte, es importante mencionar que algunos autores establecen la relación entre el impacto ambiental e indicadores operacionales, como por ejemplo: número de buques que llegan al puerto (Regione Liguria, 2012) o el número de empleados directo en el mismo (ESPO, 2013).

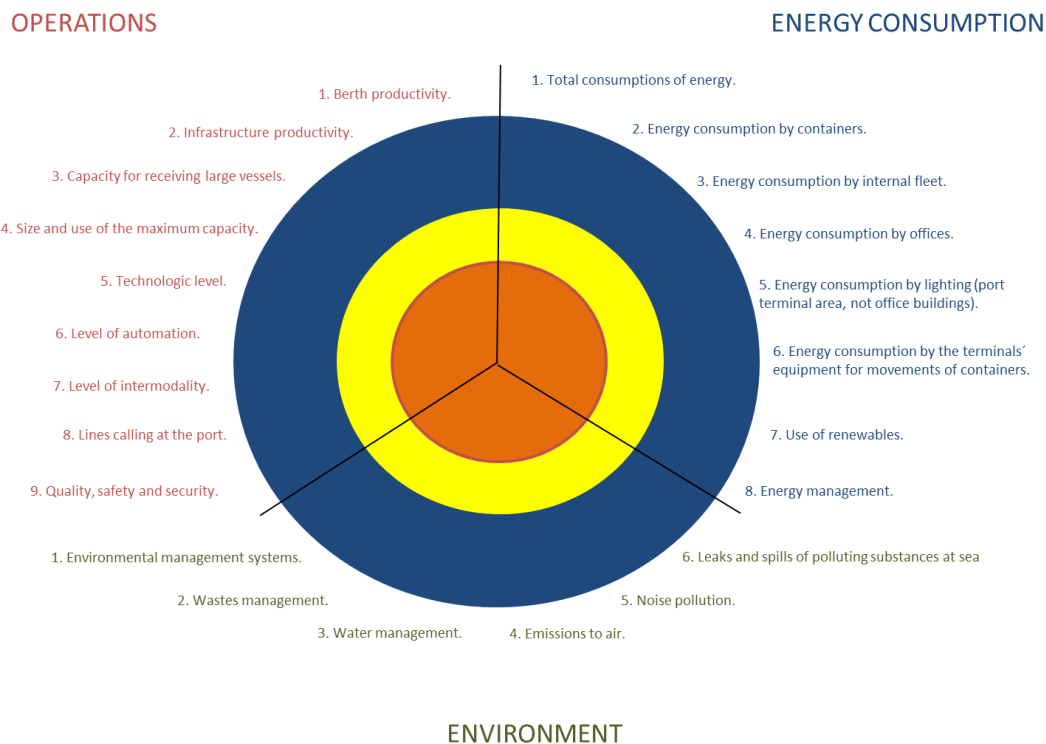
En conclusión se puede destacar que la mayoría de indicadores de rendimiento portuarios se centran en: (1) aspectos operacionales como el volumen de tráfico de un puerto, el ritmo de carga/descarga de los buques en movimientos por hora o ratios de uso de las infraestructuras; (2) aspectos relativos al tiempo de estancia de los buques o de la mercancía en puerto y ratios de ocupación de las zonas de estacionamiento o almacenaje; (3) indicadores de costes e ingresos operativos unitarios; y (4) indicadores de calidad basados en los tiempos de espera, tiempo de estancia total en puerto o el nivel de servicio recibido. Además, la mayoría de estos indicadores están diseñados para ser utilizados internamente por las Autoridades Portuarias o se refieren a información y datos que usualmente no suele estar publicada o es clasificada como confidencial, por lo que muchos de ellos no serían útiles para llevar a cabo un estudio comparativo entre los puertos. Adicionalmente, cada vez son más los estudios enfocados hacia indicadores ambientales y energéticos.

1.4. El concepto *smart port*

Teniendo en cuenta todo lo anterior, puede concluirse que:

1. El estado actual de las relaciones comerciales y la situación económica actual mundial requiere que los puertos sean cada vez más competitivos.
2. A pesar de que se han desarrollado múltiples iniciativas para orientar mejoras en la gestión portuaria, en general todas ellas siguen líneas independientes, a veces, incluso suponiendo una duplicidad de esfuerzos por parte de los gestores, sin que exista una línea única y consensuada orientativa a seguir más allá de las pautas generales que puedan ofrecer las estrategias europeas.
3. Existen numerosos estudios sobre posibles indicadores relacionados con la eficiencia de un puerto y cada vez más con sus aspectos energéticos y ambientales, pero la mayoría requiere disponer de datos muchas veces considerados como confidenciales o que en todo caso, los puertos no hacen públicos. Ello hace que el cálculo de estos indicadores solo pueda hacerse a nivel individual y los estudios comparativos en el sector sólo se realicen entre grupos muy específicos de puertos, en base a datos públicos, o en base a encuestas realizadas a distintos agentes que intervienen en el sector portuario (Ej.: Encuestas de percepción).
4. Las Autoridades Portuarias necesitan tener una referencia única que les permita avanzar hacia la mejora y es clara la necesidad de definir un modelo objetivo, basado en datos cuantitativos, en que apoyarse.

Es en este contexto en el que se desarrolla el concepto *smart port* (Buiza et al., 2015) formado por 23 factores y 68 indicadores relacionados con las áreas operacional, energía y medio ambiente.



Fuente: Buiza et al (2015).

Figura 1. Esquema de las áreas y criterios del concepto smart port.

En la tabla siguiente (Tabla 5) se reflejan los factores contemplados en el concepto para las distintas áreas.

Áreas	Factores
Operacional	Longitud de muelle.
	Área de almacenamiento (área de patio).
	Capacidad para recibir grandes buques.
	Tamaño y uso de la máxima capacidad.
	Nivel tecnológico.
	Nivel de automatización.
	Nivel de intermodalidad.
	Líneas que hacen escala en el puerto.
Energía	Sistemas de gestión de la calidad, la seguridad y la salud.
	Consumo total de energía (energía primaria).
	Consumo energético por parte de los contenedores.
	Consumo energético de la flota interna de vehículos.
	Consumo energético por parte de las oficinas.
	Consumo energético por parte del sistema de iluminación.
	Consumo energético por parte del equipo dedicado al movimiento de contenedores (grúas, etc.)
	Uso de energía renovable.
Medio Ambiente	Sistema de gestión energética.
	Sistemas de gestión ambiental.
	Gestión de residuos.
	Gestión del agua.
	Emisiones al aire.
	Contaminación acústica.
Fugas y derrames de sustancias al mar.	

Fuente: Buiza et al. (2015).

Tabla 5. Factores que determinan un smart port.

El concepto *smart port* considera además una serie de indicadores asociada a cada uno de estos factores, de manera que sea posible conocer la situación de un puerto respecto al concepto *smart port* a través de una recogida de datos en general no clasificables como confidenciales por las Autoridades Portuarias. Las siguientes tablas (Tabla 6, 7 y 8) recogen estos indicadores.

Indicadores asociados al área operacional en un <i>smart port</i>
O1.1. TEUs anuales/Metro de muelle
O2.1. TEUs anuales/Área total de la terminal
O2.2. TEUs anuales/Área total de almacenamiento o de patio
O2.3. TEUs anuales/Área total de almacenamiento en el puerto y en hinterland
O2.4. TEUs anuales/Número de terminales de contenedores
O2.5. TEUs refrigerados anuales/Número total de puntos de conexión eléctricos para contenedores refrigerados (capacidad estática)
O3.1. Longitud de muelle de más de 14 metros de profundidad/Total de longitud de muelles
O4.1. TEUs anuales/Capacidad de contenedores de las terminales (capacidad estática)
O4.2. Número medio de horas anuales de trabajo en las terminales
O4.3. TEUs anuales/Número medio de horas de trabajo en las terminales
O5.1. Número de tecnologías de la información y comunicaciones que usan el Puerto y sus terminales y que ofrecen a la comunidad portuaria, entre las siguientes: Comunicaciones inalámbricas (ej.:PMR por voz, WiFi), comunicaciones por cable (ej.:PABX), sistemas RFID, OCR, CCTV, GNSS, DGNSS, sistemas de gestión de terminal, PCS, Sistemas de colaboración logística B2B
O6.1. TEUs anuales/Número de grúas de muelle

Indicadores asociados al área operacional en un smart port
O6.2. Porcentaje de grúas de muelle automatizadas
O6.3. TEUs anuales/Número de grúas de patio
O6.4. Porcentaje de grúas de patio automatizadas
O6.5. TEUs anuales/Número de equipos para movimientos internos (camiones, shuttle, etc.)
O6.6. Porcentaje de equipos para movimientos internos automatizados
O6.7. Porcentaje total de grúas de muelle, grúas de patio y equipos para movimientos internos automatizados
O7.1. Magnitud de la infraestructura de ferrocarril (Total de vía en el Puerto/Area total de la terminal)
O7.2. Uso de la intermodalidad-opción ferrocarril (TEUs transportados por ferrocarril/Total de TEUs)
O7.3. Uso de la intermodalidad-opción carretera (TEUs transportados por carretera/Total de TEUs)
O8.1. TEUs totales/Número de consignatarios
O8.2. Número de líneas principales/Número total de líneas
O8.3. TEUs totales/Número de buques que paran en el Puerto
O9.1. Número de certificados y acuerdos sobre seguridad
O9.2. Número de certificados y acuerdos sobre calidad
O9.3. Alcance de los certificados y acuerdos sobre calidad (% de actividades portuarias cubiertas)
O9.4. Alcance de los certificados y acuerdos sobre seguridad (% de actividades portuarias cubiertas)

Fuente: Buiza et al. (2015).

Tabla 6. Indicadores asociados al área operacional en un smart port.

Indicadores asociados al área de energía en un smart port
EN1.1. Consumo total de energía por la autoridad portuaria/Area total del Puerto
EN1.2. Consumo total de energía por las terminales de contenedores/Area total de las terminales
EN2.1. Consumo total de energía/TEUs totales
EN2.2. Consumo total de energía por parte de los contenedores refrigerados/Total de TEUs refrigerados
EN3.1. Consumo total de energía por parte de la flota interna/Área total de terminal
EN4.1. Consumo total de energía por parte de los edificios de oficinas/Área de terminal
EN5.1. Consumo total de energía por parte del sistema de iluminación/Área de terminal
EN6.1. Consumo total de energía por parte del equipo dedicado al movimiento de contenedores de la terminal/TEUs
EN6.2. Consumo total de energía por parte del equipo dedicado al movimiento de contenedores de la terminal/Area total de la terminal
EN6.3. Consumo total de energía por parte de grúas/Número total de grúas
EN7.1. Porcentaje de combustibles procedentes de fuentes renovables gestionados por la autoridad portuaria
EN7.2. Porcentaje de combustibles procedentes de recursos renovables gestionados por operadores de terminales
EN7.3. Porcentaje de energía procedente de fuentes renovables gestionado por la autoridad portuaria
EN7.4. Porcentaje de energía procedente de fuentes renovables gestionada por operadores de terminales
EN8.1. Número de certificados o acuerdos sobre gestión energética de acuerdo con estándares/(Número total de operadores de terminales +1)
EN8.2. Actividades portuarias cubiertas por los sistemas de gestión energética (%).

Fuente: Buiza et al. (2015).

Tabla 7. Indicadores asociados al área energía en un smart port.

Indicadores asociados al área ambiental en un smart port
EV1.1. Número de sistemas de gestión basados en estándares internacionales (EMAS, ISO 14001) implementados por la autoridad portuaria y/o operadores de terminales/(Número total de operadores de terminales +1)

Indicadores asociados al área ambiental en un <i>smart port</i>
EV1.2. Actividades portuarias cubiertas por los sistemas de gestión ambiental (%).
EV2.1. Número de planes de gestión de residuos implantados por la autoridad portuaria y/o operadores de terminales/(Número total de operadores de terminales +1)
EV2.2. Actividades portuarias cubiertas por los planes de gestión de residuos (%).
EV2.3. Total de residuos generados por todas las actividades portuarias/Área total del Puerto
EV2.4. Total de residuos generados por los operadores de terminales/TEUs
EV2.5. Total de residuos generados por los barcos (MARPOL) -desagregado por tipo de residuo-/Buque
EV2.6. Total de residuos peligrosos generados por las actividades portuarias –desagregadas por fuente/Área total del Puerto
EV2.7. Total de residuos peligrosos generados por los operadores de terminales –desagregados por Fuente-/TEUs
EV2.8. Total de residuos recogidos de forma selectiva (procedente de todas las actividades portuarias)/Área total del Puerto
EV2.9. Total de residuos generados que se destinan a reutilización, reciclaje y/o recuperación –desagregado por tipo de residuo-/Área total del Puerto
EV3.1. Consumo total de agua por todas las actividades portuarias/Área total del Puerto
EV3.2. Consumo total del agua por los operadores de terminales/TEUs
EV3.3. Consumo total del agua por parte de los buques/Número de buques
EV3.4. Volumen de agua reciclada consumida (en todo el área portuaria)/Volumen total de agua consumida
EV3.5. Volumen toda de agua residual generada por todas las actividades portuarias/Área total del Puerto
EV3.6. Volumen de agua residual generada por las terminales/TEUs
EV3.7. Volumen de agua residual generada por todas las actividades portuarias tratada para su reutilización/Volumen total de agua residual generada en el Puerto
EV4.1. Número de sistemas de seguimiento para evaluar la calidad del aire en el área portuaria/Área total del Puerto
EV4.2. Emisiones de gases invernadero de todas las actividades portuarias/Área total del Puerto (CO2 equivalentes Tons/m2).
EV5.1. Lden – contaminación acústica de día
EV5.2. Lnight* - contaminación acústica nocturna
EV6.1. Total de fugas y derrames de sustancias contaminantes al mar/Número total de buques
EV6.2. Número total de sistemas de seguimiento para evaluar la calidad del agua en el área portuaria/Número total de puntos de atraque

Fuente: Buiza et al. (2015).

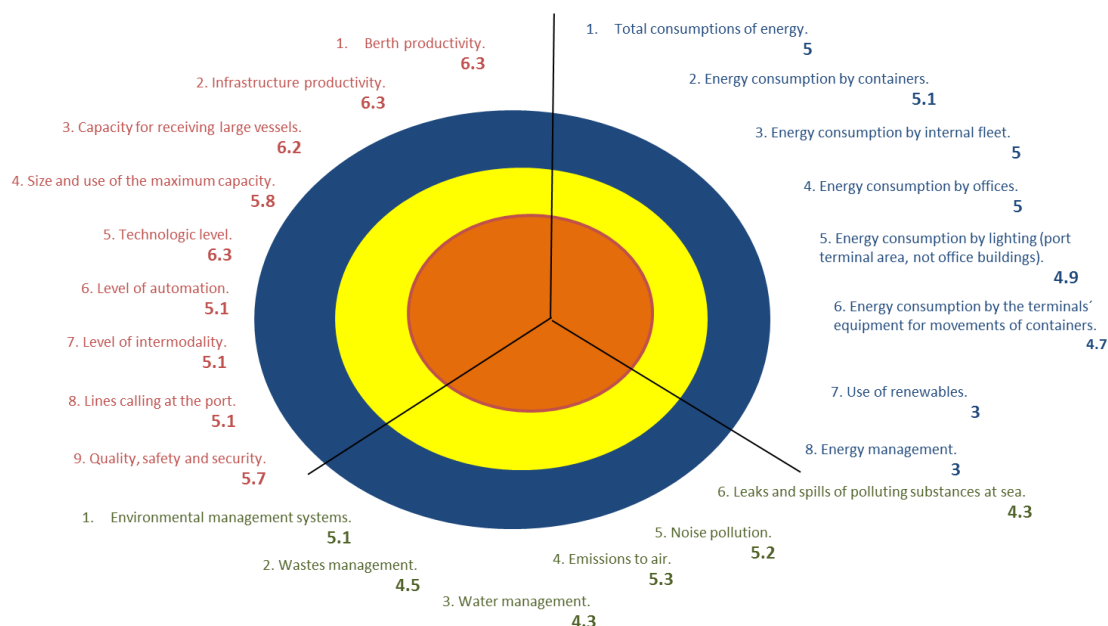
Tabla 8. Indicadores asociados al área medio ambiente en un smart port.

Es importante tener en cuenta que este concepto *smart port* se crea en el marco del proyecto *SMARTPORT* (COM&CAP Marina Med, 2015) y que éste, en líneas generales, supuso las siguientes actividades:

- Definición del concepto *smart port* descrito anteriormente.
- Determinación de un peso para cada factor condicionante de un *smart port*. Para ello, 11 expertos los evaluaron sobre una escala de 1 (no es nada importante) a 7 (es extremadamente importante) y se calcularon las medias correspondientes para determinar el peso de cada área. Concluyeron que los aspectos operaciones son los de mayor relevancia (con un peso de 5,9 en la escala 1-7) frente a los ambientales (4,8) y los relativos a la energía (4,5). La Figura 2 muestra los pesos obtenidos para cada factor.

OPERATIONS

ENERGY CONSUMPTION



Fuente: SMARTPORT (COM&CAP Marina Med, 2015).

Figura 2. Esquema de las áreas y factores del concepto smart port y sus pesos.

- Exploración de la situación actual de los puertos del Mediterráneo respecto al concepto *smart port* definido. Para ello, se procedió a recoger datos de los 9 principales puertos de esta área (Valencia, Barcelona, Algeciras, Génova, Gioia Tauro, La Spezia, Pireo, Marsaxlokk, Marsella) en base a un cuestionario diseñado expresamente. Como resultado, se llegó a una descripción general de la situación actual de los puertos respecto a cada factor del concepto *smart port* que fue publicada por Buiza et al (2015) y que se refleja en la tabla siguiente (Tabla 9). Para la construcción dicha de tabla se ha tenido en cuenta el porcentaje de puertos del Mediterráneo que quedan por debajo del percentil 25, entre el percentil 25 y 75 y por encima del percentil 75 en cada caso.

Factores del concepto <i>smart port</i>	Nivel bajo	Nivel medio	Nivel alto
Longitud de muelle			
Área de almacenamiento			
Capacidad para recibir grandes buques			
Tamaño y uso de la máxima capacidad			
Nivel tecnológico			
Nivel de automatización			
Nivel de intermodalidad	S/I	S/I	S/I
Líneas que hacen escala en el Puerto			
Sistemas de gestión de la calidad, la seguridad y la salud			
Consumo total de energía (energía primaria)	S/I	S/I	S/I
Consumo energético por parte de los contenedores	S/I	S/I	S/I
Consumo energético de la flota interna de vehículos	S/I	S/I	S/I
Consumo energético por parte de las oficinas	S/I	S/I	S/I
Consumo energético por parte del sistema de iluminación	S/I	S/I	S/I
Consumo energético por parte del equipo dedicado al movimiento de contenedores (grúas, etc.)	S/I	S/I	S/I
Uso de energía removable	S/I	S/I	S/I
Sistema de gestión energética	S/I	S/I	S/I

Factores del concepto <i>smart port</i>	Nivel bajo	Nivel medio	Nivel alto
Sistemas de gestión ambiental	S/I	S/I	S/I
Gestión de residuos	S/I	S/I	S/I
Gestión del agua	S/I	S/I	S/I
Emisiones al aire	S/I	S/I	S/I
Contaminación acústica	S/I	S/I	S/I
Fugas y derrames de sustancias al mar	S/I	S/I	S/I

Fuente: Elaboración propia a partir de COM&CAP Marina Med (2015). S/I: Sin información.

Tabla 9. Situación de los puertos del Mediterráneo respecto a cada factor del concepto smart port.

- A partir de ello, teniendo en cuenta el estudio de ventajas y desventajas competitivas y el estudio *Data Envelopment Analysis* (DEA) realizado en el marco de dicho proyecto, y aplicando las técnicas de *Brainstorming* y *Delphi*, los expertos participantes llegaron a determinar los problemas, vacíos, barreras o desventajas principales que impiden que los puertos de contenedores del Mediterráneo puedan alcanzar mayores cuotas en el concepto *smart port*. La tabla siguiente (Tabla 10) muestra el listado de los mismos.

Id	Problema, barrera, vacío o desventaja
I1	Escasez de datos públicos sobre cuestiones operacionales (contenedores refrigerados y puntos de recarga eléctrica para ellos, área total de la terminal, área total de almacenaje más el área exterior de almacenaje, máxima capacidad de las terminales de contenedores, instalaciones tecnológicas y nivel de automatización, intermodalidad, sistemas de gestión certificados, etc.)
I2	Parece que no es usual la implementación de estándares internacionales para asegurar la seguridad en la cadena de suministro (ej.: ISO 28000).
I3	Baja concienciación y formación respecto a la relevancia de la eficiencia energética.
I4	No hay suficiente cohesión y comunicación entre las diferentes organizaciones implicadas en las actividades portuarias para gestionar la energía.
I5	No hay suficiente coordinación y gestión de los intereses comunes en el área energética.
I6	Datos e información pública limitada sobre la gestión energética en puertos de contenedores.
I7	No hay información completa, basada en indicadores, detallada (y desglosada por los servicios ofrecidos a los clientes), real y actualizada basada en un conjunto de indicadores comunes (para permitir la comparación entre puertos) y respecto a todas las áreas: operacional, energía y medio ambiente.
I8	No hay evidencia del uso equilibrado de energías ecológicas, incluyendo junto a la energía eléctrica, recursos de energía renovable para el auto-consumo dentro del área portuaria.
I9	No hay suficiente control del nivel de consumo de energía, ni sobre los costos y gastos que este consume representa.
I10	No hay una forma y unidades consensuadas para medir los diferentes aspectos ambientales en puertos de contenedores.
I11	No hay suficiente uso del estándar EMAS como medio de gestión ambiental.
I12	No hay suficiente evidencia de la colaboración e integración entre diferentes grupos de interés respecto a la gestión ambiental.
I13	Fuerte Resistencia a compartir o hacer públicos datos relativos a las áreas ambiental o de energía.
I14	(En general) No demasiados puertos del Mediterráneo participan en redes internacionales o plataformas para mejorar su gestión y compartir buenas prácticas (IAPH- World Ports Climate Initiative, ECOPORTS, etc.)
I15	No hay suficiente vínculo (ej.: a través de tecnologías de Sistemas Inteligentes de Transporte o Centros de Gestión del Transporte conectados) con la infraestructura de carretera más cercana y/o la red nacional de carreteras.
I16	No hay suficiente infraestructura vinculando el Puerto con la red de ferrocarril interior.
I17	No hay o limitado uso de modernas herramientas de las tecnologías de la información y las comunicaciones para conectar con los transitarios de la mercancía y compañías logísticas para determinar la hora precisa de llegada o salida de camiones desde o a la terminal de contenedores, generando con ello congestión y por lo tanto huella de carbono y de ruido.
I18	Sensorización limitada de las grúas de patio, grúas de muelle, reach stackers y camiones resultando en una incapacidad para registrar el consumo de combustible, movimientos operacionales y por lo tanto la recogida de datos sobre consumo energético e impacto ambiental.
I19	Bajo nivel de automatización y sensorización de los pódicos de patio, grúas de muelle, reach stacker y camiones resultando una ineficiencia operativa y el aumento de requisitos de personal para la planificación
I20	No hay o uso limitado de planes concretos y ecológicos de gestión de residuos de barcos y de mercancías.
I21	Uso limitado de las tecnologías de la información y las comunicaciones (OCR, CCTV, escáner para la ruta segura de la mercancía) para mejorar la seguridad en el patio de contenedores sin la necesidad de la inspección manual de cargas.
I22	Limitaciones de infraestructuras (Ej.: Longitud de muelle limitada) para facilitar el atraque de buques nodrizas.

Id	Problema, barrera, vacío o desventaja
I23	Escasez de conexiones entre los sistemas existentes de la comunidad portuaria con sistemas más amplios a nivel del Mediterráneo o europeos.
I24	No hay suficiente infraestructura para disponer de amplias capacidades de almacenamiento dentro de la terminal portuaria, lo que lleva a un número máximo de contenedores que el puerto puede albergar / almacenar en cualquier momento.
I25	No hay suficiente coordinación con los responsables políticos en relación a la expansión de la infraestructura, no solo del Puerto mismo, sino también de las conexiones hinterland (carretera, ferrocarril)
I26	Inadecuada legislación para abordar la mejora de la automatización en las terminales de contenedores e ineficientes comunicaciones con la autoridad portuaria con los responsables políticos clave.
I27	Escasez de control de la energía y de sistemas de gestión para controlar el consume de energía de los contenedores refrigerados para asegurar una facturación más exacta y con propósito de medir la huella energética.
I28	No hay o limitado nivel de confianza entre las Autoridades Portuarias y las organizaciones relacionadas (Ej.: transitarios, compañías logísticas) para compartir datos respecto al desembolso de crédito, créditos pedidos, llegadas de contenedores y envíos.
I29	Limitado nivel de integración entre las tres áreas (operacional, energía y medio ambiente) en las Autoridades Portuarias.
I30	No hay suficiente infraestructura apropiada que permita el transporte por carretera vía ferrocarril o carretera y, en una menor extensión, de aquella relacionada con las actividades logísticas y productivas y con el transporte marítimo.
I31	No hay una suficiente superestructura apropiada para las actividades logísticas que proporcionan valor añadido a las mercancías y para las actividades relacionadas con la manufactura/fabricación de mercancía que podría ser conteneizada, así como de aquella relacionada con el almacenamiento.
I32	No hay suficiente capital humano en relación al transbordo de mercancía.
I33	No hay suficiente competencia interna en relación al transporte por ferrocarril y con la accesibilidad marítima de los buques.
I34	No hay suficiente actuación del gobierno central en relación al transporte por ferrocarril.
I35	Percepción de demasiadas emisiones al aire en relación al transporte marítimo y terrestre.
I36	Percepción de demasiados residuos sólidos y líquidos en relación al transporte por carretera.
I37	Percepción de demasiado consumo energético relacionado con el transporte energía.
I38	Escasez de sistemas de control ambientales integrados, a tiempo y de acceso libre.

Fuente: Elaboración propia a partir del proyecto SMARTPORT (COM&CAP Marina Med, 2015).

Tabla 10. Principales barreras y gaps al desarrollo de los puertos del Mediterráneo respecto al concepto smart port.

- Elaboración de una propuesta con futuras líneas de acción que permitiera a la Unión Europea a través del Programa MED promover la evolución de los puertos en este concepto. La Figura 11 muestra las 8 líneas de acción que fueron propuestas.



Fuente: SMARTPORT (COM&CAP Marina Med, 2015).

Figura 3. Esquema de las líneas futuras de acción propuestas para mejorar en el concepto smart port.

2. OBJETIVOS Y ENFOQUE METODOLÓGICO

Teniendo todo lo anterior en cuenta, se plantea el desarrollo de la presente tesis doctoral con el objetivo general de poder llegar a ofrecer sugerencias para la mejora del papel de liderazgo de los puertos de contenedores del sur de Europa y su consolidación como principal entrada a los grandes centros de consumo europeos, por encima incluso de los puertos del norte. Así mismo, como fin último se busca contribuir a determinar medidas que impulsen el uso del transporte marítimo sobre el de carretera y a un desarrollo socio-económico más equilibrado en Europa, que viene a ser una necesidad expresada por la Unión Europea a través de diversos documentos oficiales y convocatorias específicas (European Union, 2013).

Para ello, y sobre la base de un concepto holístico de *smart port* que abarque aspectos operativos, energéticos y ambientales, la presente tesis doctoral se plantea, por un lado continuar con el trabajo realizado en el marco del proyecto *SMARTPORT*, y por otro, contrastar sus hallazgos mediante la aplicación de otras técnicas alternativas a las utilizadas en dicho proyecto. De esta manera, los objetivos específicos marcados son:

- Analizar la relación entre el concepto *smart port* y el Modelo EFQM de Excelencia, desde el convencimiento de que el camino hacia mayores niveles de *smart port* contribuirán a que los puertos sean más excelentes.
- Analizar la importancia relativa de las áreas y factores que determinan un *smart port* en el marco de un puerto de contenedores del Mediterráneo, considerando aspectos operativos, ambientales y energéticos.
- Definir líneas de acción que permitirán a los puertos de contenedores del Mediterráneo afrontar el reto de llegar a ser un *smart port*.
- Realizar una propuesta de acción metodológica hacia una gestión integrada y sostenible de los puertos de contenedores del Mediterráneo.

Para ello, la tesis parte del modelo *smart port* de Buiza et al. (2015) debido a que:

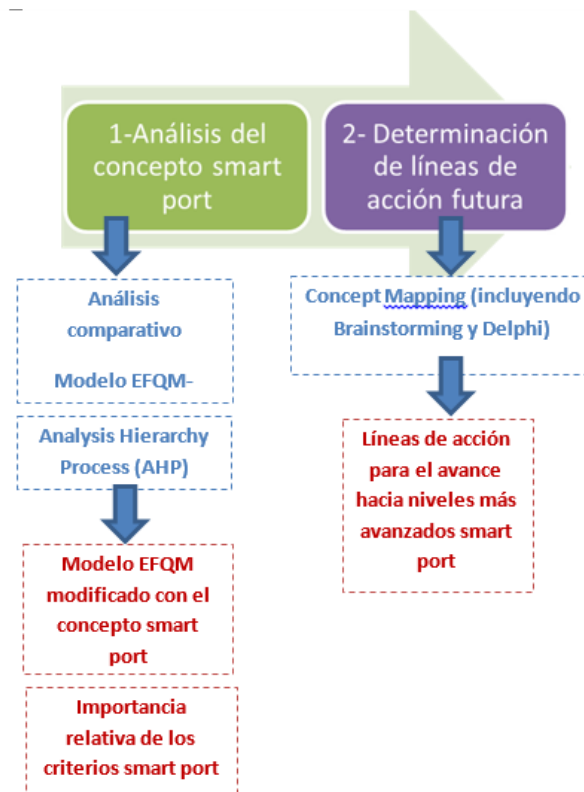
- Está centrado en puertos de contenedores del Mediterráneo.
- Se basa en factores descritos cuantitativamente mediante indicadores que pueden obtenerse en base a datos no confidenciales y en general a través de fuentes públicas.
- Engloba aspectos operativos, energéticos y ambientales, pudiéndose considerar lo suficientemente completo, aún careciendo de otras perspectivas como la socio-económica o de innovación.
- Se alinea con la Estrategia Europea H2020 (European Parliament and the Council of the European Union, 2013) para contribuir al desarrollo sostenible, la adopción de nuevos modelos de gestión energéticos basados en impactos ambientales reducidos y el impulso de la innovación en tecnologías y procesos.

La metodología general del trabajo que se aplica está basada en una estructura *road map* donde se consideran dos grandes pasos claves:

- Análisis detallado de un modelo de referencia, que en este caso se basa en el concepto *smart port* mencionado anteriormente.

- Determinación de líneas de acción futuras para mejorar en el marco de dicho modelo, a partir de la relación de barreras y obstáculos a los que deben enfrentarse los puertos.

En este contexto, la confianza de los resultados viene garantizada por las entidades que han colaborado en el trabajo (Universidades, asociaciones empresariales, autoridades regionales, gestores de terminales de contenedores, Autoridades Portuarias, etc.) las cuales han sido seleccionadas de forma muy estricta y cuidadosa, prestando especial atención a su experiencia previa en proyectos internacionales, así como en sus conocimientos y habilidades. Su naturaleza de carácter científico y técnico, y su procedencia, tanto del sector privado como público, permite la aplicación de procesos de análisis específicos (*DELPHI*, *Analysis Hierarchy Process (AHP)*, *BRAINSTORMING* y *CONCEPT MAPPING*) bajo criterios de rigurosidad científica. La Figura 4 muestra un esquema de las dos fases del estudio y las técnicas utilizadas en cada una:



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Esquema de las fases, técnicas y resultados del estudio.

De esta manera el contenido de cada una de las fases es el siguiente:

- Análisis del concepto *smart port*, donde se ahonda en su sentido desde la perspectiva del Modelo EFQM de Excelencia y se aplica AHP para llegar a calcular la importancia relativa de cada uno de los factores considerados en dicho concepto.

- Determinación de líneas clave de acción futura, donde, a partir de las barreras y obstáculos existentes para alcanzar niveles más altos como *smart port*, se aplica la técnica *Concept Mapping* entre profesionales expertos del sector (incluyendo la aplicación de *Brainstorming* y *Delphi*) y se sugieren líneas de acción futura para que los puertos del Mediterráneo puedan alcanzar mejores cuotas en el concepto *smart port*.

Se describe a continuación con mayor detalle cada una de estas fases, de las que se indicará la metodología y materiales utilizados y los resultados obtenidos.

3. ANÁLISIS EFQM DEL CONCEPTO *SMART PORT*

Una vez descrito el estado actual del ámbito de estudio que se aborda y los objetivos, alcance y enfoque metodológico de la tesis doctoral, en este apartado, se analiza el concepto *smart port* desde la perspectiva del Modelo EFQM de Excelencia, como principal referencia existente en materia de gestión empresarial en Europa. Para ello, se introduce brevementemente una descripción del Modelo EFQM y posteriormente se realiza un análisis comparativo entre ambas referencias.

3.1. El Modelo EFQM de Excelencia

Para alcanzar el éxito las organizaciones necesitan establecer un sistema de gestión apropiado adaptado a sus intereses (misión, visión, valores, estrategias, metas y objetivos) y características (actividades, métodos, organización, procedimientos, etc.). El Modelo EFQM de Excelencia se define como un instrumento práctico y no prescriptivo que da respuesta a esta necesidad de las organizaciones y les permite: a) Evaluar dónde se encuentran en su camino hacia la excelencia; b) Disponer de un lenguaje único en relación a su gestión; c) Integrar las iniciativas en marcha y las planificadas (por ejemplo: sistemas de gestión que tengan implantados según estándares tales como ISO 9001, ISO 14001, OHSAS, etc.), eliminando duplicidades; d) Disponer de una estructura básica sobre la que construir su sistema de gestión (EFQM, 2013).

En definitiva, el Modelo EFQM proporciona una visión y estructura global de la organización que facilita la integración de otros métodos y herramientas utilizadas por la misma, de manera que se complementen y supongan un valor real para ella.

De alguna manera podría decirse que el Modelo EFQM dibuja ante las organizaciones el modelo de una organización excelente y les ofrece a éstas una herramienta que les permite medir lo lejos o lo cerca que se encuentran de dicho modelo, aportándoles una guía para acercarse cada vez más a éste. Adicionalmente, el Modelo EFQM puede ser utilizado para reconocer y fomentar este acercamiento.

Para ello, el Modelo EFQM define una organización excelente como aquella que “logra y mantiene niveles sobresalientes de rendimiento satisfaciendo o incluso excediendo las expectativas de todos sus grupos de interés”, y se materializa a través de tres componentes:

- Conceptos Fundamentales de la Excelencia, que vienen a ser principios esenciales para alcanzar el éxito sostenido. Estos conceptos son los siguientes: a) Mantener en el tiempo resultados sobresalientes; b) Añadir valor para los clientes; c) Liderar con visión, inspiración e integridad; d) Gestionar con agilidad; e) Alcanzar el

éxito mediante el talento de las personas; f) Aprovechar la creatividad y la innovación; g) Desarrollar la capacidad de la organización; h) Crear un futuro sostenible.

- Esquema Lógico REDER, herramienta de gestión y esquema dinámico de evaluación que permite analizar el rendimiento sostenido de una organización. Según éste, cualquier iniciativa en una organización excelente debe conllevar los siguientes cuatro pasos: Determinar qué resultados quiere lograr (Resultados requeridos); Planificar y desarrollar los enfoques que le lleven a obtener esos resultados (tanto ahora como en el futuro); Desplegar los enfoques de manera sistemática; y Evaluar, revisar y perfeccionar los enfoques desplegados en base al seguimiento y el análisis de los resultados alcanzados y en las actividades continuas de aprendizaje.
- Modelo EFQM de Excelencia, marco conceptual que ayuda a los gestores a comprender las relaciones causa-efecto entre lo que la organización hace y los resultados que alcanza. El Modelo EFQM aporta directrices para hacer realidad los Conceptos Fundamentales de la Excelencia en la organización e incluye al denominado “Esquema Lógico REDER” como herramienta de evaluación del grado de excelencia que se alcance.

Utilizar adecuadamente el Modelo EFQM de Excelencia, el Esquema Lógico REDER y los Conceptos Fundamentales de la Excelencia garantiza que las prácticas de gestión formen un sistema coherente que se mejora de forma continua y que hace realidad la estrategia de la organización.

En concreto, el Modelo EFQM está constituido por nueve criterios, divididos en dos grupos: Agentes facilitadores y Resultados (Figura 5):

- Agentes facilitadores, que tratan sobre lo que la organización hace, y se mejoran utilizando la información procedente de los Resultados. Los criterios “Agentes facilitadores” del Modelo EFQM son: 1-Liderazgo; 2-Estrategia; 3-Personas; 4-Alianzas y recursos; 5-Procesos, productos y servicios.
- Resultados, que tratan sobre lo que la organización logra y cómo lo logra, y que son consecuencia de los “agentes facilitadores”. Los criterios “Resultados” del Modelo EFQM son: 6-Resultados en los clientes; 7-Resultados en las personas; 8-Resultados en la Sociedad; 9-Resultados clave.

En todo ello, el aprendizaje, la creatividad y la innovación permiten mejorar los “Agentes facilitadores” que, a su vez, dan lugar a una mejora de los “Resultados”.

Cada criterio del Modelo EFQM tiene un peso dentro del modelo, una definición que explica su significado de forma general y una serie de subcriterios que describen con más detalle lo que podría ser característico de una organización excelente. Cada subcriterio incluye a su vez una serie de elementos a considerar que aportan ejemplos.



Fuente: EFQM (2013).

Figura 5. Esquema del Modelo EFQM de Excelencia.

A continuación se ofrece una breve descripción de cada uno de los criterios del Modelo EFQM:

- **Criterio 1. Liderazgo:** Los líderes de las organizaciones excelentes dan forma al futuro y lo hacen realidad, actuando como modelos de referencia de sus valores y principios éticos e inspirando confianza en todo momento.
- **Criterio 2. Estrategia:** Las organizaciones excelentes implantan su misión y visión desarrollando una estrategia centrada en sus grupos de interés. Dicha estrategia se hace realidad a través del desarrollo y despliegue de políticas, planes, objetivos y procesos.
- **Criterio 3. Personas:** En las organizaciones excelentes las personas son valoradas y se crea una cultura que permite lograr los objetivos personales y los de la organización de manera beneficiosa para ambos. Se desarrollan las capacidades de las personas y se fomenta la justicia y la igualdad. Además, se motiva a las personas y se favorece que utilicen sus capacidades y conocimientos en beneficio de la organización a través de la comunicación, la recompensa y el reconocimiento.
- **Criterio 4. Alianzas y recursos:** Las organizaciones excelentes planifican y gestionan las alianzas externas, proveedores y recursos internos para apoyar el despliegue y ejecución de la estrategia general y sus políticas, así como para lograr el eficaz funcionamiento de los procesos. Se asegura además la eficaz gestión del impacto social y ambiental.
- **Criterio 5. Procesos, productos y servicios:** Las organizaciones excelentes diseñan, gestionan y mejoran sus procesos, productos y servicios para generar cada vez más valor para sus clientes y otros grupos de interés.
- **Criterio 6. Resultados en los clientes:** Las organizaciones excelentes desarrollan y acuerdan indicadores de rendimiento y resultados finales, basados en las necesidades y expectativas de sus clientes, para determinar el éxito de su estrategia y políticas.

- Criterio 7: Resultados en las personas: Las organizaciones excelentes desarrollan y acuerdan indicadores de rendimiento y finales basados en las necesidades y expectativas de las personas, para determinar el éxito del despliegue de su estrategia y políticas.
- Criterio 8: Resultados en la sociedad: Las organizaciones excelentes desarrollan y acuerdan indicadores de rendimiento y finales basados en las necesidades y expectativas de los grupos de interés externos relevantes, para determinar el éxito del despliegue de su estrategia y políticas.
- Criterio 9: Resultados clave: Las organizaciones excelentes desarrollan y acuerdan indicadores clave económico-financieros y no económicos, basados en las necesidades y expectativas de los grupos de interés clave, con el fin de determinar el éxito del despliegue de su estrategia.

La siguiente tabla (Tabla 11) muestra el conjunto de subcriterios del Modelo EFQM para cada criterio:

Criterio EFQM	Subcriterios EFQM
Criterio 1: Liderazgo	1a. Los líderes desarrollan la Misión, Visión, valores y principios éticos y actúan como modelos de referencia.
	1b. Los líderes definen, supervisan, revisan e impulsan tanto la mejora del Sistema de gestión de la organización como su rendimiento.
	1c. Los líderes se implican con los grupos de interés externos.
	1d. Los líderes refuerzan una cultura de excelencia entre las personas de la organización.
	1e. Los líderes se aseguran de que la organización sea flexible y gestionan el cambio de manera eficaz.
Criterio 2. Estrategia	2a. La estrategia se basa en comprender las necesidades y expectativas de los grupos de interés y del entorno externo.
	2b. La estrategia se basa en comprender el rendimiento de la organización y sus capacidades.
	2c. La estrategia y sus políticas de apoyo se desarrollan, revisan y actualizan.
	2d. La estrategia y sus políticas de apoyo se comunican, implantan y supervisan.
Criterio 3. Personas	3a. Los planes de gestión de las personas apoyan la estrategia de la organización.
	3b. Se desarrolla el conocimiento y las capacidades de las personas.
	3c. Las personas están alineadas con las necesidades de la organización, implicadas y asumen su responsabilidad.
	3d. Las personas se comunican eficazmente en toda la organización.
	3e. Recompensa, reconocimiento y atención a las personas de la organización.
Criterio 4. Alianzas y recursos	4a. Gestión de partners y proveedores para obtener un beneficio sostenible.
	4b. Gestión de los recursos económico-financieros para asegurar un éxito sostenido.
	4c. Gestión sostenible de edificios, equipos, materiales y recursos naturales.
	4d. Gestión de la tecnología para hacer realidad la estrategia.
	4e. Gestión de la información y el conocimiento para apoyar una eficaz toma de decisiones y construir las capacidades de la organización.
Criterio 5. Procesos, productos y servicios	5a. Los procesos se diseñan y gestionan a fin de optimizar el valor para los grupos de interés.
	5b. Los productos y servicios se desarrollan para dar un valor óptimo a los clientes.
	5c. Los productos y servicios se promocionan y ponen en el mercado eficazmente.
	5d. Los productos y servicios se producen, distribuyen y gestionan.
	5e. Las relaciones con los clientes se gestionan y mejoran.
Criterio 6. Resultados en los clientes	6a. Percepciones.
	6b. Indicadores de rendimiento.
Criterio 7. Resultados en las personas	7a. Percepciones.
	7b. Indicadores de rendimiento.
	8a. Percepciones

Criterio EFQM	Subcriterios EFQM
Criterio 8. Resultados en la sociedad	8b. Indicadores de rendimiento
Criterio 9. Resultados clave	9a. Resultados clave de la actividad
	9b. Indicadores clave de rendimiento de la actividad

Fuente: Elaboración propia a partir del EFQM (2013).

Tabla 11. Esquema de criterios y subcriterios del Modelo EFQM de Excelencia.

El Modelo EFQM establece que en el marco de todos los criterios de Resultados (del 6 al 9), las organizaciones excelentes utilizan indicadores de percepción y de rendimiento basados en las necesidades y expectativas de sus clientes y definen objetivos claros para ellos en línea con su estrategia; segmentan los resultados para entender la experiencia, necesidades y expectativas de grupos de interés específicos; demuestran que sus resultados son positivos o sostenidos durante al menos 3 años; entienden claramente las razones y factores clave que impulsan las tendencias observadas y el impacto que estos resultados tienen sobre otros; comprenden y anticipan el rendimiento y los resultados futuros; saben interpretar las comparaciones de sus resultados con los de organizaciones similares y, donde es relevante, utilizan estos datos para establecer objetivos.

Por último es preciso mencionar que el Modelo EFQM es utilizado en el sector portuario desde hace años, encontrándose ejemplos de su aplicación en el puerto del Ferrol, Castellón, Gijón, Tarragona, entre otros.

3.2. Correspondencia entre los criterios y subcriterios del Modelo EFQM y el concepto *smart port*

Teniendo en cuenta que:

- El fin último del Modelo EFQM, en base a lo expuesto previamente, es ayudar a las organizaciones a alcanzar niveles superiores de excelencia, independientemente de su sector y de su tamaño.
- El concepto *smart port*, descrito en apartados anteriores, proporciona una guía para llegar a ser un ejemplo de puerto inteligente, sostenible e integrado en la redes logísticas, eficiente, competitivo (gracias a las tecnologías y a la automatización) y respetuoso con el medio ambiente.

resulta imprescindible ahondar en las relaciones que puedan existir entre ambos entes (Modelo EFQM y concepto *smart port*) con objeto de buscar concordancias o puntos en común y sinergias entre el hecho de que un puerto desee alcanzar un mayor nivel de *smart port* y alcanzar un mayor grado de excelencia.

En las tablas siguientes (Tabla 12, 13 y 14) se hace corresponder cada factor e indicador del concepto *smart port* con los criterios del Modelo EFQM.

Factor <i>smart port</i>	Indicadores <i>smart port</i>	Principales criterios Agente EFQM vinculados	Principales subcriterios Agente EFQM vinculados	Principales criterios Resultado EFQM vinculados	Principales subcriterios Resultado EFQM vinculados
O.1. Longitud de muelle	O1.1. TEUs anuales/Metro de muelle	Criterio 2. Estrategia Criterio 4. Alianzas y recursos	2b 4c	Criterio 9. Resultados clave	9b
O2. Área de almacenamiento	O2.1. TEUs anuales/Área total de la terminal O2.2. TEUs anuales/Área total de almacenamiento o de patio O2.3. TEUs anuales/Área total de almacenamiento en el puerto y en hinterland O2.4. TEUs anuales/Número de terminales de contenedores O2.5. TEUs refrigerados anuales/Número total de puntos de conexión eléctricos para contenedores refrigerados (capacidad estática)	Criterio 2. Estrategia Criterio 4. Alianzas y recursos	2b 4a 4c	Criterio 9. Resultados clave	9b
O3. Capacidad para recibir grandes buques	O3.1. Longitud de muelle de más de 14 metros de profundidad/Total de longitud de muelles	Criterio 2. Estrategia Criterio 4. Alianzas y recursos	2b 4c	Criterio 9. Resultados clave	9b
O4. Tamaño y uso de la máxima capacidad	O4.1. TEUs anuales/Capacidad de contenedores de las terminales (capacidad estática) O4.2. Número medio de horas anuales de trabajo en las terminales O4.3. TEUs anuales/Número medio de horas de trabajo en las terminales	Criterio 2. Estrategia Criterio 4. Alianzas y recursos	2b 4a	Criterio 9. Resultados clave	9b
O.5. Nivel tecnológico	O5.1. Número de tecnologías de la información y comunicaciones que usan el Puerto y sus terminales y que ofrecen a la comunidad portuaria, entre las siguientes: Comunicaciones inalámbricas (ej.:PMR por voz, WiFi), comunicaciones por cable (ej.:PABX, FO network), RFID, OCR, CCTV, GNSS, DGNSS, etc.	Criterio 4. Alianzas y recursos	4d 4e	Criterio 9. Resultados clave	9b
O.6. Nivel de automatización	O6.1. TEUs anuales/Número de grúas de muelle O6.2. Porcentaje de grúas de muelle automatizadas O6.3. TEUs anuales/Número de grúas de patio O6.4. Porcentaje de grúas de patio automatizadas O6.5. TEUs anuales/Número de equipos para movimientos internos (camiones, shuttle, etc.) O6.6. Porcentaje de equipos para movimientos internos automatizados O6.7. Porcentaje total de grúas de muelle, grúas de patio y equipos para movimientos internos automatizados	Criterio 4. Alianzas y recursos Criterio 5. Procesos, productos y servicios	4d 5a	Criterio 9. Resultados clave	9b
O.7. Nivel de intermodalidad	O7.1. Magnitud de la infraestructura de ferrocarril (Total de vía en el Puerto/Área total de la terminal) O7.2. Uso de la intermodalidad-opción ferrocarril (TEUs transportados por ferrocarril/Total de TEUs) O7.3. Uso de la intermodalidad-opción carretera (TEUs transportados por carretera/Total de TEUs)	Criterio 2. Estrategia Criterio 4. Alianzas y recursos	2a 4a	Criterio 9. Resultados clave	9ª
O.8. Líneas que hacen escala en el Puerto	O8.1. TEUs totales/Número de consignatarios O8.2. Número de líneas principales/Número total de líneas O8.3. TEUs totales/Número de buques que paran en el Puerto	Criterio 5. Procesos, productos y servicios	5a 5b	Criterio 9. Resultados clave	9a

Factor <i>smart port</i>	Indicadores <i>smart port</i>	Principales criterios Agente EFQM vinculados	Principales subcriterios Agente EFQM vinculados	Principales criterios Resultado EFQM vinculados	Principales subcriterios Resultado EFQM vinculados
O.9. Sistemas de gestión de la calidad, la seguridad y la salud	O9.1. Número de certificados y acuerdos sobre seguridad O9.2. Número de certificados y acuerdos sobre calidad O9.3. Alcance de los certificados y acuerdos sobre calidad (% de actividades portuarias cubiertas) O9.4. Alcance de los certificados y acuerdos sobre seguridad (% de actividades portuarias cubiertas)	Criterio 1. Liderazgo Criterio 4. Alianzas y recursos Criterio 5. Procesos, productos y servicios	1b 4a 5d	Criterio 8. Resultados en la sociedad	8b

Fuente: Elaboración propia a partir de Buiza et al. (2015) y EFQM (2013).

Tabla 12. Correspondencia del área operacional del concepto *smart port* y los criterios del Modelo EFQM.

Factor <i>smart port</i>	Indicadores <i>smart port</i>	Principales criterios Agente EFQM vinculados	Principales subcriterios Agente EFQM vinculados	Principales criterios Resultado EFQM vinculados	Principales subcriterios Resultado EFQM vinculados
EN.1. Consumo total de energía (energía primaria)	EN1.1. Consumo total de energía por la autoridad portuaria/Área total del Puerto EN1.2. Consumo total de energía por las terminales de contenedores/Área total de las terminales	Criterio 4. Alianzas y recursos	4a 4c	Criterio 8. Resultados en la sociedad	8b
EN.2. Consumo energético por parte de los contenedores	EN2.1. Consumo total de energía/TEUs totales EN2.2. Consumo total de energía por parte de los contenedores refrigerados/Total de TEUs refrigerados	Criterio 4. Alianzas y recursos	4a 4c	Criterio 8. Resultados en la sociedad	8b
EN.3. Consumo energético de la flota interna de vehículos	EN3.1. Consumo total de energía por parte de la flota interna/Área total de terminal	Criterio 4. Alianzas y recursos	4a	Criterio 8. Resultados en la sociedad	8b
EN.4. Consumo energético por parte de las oficinas	EN4.1. Consumo total de energía por parte de los edificios de oficinas/Área de terminal	Criterio 4. Alianzas y recursos	4a	Criterio 8. Resultados en la sociedad	8b
EN.5. Consumo energético por parte del sistema de iluminación	EN5.1. Consumo total de energía por parte del sistema de iluminación/Área de terminal	Criterio 4. Alianzas y recursos	4a	Criterio 8. Resultados en la sociedad	8b
EN.6. Consumo energético por parte del equipo dedicado al movimiento de contenedores (grúas, etc.)	EN6.1. Consumo total de energía por parte del equipo dedicado al movimiento de contenedores de la terminal/TEUs EN6.2. Consumo total de energía por parte del equipo dedicado al movimiento de contenedores de la terminal/Área total de la terminal EN6.3. Consumo total de energía por parte de grúas/Número total de grúas	Criterio 4. Alianzas y recursos	4a	Criterio 8. Resultados en la sociedad	8b

Factor smart port	Indicadores smart port	Principales criterios Agente EFQM vinculados	Principales subcriterios Agente EFQM vinculados	Principales criterios Resultado EFQM vinculados	Principales subcriterios Resultado EFQM vinculados
EN.7. Uso de energía renovable	EN7.1. Porcentaje de combustibles procedentes de fuentes renovables gestionados por la autoridad portuaria EN7.2. Porcentaje de combustibles procedentes de recursos renovables gestionados por operadores de terminales EN7.3. Porcentaje de energía procedente de fuentes renovables gestionado por la autoridad portuaria EN7.4. Porcentaje de energía procedente de fuentes renovables gestionada por operadores de terminales	Criterio 4. Alianzas y recursos	4a 4c	Criterio 8. Resultados en la sociedad	8b
EN.8. Sistema de gestión energética	EN8.1. Número de certificados o acuerdos sobre gestión energética de acuerdo con estándares/(Número total de operadores de terminales +1) EN8.2. Actividades portuarias cubiertas por los sistemas de gestión energética (%).	Criterio 1. Liderazgo Criterio 4. Alianzas y recursos Criterio 5. Procesos, productos y servicios	1b 4a 4c 5d	Criterio 8. Resultados en la sociedad	8b

Fuente: Elaboración propia a partir de Buiza et al. (2015) y EFQM (2013).

Tabla 13. Correspondencia del área energía del concepto smart port y los criterios del Modelo EFQM.

Factor smart port	Indicadores smart port	Principales criterios Agente EFQM vinculados	Principales subcriterios Agente EFQM vinculados	Principales criterios Resultado EFQM vinculados	Principales subcriterios Resultado EFQM vinculados
EV.1. Sistemas de gestión ambiental	EV1.1. Número de sistemas de gestión basados en estándares internacionales (EMAS, ISO 14001) implementados por la autoridad portuaria y/o operadores de terminales/(Número total de operadores de terminales +1) EV1.2. Actividades portuarias cubiertas por los sistemas de gestión ambiental (%).	Criterio 1. Liderazgo Criterio 4. Alianzas y recursos Criterio 5. Procesos, productos y servicios	1b 4a 4c 5d	Criterio 8. Resultados en la sociedad	8b
EV.2. Gestión de residuos	EV2.1. Número de planes de gestión de residuos implantados por la autoridad portuaria y/o operadores de terminales/(Número total de operadores de terminales +1) EV2.2. Actividades portuarias cubiertas por los planes de gestión de residuos (%). EV2.3. Total de residuos generados por todas las actividades portuarias/Área total del Puerto EV2.4. Total de residuos generados por los operadores de terminales/TEUs EV2.5. Total de residuos generados por los barcos (MARPOL) -desagregado por tipo de residuo-/Buque EV2.6. Total de residuos peligrosos generados por las actividades portuarias –desagregadas por fuente-/Área total del Puerto	Criterio 2. Estrategia Criterio 4. Alianzas y recursos Criterio 5. Procesos, productos y servicios	2c 4a 4c 5d	Criterio 8. Resultados en la sociedad	8b

Factor smart port	Indicadores smart port	Principales criterios Agente EFQM vinculados	Principales subcriterios Agente EFQM vinculados	Principales criterios Resultado EFQM vinculados	Principales subcriterios Resultado EFQM vinculados
	EV2.7. Total de residuos peligrosos generados por los operadores de terminales –desagregados por fuente-/TEUs EV2.8. Total de residuos recogidos de forma selectiva (procedente de todas las actividades portuarias)/Área total del Puerto EV.2.9. Total de residuos generados que se destinan a reutilización, reciclaje y/o recuperación – desagregado por tipo de residuo-/Área total del Puerto				
EV.3. Gestión del agua	EV3.1. Consumo total de agua por todas las actividades portuarias/Área total del Puerto EV3.2. Consumo total del agua por los operadores de terminales/TEUs EV.3.3. Consumo total del agua por parte de los buques/Número de buques EV3.4. Volumen de agua reciclada consumida (en todo el área portuaria)/Volumen total de agua consumida EV3.5. Volumen toda de agua residual generada por todas las actividades portuarias/Área total del Puerto EV3.6. Volumen de agua residual generada por las terminales/TEUs EV3.7. Volumen de agua residual generada por todas las actividades portuarias tratada para su reutilización/Volumen total de agua residual generada en el Puerto	Criterio 2. Estrategia Criterio 4. Alianzas y recursos Criterio 5. Procesos, productos y servicios	2c 4a 4c 5d	Criterio 8. Resultados en la sociedad	8b
EV.4. Emisiones al aire	EV4.1. Número de sistemas de seguimiento para evaluar la calidad del aire en el área portuaria/Área total del Puerto EV4.2. Emisiones de gases invernadero de todas las actividades portuarias/Área total del Puerto (CO2 equivalentes Tons/m2).	Criterio 4. Alianzas y recursos	4c	Criterio 8. Resultados en la sociedad	8b
EV.5. Contaminación acústica	EV5.1. Lden – contaminación acústica de día EV5.2. Lnight* - contaminación acústica nocturna	Criterio 4. Alianzas y recursos	4c	Criterio 8. Resultados en la sociedad	8b
EV.6. Fugas y derrames de sustancias al mar	EV6.1. Total de fugas y derrames de sustancias contaminantes al mar/Número total de buques EV6.2. Número total de sistemas de seguimiento para evaluar la calidad del agua en el área portuaria/Número total de puntos de atraque	Criterio 4. Alianzas y recursos	4c	Criterio 8. Resultados en la sociedad	8b

Fuente: Elaboración propia a partir de Buiza et al. (2015) y EFQM (2013).

Tabla 14. Correspondencia del área medio ambiente del concepto smart port y los criterios del Modelo EFQM.

Ha de tenerse en cuenta en relación al contenido de las tablas anteriores, que realmente el concepto *smart port* se centra, tras una primera agrupación por factores, en indicadores de resultados, por lo que realmente hace hincapié de forma expresa en este tipo de criterios EFQM (criterios resultados). Sin embargo, es evidente que para llegar a esos resultados en los puertos, es necesario gestionar una serie de actividades, razón por la cual se han indicado en las tablas anteriores los criterios agentes del Modelo EFQM más vinculados a cada factor *smart port*.

Se observa que en general el concepto *smart port* mantiene vinculación fundamentalmente con los criterios 4, 8 y 9 del Modelo EFQM, siendo el vínculo con el criterio 1 (Liderazgo) meramente anecdótico (solo se produce tres veces).

La tabla siguiente (Tabla 15) recoge un detalle más profundo de los vínculos identificados.

Criterio <i>smart port</i>	Nº Total factores <i>smart port</i>	Principales criterios EFQM vinculados										
		Crit. 1	Crit. 2	Crit. 3	Crit. 4	Crit. 5	Total agentes	Crit. 6	Crit. 7	Crit. 8	Crit. 9	Total Resultados
Operacional	9	1	5	0	9	3	18	0	0	1	8	9
	39%	6%	28%	0%	50%	17%	100%	0%	0%	11%	89%	100%
Energía	8	1	0	0	8	1	10	0	0	8	0	8
	35%	10%	0%	0%	80%	10%	100%	0%	0%	100%	0%	100%
Medio Ambiente	6	1	2	0	6	3	12	0	0	6	0	6
	26%	8%	17%	0%	50%	25%	100%	0%	0%	100%	0%	100%
Total	23	3	7	0	23	7	40	0	0	15	8	23
	100%	8%	18%	0%	58%	18%	100%	0%	0%	65%	35%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15. Número y porcentaje de vínculos entre los criterios *smart port* y los criterios del Modelo EFQM.

La Tabla 15 muestra como es el criterio 4 (Alianzas y recursos) el criterio agente con el que mayores vínculos existen en cualquiera de las áreas de un *smart port* (operacional, energía o medio ambiente), y especialmente en el área de energía.

En relación a los criterios resultados, el área operacional muestra mayor vínculo con el criterio 9 (Resultados clave) mientras que las áreas de energía y medio ambiente lo muestran con el criterio 8 (Resultados en la sociedad).

Si se tiene en cuenta los subcriterios identificados como vinculados a los factores *smart port*, se encuentra como la Tabla 16 muestra que el subcriterio con que existe mayor vinculación identificada es con el 4a (31%) seguido por el 4c (25%).

El área operacional plantea unos vínculos más dispersos dentro de los subcriterios agentes del Modelo EFQM, mostrando mayor vínculo con 2b y 4c (20% cada uno). El área de energía muestra mayor vinculación con el criterio 4a (62%) y en menor medida con el 4c (23%). El área de medio ambiente presenta mayor vinculación con el subcriterio 4c (40%) y alguna vinculación con el 4a y 5d (20% cada uno).

Área <i>smart port</i>	Nº Total factores <i>smart port</i>	Principales subcriterios agentes EFQM vinculados											
		1b	2a	2b	2c	4a	4c	4d	4e	5a	5b	5d	Total agentes
Operacional	9	1	1	4	0	4	3	2	1	2	1	1	20
	39%	5%	5%	20%	0%	20%	15%	10%	5%	10%	5%	5%	100%
Energía	8	1	0	0	0	8	3	0	0	0	0	1	13
	35%	8%	0%	0%	0%	62%	23%	0%	0%	0%	0%	8%	100%
Medio Ambiente	6	1	0	0	2	3	6	0	0	0	0	3	15
	26%	7%	0%	0%	13%	20%	40%	0%	0%	0%	0%	20%	100%
Total	23	3	1	4	2	15	12	2	1	2	1	5	48
	100%	6%	2%	8%	4%	31%	25%	4%	2%	4%	2%	10%	100%

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16. Número y porcentaje de vínculos entre las áreas de un smart port y los subcriterios agentes del Modelo EFQM.

La siguiente tabla (Tabla 17) muestra los principales vínculos hallados con los subcriterios resultados.

Área <i>smart port</i>	Nº Total factores <i>smart port</i>	Principales subcriterios agentes EFQM vinculados			
		8b	9a	9b	Total resultados
Operacional	9	1	1	7	9
	39%	11%	11%	78%	100%
Energía	8	8	0	0	8
	35%	100%	0%	0%	100%
Medio Ambiente	6	6	0	0	6
	26%	100%	0%	0%	100%
Total	23	15	1	7	23
	100%	65%	4%	30%	100%

Fuente: Elaboración propia a partir de Buiza et al. (2015) y EFQM (2013).

Tabla 17. Número y porcentaje de vínculos entre las áreas de un smart port y los subcriterios resultados del Modelo EFQM.

Según muestra la Tabla 17, el área operacional muestra mayor vinculación con el subcriterio 9b (78%) y las áreas de energía y medio ambiente con el 8b (100% cada una). A nivel general son estos dos subcriterios los más relevantes y especialmente el 8b (65%).

En el Anexo 2 se han incluido la descripción de los subcriterios del Modelo EFQM que presentan mayor vínculo con el concepto *smart port*, incluyendo específicamente anotaciones procedentes de dicho concepto. De esta manera se pretende mejorar la complementariedad entre ambos (Modelo EFQM y concepto *smart port*) y facilitar su consideración por parte de las Autoridades Portuarias que deseen aplicar el Modelo EFQM sobre la base de dicho concepto.

4. IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS FACTORES QUE DETERMINAN UN SMART PORT

Una vez analizado el concepto *smart port* desde la perspectiva del Modelo EFQM de Excelencia, principal referencia en sistemas de gestión, se aborda el estudio de la importancia relativa de cada uno de los factores que lo determinan mediante la aplicación de AHP. Para ello, se presenta en primer lugar una descripción de AHP, para pasar a describir a continuación cómo se ha aplicado en el marco de la presente tesis doctoral y los resultados obtenidos.

4.1. Introducción al AHP

AHP es una técnica de evaluación multicriterio cuyas siglas provienen de su nombre en inglés *Analytics Hierarchy Process* (Saaty, 1980). Se trata de un procedimiento en que un grupo de expertos comparan aspectos por pares en base a una matriz cuadrada en la cual el número de filas y columnas está definido por el número de aspectos a comparar.

Entre los motivos que fundamentan la elección de este método en el marco de esta tesis doctoral destacan:

- AHP facilita la labor de los expertos, puesto que les permite valorar en base a múltiples criterios y de una manera sencilla en base a ejercicios de comparación.
- AHP proporciona un valor de consistencia de los juicios y valoraciones de cada experto, con lo que se conoce de manera objetiva la bondad de los juicios, pudiéndose actuar en aquellos casos en los que no se cumplan unos requisitos mínimos.

Se encuentran numerosas aplicaciones de AHP en la literatura en el sector portuario. Entre ellas se podrían destacar algunas como la realizada por Tongzon (2009) donde se evalúan los factores principales que influyen en la elección de un puerto desde la perspectiva del operador logístico. Este estudio concluye que la eficiencia es el factor más importante, seguido de la frecuencia de buques, la infraestructura y la localización.

Chou (2010) se plantea igualmente el tema de la elección del mejor puerto ante una región multi-puerto. Para ello, parte del hecho de que esta elección es tomada con el objetivo de reducir al máximo el coste del transporte. El estudio se plantea construir un modelo AHP para simular el comportamiento de un operador ante la elección de un puerto e identificar la importancia (expresa en peso relativo) de cada factor que influye en su decisión.

AHP se utiliza en la publicación de Yang et al (2014) para analizar los factores que influyen en el grado en los consignatarios u operadores de contenedores utilizan una determinada línea de navegación vinculada a un puerto. El estudio concluye identificando que los atributos que más influyen son la existencia de procedimientos aduaneros simplificados, tiempo de transbordo, un sistema favorable de tarifas portuarias y unas operaciones eficientes en la terminal.

Yeo y Song (2003) muestran los resultados de un estudio dirigido a averiguar, utilizando AHP, el orden de poder competitivo de los puertos de contenedores de las costas este y sur de China, incluyendo los puertos de Corea.

El objetivo del estudio de Yuen et al (2012) es explorar la importancia relativa de los factores que determinan la competitividad de un puerto de contenedores desde la perspectiva del usuario. Para ello utilizan como base los resultados de una encuesta realizada a expertos del sector a los que aplican la técnica AHP. Se evalúan además los puertos de Mainland China, Hong Kong y otros puertos asiáticos. Ellos afirman que el factor “coste en el puerto” es el factor que determina la competitividad del puerto desde la perspectiva de la naviera, mientras que la “localización del puerto” es el factor más importante para los transitarios y cargadores.

El estudio de Teng et al (2004) se centra en ocho puertos asiáticos y tras la aplicación de AHP, concluye que los criterios de evaluación de los puertos más usuales incluyen la calidad de la mano de obra, la liberalización económica, la estabilidad política, social y económica, la productividad interna, tiempo medio de servicio al buque en el puerto, radio de carga y descarga, capacidad de movimiento en la terminal, el coste de operación de los transitarios, las tarifas por servicios portuarios, el impacto del servicio de Aduanas y la relación entre flujos de entrada y salida.

Kim et al (2009) aplican la técnica AHP para analizar qué causas pueden llegar a motivar la alianza estratégica entre diferentes puertos. Entre las cuatro posibles motivaciones contempladas (la operacional, la de marketing, la económica y la estratégica), se encuentra que la económica es la más importante.

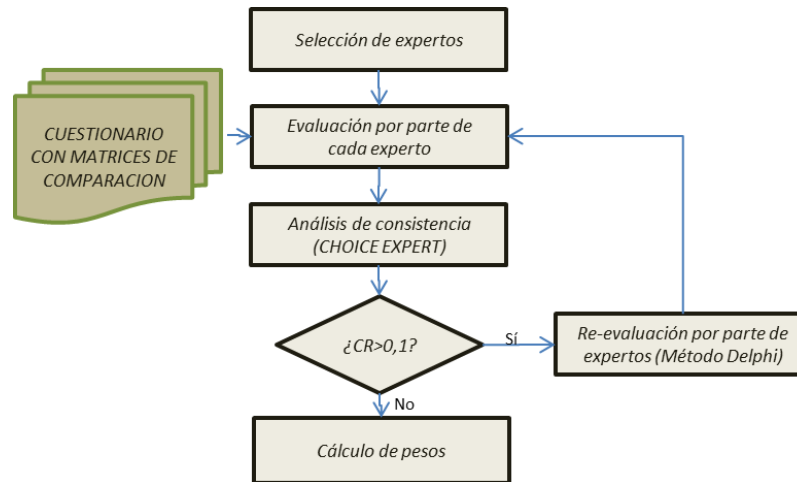
En el ámbito del área energética y ambiental, la literatura no muestra excesivas evidencias de la aplicación de AHP en el entorno portuario. Así por ejemplo, destaca el estudio realizado en el proyecto CLIMEPORT (Cloquell-Ballester et al, 2013) que en base a AHP establece una serie de buenas prácticas a llevar a cabo en los puertos participantes con objeto de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en puertos y zonas pertenecientes a los mismos.

Por otro lado, cabe destacar el estudio de Chiu et al (2014) donde se formula un modelo AHP difuso incluyendo cinco dimensiones y trece factores como guía para una operación portuaria “green”. Los resultados señalan como los cinco atributos prioritarios la gestión de los residuos peligrosos, la contaminación del aire, la contaminación del agua, la vegetación portuaria y el mantenimiento de la calidad del medio.

Teniendo en cuenta todo ello, se plantea la aplicación de AHP para obtener un valor de la importancia relativa de las distintas áreas y factores integrados en el concepto *smart port*. Ello hará posible enunciar sugerencias útiles para que Autoridades Portuarias y gestores de terminales de contenedores formulen estrategias que incrementen su consideración de *smart port* y mejoren su competitividad de forma integral y equilibrada.

4.2. Aplicación de AHP

La siguiente figura (Figura 6) resume la metodología general aplicada para el cálculo de los pesos o importancias relativas:



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Esquema de la metodología seguida para el cálculo de los pesos o importancias relativas.

A continuación se describe paso a paso la metodología representada en la figura anterior.

a) Selección de expertos.

El primer paso metodológico, la selección de los expertos que participarán en la aplicación de AHP es clave para asegurar el éxito del estudio.

Como indica Mengual (2011) se puede entender por experto tanto el individuo como el grupo de personas que son capaces de proporcionar valoraciones fiables sobre un problema, y al mismo tiempo hacen recomendaciones en función de un máximo de competencia.

Así, el presente trabajo se ha apoyado en la colaboración de 16 expertos de países como Grecia, España, Italia y Eslovenia, seleccionados prestando atención a su experiencia en proyectos europeos relacionados con la temática abordada. Concretamente, todos ellos han participado directa o indirectamente en el estudio del concepto *smart port* en que se basa en presente estudio y parten de un conocimiento amplio de la situación actual de los puertos del Mediterráneo y sus expectativas futuras, así como de las últimas tendencias existentes en el sector.

Los expertos participantes pertenecen a Autoridades Portuarias, terminales de contenedores, fundaciones o institutos vinculados a las Autoridades Portuarias para el desarrollo de servicios de I+D+i

entre otros, gobiernos regionales con competencias en la gestión portuaria, asociaciones empresariales vinculadas al sector portuario, centros tecnológicos y universidades.

b) *Evaluación por parte de cada experto.*

A cada experto se le ha pasado un cuestionario que refleja las cuatro matrices de valoración del estudio (“matrices de comparación” en la Figura 6 anterior). Todas ellas son matrices cuadradas donde aparecen tantas filas como columnas y como aspectos a comparar de manera que se facilita la comparación entre ellos. Es decir, en la celda (1,2) se indicará el resultado de comparar el aspecto 1 con el 2. La Tabla 18 muestra los aspectos que se comparan en cada una de las cuatro matrices y el objetivo de dicha comparación:

Matrices de valoración del estudio	Aspectos a comparar	Objetivo
1	Áreas: operacional, ambiental y energía.	Evaluar la importancia relativa entre las tres áreas, teniendo en cuenta su influencia en el nivel de <i>smart port</i> .
2	Factores que determinan la perspectiva operacional según Buiza et al (2015)	Evaluar la importancia relativa entre todos los factores, considerando su influencia en el Área de Operacional de un <i>smart port</i>
3	Factores que determinan la perspectiva energética según Buiza et al (2015)	Evaluar la importancia relativa entre todos los factores, considerando su influencia en el Área de Energía de un <i>smart port</i>
4	Factores que determinan la perspectiva ambiental según Buiza et al (2015).	Evaluar la importancia relativa entre todos los factores, considerando su influencia en el Área de Ambiental de un <i>smart port</i>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 18. Aspectos que se comparan en las matrices del estudio y objetivos.

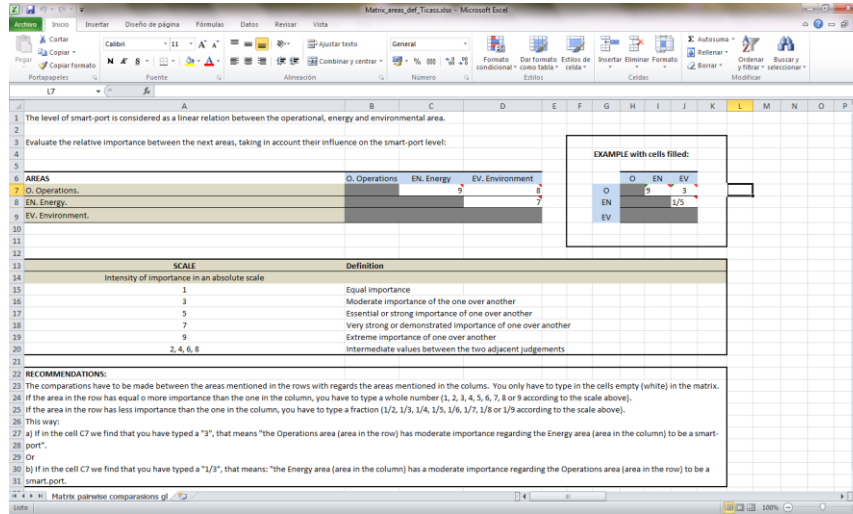
En cada matriz, el experto ha establecido sus juicios de valor a través de la escala numérica de Saaty (1980). Con esta escala se define la correspondencia entre las valoraciones cualitativas (que es el modo de pensar habitual de los expertos cuando realizan las comparaciones) y las asignaciones numéricas correspondientes, que son con las que se ha trabajado en el estudio (Tabla 19).

cij vale:	Cuando el aspecto i, al compararlo con j, es
1	Igualmente importante
3	Ligeramente más importante
5	Notablemente más importante
7	Demostablemente más importante
9	Absolutamente más importante
2,4,6 y 8	son valores intermedios

Fuente: Saaty (1980)

Tabla 19. Escala numérica de Saaty.

Como resultado de esta etapa se han obtenido cuatro matrices de cada experto. La Figura 7 muestra un ejemplo de matriz de comparación obtenida.



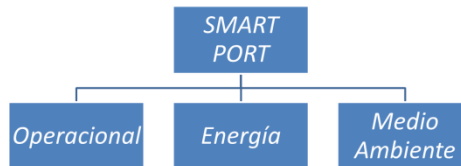
Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Ejemplo de matriz de comparación.

c) Análisis de consistencia.

Uno de los principales problemas de este método es la posible aparición de inconsistencias en los juicios del experto (que podría reflejar, por ejemplo, que el primer aspecto es mejor que el segundo aspecto, que el segundo aspecto es mejor que el tercer aspecto, y que el tercer aspecto es mejor que el primer aspecto). Es por ello que una vez realizadas todas las evaluaciones individuales de los expertos, se ha realizado un análisis de consistencia para todas las matrices de comparación (cuatro procedentes de cada experto).

Para ello se ha realizado una modelización de la jerarquía objeto del estudio, en la que se han incorporado los elementos principales del problema. El nodo más elevado de la jerarquía es la misión perseguida (por ejemplo, "llegar a ser un *smart port*", en Figura 8) y los nodos siguientes las alternativas que se evalúan (por ejemplo, "Operacional", "Energía" y "Medio Ambiente", en Figura 8). De igual manera, se ha diseñado la jerarquía para el Área Operacional, el Área Energía y el Área Medio Ambiente, teniendo en cuenta los factores identificados para cada una de ellas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Ejemplo de la primera jerarquía diseñada.

El método AHP mide la inconsistencia a través del uso del cociente de consistencia, CR (de sus siglas en inglés, Consistence Ratio), que es función de la dimensión de la matriz de comparación (n), de un índice aleatorio (de sus siglas en inglés, Random Index) y del autovalor dominante (λ_{max}):

$$CR = \frac{\lambda_{max} - n}{(n - 1)RI} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Los índices aleatorios (RI) para diferentes tamaños matriciales (n) han sido aproximados por Saaty (1980), basándose en experimentos simulados, tal y como se refleja en la Tabla 20.

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	...
RI	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	...

Fuente: Saaty (1980)

Tabla 20. Índices aleatorios (RI) en función del tamaño matricial (n).

Generalmente, un CR menor o igual que 0,11 es considerado aceptable, aunque algunos autores, como Saaty (1980), recomiendan hasta 0,9. En la presente tesis doctoral se ha considerado el umbral en 0,1, valor intermedio entre ambos y mejor que el considerado como aceptable. Cuando se ha excedido este límite, se ha procedido a solicitar una nueva evaluación al experto y a recalcular el CR, aplicando las pautas del método Delphi según recomienda (Landeta, 1999).

Una vez realizada la revisión de la matriz de comparación por parte del experto se ha vuelto a calcular el CR, debiéndose desestimar a aquellos expertos que no hayan conseguido llegar al umbral de consistencia. En la presente tesis doctoral esta situación sólo se ha dado en uno de los casos.

En esta fase del proyecto se ha utilizado el software Expert Choice. Existen distintos software de apoyo para la aplicación de AHP, pero Expert Choice ha sido utilizado en esta ocasión por ser un desarrollo comercial fácil de utilizar y del que existen numerosas demostraciones, tutoriales y versiones gratuitas, lo que permitirá su uso en distintos entornos portuarios.

De esta manera, una vez introducido el modelo de árbol o la jerarquía modelizada correspondiente (ver ejemplo en Figura 8), Expert Choice proporciona el valor de la consistencia (CR) de la matriz de comparación introducida para ese modelo.

d) Cálculo de pesos.

Expert Choice, no solamente proporciona los valores de CR, sino también los pesos de cada una de las variables que conforman la matriz, según la opinión del experto en cuestión.

Ello viene a corresponder en este caso con el peso de cada factor *smart port* asignado por parte de cada experto. A partir de ello, se ha procedido a obtener los valores globales, es decir, el peso de cada factor considerando la opinión de todos los expertos, como dicen Aldian y Taylor (2005).

Para ello, se ha procedido de la siguiente manera:

1. Con los pesos individuales (peso que cada experto otorga a cada factor *smart port* del modelo) se crea la matriz de decisión (Anexo 3). En este caso, se han creado cuatro matrices con una estructura como la que se muestra en la Tabla 21.

	Experto 1	Experto 2	Experto n
Factor 1				
Factor 2				
Factor n				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Ejemplo de matriz de decisión.

2. Creada dicha matriz, se ha calculado la matriz simétrica de coeficientes de correlación de los expertos (Tabla 22).

	Experto 1	Experto 2	Experto n
Experto 1	1	Coef. Correlacion(Experto1;Experto2)		Coef. Correlacion(Experto1;Experton)
Experto 2		1		Coef. Correlacion(Experto2;Experton)
Experto n			...	1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 22. Ejemplo de matriz de coeficientes de correlación de los expertos.

Y la matriz exponencial correspondiente (Tabla 23).

	Experto 1	Experto 2	Experto n
Experto 1	exp(1)	exp(Coef. Correlacion(Experto1;Experto2))		exp(Coef. Correlacion(Experto1;Experton))
Experto 2		exp(1)		exp(Coef. Correlacion(Experto2;Experton))
Experto n			...	exp(1)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 23. Ejemplo de matriz exponencial de la de coeficientes de correlación de los expertos.

3. A continuación se han calculado los vectores c_d y w_d mediante las ecuaciones (2) y (3):

$$c_d = [\sum_{l=1}^t \exp(r_{dl})] - \exp(r_{dd}) \quad (\text{Ecuación 2})$$

$$w_d = \frac{c_d}{\sum_{l=1}^t c_l} \quad (\text{Ecuación 3})$$

donde r_{dl} es el coeficiente de correlación entre experto d y el l , w_d es el peso de los expertos y t es el número de expertos.

4. Por último se han calculado los pesos locales de cada elemento según la Ecuación (4):

$$w_{jg} = [\sum_{d=1}^t (w_d w_{jd})] \quad (\text{Ecuación 4})$$

donde w_{jd} es el peso del elemento j con respecto al experto d .

5. Finalmente se ha calculado el peso global de cada elemento, multiplicando su peso por el peso del área (Operacional, Energía y Medio Ambiente) al que pertenece, según la jerarquía establecida. De esta manera se ha determinado la relevancia de cada factor.

4.3. Resultados

Este análisis más profundo del concepto *smart port* se dirige hacia el estudio de los pesos relativos de cada uno de sus criterios. Para ello se ha aplicado la metodología AHP según se ha descrito en el apartado anterior. Los resultados obtenidos son los siguientes:

La Tabla 24 muestra los pesos obtenidos para cada área del concepto *Smart port* estudiada:

Área en el concepto <i>Smart port</i>	Peso
Operacional	0,62
Energía	0,19
Medio Ambiente	0,19
Total	1,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 24. Pesos de cada área estudiada del concepto *smart port*.

Se observa cómo los expertos consideran el Área Operacional como el más importante y el que más influye en el nivel de *smart* en un puerto de contenedores (con un 62%). Las otras dos áreas (Energía y Medio Ambiente) tienen el mismo peso relativo entre sí (19%).

Cuando se ha preguntado sobre los diferentes factores definidos como determinantes del Área Operacional, los pesos obtenidos por cada uno de ellos se muestran en la Tabla 25:

Factores del Área Operacional	Peso
Longitud de muelle	0,10
Área de almacenamiento (área de patio)	0,10
Capacidad para recibir grandes buques	0,07
Tamaño y uso de la máxima capacidad	0,06
Nivel tecnológico	0,16
Nivel de automatización	0,15
Nivel de intermodalidad	0,15
Líneas que hacen escala en el Puerto	0,11
Sistemas de gestión de la calidad, la seguridad y la salud	0,10
Total	1,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 25. Pesos de cada factor del Área Operacional del concepto smart port.

Se observa cómo el “Nivel tecnológico”, el “Nivel de automatización” y el “Nivel de intermodalidad” son los factores que más influyen en el Área Operacional de un smart port, siendo el primero de ellos el más determinante.

Cabe recordar que el “Nivel tecnológico” se refiere al grado de implantación de tecnología de la información y las comunicaciones que usan el Puerto y sus terminales y que en general se ofrece a la comunidad portuaria (incluye: comunicaciones inalámbricas (ej.: PMR por voz, WiFi), comunicaciones por cable (ej.: PABX, FO network), RFID, OCR, CCTV, GNSS, DGNS, etc.), el “Nivel de automatización” se refiere al grado de implantación de grúas y maquinarias automatizadas, incluyendo: grúas de muelle, grúas de patio, equipos para movimientos internos de contenedores) y por último el “Nivel de intermodalidad” se refiere a la magnitud de la infraestructura de ferrocarril disponible en el puerto y al grado en que se usa esta capacidad.

Factores del Área de Energía	Peso
Consumo total de energía (energía primaria).	0,20
Consumo energético por parte de los contenedores.	0,08
Consumo energético de la flota interna de vehículos.	0,19
Consumo energético por parte de las oficinas.	0,07
Consumo energético por parte del sistema de iluminación.	0,12
Consumo energético por parte del equipo dedicado al movimiento de contenedores (grúas, etc.)	0,17
Uso de energía renovable.	0,08
Sistema de gestión energética.	0,09
Total	1,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 26. Pesos de cada factor del Área Energía del concepto smart port.

La Tabla 26 muestra como el consumo energético de la flota interna de vehículos y el de los equipos dedicados al movimiento de los contenedores son los más influyentes en el aspecto energético de un smart port. Estos dos

factores son seguidos muy de cerca por el consumo energético por parte del sistema de iluminación y en general por el consumo total de energía relacionado con el tráfico de contenedores.

Factores del Área de Medio Ambiente	Peso
Sistemas de gestión ambiental.	0,21
Gestión de residuos.	0,12
Gestión del agua.	0,11
Emisiones al aire.	0,17
Contaminación acústica.	0,15
Fugas y derrames de sustancias al mar.	0,24
Total	1,00

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 27. Pesos de cada factor del Área Medio Ambiente del concepto smart port.

En el Área Ambiental, la Tabla 27 muestra que las fugas y derrames de sustancias al mar, junto con la implantación de sistemas de gestión ambiental normalizados, son los dos factores que se identifican como más importantes. La gestión de los residuos y del agua son los que presentan menor índice de importancia.

Finalmente, la Tabla 28 muestra los pesos globales de cada uno de los factores identificados como influyentes en un *smart port*. Se aprecia que el factor más influyente en el “Nivel tecnológico”, seguido por “Nivel de automatización” y “Nivel de intermodalidad”. Se identifica como el factor menos determinante el “Consumo energético por parte de las oficinas”.

Factores del concepto Smart port	Peso global	Orden de importancia
Longitud de muelle	0,06	4°
Área de almacenamiento (área de patio)	0,06	4°
Capacidad para recibir grandes buques	0,05	5°
Tamaño y uso de la máxima capacidad	0,04	6°
Nivel tecnológico	0,10	1°
Nivel de automatización	0,09	2°
Nivel de intermodalidad	0,09	2°
Líneas que hacen escala en el Puerto	0,07	3°
Sistemas de gestión de la calidad, la seguridad y la salud	0,06	4°
Consumo total de energía (energía primaria)	0,04	6°
Consumo energético por parte de los contenedores	0,01	9°
Consumo energético de la flota interna de vehículos	0,04	6°
Consumo energético por parte de las oficinas	0,01	9°
Consumo energético por parte del sistema de iluminación	0,02	8°
Consumo energético por parte del equipo dedicado al movimiento de contenedores (grúas, etc.)	0,03	7°
Uso de energía removable	0,02	8°
Sistema de gestión energética	0,02	8°
Sistemas de gestión ambiental	0,04	6°
Gestión de residuos	0,03	7°
Gestión del agua	0,02	8°
Emisiones al aire	0,03	7°
Contaminación acústica	0,03	7°
Fugas y derrames de sustancias al mar	0,05	5°

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 28. Pesos globales de los factores del concepto smart port.

5. DETERMINACIÓN DE LÍNEAS DE ACCIÓN FUTURAS PARA ALCANZAR NIVELES MÁS ELEVADOS EN EL CONCEPTO *SMART PORT* EN EL MEDITERRÁNEO

Una vez analizado el concepto *smart port* en el marco del Modelo EFQM y definida la importancia relativa de cada una de las áreas y factores que lo determinan, este apartado se plantea como objetivo determinar líneas de acción futuras que permitan a los puertos del Mediterráneo en su conjunto, avanzar y alcanzar niveles más elevados en el concepto *smart port*. Para ello se aplica la técnica *Concept Mapping* tal como se describe a continuación.

5.1. Introducción al *Concept Mapping*

La metodología *Concept Mapping* aplicada en la presente tesis doctoral viene a ser una sistemática de conceptualización estructurada basada en la participación, y que puede ser utilizada para desarrollar el marco conceptual sobre el que gire la planificación de una determinada realidad, tal como es el caso.

Esta conceptualización consiste básicamente en la articulación de pensamientos, ideas u opiniones, y puede llegar a representarse de forma simplificada y objetiva mediante los llamados “mapas conceptuales” en base simultáneamente de datos e información cuantitativa y cualitativa (Trochim, 1986 y 1989).

La metodología *Concept Mapping* se emplea también con otras finalidades distintas a la planificación y la evaluación (Trochim, 2003; Anderson, 2006; Wu, 2006). Así, se puede utilizar para el desarrollo y validación de escalas de medida (Rosas, 2007), la elaboración de encuestas o instrumentos de medición (Jackson, 2002) e incluso para el desarrollo de modelos y la construcción de teorías (Nabitz, 2001). *Concept Mapping* ha sido utilizado con éxito en distintos ámbitos, como en la educación (Hughes, 2001), la transferencia de tecnología (Shern, 1995) y el turismo (Buiza et al., 2009).

En el apartado siguiente se describen las distintas etapas del *Concept Mapping* y cómo fueron aplicadas en el desarrollo de la presente tesis doctoral.

5.2. Aplicación del *Concept Mapping*

El proceso de aplicación del *Concept Mapping* consta básicamente de las siguientes fases:

- Preparación y planificación.
- Generación de ideas.
- Estructuración de las ideas.
- Representación de los ítems, interpretación y utilización de los mapas conceptuales.

A continuación se describe cada una de estas fases.

a) Preparación y planificación

La relevancia de esta etapa reside en el hecho de que en ella se seleccionan los profesionales o expertos que participan en el estudio, se define el dominio de la investigación o tema central y el calendario de las sesiones de grupo.

La experiencia demuestra que una conceptualización es mejor cuando en el proceso participa una amplia variedad de expertos (Delbecq, 1975). En este caso han participado 10 expertos europeos provenientes de las entidades participantes en el proyecto *SMARTPORT* (universidades, centros tecnológicos, asociaciones de empresas relacionadas con el sector portuario e institutos públicos de investigación). Su implicación en el proyecto *SMARTPORT* los hace especialmente idóneos para participar como expertos en un estudio de *Concept Mapping* como el actual y comprender el tema central a abordar en la sesión de trabajo.

b) Generación de ideas

Para la generación de ideas, los expertos fueron informados del tema central o dominio de la conceptualización (constructo) a tratar en la sesión de brainstorming, el cual fue: “*What problems, barriers, gaps or disadvantages prevent the Mediterranean container ports to become more smart port?*” (¿Qué problemas, barreras, vacíos o desventajas contribuyen a que los puertos de contenedores del Mediterráneo no lleguen a ser más *smart port*?).

De la sesión de trabajo celebrada con los expertos, junto con las conclusiones derivadas del estudio de situación de los puertos del Mediterráneo y la aplicación del método *Delphi*, se obtuvo un listado exhaustivo y real de 38 problemas, barreras, vacíos o desventajas que impiden a los puertos del Mediterráneo desarrollarse más en el concepto *smart port* definido. Este listado es el que se refleja en la Tabla 10 anterior.

c) Estructuración de las ideas

Una vez obtenido el conjunto de ideas o ítems que describen el dominio conceptual del tema propuesto, se necesita información sobre cómo éstos están relacionados entre sí y cuál es su ponderación en relación con el tema propuesto.

Para obtener esta información se ha facilitado a los expertos un fichero en formato Excel cuya primera columna contiene una lista con los 38 ítems. Junto a esta columna se han incluido dos más, bajo las denominaciones de “ponderación y “grupos”. La colaboración solicitada a los expertos ha consistido en que cada uno de forma individual ha debido:

- En la columna “ponderación” asignar a cada idea un valor representativo de la importancia que en su opinión tiene dicha idea de cara a explicar la cuestión sometida a estudio. Para ello los valores, de mayor a menor, a utilizar han sido:
 - 7. Trascendental

- 6. Muy importante
- 5. Importante
- 4. Importancia media
- 3. Algo importante
- 2. Poco importante
- 1. Intrascendente

Al asignar niveles de importancia a las ideas, los expertos han tenido que discriminar entre unas y otras y aplicar toda la escala anterior. Se ha evitado por tanto, asignar a todas las ideas puntuaciones similares. Del esfuerzo por discriminar entre unas ideas y otras depende en buena medida la idoneidad de los resultados finales del proceso de investigación.

- La segunda tarea solicitada a los expertos ha tenido que ver con la columna “grupos”, de manera que han tenido que crear tantos grupos de ideas como cada uno ha estimado oportuno, de manera que las que se incluyeran en cada grupo guarden entre sí, según su opinión, una estrecha relación. En este punto del estudio, debe evitarse crear tantos grupos como ideas hay en la lista (lo que supondría incluir sólo una idea por grupo), o crear un único grupo que contenga todas las ideas. Otra restricción es que una idea no puede formar parte de dos grupos a la vez.
- Por último, cada experto ha asignado una denominación o “etiqueta descriptiva” a cada uno de los grupos creados. Esas denominaciones deben reflejar de la manera más sintética posible lo que tienen en común las ideas incluidas en cada grupo.

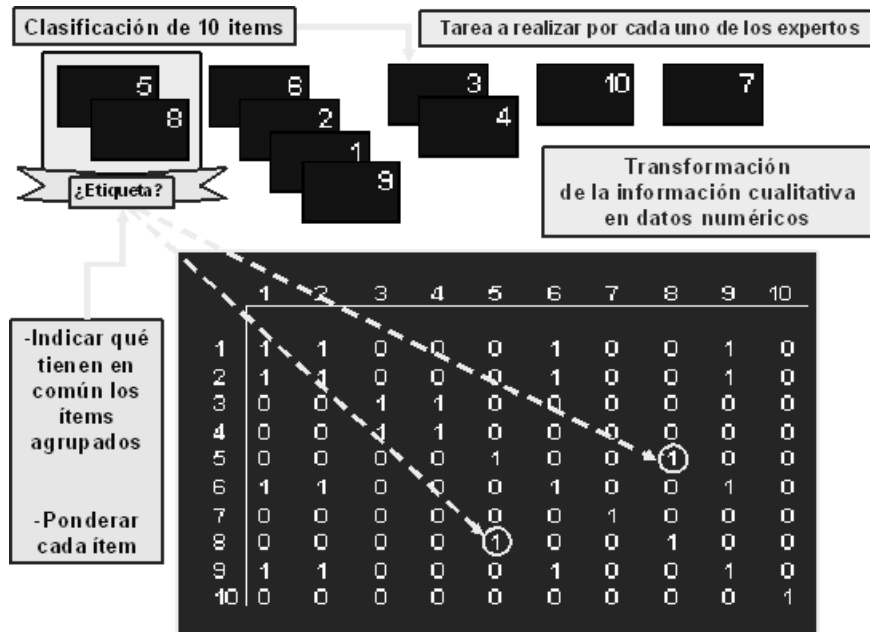
La Figura 9 muestra un ejemplo de la hoja de Excel utilizada por los expertos al realizar las tareas mencionadas anteriormente.

	LIST OF PROBLEMS/BARRIERS/GAPS/ISSUES/ADVANTAGES OF THE MEDITERRANEAN CONTAINER PORTS	WEIGHT	Nº of the Group	Scale for weights
1	Lack of public data about operational issues (refuel, TEES and electrical outlets for refuelers, total terminal area, total storage area + hinterland storage area, maximum capacity of the container terminals, technological facilities and level of automation, intermodality, certified management systems, etc.)	3	1	Relevant
2	It seems not to be usual the implementation of international standards to ensure the security in the supply chain (such as ISO 28000).	3	8	Very important
3	Low awareness and training regarding the relevance of the energy efficiency.	3	6	Important
4	No enough collection and communication between the different organizations involved in port activities to manage the energy.	5	4	Medium importance
5	No enough coordination and management of the common interests regarding the energy area.	4	4	Some important
6	Limited public data and information about the energy management in container ports.	5	1	Little important
7	No complete information, based on indicators, detailed (and broken down by services offered to clients), real and updated based on a set of common indicators (to allow comparison between ports) and regarding all the aspects: operational, energy and environment.	6	1	Irrelevant
8	No enough evidence of a balanced ecologic energy mix, including alongside the electric energy, renewable energy sources for self-consumption inside the port area.	5	5	
9	No enough control about energy consumption level, and neither about costs and expenditures that this consumption represents.	6	1	
10	There is not a consensual way and units to measure the different environmental aspects in container ports.	6	1	
11	Missing information about the energy management in container ports.	4	8	

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Ejemplo de hoja de Excel utilizada por los expertos en el ejercicio de agrupación, ponderación y asignación de etiquetas a los grupos creados.

Cuando cada experto ha completado esta tarea de agrupación y ha ponderado todos los ítems, los resultados deben combinarse con los del resto de participantes. Esto se lleva a cabo en dos fases: (1) los resultados de las agrupaciones de cada persona se colocan en una matriz cuadrada que tiene tantas filas y columnas como ítems haya. Todos los valores de la matriz son “0” y “1”. Un “1” indica que los ítems de esa fila y columna fueron situados juntos por ese experto (juntos en un grupo), mientras que el “0” indica que no fueron ubicados en el mismo grupo. Los valores de la diagonal principal son siempre “1”, ya que cada ítem siempre se considera agrupado consigo mismo (Figura 10). De esta forma se consigue pasar de información cualitativa a cuantitativa.



Fuente: Trochim y Linton (1986).

Figura 10. Ejemplo de agrupación de un experto.

A continuación, se suman las matrices de las agrupaciones individuales para obtener una matriz de similitud del grupo. Esta matriz también tiene tantas filas y columnas como ítems. Sin embargo, aquí el valor en la matriz para cada par de ítems indica cuántos expertos colocaron ese par de ítems en el mismo grupo, independientemente del significado que cada experto le diera al grupo. Los valores de la diagonal principal suman siempre el número de expertos que realizaron la agrupación. En esta matriz de similitud de grupo los valores pueden variar desde cero hasta el número de expertos que participaron en esta fase. Esta última matriz de similitud se considera como la estructura relacional del dominio conceptual, ya que proporciona información sobre cómo los participantes agruparon los ítems. Un alto valor en esta matriz indica que muchos participantes colocaron juntos ese par de ítems, lo que implica que esos ítems son conceptualmente similares. Por otra parte, un bajo valor indica que ese par de ítems rara vez fueron colocados juntos, lo que implica que son conceptualmente distintos. La mayor ventaja del procedimiento de agrupación es que es fácilmente entendible por los participantes y requiere poco tiempo.

La matriz de similitud así obtenida será el input del análisis estadístico con técnicas multivariantes que permitirá la obtención de un mapa conceptual del constructo de partida. Este mapa estará formado por puntos representativos de cada una de las ideas o ítems identificados en el proceso de creatividad descrito.

d) Representación de los ítems, interpretación y utilización de los mapas conceptuales.

La información obtenida de la sesión de *brainstorming* se procesa siguiendo la metodología *Concept Mapping* a través de la aplicación de las técnicas *Multidimensional Scaling* (MDS) y Análisis Clúster Jerárquico (Trochim y Linton, 1986). Para la realización de estos análisis se utilizó el programa informático SPSS.

Mediante MDS se realiza un análisis que sitúa cada ítem o idea como un punto sobre un mapa (mapa de puntos). Los ítems que están más cercanos entre sí en el mapa son aquellos que generalmente fueron colocados en el mismo grupo, mientras que los ítems más alejados en el mapa son aquellos que rara vez o con menor frecuencia fueron colocados en el mismo grupo.

El *stress* es una medida de la bondad de la solución alcanzada por MDS (Wickelmaier, 2003) de manera que un valor bajo indica que la solución es buena. Kruskal (1978) proporcionó una guía para la interpretación del valor del estrés respecto a la bondad de la solución, considerando que ésta es aceptable a partir de un valor del estrés de 0,1. Según Wilckelmaier (2003) esta condición se refiere al *stress* que generalmente se denomina “*Stress 1*” en MSD.

Con el segundo análisis se pretende representar el dominio conceptual a través del Análisis *Cluster* Jerárquico (Everit, 1980). Este análisis agrupa los ítems individuales del mapa en *clusters* de ítems que presumiblemente reflejan conceptos similares.

El *cluster* es una técnica de clasificación que sirve para poder detectar y describir subgrupos de sujetos o variables (en adelante, ítems) homogéneas en función de los valores observados dentro de un conjunto aparentemente heterogéneo.

Para ello, y dado que en este caso se analizan problemas o barreras para ser un *smart port* derivados de un análisis en profundidad del estado de los puertos del Mediterráneo, no se realiza ninguna exclusión del listado, considerando todos ellos en el análisis. Tampoco se realiza un análisis de multicolinealidad como recomiendan algunos autores (Vila-Baños et al, 2014).

En nuestro caso se realiza un análisis *cluster* jerárquico ya que se dispone de un número relativo pequeño de variables. Los grupos se configurarán por agrupaciones sucesivas formando una estructura arborescente con niveles que desembocará en una jerarquización de *clusters*.

Los principios básicos del análisis de *clusters* o conglomerados recogidos por Pérez (2009) son:

- Es un método estadístico multivariante de clasificación automática de datos.
- Tiene la finalidad de revelar concentraciones en los datos para un agrupamiento eficiente en conglomerados según su homogeneidad.
- El agrupamiento puede ser para casos o variables (cualitativas o cuantitativas).
- Es esencial un uso adecuado del concepto de distancia, ya que los grupos se realizan según la proximidad o lejanía de unos con otros.

- Es fundamental que dentro de un conglomerado los elementos sean homogéneos, y lo más diferentes a los contenidos del resto.
- Es una técnica de clasificación *post hoc*: el número de conglomerados se determina en función de los datos, y puede no ser definido de antemano.

Al ser variables cuantitativas, se utiliza la distancia euclídea al cuadrado como medida de la proximidad entre los ítems.

El método de agrupación utilizado es el de Ward. Ello supone que la distancia entre dos *clusters* se calcula como la suma de cuadrados entre grupos en el ANOVA. Se persigue la minimización de la varianza intragrupal y máxima homogeneidad dentro de los grupos. Este método en general suele ser muy adecuado aunque los *clusters* que genera a menudo son pequeños y muy compactos (Vila-Baños et al, 2014).

Los *clusters* resultantes se identifican mediante una representación gráfica de los conglomerados obtenidos (dendrograma o árbol lógico). Este gráfico resume el proceso de agrupación: en el eje de abscisas se sitúan los ítems y en el eje de ordenadas aparecen las distancias utilizadas para agrupar *clusters*. Los ítems similares se conectan mediante enlaces. La posición del enlace determina el nivel de similitud entre los ítems.

El punto de corte para decidir el número de *clusters* se sitúa al nivel de aquella distancia a partir de la cual se produce un salto brusco en el número de *clusters*, pero ello dependerá en todo caso del criterio de los investigadores y de que en todo momento se conserve la integridad conceptual en la interpretación de los resultados.

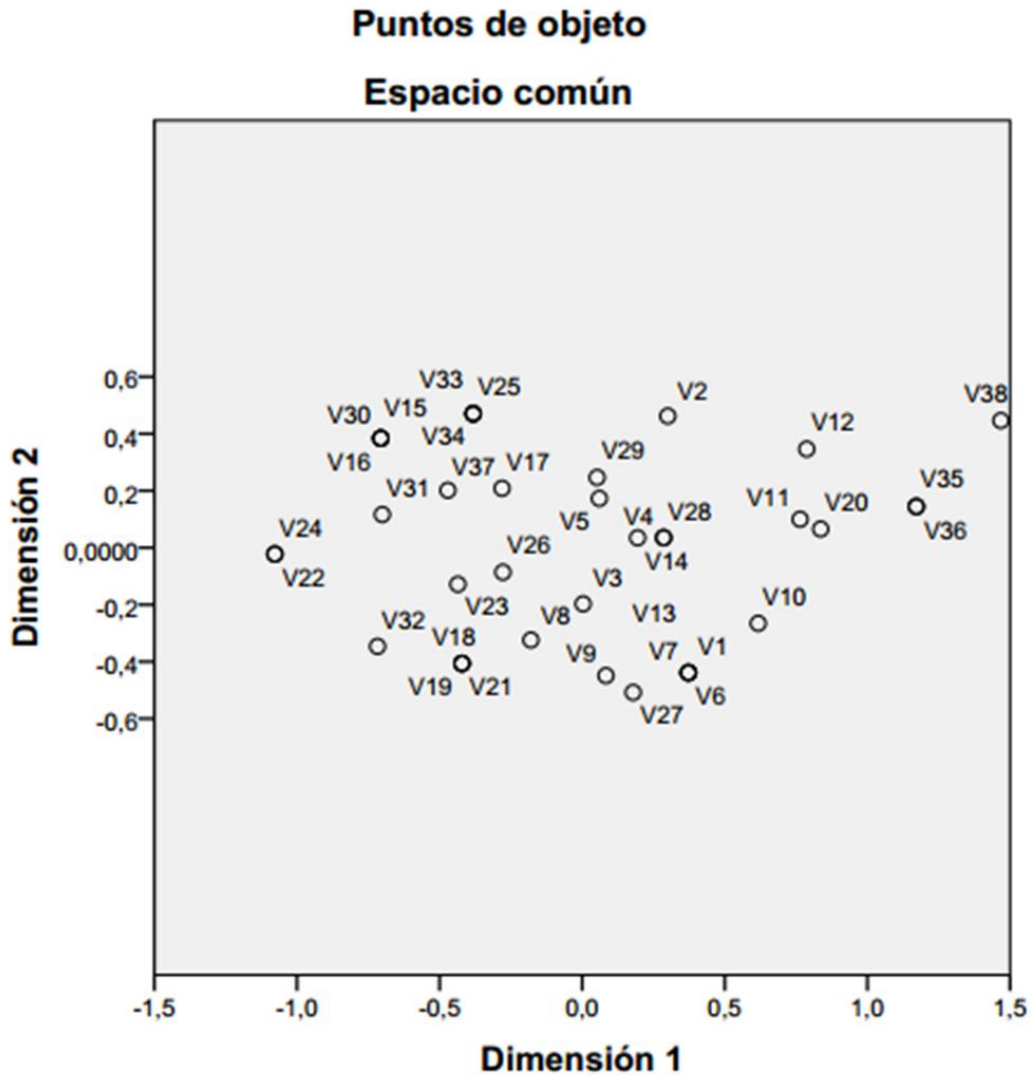
En resumen, a partir del doble análisis de los datos, se obtienen dos mapas conceptuales:

- Mapa de puntos: representa cada ítem como un punto separado del mapa, siendo la distancia entre puntos proporcional a la relación conceptual que exista entre ellos, de manera que puntos cercanos representan una gran relación conceptual y puntos lejanos representan poca relación conceptual.
- Mapa de *clusters*: representa el mayor orden de agrupaciones conceptuales del conjunto original de ítems.

Una vez analizados estos mapas, se estaría en disposición de realizar una interpretación de los mismos. La literatura sugiere varias posibles aplicaciones. Por ejemplo, si la conceptualización se hizo como base para una estrategia, el mapa final podría ser utilizado para estructurar un plan estratégico, tal como podría ser el caso de la presente tesis doctoral.

5.3. Resultados

A través de la aplicación de MDS, y en base al contenido de la Tabla 10, el siguiente mapa (Figura 11) representa las distancias entre los ítems.



Fuente: Elaboración propia.

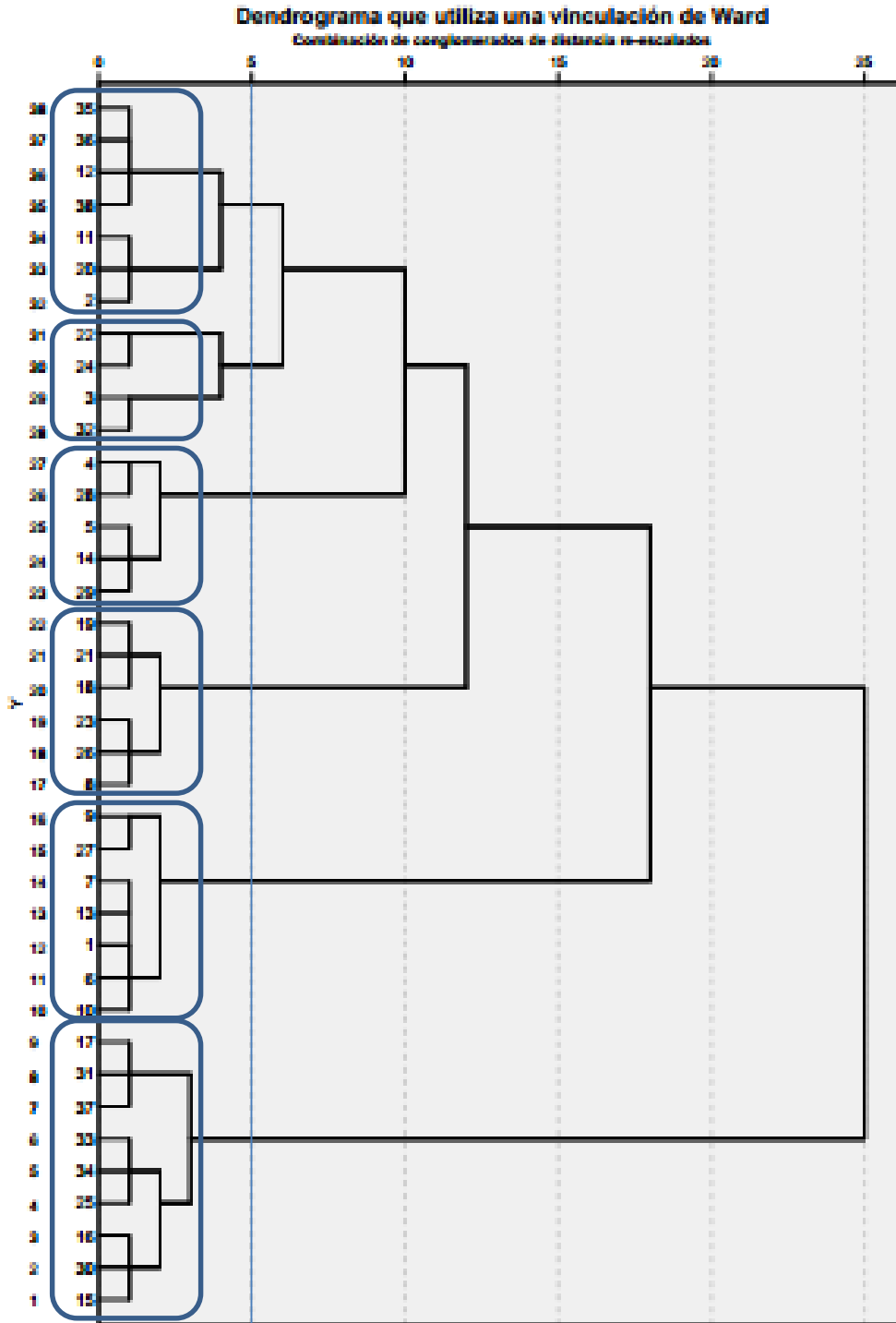
Figura 11. Mapa de puntos resultante de MDS.

En la Figura 11, los ítems o variables situados cercanos en el mapa indican, en opinión de los expertos, similitudes en cuanto al concepto o necesidad de llevar a cabo la actuación que representan. Por ejemplo, las variables o ítems 35 (Percepción de demasiadas emisiones al aire en relación al transporte marítimo y terrestre) y 36 (Percepción de demasiados residuos sólidos y líquidos en relación al transporte por carretera) están situadas muy cerca en el mapa, por lo que representan problemas muy similares. Por el contrario las variables 21 (Uso limitado de las tecnologías de la información y las comunicaciones -OCR, CCTV, escáner para la ruta segura de la mercancía- para mejorar la seguridad en el patio de contenedores sin la necesidad de la inspección manual de cargas) y 33 (No hay suficiente competencia interna en relación al transporte por ferrocarril y con la accesibilidad marítima de los buques), situadas alejadas entre sí en el mapa, presentan problemas diferentes.

En el Anexo 4 se incluye el archivo generado por SPSS al aplicar MDS para la obtención del mapa de la Figura 11. Es importante mencionar respecto a éste que:

- Las iteraciones se interrumpen al llegar a la nº 132 (nº máximo de iteraciones posibles = 200) que es cuando SPSS detecta que la mejora conseguida en el *stress* bruto normalizado conseguido (0,003129) es menor que el criterio de convergencia establecido (en este caso, 0,00001).
- En este caso concreto, MDS ha minimizado el *stress* bruto normalizado que alcanza un valor de 0,003129 (bondad del ajuste cercano al nivel “excelente” según Wilckelmaier (2003)). El valor *Stress-I* es de 0,055937 (bondad del ajuste “bueno” según Wilckelmaier (2003)).

A continuación se ha realizado el Análisis *Cluster*. Tras estudiar las diferentes posibilidades de conglomerados a través del dendrograma, en el Anexo 5 se expone la información sobre el análisis para la consideración de entre 3 y 8 *clusters*. Con objeto de poder asegurar la coherencia conceptual de la solución, parece que la agrupación más adecuada podría ser la de seis conglomerados (distancia= 5 en el dendrograma de la Figura 12) que se han señalado dentro de un rectángulo azul en la Figura 12.



Fuente: Elaboración propia a partir del dendrograma proporcionado por SPSS.

Figura 12. Seis clusters derivados del Análisis Cluster.

Los seis *clusters* o conglomerados derivados del análisis anterior y los ítems que los constituyen se muestran en la tabla siguiente (Tabla 29):

Nº del Clúster	Id del problema, barrera, vacío o desventaja	Problema, barrera, vacío o desventaja
C1	11	Escasez de datos públicos sobre cuestiones operacionales (contenedores refrigerados y puntos de recarga eléctrica para ellos, área total de la terminal, área total de almacenaje más el área exterior de almacenaje, máxima capacidad de las terminales de contenedores, instalaciones tecnológicas y nivel de automatización, intermodalidad, sistemas de gestión certificados, etc.)
	16	Datos e información pública limitada sobre la gestión energética en puertos de contenedores.
	17	No hay información completa, basada en indicadores, detallada (y desglosada por los servicios ofrecidos a los clientes), real y actualizada basada en un conjunto de indicadores comunes (para permitir la comparación entre puertos) y respecto a todas las áreas: operacional, energía y medio ambiente.
	19	No hay suficiente control del nivel de consume de energía, ni sobre los costes y gastos que este consume representa.
	110	No hay una forma y unidades consensuadas para medir los diferentes aspectos ambientales en puertos de contenedores.
	113	Fuerte Resistencia a compartir o hacer públicos datos relativos a las áreas ambiental o de energía.
	127	Escasez de control de la energía y de sistemas de gestión para controlar el consume de energía de los contenedores refrigerados para asegurar una facturación más exacta y con propósito de medir la huella energética.
C2	12	Parece que no es usual la implementación de estándares internacionales para asegurar la seguridad en la cadena de suministro (ej.: ISO 28000).
	111	No hay suficiente uso del estándar EMAS como medio de gestión ambiental.
	112	No hay suficiente evidencia de la colaboración e integración entre diferentes grupos de interés respecto a la gestión ambiental.
	120	No hay o uso limitado de planes concretos y ecológicos de gestión de residuos de barcos y de mercancías.
	135	Percepción de demasiadas emisiones al aire en relación al transporte marítimo y terrestre.
	136	Percepción de demasiados residuos sólidos y líquidos en relación al transporte por carretera.
	138	Escasez de sistemas de control ambientales integrados, a tiempo y de acceso libre.
C3	122	Limitaciones de infraestructuras (Ej.: Longitud de muelle limitada) para facilitar el atraque de buques nodrizas.
	124	No hay suficiente infraestructura para disponer de amplias capacidades de almacenamiento dentro de la terminal portuaria, lo que lleva a un número máximo de contenedores que el puerto puede albergar / almacenar en cualquier momento.
	13	Baja concienciación y formación respecto a la relevancia de la eficiencia energética.
C4	132	No hay suficiente capital humano en relación al transbordo de mercancía.
	14	No hay suficiente cohesión y comunicación entre las diferentes organizaciones implicadas en las actividades portuarias para gestionar la energía.
	15	No hay suficiente coordinación y gestión de los intereses comunes en el área energética.
	114	(En general) No demasiados puertos del Mediterráneo participantes en redes internacionales o plataformas para mejorar su gestión y compartir buenas prácticas (IAPH- World Ports Climate Initiative, ECOPORTS, etc.)
	128	No hay o limitado nivel de confianza entre las Autoridades Portuarias y las organizaciones relacionadas (Ej.: transitarios, compañías logísticas) para compartir datos respecto al desembolso de crédito, créditos pedidos, llegadas de contenedores y envíos.
C5	129	Limitado nivel de integración entre las tres áreas (operacional, energía y medio ambiente) en las Autoridades Portuarias.
	18	No hay evidencia del uso equilibrado de energías ecológicas, incluyendo junto a la energía eléctrica, fuentes de energía renovable para el auto-consumo dentro del área portuaria.
	118	Sensorización limitada de las grúas de patio, grúas de muelle, reach stackers y camiones resultando en la incapacidad de registrar el consumo de combustible, los movimientos operacionales y por lo tanto la recogida de datos sobre consumo energético e impacto ambiental.
	119	Bajo nivel de automatización y sensorización de los pódicos de patio, grúas de muelle, reach stacker y camiones resultando una ineficiencia operativa y el aumento de requisitos de personal para la planificación
	121	Uso limitado de las tecnologías de la información y las comunicaciones (OCR, CCTV, escáner para la ruta segura de la mercancía) para mejorar la seguridad en el patio de contenedores sin la necesidad de la inspección manual de cargas.
	123	Escasez de conexiones entre los sistemas existentes de la comunidad portuaria con sistemas más amplios a nivel del Mediterráneo o europeos.
126	Inadecuada legislación para abordar la mejora de la automatización en las terminales de contenedores e ineficientes comunicaciones con la autoridad portuaria con los responsables políticos clave.	

Nº del Clúster	Id del problema, barrera, vacío o desventaja	Problema, barrera, vacío o desventaja
C6	I15	No hay suficiente vínculo (ej.: a través de tecnologías de Sistemas Inteligentes de Transporte o Centros de Gestión del Transporte conectados) con la infraestructura de carretera más cercana y/o la red nacional de carreteras.
	I16	No hay suficiente infraestructura vinculando el Puerto con la red de ferrocarril interior.
	I17	No hay o limitado uso de modernas herramientas de las tecnologías de la información y las comunicaciones para conectar con los transitarios de la mercancía y compañías logísticas para determinar la hora precisa de llegada o salida de camiones desde o a la terminal de contenedores, generando con ello congestión y por lo tanto huella de carbono y de ruido.
	I30	No hay suficiente infraestructura apropiada que permita el transporte por carretera vía ferrocarril o carretera y, en una menor extensión, de aquella relacionada con las actividades logísticas y productivas y con el transporte marítimo.
	I31	No hay una suficiente superestructura apropiada para las actividades logísticas que proporcionan valor añadido a las mercancías y para las actividades relacionadas con la manufactura/fabricación de mercancía que podría ser conteneizada, así como de aquella relacionada con el almacenamiento.
	I33	No hay suficiente competencia interna en relación al transporte por ferrocarril y con la accesibilidad marítima de los buques.
	I34	No hay suficiente actuación del gobierno central en relación al transporte por ferrocarril.
	I35	Percepción de demasiadas emisiones al aire en relación al transporte marítimo y terrestre.
	I37	Percepción de demasiado consumo energético relacionado con el transporte energía.

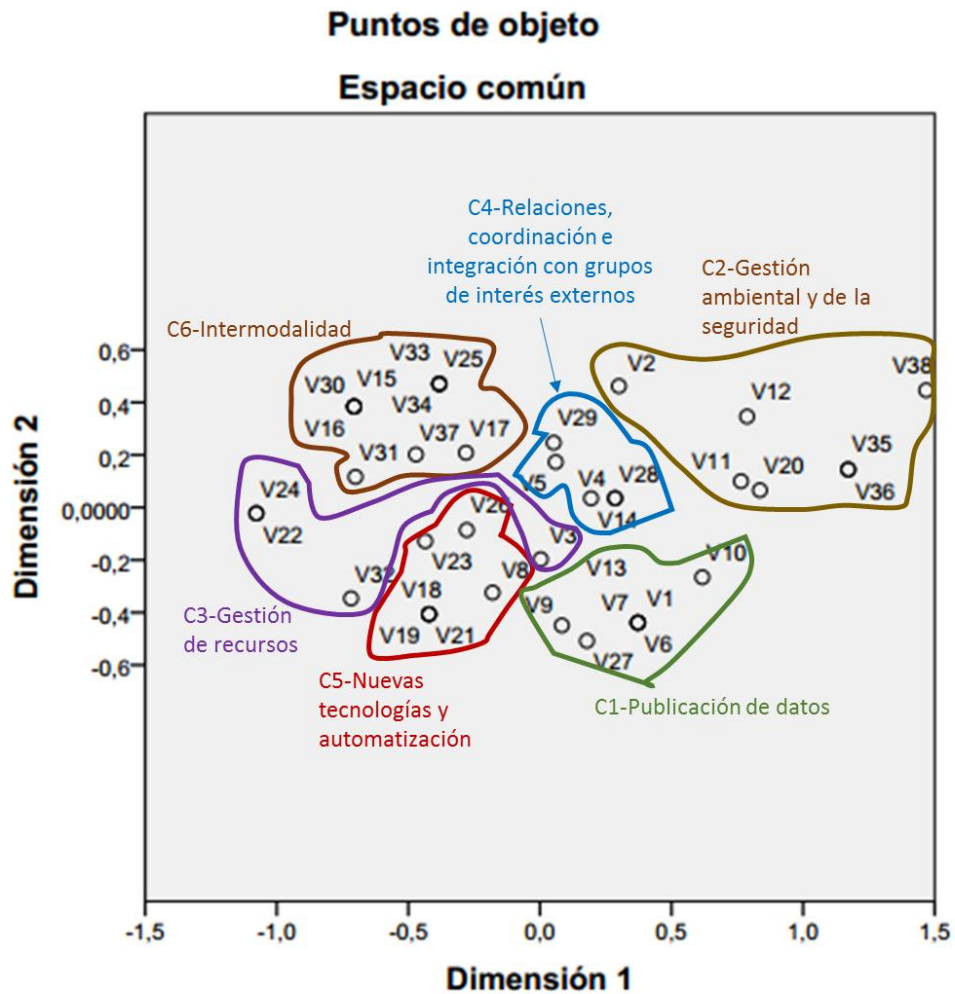
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 29. Clusters identificados de problemas, barreras, vacíos y desventajas que impiden que los puertos de contenedores del Mediterráneo se desarrollen en el concepto smart port.

Para poder asignar una etiqueta adecuada a cada *cluster* o conglomerado, se analiza la redacción de los ítems que lo constituyen:

- El *cluster* C1, formado por 7 ítems, se caracteriza por que todos ellos se refieren a la realización de hacer públicos los datos e información. La etiqueta que se le asigna es “Publicación de datos”.
- El *cluster* C2, formado por 7 ítems, se enfoca en el tema medio ambiental fundamentalmente, estando uno de ellos orientado a la seguridad. La etiqueta que se le asigna es “Gestión ambiental y de la seguridad”.
- El *cluster* C3, formado por 4 ítems, está formado por dos grupos distintos de ítems, por un lado el 22 y 24 enfocados en la temática de infraestructuras y el 3 y el 32 más orientados hacia la formación o capacitación y la concienciación de las personas que trabajan en los puertos. La etiqueta que se le asigna es “Gestión de los recursos”.
- El *cluster* C4, formado por 5 ítems, está centrado en las relaciones con entidades externas al puerto. La etiqueta que se le asigna es “Relaciones, coordinación e integración con grupos de interés externos”.
- El *cluster* C5, formado por 6 ítems, centra su foco en las nuevas tecnologías, la necesidad de implantar sensores y disponer de un sistema robusto de comunicaciones en los puertos. La etiqueta que se le asigna es “Nuevas tecnologías y automatización”.
- El *cluster* C6, formado por 9 ítems, hace referencia a la conectividad entre el transporte marítimo y el terrestre y en la necesidad de establecer un sistema de transporte sostenible globalmente. La etiqueta que se le asigna es “Intermodalidad”.

Recurriendo a la nube de puntos obtenida del análisis MDS, la Figura 13 recoge cómo quedarían expresados los distintos *clusters* en él.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Mapa de clusters resultante del Análisis Cluster Jerárquico.

Tal como puede apreciarse, los *clusters* obtenidos cuando se representan en la nube de puntos resultante del análisis MSD, son en general compactos, salvo el *cluster* C3 que requiere una interpretación específica debido a que el punto V3 se ubica en el gráfico a una cierta distancia del resto de su *cluster* (V24, V22, V32) tal como se hará en el apartado de “Conclusiones y discusión” del presente documento.

El siguiente paso que se ha dado es calcular el peso de cada *cluster* como media aritmética de las ponderaciones otorgadas por los expertos participantes. En este sentido, la Tabla 30 recoge una caracterización más detallada

a nivel cuantitativo de cada *cluster*, es decir, el número de ítems que incluye, el porcentaje que dicho número representa respecto al total (38) y su peso.

Id	Etiqueta del clúster	Nº de ítems que contiene	Porcentaje relativo de ítems (%)	Ponderación (1-7)
C1	Publicación de datos	7	18	4,38
C2	Gestión ambiental y de la seguridad	7	18	4,38
C3	Gestión de recursos	4	11	4,08
C4	Relaciones, coordinación e integración con grupos de interés externos	5	13	5,09
C5	Nuevas tecnologías y automatización	6	16	4,67
C6	Intermodalidad	9	24	4,67
Total	-	38	100	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 30. Características principales de los seis clusters.

Tal como se aprecia en la Tabla 30, el *cluster* que agrupa a mayor número de ítems (9) es el C6 “Intermodalidad”. Tienen también un número elevado de ítems (7) los *clusters* C1 “Publicación de datos” y C2 “Gestión ambiental y de la seguridad”. El *cluster* con menor número de ítems es C3 “Gestión de recursos”, siendo además el que menor peso ha obtenido, y por lo tanto el de menor relevancia.

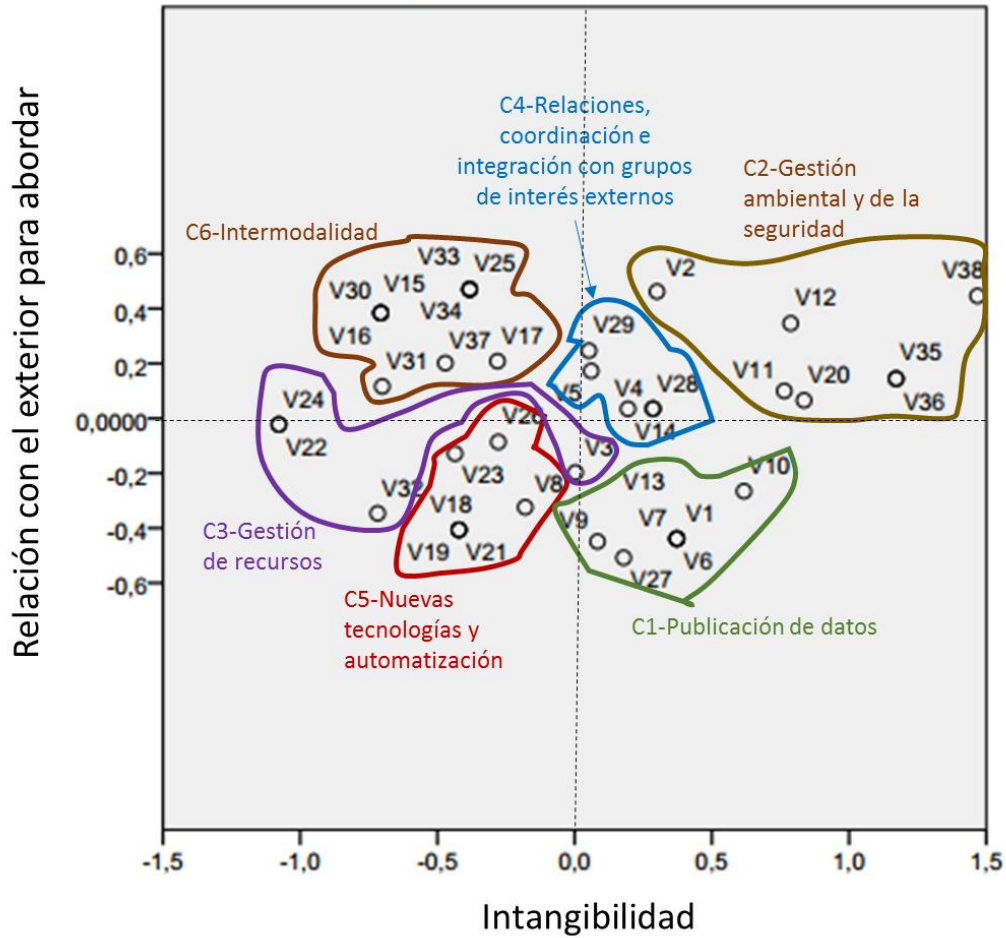
El *cluster* de mayor relevancia es el C4 “Relaciones, coordinación e integración con grupos de interés externos” seguido por C5 “Nuevas tecnologías y automatización” y C6 “Intermodalidad”.

Por último, es importante mencionar que la información contenida en el mapa de *clusters* puede ser interpretada en base a las dos dimensiones que se han utilizado como ejes de referencia para situar la nube de puntos. El marco conceptual de estas dos dimensiones permite justificar la colocación de los puntos y de los *clusters* en el mapa obtenido a partir de la aplicación de las técnicas MDS y Análisis *Cluster*.

Un estudio exhaustivo de la información obtenida, permite “etiquetar” los ejes de la siguiente manera: El eje horizontal X podría estar referido a la intangibilidad del foco de cada *cluster*. Así, son intangibles aquellos problemas que se refieren a la gestión ambiental y la seguridad y a la publicación de los datos, al igual que los que se refieren a las relaciones con otras entidades. Y tienen menor grado de intangibilidad las infraestructuras y recursos y las nuevas tecnologías, que evidentemente son aspectos tangibles en la gestión portuaria.

El Eje Y podría estar referido a la relación con el exterior necesaria para abordar cada problema, de manera que el establecimiento de relaciones con otras entidades, la intermodalidad y la gestión ambiental y de la seguridad tienen una alta necesidad de interactuar con el exterior, mientras que la implantación de tecnología, la publicación de datos y la gestión de los recursos no.

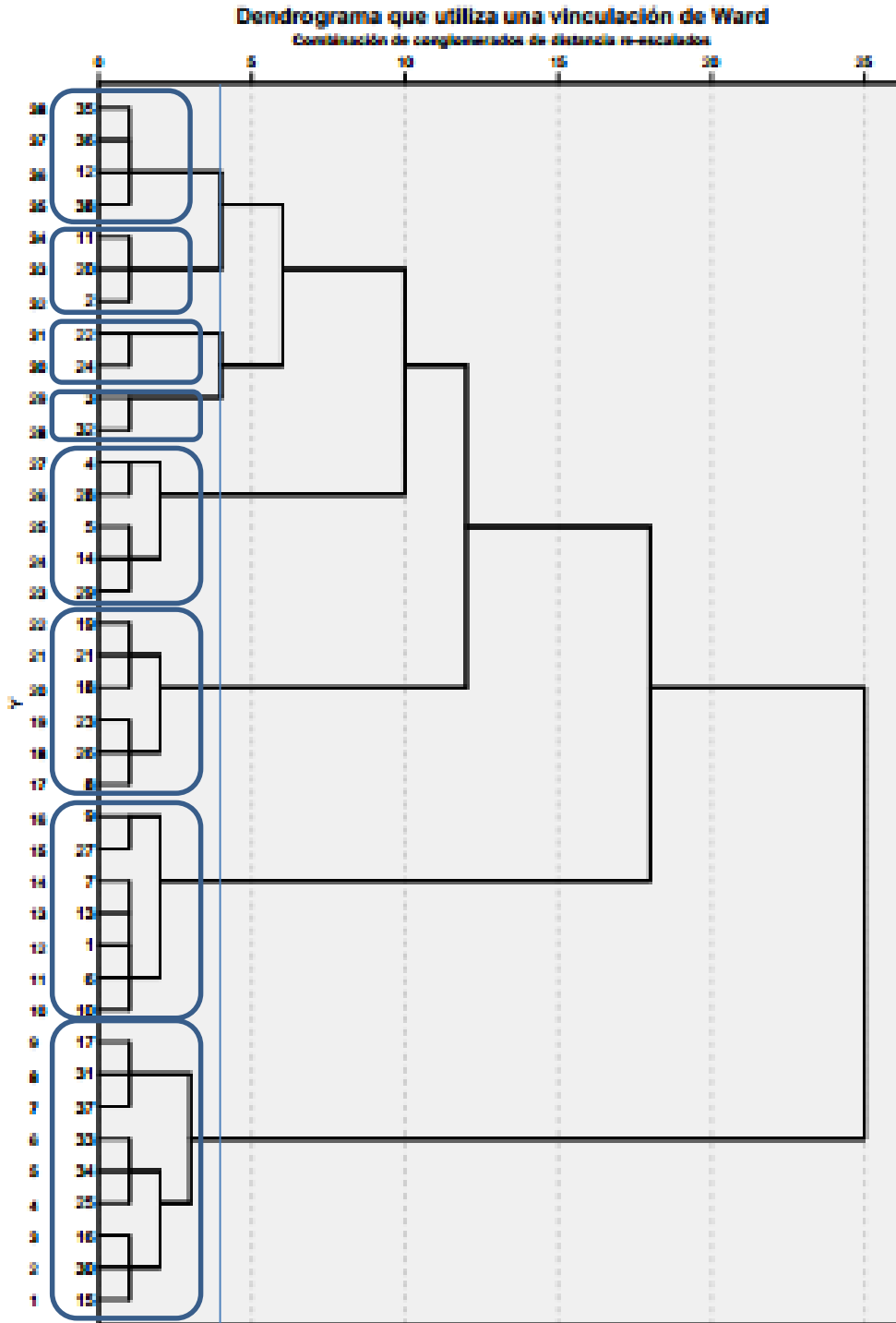
Estos ejes se representan en la Figura 14.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Mapa de clusters con nombre y ejes.

Por otro lado, el proyecto SMARTPORT decidió en su análisis definir ocho clusters. En el dendrograma generado por SPSS (Anexo 5) puede apreciarse cómo sería esta división de clusters sin dificultad. Se muestra con detalle en la Figura 15.



Fuente: Elaboración propia a partir del dendrograma proporcionado por SPSS.

Figura 15. Ocho clusters derivados del Análisis Cluster.

El efecto de considerar ocho *cluster* frente a seis, supone considerar una distancia máxima entre los ítems menor (aproximadamente 4) con lo que hay dos *clusters* que se desagregan en dos, quedando caracterizado el conjunto tal como se muestra en la tabla siguiente (Tabla 31):

Id	Etiqueta del clúster	Ítems que contiene	Nº de ítems que contiene	Porcentaje relativo de ítems (%)	Ponderación (1-7)
C1	Publicación de datos	1, 6, 7, 9, 10, 13, 27	7	18	4,38
C2	Gestión ambiental	12, 35, 36, 38	4	11	4,67
C3	Estándares y planes de gestión	2, 11, 20	3	8	4,00
C4	Relaciones, coordinación e integración con grupos de interés externos	4, 5, 14, 28, 29	5	13	5,09
C5	Nuevas tecnologías y automatización	8, 18, 19, 21, 23, 26	6	16	4,67
C6	Intermodalidad	15, 16, 17, 25, 30, 31, 33, 34, 37	9	24	4,67
C7	Infraestructuras	22, 24	2	5	4,50
C8	Personas	3, 32	2	5	3,67
Total	-	-	38	100	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 31. Características principales de los ocho clusters.

Igual que en el caso de seis *clusters*, “Intermodalidad”, “Publicación de datos” y “Nuevas tecnologías y automatización” son los que tienen mayor número de ítems. En cambio, se han generado dos nuevos *clusters* de muy pequeño tamaño, formados únicamente por dos ítems cada uno. Es precisamente este hecho, el que se generen *clusters* con un número tan reducido de ítems (2 o 3), lo que en principio hace que la división en seis *clusters* pueda considerarse mejor que ésta de ocho.

En relación a la importancia de cada *cluster*, aunque los valores cambian al haberse desagregado dos de los *clusters* que se tenían anteriormente, sigue destacando “Relaciones, coordinación e integración con grupos de interés externos”, pero ahora seguido muy de cerca por “Gestión ambiental”, “Nuevas tecnologías y automatización” e “Intermodalidad”, habiéndose quedado en un lugar menos destacado los ítems referidos a los estándares y planes de gestión.

6. CONCLUSIONES Y DISCUSION

La preocupación por la mejora de la eficiencia y la productividad de los puertos ha provocado que se encuentren en la literatura distintos estudios sobre las prioridades del sector portuario en relación a las áreas operacional, energética y ambiental, así como sobre qué aspectos son los más importantes desde la perspectiva de los operadores económicos u otras entidades a la hora de tomar una decisión sobre un puerto. Igualmente se encuentran distintos estudios sobre los indicadores clave de desempeño (KPI, de sus siglas en inglés *Key Performance Indicator*) más idóneos en relación a la gestión portuaria. La presente tesis doctoral da un paso más

allá y se centra en analizar con detalle el concepto *smart port* definido a nivel europeo y que supone un paso avanzado hacia la gestión integrada y sostenible de los puertos en el área del Mediterráneo.

Para ello, en primer lugar se analizan los factores e indicadores definidos en dicho concepto *smart port* y se hace un estudio en cuanto a su relación con el Modelo Europeo EFQM de Excelencia bajo la premisa de que, si un puerto consigue un mayor nivel *smart port*, debería estar alcanzando simultáneamente mayores cuotas de excelencia en su gestión.

A este respecto, la principal conclusión es que el concepto *smart port* muestra una vinculación estrecha con el criterio EFQM 4 (Alianzas y recursos), 8 (Resultados en la sociedad) y 9 (Resultados clave), y especialmente con el segundo de ellos. Se relaciona también, aunque en menor medida, con los criterios EFQM 2 (Estrategia) y 1 (Liderazgo). No presenta ninguna relación importante con los criterios EFQM 3 (Personas), 6 (Resultados en los clientes) y 7 (Resultados en las personas).

Hay que tener en cuenta que el concepto *smart port* analizado se basa en características o datos de los puertos que no se consideran información confidencial y que podrían encontrarse, al menos teóricamente, a través de fuentes públicas. Evidentemente, la información relacionada con el liderazgo (criterio 1), la estrategia (criterio 2), las personas de la organización portuaria (criterio 3), los resultados relativos a los clientes (criterio 6) y los resultados relativos a la gestión de las personas de la organización (criterio 7) puede presentar mayor dificultad para ser obtenida en fuentes públicas.

Los resultados obtenidos son coherentes con el hecho de que el Área Operacional del concepto *smart port* (que incluye las consideraciones a tener en cuenta respecto al funcionamiento de las actividades portuarias enfocadas a ofrecer un servicio adecuado a navieras y operadores), muestre mayor vínculo con el criterio 9 del Modelo EFQM (Resultados clave), que se refiere a aquellos que utiliza la organización para medir su rendimiento operativo. Así mismo, las áreas de Energía y Medio Ambiente del concepto *smart port*, evidentemente vinculadas al impacto ambiental, muestran una total vinculación con el criterio 8 del Modelo EFQM (Resultados en la sociedad). El criterio 8 es el que recoge en el marco del Modelo EFQM todas aquellas medidas utilizadas para conocer en profundidad el impacto de la estrategia social y ambiental de la organización.

Volviendo de nuevo al concepto *smart port*, las relaciones a nivel de subcriterio que se han puesto de manifiesto a partir del análisis realizado, apuntan a una definición de *smart port*, como un puerto que:

- Conoce en profundidad su propio rendimiento y capacidades, sobre los cuales elabora su estrategia de desarrollo.
- Íntimamente integrado con otras entidades, con objeto de buscar resultados que beneficien a todos. Es decir, se trata de un puerto altamente colaborativo y abierto a mantener alianzas con otros, que tiene presente que forma parte de una cadena de valor a cuyo nivel de excelencia debe contribuir.
- Gestiona sus recursos de forma sostenible y con un enfoque claramente dirigido a evitar o reducir el consumo energético y el impacto en el medio ambiente.

- Considera a la tecnología de una importancia especialmente elevada, y a la que considera pilar clave para hacer realidad su estrategia.
- Con una fuerte orientación a todos sus grupos de interés, pero especialmente al cliente, al que se plantea ofrecer un servicio de valor óptimo, a través del diseño de sus procesos, productos y servicios, así como de la producción y gestión de estos últimos.

Como resultado de este análisis se ha añadido contenido en el Modelo EFQM que lo provee de matices *smart port*. Ello contribuirá a facilitar la aplicación de dicho Modelo en los puertos de contenedores, así como a asegurar que se alcanzan mayores cuotas en el concepto *smart port* cuando éstos utilicen el Modelo EFQM como referencia en su gestión.

Llegados a este punto, podría afirmarse que la propuesta metodológica derivada de la presente tesis doctoral se basa fundamentalmente en las siguientes consideraciones:

- La aplicación del concepto *smart port* puede ayudar a los puertos del Mediterráneo a alcanzar mejores cuotas de excelencia, y puede facilitar la utilización del mismo si se decidiera adoptarlo como herramienta de gestión. En cualquier caso, el Modelo EFQM es evidentemente de alcance mucho más amplio y completo, pero también más complejo de utilizar.
- Hay aspectos de la gestión portuaria claves en el Modelo EFQM de Excelencia que el concepto *smart port* no incluye, y en principio no incluirá o al menos no de forma importante (por ejemplo, aquellos relacionados con: Liderazgo, Estrategia, Personas, Resultados en las Personas, Resultados en los clientes). Ello es debido a que es un concepto creado para ser utilizado, no tanto por las propias organizaciones portuarias como por la sociedad en general, para poder comparar a los puertos de contenedores entre sí. Ello hace que, al estar basado en información en principio de fácil acceso a través de fuentes públicas, no incluya temas relacionados con la gestión interna de las personas, de las relaciones con los clientes, y por supuesto, con las actuaciones de los líderes.
- En cualquier caso, hay aspectos en un *smart port* susceptibles de ser consideradas en el concepto *smart port* actual, pero que aún no lo están. En este sentido, sería recomendable continuar el trabajo iniciado en el estudio del concepto *smart port* abordando otras cuestiones adicionales como el área socio-económica y de innovación. Si actualmente un puerto decidiera utilizar el concepto *smart port* como herramienta de gestión, debería tener en cuenta esta carencia en el mismo y quizás recurrir al Modelo EFQM para su consideración.

En base a todo ello, se ha ahondado el análisis del concepto *smart port*, y se ha aplicado AHP para conocer la importancia relativa de cada uno de los factores considerados en el mismo. Es de destacar que con ello se da un paso más allá del estado actual de la literatura, y se determina, en base a la opinión de expertos, qué factores serían los más importantes para que un puerto de contenedores alcance mejores resultados como *smart port*. El resultado obtenido es de alto interés en cuanto que proporciona información relevante para que dichos puertos establezcan estrategias que les permitan alcanzar este objetivo. En este punto de la tesis doctoral destacan como conclusiones, las siguientes:

- El nivel tecnológico es el factor que más determina la configuración de un *smart port*, seguido del nivel de automatización. Ello está línea con las últimas tendencias identificadas a nivel internacional, donde se están impulsando proyectos centrados en esta temática (sensorización, big data, etc.)

- La intermodalidad se configura igualmente como uno de los factores claves. Ello viene a subrayar que los puertos ya no deben considerarse nodos aislados en las cadenas logísticas, sino parte de ellas y en general de una red de cadenas, a cuya optimización deben contribuir. Esta optimización sin duda puede conseguirse en gran parte en base a la tecnología y la automatización, fundamentales para lograr la sincronización necesaria entre los diferentes medios de transporte (sincromodalidad).
- Los criterios relativos al medio ambiente y energía quedan relegados tras los operacionales en un *smart port* en base a la opinión de los expertos participantes. Ello está en línea con la percepción del sector en general sobre este tema, ya reflejado por Buiza et al (2015). Es el factor “Fugas y derrames de sustancias al mar” el que se considera más importante en este ámbito, pero detrás de los factores operacionales.
- Las emisiones al aire se vienen considerado un aspecto clave en las operaciones marítimas, incluyendo las portuarias, y han sido objeto de múltiples estudios como el de Benedito-Benet y Rua-Costa (2012). Sin embargo, encontramos que aparecen explícitamente en un séptimo lugar en cuanto a su relevancia en el concepto *smart port*. En todo caso, indudablemente es un factor a tener en cuenta cuando se implanta un sistema de gestión ambiental normalizado (factor en sexto puesto en cuanto a orden de relevancia en un *smart port*). Los resultados obtenidos sugieren que la implantación y mantenimiento de este tipo de sistemas tienen un prestigio consolidado en el sector como asegurador de una gestión ambiental adecuada.
- A pesar de los estudios que determinan el consumo energético de los contenedores refrigerados como relevantes, este factor no se ha visto destacado por los expertos. En cualquier caso, es fundamental que la aplicación de AHP se realice periódicamente para actualizar los pesos de cada factor según las variaciones que pueden producirse en la percepción de los expertos.

Cabe comparar los resultados obtenidos con la aplicación de AHP con aquellos derivados del proyecto europeo *SMARPORT* (COM&CAP Marina Med, 2015) donde se realizó un trabajo de priorización de los criterios que determinan un *smart port*. La metodología utilizada en dicho proyecto, tal como se ha descrito en apartados anteriores (1.4), no permite que esta comparación pueda realizarse a nivel cuantitativo ya que se determinaban importancias absolutas y no relativas como en el caso de la presente tesis doctoral. Sin embargo, la comparación sí puede hacerse a nivel cualitativo, y es posible concluir que en ambos estudios se llega a la consideración de que el Área Operacional es más importante en un *smart port* que las áreas de Energía y Medio Ambiente, y que estas dos últimas tienen una importancia similar. En el detalle, también existe coincidencia entre ambos estudios en cuanto a que uno de los criterios más importantes en un *smart port* es el nivel tecnológico y las infraestructuras, y en que el uso de energía renovable es uno de los menos importantes.

En este punto de la tesis doctoral, se ha aplicado la metodología *Concept Mapping* para determinar las principales líneas estratégicas que deberían considerarse en un hipotético plan estratégico para el conjunto de puertos de contenedores del área mediterránea, que asumiera como reto llegar a configurar una red de puertos de contenedores *smart* en el Mediterráneo. Como principales conclusiones de este estudio se llega a que:

- En principio el plan buscado debería contemplar seis líneas estratégicas, que por orden de importancia, serían:
 - Relaciones, coordinación e integración con grupos de interés externos.
 - Nuevas tecnologías y automatización.

- Intermodalidad.
- Publicación de datos.
- Gestión ambiental y de la seguridad.
- Gestión de los recursos.

Hay que mencionar que, aunque no queda reflejado en el listado anterior, tienen la misma importancia relativa, por un lado, las líneas de “Nuevas tecnologías y automatización” e “Intermodalidad” y, por otro lado, “Publicación de datos” y “Gestión ambiental y de la seguridad”.

- Durante el desarrollo del análisis, el punto V3 “Baja concienciación y formación respecto a la relevancia de la eficiencia energética” presenta distancias relativamente cortas con otros ítems, tales como V8 (0,223), V9 (0,264), V14 (0,301) y V26 (0,302), mientras que las distancias son mayores con V22 (1,095), V24 (1,094) y V32 (0,736), aunque es con estos últimos con los que el análisis *cluster* lo asocian.

Este hecho lleva a interpretar que los expertos participantes han considerado que el punto V3 está íntimamente relacionado con los *clusters* que lo rodean (“Nuevas tecnologías y automatización”, “Publicación de datos” y “Relaciones, coordinación e integración con grupos de interés externos”), aunque a la hora de formar grupos homogéneos y compactos de ítems, el método conduce a considerar este ítem junto con otros para constituir un *cluster* independiente que se ha denominado “Gestión de recursos” donde se hace referencia tanto a recursos materiales (infraestructuras) como a recursos de personas y a su formación y concienciación.

- Paralelamente, encontramos que el proyecto *SMARTPORT* proponía ocho líneas estratégicas. Introduciendo que el número de *clusters* debe ser ocho como restricción en el estudio *Concept Mapping* realizado en la presente tesis doctoral, se obtiene que las líneas estratégicas denominadas “Gestión ambiental y de la seguridad” y “Gestión de recursos”, se desagregan en dos cada una. De esta manera, quedan las siguientes líneas estratégicas, por orden de importancia:

- Relaciones, coordinación e integración con grupos de interés externos.
- Nuevas tecnologías y automatización.
- Intermodalidad.
- Gestión ambiental.
- Infraestructuras.
- Publicación de datos.
- Estándares y planes de gestión.
- Personas.

Cabe mencionar que las líneas “Gestión ambiental”, “Nuevas tecnologías y automatización” e “Intermodalidad” tienen la misma importancia aunque ello no queda reflejado expresamente en la relación anterior.

Solamente el hecho de que en el análisis realizado, los *clusters* que han dado lugar a las líneas estratégicas “Infraestructuras” y “Personas” queden formados por tres y dos ítems respectivamente, hace que pueda suponerse mejor solución aquella que proponía seis *clusters* (o líneas estratégicas) en vez de ocho. En todo caso, es en este punto donde la metodología *Concept Mapping* considera que debe ser el juicio del investigador el que asegure la coherencia de los resultados y el ajuste total con la estrategia global que se desee seguir.

Como línea general y como actividad a realizar como continuidad de la presente tesis doctoral, cada una de estas líneas estratégicas debería ser descrita a continuación en base a las pautas dadas por la norma UNE 66178 (AENOR, 2004) describiendo: Objetivos a alcanzar, tareas propuestas para su desarrollo, responsables y cronograma, entre otros aspectos.

Finalmente, cabría mencionar las limitaciones encontradas en el desarrollo del presente trabajo:

- Por un lado, hay que tener en cuenta que se centra en el análisis de un concepto *smart port* orientado a los puertos de contenedores del Mediterráneo, por lo que no están dentro del alcance una gran variedad de puertos y actividades portuarias.
- Los métodos utilizados (AHP y *Concept Mapping* fundamentalmente) se basan en la opinión de un grupo concreto de expertos, y en el marco de esta limitación deben ser interpretados los resultados alcanzados.

Como líneas de trabajo futuras se propone revisar y ampliar el estudio para contemplar la actividad global portuaria, y no sólo la relacionada con el tráfico de contenedores. Adicionalmente, tal como se ha mencionado anteriormente, se debería reflexionar sobre la inclusión de otras áreas que intuimos como muy influyentes en el concepto *smart port*, como el socio-económico y el de innovación, y utilizando los pesos obtenidos para cada factor y definiendo una misma escala para todos ellos, llegar a definir una función matemática que facilite el cálculo del índice *smart port* para cada puerto.

7. BIBLIOGRAFIA

- Acciaro, M., Ghiara, H., Cusano, M.I. (2014). *Energy Management in Seaports: A New Role for Port Authorities*. Energy Policy, Vol. 71(August), pp. 4-12.
- Aldian, A., Taylor, MA. (2005). *A consistent method to determine flexible criteria weights for multicriteria transport project evaluation in developing countries*. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 6, pp. 3948-3963. <http://doi.org/10.11175/easts.6.3948>
- Al-Eraqi, A., Mustafa, A., Khader, A., Barros, C. (2008). *Efficiency of Middle Eastern and East African seaports: Application of DEA using window analysis*. European Journal of Scientific Research, Vol. 23 (4), pp. 597-612.

- ALICE-Alliance for Logistics Innovation through collaboration in Europe. (2015). *ETP-ALICE*. Consultado en agosto de 2015 en: <http://www.etp-logistics.eu/>
- Anderson, LA., Gwaltney, MK., Sundra, DL., Bronsom, RC., et al. (2006). *Using Concept Mapping to Develop a Logic Model for the Prevention Research Centers Program*. Preventing Chronic Disease. Public Health Research. Practice. And Policy, Vol. 3 (1), pp. 1-9. Consultado en octubre de 2015 en: http://www.cdc.gov/pcd/issues/2006/jan/05_0153.htm
- APICE. (2011). *Common Mediterranean strategy and local practical Actions for the mitigation of Port, Industries and Cities Emissions*. Consultado en noviembre de 2015 en: <http://www.apice-project.eu/>
- Barros, C.P., Peypoch, N. (2007). *Comparing Productivity Change in Italian and Portuguese Seaports using the Luenberger Indicator Approach*. Maritime Economics & Logistics, Vol. 9, pp. 138–147.
- Barros, C.P., Assaf, A., Ibiwoye, A. (2010). *Bootstrapped Technical Efficiency of African Seaports*. Essays on Port Economics. Contributions to Economics, pp. 237-250.
- Barros, C.P. (2012). *Productivity Assessment of African Seaports*. African Development Review, Vol. 24, pp. 67–78.
- Barros, C.P., Felicio, A., Fernandes, R. (2012). *Productivity analysis of Brazilian seaports*. Maritime Policy and Management, Vol. 39 (5), pp. 503–523.
- Benedito-Benet, E., Rua-Costa, C. (2012). *CO2 emissions from maritime transport of a product*. Dyna, Vol.87 (5), pp. 533-539. DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/4647>
- Brooks, M.R., Schellinck, T., Pallis, A.A. (2010). *Constructs in Measuring Port Effectiveness*. Proceedings, 12th World Conference on Transport Research, Lisbon, Portugal, July 2010.
- Brundtland, G. H. (1987). *Our common future*. Oxford Paperbacks, (A/42/427).
- Buiza, G., Calvo de Mora, A., Perriáñez, R., Suárez, E. (2009). *Identificación de los aspectos más influyentes en la mejora del atractivo turístico de una ciudad mediante la técnica Concept Mapping (aplicación a la ciudad de Sevilla)*. Instituto Andaluz de Tecnología. Sevilla.
- Buiza-Camacho, G., Cerbán-Jiménez, M., Cepolina, S., Djordjevic, O., Dobrijevic, A., González-Gaya, C. (2015). *Current situation of the Mediterranean container ports regarding the operational, energy and environment areas*. 6th IESM Conference, October 2015, Seville, Spain.
- Cerbán, M., Piniella, F. (2011). *Las grandes rutas del comercio mundial*. IECA-Información Estadística y Cartográfica de Andalucía. Junta de Andalucía.
- Chang, Y.T., Lee, S-Y., Tongzon, J.L. (2008). *Port selection factors by shipping lines: Different perspectives between trunk liners and feeder services*. Graduate School of Logistics, Inha University, Korea.
- Chiu, R.H., Lai, I.C. (2014). *Evaluation of Green Port Factors and Performance: A Fuzzy AHP Analysis*. Mathematical Problems in Engineering, Vol. 2014, pp. 1 - 12.

- Chiu, R-H., Lin, L-H., Ting, S-C. (2014). *Evaluation of Green Port Factors and Performance: A Fuzzy AHP Analysis*. Hindawi Publishing Corporation. Mathematical problems in Engineering. Vol. 2014. Article 802976, <http://dx.doi.org/10.1155/2014/802976>
- Chou C-C. (2010). *AHP Model for the container port choice in the multiple-ports region*. Journal of Marine Science and Technology, Vol. 18 (2), pp. 221-232. Consultado en agosto de 2015 en: <http://jmst.ntou.edu.tw>
- Chung, KC. (1993). *Port performance indicators*. World Bank Infrastructure Notes. Consultado en agosto de 2015 en: <http://siteresources.worldbank.org/INTTRANSPORT/Resources/336291-1119275973157/td-ps6.pdf>
- CIANAM- Cámara Interamericana de Asociaciones Nacionales de Agentes Marítimos. (2013). *Consumption and energy efficiency in ports of Latin America*. Newsletter Nº 4. XI Annual Meeting Guayaquil – Ecuador. April 11th and 12th, 2013.
- CLIMEPORT. (2012). *Current Situation of Ports According to Greenhouse Gas Emissions*. Consultado en junio 2015 en: <http://www.climeport.com/>.
- Cloquell-Ballester, V., Cloquell-Ballester, V., Santamarina-Siurana, C., Siurana-Vicent, M. (2013). *Double multicriteria evaluation of best energy practices in Mediterranean Ports*. 17th International Congress on Project Management and Engineering Logroño, 17-19th July 2013.
- COM&CAP Marina Med. (2015). *SMARTPORT*. Consultado en octubre de 2015 en: <http://www.medmaritimeprojects.eu/section/smartport>.
- Comisión Europea. (2013). *Ports: an engine for growth*. COM (2013).295. Brussels, 23.5.2013.
- Cullinane, K., Song, D-W., Ji, P., Wang, T-F. (2004). *An application of DEA windows analysis to container port production efficiency*. Review of Network Economics, Vol. 3 (2), pp. 7.
- Cullinane, K., Ji, P., Wang, T-F. (2005). *The relationship between privatization and DEA estimates of efficiency in the container port industry*. Journal of Economics and Business, Vol. 57 (5), pp. 433–462.
- Darbra, RM., Ronza, A., Stojanovic, TA., Wooldridge, C., Casal, J. (2005). *A procedure for identifying significant environmental aspects in seaports*. Marine Pollution Bulletin, Vol. 50 (8), pp. 866–874.
- De Langen, P., Nijdam, M., Van der Horst, M. (2007). *New indicators to measure port performance*. Journal of Maritime Research, Vol. 4 (1), pp. 23-36.
- De Monie, G. (1987). *Measuring and evaluating port performance and productivity*. UNCTAD Monographs on Port Management, pp. 1-56.
- Delbecq, A., Van de Ven, A., Gustafson, D. (1975). *Group techniques for program planning: A guide to nominal group and Delphi processes*. Originally Published by Scott Foresman Company Glenview, Illinois, 1975. ISBN: 0-9614511-1-4 (previously ISBN: 0-673-07591-5)
- Directiva (UE) 2015/996 de la Comisión de 19 de mayo de 2015 por la que se establecen métodos comunes de evaluación del ruido en virtud de la Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo. Diario

Oficial de la Unión Europea de 1 de julio de 2015. Consultada en noviembre de 2015 en: <https://www.boe.es/doue/2015/168/L00001-00823.pdf>

- Doerr, O., Sánchez, R.J. (2006). *Indicadores de Productividad para la Industria Portuaria. Aplicable en América Latina y el Caribe*. División de Recursos Naturales e Infraestructura, CEPAL, pp. 1-76.
- Dowd, T., Leschine, T. (1990). *Container Terminal Productivity: A Perspective*. Maritime Policy and Management, Vol. 17, pp 107-112.
- Dragović, B., Park, N., Radmilovic, Z., Maras, V. (2005). *Simulation modelling of ship-berth link with priority service*. Maritime economics & logistics, Vol. 7, pp. 316-335.
- EcoPorts Foundation. (2004). *Guidelines for Self Diagnosis Method SDM*. Version 1.4. Consultado en junio 2015 en: www.ecoport.com
- EFICONT. (2012). *Eficiencia energética en terminales de contenedores*. Consultado en mayo 2015 en: <http://www.eficont.es>
- EFQM- European Foundation for Quality Management. (2013). *Modelo EFQM de Excelencia*. EFQM Publications.
- Endesa educa. (2015). *Smart cities*. Consultado en agosto de 2015 en: http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/smart-city/.
- ESPO. (2012a). *Project Executive report PPRISM- WP4 D4.2. Port Performance I Port Performance Indicators Selection and Measurement indicators*. Consultado en octubre de 2015 en: <http://pprism.espo.be>.
- ESPO. (2012b). *D4-1: Report with general recommendations for the set up of a future European Port Observatory D.4.1. Port Performance I Port Performance Indicators Selection and Measurement indicators*. Consultado en junio de 2015 en: <http://pprism.espo.be/>.
- ESPO. (2012c). *Green Guide: Towards excellence in port environmental management and sustainability*. Consultado en julio de 2015 en: <http://www.espo.be>.
- ESPO. (2013). *ESPO Port Performance Dashboard*. Consultado en octubre 2015 en: www.espo.be.
- ESPO. (2015). *ECOPORTS*. Consultado en octubre de 2015 en: <http://www.ecoport.com/>.
- European Commission. (2011). *White Paper "Roadmap to a Single European Transport Area – Towards a competitive and resource efficient transport system"*. COM (2011) 0144.
- European Commission. 2015. *Europe 2020*. Consultado en noviembre de 2015 en: http://ec.europa.eu/europe2020/index_en.htm
- European Parliament and the Council of the European Union. (2013). *Regulation establishing H2020: The framework Programme for research and innovation 2014-2010 and repealing decision No. 1982/2006/EC*. Consultado en agosto de 2015 en: <http://www.eshorizonte2020.es/que-es-horizonte-2020/documentos-de-interes>.

- European Union. (2013). *Terms of reference. Call for proposals on Integrated Maritime approach. MED Programme*. Consultado en agosto de 2015 en: <http://www.programmemed.eu/en>
- Everitt, B. (1980). *Cluster Analysis*. Quality and Quantity, Vol. 14 (1), pp. 75-100. DOI: 10.1007/BF00154794
- FEPORTS- Instituto Portuario de Estudios y Cooperación. (2012). *Manual for identifying Social Responsibility Indicators in the logistics and maritime transportation sector*. SECUR MED PLUS Project. Consultado en octubre de 2015 en: http://www.liguriaricerche.eu/optimizemed/upload/progetti_progetti/allegati/20_publicationsecurmedplus.pdf
- Gobierno de España. (2014). *Informe anual 2013*. Observatorio de la Logística y el Transporte en España.
- González, MM., Trujillo, L. (2009). *Efficiency measurement in the port industry: A survey of the empirical evidence*. Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 43 (2), pp. 157-191.
- González-Cancelas, N. (2007). *Metodología para la determinación de parámetros de diseño de terminales portuarias de contenedores a partir de datos de tráfico marítimo*. Tesis Doctoral, E.T.S.I. Caminos, Canales y Puertos (UPM).
- Goss, RO. (1990). *Economic policies and seaports: The diversity of port policies*. Maritime Policy & Management: The flagship journal of international shipping and port research, Vol. 17 (3), pp. 231-234.
- GREENCRANES. (2012). *Testing the way to real sustainability in ports*. Consultado en noviembre de 2015 en: <http://www.greencranes.eu/>
- GREEN EFFORTS. (2015). *Greener energy for innovative ports and terminals*. Consultado en noviembre de 2015 en: <http://www.green-efforts.eu/>
- Hakam, MH. (2015). *Nordic Container Port Sustainability Performance – A conceptual intelligent framework*. Journal of Service Science and Management, 2015, Vol. 8, pp. 14-23. Publicado Online en febrero de 2015 en SciRes.
- Halkos, G.E., Tzeremes, N.G. (2012). *Measuring seaports' productivity: A Malmquist productivity index decomposition approach*. Department of Economics, University of Thessaly.
- Henesey, L., Wernstedt, F., Davidsson, P. (2003). *Market-driven control in container terminal management*. In: 2nd International Conference on Computer Applications and Information Technology in the Maritime Industries 2003.
- Hughes, G., Hay, D. (2001). *Use of concept mapping to integrate the different perspectives of designers and other stakeholders in the development of e-learning materials*. British Journal of Educational Technology, Vol. 32 (5), pp. 557-569. DOI: 10.1111/1467-8535.00225
- Huynh, N.N., Walton, C.M. (2005). *Methodologies for reducing truck turn time at marine container terminals*. Austin, Texas, USA: Southwest Region University Transportation Center. Research Report SWUTC/05/167830-1.

- IAPH. (2015a). *All European Top Ports, 2009-2013*. Consultado en octubre de 2015 en: <http://www.iaphworldports.org/LinkClick.aspx?fileticket=A7oMk7mR0a4%3d&tabid=4879>.
- IAPH. (2015b). *Air quality and Greenhouse Gas Tool Box*. Consultado en octubre de 2015 en: <http://wpci.iaphworldports.org/iaphtoolbox/index.html>.
- Jackson, K.M., Trochim, W. (2002). *Concept mapping as an alternative approach for the analysis of open-ended survey responses*. *Organizational Research Methods*, Vol. 5 (4), pp. 307-336. DOI: 10.1177/109442802237114
- Johanson F. (sin fecha). *Efficient use of energy in container cranes*. *Port technology International*, pp. 51-54 consultado en 2015 en: http://www.porttechnology.org/images/uploads/technical_papers/51%2C52%2C54.pdf
- Kim, S-J., Lee, K-D., Cho, G-I., Ryoo, D-K. (2009). *The motivation of the Strategic Alliance between Ports Using AHP*. *Journal of Navigation and Port Research International Edition*, Vol. 33 (7), pp. 483-490. DOI : 10.5394/KINPR.2009.33.7.483
- Kozan, E., Preston, P. (2006). *Mathematical modelling of container transfers and storage locations at seaport terminals*. *OR spectrum*, Vol. 28, pp. 519–537.
- Kruk, C., Donner, M. (2009). *Office of Global Maritime Situational Awareness*. The World Bank.
- Kruskal, J. B., Wish, M. (1978). *Multidimensional scaling*. Beverly Hills, CA: Sage Publication.
- Landeta, J. (1999). *El metodo Delphi*. Ariel. Barcelona.
- Longo, F., Huerta, A., Nicoletti, L. (2013). *Performance Analysis of a Southern Mediterranean Seaport via Discrete-Event Simulation*. *Strojniški vestnik - Journal of Mechanical Engineering*, Vol. 59 (9), pp. 517-525.
- Mabrouki, C., Bellabdaoui, A., Mousrij, A. (2013). *Risk Analysis and Assessment by Multicriteria Approach Based in RO-RO Port Terminal*. Case Study. *IJCSI International Journal of Computer Science Issues*, Vol. 10 (3), N. 1.
- Managi, S. (2007). *Maritime Shipping Industry and Productivity in Japan*. *Maritime Economics & Logistics*, Vol. 9, pp. 291–301.
- Marconsult. (1994). *Major Container Terminals' Structure and Performances: Report*. Marconsult (Genova).
- Marlow, P,B., Paixao, A.C. (2003). *Measuring Lean Ports Performance*. *International Journal of Transport Management*, Vol. 1, pp. 189-202. doi:10.1016/j.ijtm.2003.12.002
- Matajič, M. (2010). *Combined transport development study in the Republic of Slovenia*. Prometni Institut Ljubljana. Slovenia.
- Mengual, S. (2011). *La importancia percibida por el profesorado y el alumnado sobre la inclusión de la competencia digital en educación superior*. Alicante: Departamento de Didáctica general y didáctica específica de la facultad de Alicante.

- Mentzer, J.T., Konrad, B.P. (1991). *An Efficiency/Effectiveness Approach to Logistics Performance Analysis*. Journal of Business Logistics, Vol. 12, pp. 33-62.
- Melnyk, S.A., Stewart, D.M., Swink, M. (2004). *Metrics and Performance Measurement in Operations Management: Dealing with the Metrics Maze*. Journal of Operations Management, Vol. 22, pp. 209-217.
- Merk, O., Dang, T. (2012). *Efficiency of world ports in container and bulk cargo (oil, coal, ores and grain)*. OECD Regional Development Working Papers, 2012/09, OECD Publishing <http://dx.doi.org/10.1787/5k92vgw39zs2-en>.
- Meersman, H., Van de Voorde, E., Vanellander, T. (2010). *Port Competition Revisited*. Review of business and economics, pp. 210-231.
- Mokhtar, K., Shah, M.Z. (2013). *Malmquist Productivity Index for Container Terminal*. European Journal of Business and Management, Vol. 5, pp. 58–71.
- Morales-Fusco P., Saurí S., Spuch, B. (2010). *Quality indicators and capacity calculation for Ro-Ro terminals*. Transportation Planning and Technology, Vol. 33 (8), pp. 695-717.
- Nabitiz, U., Severens, P., Van den Brink, W., et al. (2001). *Improving the EFQM Model: An empirical study on model development and theory building using concept mapping*. Total Quality Management, Vol. 12 (1), pp. 69-81. ISSN: 0954-4127.
- PEARL. (2014). *Preparing for Extreme and Rare events in coastal regions*. Consultado en noviembre de 2015 en: <http://www.pearl-fp7.eu/>
- Pérez, C. (2009). *Técnicas estadísticas multivariantes con SPSS*. Madrid: Garceta grupo editorial.
- Peris-Mora, E., Diez J.M., Subirats, A., Alvarez, P. (2005). *Development of a system of indicators for sustainable port management*. Marine Pollution Bulletin, Vol. 50, pp. 1649-1660.
- PPRISM. (2010). *Port Performance Indicators- Selection and measurement*. Consultado en octubre de 2015 en: <http://pprism.espo.be/>
- Puig, M. (2012). *Identification and selection of environmental performance indicators (epis) for use in the management of European seaports*. Thesis in School of Earth and Ocean Sciences, Cardiff University.
- Puig, M., Wooldridge, C., Darbra, R.M. (2014). *Identification and selection of Environmental Performance Indicators for sustainable port development*. Marine Pollution Bulletin, Vol. 81 (1), pp. 124–130.
- Regione Liguria. (2012). *Risultati dello studio per la valutazione delle emissioni dei porti di genova, savona e la spezia e delle possibili azioni di riduzione*. Genova: Regione Liguria.
- Rosas, S.R., Camphausen, L.C. 2007. *The use of concept mapping for scale development and validation in evaluation*. Evaluation and Program Planning, Vol. 30 (2), pp. 125-135. DOI: 10.1016/j.evalprogplan.2007.01.003
- Saaty, T.L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York: MacGraw-Hill.

- Saurí, S., Morales-Fusco P., Toledano, M., Martín E. (2012). *Empirical Analysis of Resiliency of Terminal Operations for Roll-On-Roll-Off Vessels*. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, Vol. 2273, pp. 96-105.
- Shern, D.L., Trochim, W., LaComb, C.A. (1995). *The use of concept mapping for assessing fidelity of model transfer: An example from psychiatric rehabilitation*. Evaluation and Program Planning, Vol. 18 (2), pp. 143-153. DOI: 10.1016/0149-7189(95)00005-V
- SUPPORT (sin fecha). Consultado en octubre de 2015 en: <http://www.supportproject.info/>
- Talley, W.K. (2007). *Port performance: an economic perspective*. In: Devolution, Port Governance and Port Performance. Edited by M.R. Brooks, K. Cullinane (London, Elsevier), pp. 499-516.
- Teng, J-Y., Huang, W-C., Huang, M-J. (2004). *Multicriteria evaluation for port competitiveness of eight East Asian container ports*. Journal of Marine Science and Technology, Vol. 12 (4), pp. 256-264. Consultado en en Agosto de 2015 en: <http://jmst.ntou.edu.tw>.
- Tongzon, J., Heng, W. (2005). *Port privatization, efficiency and competitiveness: Some empirical evidence from container ports (terminals)*. Transportation Research Part A, Vol. 39 (5), pp. 405–424.
- Tongzon JL. (2009). *Port choice and freight forwarders*. Transportation Research Part E, Vol. 45, pp. 186–195. doi:10.1016/j.tre.2008.02.004
- Trochim, W., Linton, R. (1986). *Conceptualization for planning and evaluation*. Evaluation and Program Planning, Vol. 9 (4), Pp. 289-308. DOI: 10.1016/0149-7189(86)90044-3
- Trochim W. (1989). An introduction to *Concept Mapping* for planning and evaluation. Evaluation and Program Planning, 1989. Vol. 12 (1), pp. 1-16. DOI: 10.1016/0149-7189(89)90016-5
- Trochim, W., Milstein, B., Wood, B.J., Jackson, S., Pressler, V. (2003). *Setting objectives for community and systems change: an application of concept mapping for planning a statewide health improvement initiative*. Health Promotion Practice, Vol. 1 (12), pp. 1-12. DOI: 10.1177/1524839903258020
- UNCTAD. (1976). *Port performance indicators*. United Nations Conference on Trade and Development, New York.
- UNCTAD. (2014). *Review of Maritime Transport 2014*. United Nations. New York and Geneva. ISBN 978-92-1-112878-9.
- UNE 66178:2004: Sistemas de gestión de la calidad. Guía para la gestión del proceso de mejora continua. Madrid. AENOR, 2004.
- UNE-EN-ISO 9001: Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. Madrid. AENOR, 2008.
- Vila-Baños, R., Rubio-Hurtado, M-J., Berlanga-Silvente, V., TorradoFonseca, M. (2014). *Cómo aplicar un cluster jerárquico en SPSS*. REIRE, Vol. 7 (1). ISSN: 2013-2255. DOI:10.1344/ reire2014.7.171 6
- Wang, T.F., Cullinane, K.P.B., Song, D.W. (2005). *Container port production and economic efficiency*. Basingstoke: Palgrave-MacMillan.

- Wilmsmeier, G., Froese of Jacobs, J., Zotz, A.K., Meyer, A. (2014). *Energy consumption and efficiency: emerging challenges from reefer trade in South American container terminals. Facilitation of transport and trade in Latin America and Caribbean*. CEPAL. Issue No. 329 – Number 1 / 2014. Consultado en agosto de 2015 en: <http://repositorio.cepal.org/handle/11362/37283>.
- Wu, Y.C.J. (2006). *Skill requirements for logistics license in Taiwan*. Supply Chain Management: An International Journal, Vol. 11 (5,) pp. 415-424. DOI: 10.1108/13598540610682435.
- Yang, C-C., Tai, H-H., Chiu, W-H. (2014). *Factors influencing container carriers' use of coastal shipping*. Maritime Policy & Management, Vol. 41 (2), pp. 131-133. DOI:10.1080/03088839.2013.819134
- Yeo, K-T., Song, D-W. (2003). *An evaluation of container ports in China and Korea with the analytic hierarchy process*. Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 5. Consultado en agosto de 2015 en: www.easts.info/2003journal/papers/0726.pdf.
- Yuen, C-I. A., Zhang, A., Cheung, W. (2012). *Port competitiveness from the users' perspective: An analysis of major container ports in China and its neighboring countries*. Research in Transportation Economics, Vol. 35, pp. 34-40. doi:10.1016/j.retrec.2011.11.005
- Wilckelmaier, F. (2003). *An introduction to MDS*. Consultado en octubre de 2015 en: <https://homepage.uni-tuebingen.de/florian.wickelmaier/pubs/Wickelmaier2003SQRU.pdf>
- World shipping council. Ports. (2015). *World Port Rankings for the top 100 ports in the world in 2013 by American Association of Port Authorities*. Consultado en octubre de 2015 en: <http://www.worldshipping.org/about-the-industry/global-trade/ports>
- WPCI- Port Environment Committee/ World Ports Climate Initiative. (2015). *LNG fuelled vessels*. Consultado en octubre de 2015 en: <http://www.lngbunkering.org/>.

ANEXO 1. RANKING DE LOS 100 PRIMEROS PUERTOS DE CONTENEDORES DEL MUNDO EN 2013.

TRÁFICO DE CONTENEDORES- RANKING DE PUERTOS DE CONTENEDORES MUNDIAL EN 2013			
TEUs - Twenty-Foot Equivalent Units			
RANKING	PUERTO	PAÍS	TEUS
1	Shanghai	China	33.617.000
2	Singapore	Singapore	32.578.700
3	Shenzhen	China	23.278.000
4	Hong Kong	China	22.352.000
5	Busan	South Korea	17.611.882
6	Ningbo	China	17.326.800
7	Qingdao	China	15.520.000
8	Guangzhou	China	15.309.200
9	Dubai Ports	United Arab Emirates	13.600.000
10	Tianjin	China	12.996.510
11	Rotterdam	Netherlands	11.664.195
12	Port Kelang	Malaysia	10.350.410
13	Kaohsiung	Taiwan	9.978.857
14	Dalian	China	9.912.000
15	Hamburg	Germany	9.257.358
16	Antwerp	Belgium	8.578.269
17	Xiamen	China	8.007.900
18	Los Angeles	United States	7.868.572
19	Tanjung Pelepas	Malaysia	7.416.518
20	Long Beach	United States	6.730.573
21	Laem Chabang	Thailand	6.041.476

TRÁFICO DE CONTENEDORES- RANKING DE PUERTOS DE CONTENEDORES MUNDIAL EN 2013			
TEUs - Twenty-Foot Equivalent Units			
RANKING	PUERTO	PAÍS	TEUS
22	Bremen/Bremerhaven	Germany	5.830.711
23	Lianyungang	China	5.488.000
24	New York / New Jersey	United States	5.467.345
25	Tanjung Priok	Indonesia	5.466.048
26	Yingkou	China	5.301.000
27	Saigon Port Co. LTD	Viet Nam	5.112.319
28	Tokyo	Japan	4.885.271
29	Jeddah	Saudi Arabia	4.561.364
30	Valencia	Spain	4.327.838
31	Colombo	Sri Lanka	4.306.206
32	Algeciras - La Linea	Spain	4.222.350
33	Jawaharlal Nehru (Nhava Sheva)	India	4.127.790
34	Khor Fakkan	United Arab Emirates	4.000.000
35	Saigon New Port	Vietnam	3.789.422
36	Manila	Philippines	3.770.018
37	Gioia Tauro	Italy	3.476.858
38	Seattle/Tacoma Alliance	United States	3.461.672
39	Santos	Brazil	3.448.879
40	Felixstowe	United Kingdom	3.432.786
41	Mina Raysut (Salalah)	Oman	3.340.000
42	Ambarli	Turkey	3.318.235
43	Balboa	Panama	3.063.579
44	Savannah	United States	3.034.010
45	East Port Said Port	Egypt	2.946.560
46	Yokohama	Japan	2.925.790

TRÁFICO DE CONTENEDORES- RANKING DE PUERTOS DE CONTENEDORES MUNDIAL EN 2013			
TEUs - Twenty-Foot Equivalent Units			
RANKING	PUERTO	PAÍS	TEUS
47	Metro Vancouver	Canada	2.825.475
48	Marsaxlokk	Malta	2.700.000
49	Bandar Abbas	Iran	2.688.605
50	Colon	Panama	2.668.673
51	Keelung	Taiwan	2.641.546
52	Nagoya	Japan	2.641.479
53	Durban	South Africa	2.641.096
54	Kobe	Japan	2.533.670
55	St. Petersburg	Russia	2.521.009
56	Tanger	Morocco	2.492.977
57	Melbourne	Australia	2.492.788
58	Le Havre	France	2.485.660
59	Oakland	United States	2.346.564
60	Kwangyang	South Korea	2.272.629
61	Hampton Roads	United States	2.223.532
62	Osaka	Japan	2.192.453
63	Sydney Ports	Australia	2.165.269
64	Yantai	China	2.150.000
65	Manzanillo, MX	Mexico	2.136.157
66	Inchon	South Korea	2.121.553
67	Rizhao	China	2.026.600
68	Zeebrugge	Belgium	2.026.270
69	Genoa	Italy	1.988.013
70	Cartagena (incluye SPRC, El Bosque, Contecar)	Colombia	1.987.864
71	Dublin	Ireland	1.985.646

TRÁFICO DE CONTENEDORES- RANKING DE PUERTOS DE CONTENEDORES MUNDIAL EN 2013			
TEUs - Twenty-Foot Equivalent Units			
RANKING	PUERTO	PAÍS	TEUS
72	Fuzhou	China	1.976.700
73	Houston	United States	1.950.071
74	Cartagena	Colombia	1.865.233
75	Callao	Peru	1.856.020
76	Kingston	Jamaica	1.808.393
77	Dammam	Saudi Arabia	1.694.282
78	Barcelona	Spain	1.693.489
79	Charleston	United States	1.601.368
80	Southampton	United Kingdom	1.524.691
81	Alexandria and El-Dekheila	Egypt	1.519.193
82	Guayaquil	Ecuador	1.517.910
83	Bangkok	Thailand	1.511.458
84	Karachi	Pakistan	1.499.320
85	Madras	India	1.487.570
86	Chittagong	Bangladesh	1.486.610
87	Taichung	Taiwan	1.467.605
88	Icel (Mersin)	Turkey	1.366.498
89	Haifa	Israel	1.356.989
90	Montreal	Canada	1.346.065
91	La Spezia	Italy	1.300.432
92	San Juan	United States	1.269.902
93	Penang	Malasyia	1.237.713
94	San Antonio	Chile	1.196.844
95	Ashdod	Israel	1.181.668
96	Gdansk	Poland	1.177.626

TRÁFICO DE CONTENEDORES- RANKING DE PUERTOS DE CONTENEDORES MUNDIAL EN 2013			
TEUs - Twenty-Foot Equivalent Units			
RANKING	PUERTO	PAÍS	TEUS
97	Buenos Aires	Argentina	1.137.853
98	Beirut	Lebanon	1.117.334
99	Itajai	Brazil	1.104.934
100	Marseilles	France	1.097.740

Fuente: World Shipping Council (2015).

Tabla. Ranking de los 100 primeros puertos de contenedores del mundo en 2013.

ANEXO 2. CONCEPTO *SMART PORT* ASIMILADO EN EL MODELO EFQM

En base al requerimiento de integrar el concepto *smart port* en el Modelo EFQM se incluyen a continuación las descripciones de los subcriterios afectados, señalando en cursiva el texto específico a tener en cuenta para avanzar en el concepto *smart port*.

Criterio 1. LIDERAZGO

-1a. Los líderes desarrollan la misión, visión, valores y principios éticos y actúan como modelos de referencia.

-1b. Los líderes definen, supervisan, revisan e impulsan tanto la mejora del sistema de gestión de la organización como su rendimiento.

Por ejemplo, los líderes de las organizaciones excelentes:

- Definen y utilizan un conjunto equilibrado de resultados para seguir la evolución de la gestión de la organización, cuentan con un conjunto de prioridades a corto y largo plazo y gestionan las expectativas de los grupos de interés clave.
- Entienden y desarrollan las capacidades subyacentes de la organización.
- Evalúan el conjunto de resultados alcanzados con el fin de mejorar el rendimiento futuro y proporcionar beneficios sostenibles a todos sus grupos de interés.
- Fundamentan las decisiones en información fiable y basada en datos, y utilizan todo el conocimiento disponible para interpretar el rendimiento actual y previsible de los procesos relevantes.
- Consiguen un alto nivel de confianza de los grupos de interés al adoptar mecanismos eficaces para entender futuros escenarios y gestionar eficazmente riesgos estratégicos, operativos y financieros, *por ejemplo adoptando sistemas de gestión de la calidad, seguridad, energía y medio ambiente basados en estándares internacionales y acuerdos en estos ámbitos.*

-1c. Los líderes se implican con los grupos de interés.

-1d. Los líderes refuerzan una cultura de excelencia entre las personas de la organización.

-1e. Los líderes se aseguran de que la organización sea flexible y gestionan el cambio de manera eficaz.

Criterio 2. ESTRATEGIA

-2a. La estrategia se basa en comprender las necesidades y expectativas de los grupos de interés y del entorno externo.

-2b. La estrategia se basa en comprender el rendimiento de la organización y sus capacidades

Por ejemplo, las organizaciones excelentes:

- Analizan la tendencia de su rendimiento operativo para comprender sus capacidades actuales y potenciales e identificar qué es necesario desarrollar para alcanzar los objetivos estratégicos.
- Analizan los datos e información relativos a las competencias y capacidades clave de los partners actuales y potenciales para comprender cómo complementan las capacidades de la organización.
- Determinan el impacto potencial de las nuevas tecnologías y los modelos de gestión en el rendimiento de la organización.
- Comparan su rendimiento con indicadores de referencia para comprender sus fortalezas y áreas de mejora.
- *Entre la información a tener en cuenta podrían estar los indicadores siguientes: TEUS/Metro de muelle, TEUS/Área total de la terminal, Longitud de muelle de más de 14m de profundidad/Total de longitud de muelle, TEUS/Capacidad de contenedores de las terminales, Número medio de horas de trabajo en las terminales.*

-2c. La estrategia y sus políticas de apoyo se desarrollan, revisan y actualizan.

Por ejemplo, las organizaciones excelentes:

- Crean y mantienen una estrategia y políticas de apoyo claras para hacer realidad su Misión y Visión, *por ejemplo: los planes de gestión de residuos implantados.*
- Integran los conceptos de sostenibilidad en su estrategia fundamental (*considerando aspectos relacionados con la gestión de los residuos-sólidos y aguas residuales- y del consumo del agua*), cadena de valor y diseño de procesos, asignando los recursos necesarios a hacer realidad estos objetivos.
- Identifican y comprenden los resultados clave necesarios para alcanzar su Misión y evalúan el progreso hacia la Visión y los objetivos estratégicos.
- Adoptan mecanismos eficaces para gestionar los riesgos estratégicos identificados mediante la planificación de escenarios.
- Comprenden sus competencias clave y cómo pueden generar valor compartiendo en beneficio de la sociedad en general.

-2d. La estrategia y sus políticas de apoyo se comunican, implantan y supervisan.

Criterio 3. PERSONAS

-3a. Los planes de gestión de las personas apoyan la estrategia de la organización.

-3b. Se desarrolla el conocimiento y las capacidades de las personas.

-3c. Las personas están alineadas con las necesidades de la organización, implicadas y asumen su responsabilidad.

-3d. Las personas se comunican eficazmente en toda la organización.

-3e. Recompensa, reconocimiento y atención a las personas de la organización.

Criterio 4: ALIANZAS Y RECURSOS

-4a. Gestión de partners y proveedores para obtener un beneficio sostenible.

Por ejemplo, las organizaciones excelentes:

- Segmentan partners y proveedores, de acuerdo con la estrategia de la organización, y adoptan las políticas y procesos adecuados para trabajar juntos eficazmente, *incluidos cuadros de indicadores compartidos.*
- Favorecen y establecen relaciones sostenibles con partners y proveedores basadas en la confianza, respecto y transparencia mutuos.
- Se aseguran de que partners y proveedores operan de acuerdo con las estrategias y valores de la organización, *por ejemplo adoptando sistemas de gestión de la calidad, seguridad, energía y medio ambiente así como planes de gestión de residuos y del agua, midiendo el consumo energético con origen en sus actividades en el área portuaria (desagregando según focos: flota interna, contenedores refrigerados, oficinas, sistema de iluminación, equipos dedicados al movimiento de contenedores), los combustibles y la energía y combustibles procedentes de fuentes renovables, los residuos y aguas residuales generados y el agua consumida, la productividad de las horas de trabajo.*
- Establecen redes adecuadas para identificar oportunidades potenciales de alianzas que aumenten sus capacidades y su habilidad para generar valor adicional para los grupos de interés.
- Trabajan con sus partners para lograr beneficios mutuos y mayor valor para sus respectivos grupos de interés, apoyándose mutuamente con experiencias, recursos y conocimientos, *por ejemplo en relación a la capacidad de contenedores de las terminales y puntos de conexión eléctricos para contenedores refrigerados, el desarrollo de la intermodalidad (ferrocarril, carretera), el establecimiento de acuerdos sobre calidad, seguridad, energía y medio ambiente.*

-4b. Gestión de los recursos económico-financieros para asegurar el éxito sostenido.

-4c. Gestión sostenible de edificios, equipos, materiales y recursos naturales.

Por ejemplo las organizaciones excelentes:

- Implantan estrategias, políticas y procesos para la gestión sostenible de edificios, equipos y materiales desde el punto de vista financiero y ambiental, *por ejemplo: en relación a la construcción de muelles con una profundidad de más de 14 m orientado a grandes buques, la gestión energética y ambiental de acuerdo con estándares en el puerto, el aprovechamiento de fuentes de energía renovable para el auto-consumo del puerto y la gestión de residuos y agua en el puerto.*
- Optimizan el uso y gestionan eficazmente el ciclo de vida y la seguridad física de sus activos tangibles, incluidos los edificios, equipos y materiales, *y especialmente: los muelles y líneas de atraque, las áreas de almacenamiento y los puntos de conexión eléctrica para contenedores refrigerados.*

- Miden y optimizan el impacto de operaciones, servicios y ciclo de vida de productos sobre la salud pública, la seguridad y el medio ambiente, *por ejemplo considerando fuentes de energía renovable para su auto-consumo y utilizando sistemas de seguimiento para evaluar la calidad del aire en el área portuaria.*
- Minimizan su impacto ambiental a nivel local y global, incluido el establecimiento de objetivos ambiciosos que cumplan y superen las normas y requisitos legales, *considerando aquellos referidos al consumo energético debido a sus actividades y distintos focos de consumo, la utilización de fuentes de energía renovable el ruido generado por la actividad portuaria y las fugas y derrames de sustancias contaminantes al mar.*
- Promueven, activamente los estándares económicos, ambientales (*incluidos los energéticos*) y sociales en su sector.

-4d. Gestión de la tecnología para hacer realidad la estrategia.

Por ejemplo, las organizaciones excelentes:

- Gestionan una cartera tecnológica que apoya su estrategia general *basada de forma importante en las nuevas tecnologías de la información y la comunicación y en la automatización.*
- Evalúan y desarrollan su cartera tecnológica para mejorar la agilidad de procesos, proyectos y organización, *por ejemplo mediante: tecnologías de la información y las comunicaciones que usan el puerto y las terminales y que ofrecen a la comunidad portuaria (comunicaciones inalámbricas y por cable, sistemas OCR, RFID, DGP, PCS, etc.) y grúas y equipos automatizados.*
- Implican a los grupos de interés relevantes en el desarrollo de y despliegue de nuevas tecnologías para maximizar los beneficios generados.
- Identifican y evalúan las tecnologías alternativas y emergentes desde la óptica de su impacto tanto sobre el rendimiento y capacidades de la organización, como sobre el medio ambiente.
- Utilizan la tecnología para apoyar la cultura de creatividad e innovación.

-4e. Gestión de la información y el conocimiento para apoyar una eficaz toma de decisiones y construir las capacidades de la organización.

Por ejemplo, las organizaciones excelentes:

- Se aseguran de poner a disposición de sus líderes una información precisa y suficiente que les sirva de apoyo para tomar decisiones de forma oportuna.
- Transforman los datos en información y, cuando conviene, en conocimiento que puede ser compartido y utilizado eficazmente.
- Desarrollan iniciativas para implicar a grupos de interés relevantes y utilizan su conocimiento colectivo en la generación de ideas e innovación, *por ejemplo para el desarrollo de proyectos de sensorización (OCR, RFID, CCTV, GPS/DGPS, etc.) y automatización, de redes inalámbricas con cobertura Wifi o de desarrollo de un PCS u*

otras aplicaciones tecnológicas de utilidad para la comunidad portuaria (sistemas de colaboración logística B2B).

- Facilitan y supervisan el acceso adecuado a la información y el conocimiento relevantes para las personas de la organización y los usuarios externos, garantizando al mismo tiempo la protección de la propiedad intelectual de la organización y la seguridad de la información y el conocimiento.
- Establecen y gestionan redes de aprendizaje y colaboración para identificar oportunidades de creatividad, innovación y mejora.
- Hacen realidad las ideas en plazos de tiempo que maximizan las ventajas a obtener.

Criterio 5. PROCESOS, PRODUCTOS Y SERVICIOS

-5a. Los procesos se diseñan y gestionan a fin de optimizar el valor para los grupos de interés.

Por ejemplo, las organizaciones excelentes:

- Utilizan un marco clave para implantar la estrategia de la organización.
- Gestionan sus procesos de principio a fin, incluyendo aquellos procesos que exceden los límites de la organización, *e impulsan su automatización (por ejemplo de grúas –de muelle o de patio- y de los equipos para movimiento de contenedores).*
- Se aseguran de que los propietarios de proceso comprenden cuál es su función y responsabilidad en el desarrollo, mantenimiento y mejora de los procesos.
- Desarrollan para sus procesos un conjunto significativo de indicadores de rendimiento y de medidas de resultados, permitiendo la revisión de la eficiencia y la eficacia de los procesos clave y de su contribución a los objetivos estratégicos, *por ejemplo en relación al número de líneas principales en el puerto (main lines) o número de buques que paran en el puerto.*
- Utilizan datos sobre el rendimiento y las capacidades actuales de los procesos, así como indicadores de referencia adecuados, para impulsar la creatividad, innovación y mejora.

-5b. Los productos y servicios se desarrollan para dar valor óptimo a los clientes.

Por ejemplo, las organizaciones excelentes:

- Se esfuerzan por innovar y crear valor para sus clientes, implicándolos a ellos y otros grupos de interés, cuando conviene, en el desarrollo de nuevos e innovadores productos, servicios y experiencias.
- Utilizan la investigación de mercado, las encuestas de clientes y otras formas de información para anticipar e identificar mejoras destinadas a fortalecer la cartera de productos y servicios, *por ejemplo midiendo TEUs/Número de consignatarios, Número de líneas principales/Número total de líneas o TEUs/Número de buques que paran en el puerto.*

- Desarrollan su cartera de productos de acuerdo con las necesidades en continuo de sus clientes actuales y potenciales.
- Diseñan su cartera de productos y servicios y gestionan activamente todo el ciclo de vida de los productos de manera responsable.

-5c. Los productos y servicios se promocionan y ponen en el mercado eficazmente.

-5d. Los productos y servicios se producen, distribuyen y gestionan.

Por ejemplo, las organizaciones excelentes:

- Producen y distribuyen productos y servicios que satisfacen o exceden las necesidades y expectativas de los clientes de acuerdo con la propuesta de valor que ofertan, *y para ello se basan en sistemas de gestión de la calidad, seguridad, energía y medio ambiente según estándares internacionales, planes de gestión de residuos y de agua.*
- Desarrollan una cadena de valor eficaz y eficiente para garantizar que pueden hacer realidad su propuesta de valor de forma coherente.
- Se aseguran de que las personas disponen de los recursos, competencias y grado de delegación necesarios para que la experiencia del cliente sea máxima.
- Gestionan productos y servicios a lo largo de todo su ciclo de vida *(incluyendo la consideración de los residuos sólidos y aguas residuales generados por la actividad portuaria)*, considerando cualquier impacto en la salud pública, la seguridad y el medio ambiente y teniendo en cuenta la reutilización y el reciclado cuando sea conveniente *a través de la recogida selectiva de residuos.*
- Comparan su rendimiento con referencias relevantes y aprenden de sus puntos fuertes y oportunidades de mejora para maximizar el valor generado para los clientes.

-5e. Las relaciones con los clientes se gestionan y mejoran.

Criterio 6: RESULTADOS EN LOS CLIENTES

-6a. Percepciones.

-6b. Indicadores de rendimiento.

Criterio 7. RESULTADOS EN LAS PERSONAS

-7a. Percepciones.

-7b. Indicadores de rendimiento.

Criterio 8: RESULTADOS EN LA SOCIEDAD

-8a. Percepciones.

-8b. Indicadores de rendimiento.

Son medidas internas que utiliza la organización para supervisar, entender, predecir y mejorar su rendimiento y predecir su impacto sobre las percepciones de los grupos de interés relevantes de la sociedad. Estos indicadores deben dar una idea clara del despliegue y el impacto de la estrategia social y ambiental, sus políticas de apoyo y sus procesos.

Las medidas pueden incluir indicadores de rendimiento sobre:

- a) Actividades ambientales, económicas y sociales.
- b) Cumplimiento de la legislación y las diferentes normativas oficiales (*incluidas normas y estándares de ámbito voluntario relativas a calidad, seguridad, medio ambiente y energía*) y especialmente la referida a la gestión de residuos.
- c) Resultados respecto a la salud y seguridad, *el consumo energético (desagregado por centros de consumo), la utilización de energía y combustibles procedentes de fuentes renovables, los residuos generados, los recogidos de forma selectiva, y los que se destinan a reutilización, reciclaje y recuperación, el consumo de agua, volumen de agua reciclada consumida, volumen de agua residual generada y la que es reutilizada, la calidad del aire, emisiones de gases invernadero, niveles de ruido y fugas y derrames de sustancias contaminantes al mar.*
- d) Gestión de compras y proveedores socialmente responsable.

Criterio 9: RESULTADOS CLAVE

-9a. Resultados estratégicos clave.

Son los resultados clave económico-financieros y no económicos que demuestran el éxito alcanzado en la implantación de la estrategia. El conjunto de medidas y objetivos relevantes se definirá y acordará con los grupos de interés que aportan financiación.

Las medidas pueden incluir:

- e) Resultados económico-financieros.
- f) Percepciones de los grupos de interés que aportan la financiación.
- g) Resultados de la gestión del presupuesto.
- h) Resultados de los procesos clave (*por ejemplo: líneas principales y escalas en el puerto, resultados segregados por otros modos de transporte (ferrocarril, carretera).*)

-9b. Indicadores clave de rendimiento de la actividad.

Son los indicadores clave económico-financieros y no económicos que utiliza la organización para medir su rendimiento operativo. Ayudan a supervisar, entender, predecir y mejorar los posibles resultados clave.

Las medidas pueden incluir indicadores de rendimiento sobre:

- i) Gestión económico-financiera.
- j) Costes de los proyectos.
- k) Rendimiento de los procesos clave (*incluyendo rendimiento respecto a la longitud de muelle, áreas de almacenamiento, la capacidad disponible –incluida intermodalidad-, el grado de automatización existente*).
- l) Rendimiento de partners y proveedores.
- m) Tecnología, información y conocimiento (*incluyendo tecnologías implantadas según tipología*).

ANEXO 3. MATRICES DE DECISIÓN DERIVADAS DE APLICAR AHP

Smart port	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14	E15	E16
Operacional	0,804	0,64	0,785	0,785	0,466	0,6	0,649	0,25	0,6	0,25	0,582	0,2	0,696	0,75	0,444	0,583
Energía	0,074	0,258	0,149	0,149	0,434	0,2	0,072	0,25	0,2	0,25	0,109	0,6	0,075	0,125	0,444	0,069
Medio Ambiente	0,122	0,102	0,066	0,066	0,1	0,2	0,279	0,5	0,2	0,5	0,309	0,2	0,229	0,125	0,112	0,348

Tabla 1: Matriz de decisión de las áreas smart port por parte de los expertos participantes.

Área operacional	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
Longitud de muelle	0,023	0,282	0,189	0,176	0,076	0,053	0,051	0,091	0,052	0,153	0,078	0,024	0,08	0,08
Área de almacenamiento (área de patio)	0,118	0,07	0,189	0,176	0,032	0,03	0,051	0,035	0,052	0,153	0,078	0,016	0,176	0,274
Capacidad para recibir grandes buques	0,13	0,029	0,189	0,041	0,075	0,202	0,023	0,091	0,028	0,036	0,025	0,172	0,08	0,036
Tamaño y uso de la máxima capacidad	0,111	0,033	0,189	0,015	0,076	0,017	0,033	0,091	0,034	0,038	0,018	0,058	0,046	0,08
Nivel tecnológico	0,228	0,17	0,066	0,176	0,302	0,202	0,079	0,312	0,086	0,145	0,116	0,172	0,028	0,033
Nivel de automatización	0,18	0,26	0,05	0,176	0,201	0,202	0,023	0,219	0,024	0,108	0,249	0,172	0,046	0,033
Nivel de intermodalidad	0,06	0,023	0,057	0,041	0,13	0,075	0,356	0,035	0,344	0,21	0,169	0,172	0,046	0,362

Área operacional	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
Líneas que hacen escala en el puerto	0,075	0,09	0,039	0,176	0,032	0,202	0,269	0,035	0,271	0,057	0,018	0,172	0,046	0,022
Sistemas de gestión de la calidad, la seguridad y la salud	0,075	0,043	0,032	0,023	0,076	0,017	0,115	0,091	0,109	0,1	0,249	0,042	0,452	0,08

Tabla 2: Matriz de decisión de los factores que influyen en el área operacional por parte de los expertos participantes.

Área energía	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
Consumo total de energía (energía primaria)	0,04	0,09	0,123	0,205	0,339	0,159	0,413	0,34	0,443	0,174	0,041	0,085	0,25	0,025
Consumo energético por parte de los contenedores	0,065	0,175	0,123	0,041	0,043	0,028	0,054	0,042	0,055	0,108	0,065	0,163	0,028	0,113
Consumo energético de la flota interna de vehículos	0,207	0,285	0,123	0,2	0,167	0,401	0,06	0,167	0,055	0,058	0,222	0,303	0,141	0,268
Consumo energético por parte de las oficinas	0,124	0,09	0,123	0,028	0,043	0,225	0,029	0,042	0,034	0,054	0,066	0,023	0,079	0,048

Área energía	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
Consumo energético por parte del sistema de iluminación	0,115	0,09	0,112	0,028	0,118	0,028	0,159	0,117	0,199	0,037	0,41	0,03	0,079	0,113
Consumo energético por parte del equipo dedicado al movimiento de contenedores (grúas, etc.)	0,216	0,09	0,15	0,2	0,239	0,088	0,111	0,238	0,09	0,104	0,066	0,303	0,141	0,274
Uso de energía renovable	0,075	0,09	0,123	0,041	0,029	0,043	0,105	0,027	0,09	0,223	0,108	0,023	0,141	0,113
Sistema de gestión energética	0,158	0,09	0,123	0,257	0,022	0,028	0,069	0,027	0,034	0,242	0,022	0,07	0,141	0,046

Tabla 3: Matriz de decisión de los factores que influyen en el área de energía de un smart port por parte de los expertos participantes.

Área medio ambiente	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
Sistemas de gestión ambiental	0,03	0,285	0,285	0,188	0,039	0,511	0,359	0,039	0,359	0,192	0,027	0,172	0,222	0,048
Gestión de residuos	0,233	0,143	0,143	0,188	0,039	0,124	0,057	0,039	0,057	0,259	0,372	0,073	0,111	0,048
Gestión del agua	0,119	0,143	0,143	0,188	0,061	0,124	0,106	0,061	0,145	0,115	0,038	0,028	0,111	0,109

Área medio ambiente	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11	E12	E13	E14
Emisiones al aire	0,056	0,143	0,143	0,188	0,346	0,046	0,234	0,346	0,235	0,138	0,077	0,073	0,111	0,265
Contaminación acústica	0,171	0,143	0,143	0,060	0,169	0,071	0,145	0,169	0,105	0,107	0,114	0,172	0,222	0,265
Fugas y derrames de sustancias al mar	0,391	0,143	0,143	0,188	0,346	0,124	0,099	0,346	0,099	0,189	0,372	0,482	0,223	0,265

Tabla 4: Matriz de decisión de los factores que influyen en el área de medio ambiente de un smart port por parte de los expertos participantes.

ANEXO 4. INFORME GENERADO POR SPSS EN LA APLICACIÓN DE MDS

```

PROXSCAL VARIABLES=V1 V2 V3 V4 V5 V6 V7 V8 V9 V10 V11 V12 V13 V14 V15 V16 V17 V18 V19 V20 V21 V22 V2
/SHAPE=LOWER
/INITIAL=SIMPLEX
/TRANSFORMATION=ORDINAL(UNTIE)
/PROXIMITIES=SIMILARITIES
/ACCELERATION=NONE
/CRITERIA=DIMENSIONS(2,2) MAXITER(200) DIFFSTRESS(.00001) MINSTRESS(.00001)
/PRINT=COMMON DISTANCES HISTORY STRESS DECOMPOSITION
/PLOT=COMMON.

```

Proxscal

Notas

Resultados creados	07-NOV-2015 06:52:25	
Comentarios		
Entrada	Conjunto de datos activo	Conjunto_de_datos1
	Filtro	<ninguno>
	Peso	<ninguno>
	Dividir archivo	<ninguno>
	Núm. de filas del archivo de trabajo	38
Sintaxis	PROXSCAL VARIABLES=V1 V2 V3 V4 V5 V6 V7 V8 V9 V10 V11 V12 V13 V14 V15 V16 V17 V18 V19 V20 V21 V22 V23 V24 V25 V26 V27 V28 V29 V30 V31 V32 V33 V34 V35 V36 V37 V38 /SHAPE=LOWER /INITIAL=SIMPLEX /TRANSFORMATION=OR DINAL(UNTIE) /PROXIMITIES=SIMILARI TIES /ACCELERATION=NONE /CRITERIA=DIMENSIONS (2,2) MAXITER(200) DIFFSTRESS(.00001) MINSTRESS(.00001) /PRINT=COMMON DISTANCES HISTORY STRESS ...	
Recursos	Tiempo de procesador	00:00:01,70
	Tiempo transcurrido	00:00:02,00

[Conjunto_de_datos1]

Créditos

Proxscal Version 1.0 by Data Theory Scaling System Group (DTSS) Faculty of Social and Behavioral Sciences Leiden University, The Netherlands
--

Resumen del procesamiento de los casos

Casos		38
Fuentes		1
Objetos		38
Proximidades	Proximidades totales	703 ^a
	Proximidades perdidas	0
	Proximidades activas ^b	703

a. Suma de todas las proximidades triangulares estrictamente inferiores.

b. Las proximidades activas incluyen todas las proximidades no perdidas.

Bondad de ajuste

Historial de iteraciones

Iteración	Stress bruto normalizado	Mejora
0	,466979 ^a	
1	,072864	,394116
2	,063467	,009396
3	,055352	,008115
4	,048440	,006913
5	,042585	,005855
6	,037636	,004949
7	,033448	,004188
8	,029905	,003543
9	,026909	,002996
10	,024374	,002535
11	,022228	,002146
12	,020410	,001817
13	,018867	,001543
14	,017553	,001314
15	,016429	,001124
16	,015465	,000964
17	,014636	,000829
18	,013923	,000712
19	,013310	,000613
20	,012782	,000528
21	,012325	,000457
22	,011929	,000397
23	,011582	,000346
24	,011278	,000305
25	,011008	,000270
26	,010765	,000242
27	,010546	,000219
28	,010345	,000201
29	,010158	,000187
30	,009982	,000176
31	,009812	,000170
32	,009648	,000165
33	,009489	,000159
34	,009339	,000150
35	,009202	,000137
36	,009081	,000121
37	,008975	,000106
38	,008884	,000091
39	,008804	,000080
40	,008733	,000071

Historial de iteraciones

Iteración	Stress bruto normalizado	Mejora
41	,008669	,000064
42	,008611	,000058
43	,008557	,000054
44	,008505	,000051
45	,008456	,000049
46	,008409	,000048
47	,008362	,000046
48	,008316	,000046
49	,008271	,000045
50	,008225	,000046
51	,008180	,000046
52	,008133	,000046
53	,008086	,000047
54	,008038	,000049
55	,007986	,000051
56	,007931	,000055
57	,007871	,000060
58	,007804	,000066
59	,007732	,000073
60	,007653	,000078
61	,007571	,000083
62	,007486	,000085
63	,007401	,000085
64	,007318	,000083
65	,007237	,000081
66	,007156	,000081
67	,007070	,000086
68	,006973	,000097
69	,006866	,000107
70	,006755	,000111
71	,006648	,000108
72	,006549	,000099
73	,006458	,000091
74	,006372	,000085
75	,006291	,000082
76	,006211	,000080
77	,006132	,000079
78	,006052	,000080
79	,005969	,000082
80	,005885	,000084
81	,005800	,000086

Historial de iteraciones

Iteración	Stress bruto normalizado	Mejora
82	,005713	,000086
83	,005628	,000085
84	,005544	,000084
85	,005463	,000082
86	,005383	,000080
87	,005305	,000078
88	,005228	,000077
89	,005151	,000077
90	,005074	,000077
91	,004995	,000079
92	,004915	,000080
93	,004833	,000082
94	,004751	,000082
95	,004669	,000082
96	,004588	,000081
97	,004509	,000079
98	,004432	,000077
99	,004357	,000075
100	,004284	,000073
101	,004213	,000071
102	,004145	,000068
103	,004080	,000066
104	,004015	,000065
105	,003950	,000065
106	,003886	,000065
107	,003821	,000064
108	,003758	,000064
109	,003695	,000063
110	,003635	,000060
111	,003579	,000056
112	,003529	,000051
113	,003484	,000045
114	,003444	,000040
115	,003409	,000035
116	,003378	,000031
117	,003351	,000027
118	,003327	,000024
119	,003305	,000022
120	,003285	,000020
121	,003267	,000018
122	,003251	,000017

Historial de iteraciones

Iteración	Stress bruto normalizado	Mejora
123	,003235	,000015
124	,003221	,000014
125	,003208	,000013
126	,003195	,000013
127	,003183	,000012
128	,003171	,000012
129	,003160	,000011
130	,003149	,000011
131	,003139	,000010
132	,003129	,000010 ^b

a. Stress de la configuración inicial: gráfico simplex.

b. Se ha detenido el proceso de iteración porque la mejora es menor que el criterio de convergencia.

Medidas de ajuste y stress

Stress bruto normalizado	,003129
Stress-I	,055937 ^a
Stress-II	,117533 ^a
S-Stress	,001874 ^b
Dispersión explicada (D.A. F.)	,996871
Coefficiente de congruencia de Tucker	,998434

PROXSCAL minimiza el stress bruto normalizado.

a. Factor para escalamiento óptimo = 1,003.

b. Factor para escalamiento óptimo = 1,002.

**Descomposición de stress bruto
normalizado**

		Fuente	
		SRC_1	Media
Objeto	V1	,0000	,0000
	V2	,0091	,0091
	V3	,0132	,0132
	V4	,0010	,0010
	V5	,0029	,0029
	V6	,0000	,0000
	V7	,0000	,0000
	V8	,0061	,0061
	V9	,0061	,0061
	V10	,0046	,0046
	V11	,0029	,0029
	V12	,0122	,0122
	V13	,0000	,0000
	V14	,0011	,0011
	V15	,0002	,0002
	V16	,0002	,0002
	V17	,0151	,0151
	V18	,0011	,0011
	V19	,0011	,0011
	V20	,0022	,0022
	V21	,0011	,0011
	V22	,0004	,0004
	V23	,0054	,0054
	V24	,0004	,0004
	V25	,0008	,0008
	V26	,0064	,0064
	V27	,0012	,0012
	V28	,0010	,0010
	V29	,0018	,0018
	V30	,0002	,0002
	V31	,0022	,0022
	V32	,0076	,0076
	V33	,0008	,0008
	V34	,0008	,0008
	V35	,0010	,0010
	V36	,0010	,0010
	V37	,0057	,0057
	V38	,0020	,0020
Media		,0031	,0031

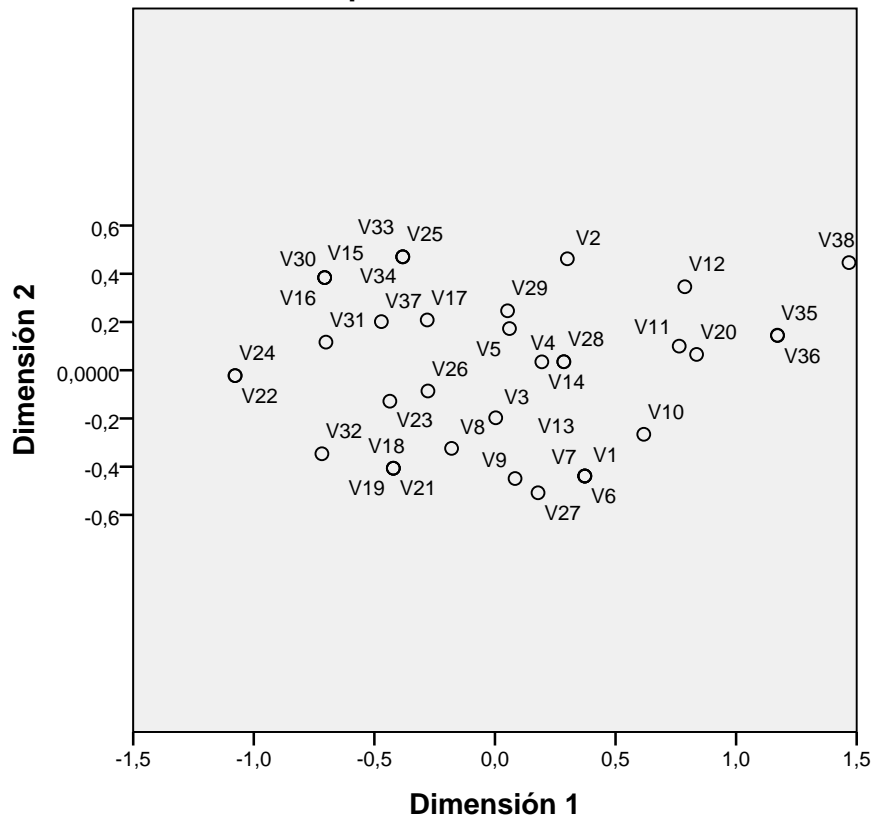
Espacio común

Coordenadas finales

	Dimensión	
	1	2
V1	,372	-,439
V2	,300	,462
V3	,003	-,197
V4	,286	,035
V5	,060	,173
V6	,372	-,439
V7	,372	-,439
V8	-,180	-,324
V9	,083	-,449
V10	,617	-,266
V11	,764	,100
V12	,787	,346
V13	,372	-,439
V14	,194	,035
V15	-,706	,384
V16	-,706	,384
V17	-,281	,208
V18	-,421	-,406
V19	-,421	-,406
V20	,836	,066
V21	-,421	-,406
V22	-1,078	-,022
V23	-,436	-,128
V24	-1,077	-,022
V25	-,382	,470
V26	-,278	-,086
V27	,179	-,508
V28	,286	,035
V29	,052	,247
V30	-,706	,384
V31	-,701	,116
V32	-,718	-,346
V33	-,382	,470
V34	-,382	,470
V35	1,171	,145
V36	1,172	,144
V37	-,471	,202
V38	1,468	,446

Puntos de objeto

Espacio común



Distancias

	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8
V1	,000							
V2	,904	,000						
V3	,441	,723	,000					
V4	,482	,427	,366	,000				
V5	,686	,376	,374	,264	,000			
V6	,000	,904	,441	,482	,687	,000		
V7	,000	,904	,441	,482	,687	,000	,000	
V8	,564	,921	,223	,588	,552	,564	,564	,000
V9	,289	,937	,264	,525	,622	,289	,289	,291
V10	,300	,794	,618	,448	,709	,300	,300	,799
V11	,666	,589	,817	,483	,708	,666	,666	1,035
V12	,888	,501	,954	,590	,747	,888	,888	1,177
V13	,000	,904	,441	,482	,687	,000	,000	,564
V14	,506	,440	,301	,091	,193	,506	,506	,518
V15	1,357	1,009	,917	1,051	,795	1,357	1,357	,882
V16	1,357	1,009	,917	1,051	,795	1,357	1,357	,882
V17	,920	,634	,495	,592	,343	,920	,920	,542
V18	,795	1,129	,473	,834	,753	,795	,795	,255
V19	,795	1,129	,473	,834	,753	,795	,795	,255
V20	,685	,667	,873	,551	,783	,685	,685	1,088
V21	,795	1,129	,473	,834	,753	,795	,795	,255
V22	1,509	1,461	1,095	1,365	1,155	1,509	1,509	,948
V23	,866	,944	,444	,740	,580	,866	,866	,322
V24	1,508	1,460	1,094	1,364	1,154	1,508	1,508	,946
V25	1,181	,683	,771	,797	,533	1,182	1,182	,820
V26	,740	,797	,302	,576	,426	,740	,740	,257
V27	,206	,978	,357	,554	,691	,206	,206	,403
V28	,482	,427	,366	,000	,264	,482	,482	,588
V29	,756	,329	,446	,315	,074	,756	,756	,616
V30	1,357	1,009	,917	1,051	,795	1,357	1,357	,882
V31	1,208	1,059	,771	,990	,763	1,208	1,208	,682
V32	1,094	1,300	,736	1,073	,935	1,094	1,094	,538
V33	1,181	,683	,771	,797	,533	1,182	1,182	,820
V34	1,181	,683	,771	,797	,533	1,182	1,182	,820
V35	,989	,927	1,217	,892	1,111	,989	,989	1,430
V36	,989	,928	1,217	,893	1,112	,989	,989	1,430
V37	1,059	,814	,620	,775	,532	1,059	1,059	,601
V38	1,408	1,168	1,600	1,252	1,434	1,408	1,408	1,819

Distancias

	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16
V1								
V2								
V3								
V4								
V5								
V6								
V7								
V8								
V9	,000							
V10	,564	,000						
V11	,874	,394	,000					
V12	1,062	,635	,247	,000				
V13	,289	,300	,666	,888	,000			
V14	,496	,519	,573	,670	,506	,000		
V15	1,148	1,474	1,497	1,494	1,357	,966	,000	
V16	1,148	1,474	1,497	1,494	1,357	,966	,000	,000
V17	,752	1,015	1,051	1,077	,920	,506	,460	,460
V18	,507	1,048	1,289	1,424	,795	,758	,840	,840
V19	,507	1,048	1,289	1,424	,795	,758	,840	,840
V20	,912	,397	,080	,285	,685	,642	1,575	1,575
V21	,507	1,048	1,289	1,424	,795	,758	,840	,840
V22	1,237	1,713	1,846	1,901	1,509	1,274	,551	,551
V23	,610	1,062	1,221	1,312	,866	,651	,580	,580
V24	1,236	1,711	1,845	1,900	1,508	1,273	,550	,550
V25	1,031	1,241	1,205	1,176	1,182	,723	,335	,335
V26	,512	,913	1,058	1,150	,740	,488	,636	,636
V27	,112	,501	,844	1,049	,206	,543	1,257	1,257
V28	,525	,448	,483	,590	,482	,091	1,051	1,051
V29	,696	,762	,727	,742	,756	,255	,771	,771
V30	1,148	1,474	1,498	1,494	1,357	,966	,000	,000
V31	,967	1,372	1,465	1,506	1,208	,899	,268	,268
V32	,808	1,337	1,547	1,657	1,094	,988	,731	,731
V33	1,031	1,241	1,205	1,176	1,182	,723	,335	,335
V34	1,031	1,241	1,205	1,176	1,182	,723	,335	,335
V35	1,240	,690	,410	,433	,990	,983	1,892	1,892
V36	1,239	,689	,410	,435	,989	,984	1,893	1,893
V37	,855	1,184	1,239	1,267	1,059	,686	,298	,298
V38	1,649	1,109	,784	,688	1,408	1,338	2,175	2,175

Distancias

	V17	V18	V19	V20	V21	V22	V23	V24
V1								
V2								
V3								
V4								
V5								
V6								
V7								
V8								
V9								
V10								
V11								
V12								
V13								
V14								
V15								
V16								
V17	,000							
V18	,631	,000						
V19	,631	,000	,000					
V20	1,126	1,343	1,343	,000				
V21	,631	,000	,000	1,343	,000			
V22	,830	,761	,761	1,916	,761	,000		
V23	,371	,278	,278	1,287	,278	,651	,000	
V24	,829	,760	,760	1,915	,760	,001	,650	,000
V25	,281	,878	,878	1,284	,878	,853	,601	,852
V26	,295	,351	,351	1,124	,351	,803	,163	,802
V27	,851	,609	,609	,873	,609	1,347	,722	1,346
V28	,592	,834	,834	,551	,834	1,365	,740	1,364
V29	,335	,807	,807	,804	,807	1,162	,615	1,161
V30	,460	,840	,840	1,575	,840	,551	,580	,550
V31	,430	,593	,593	1,538	,593	,402	,361	,401
V32	,706	,302	,302	1,607	,302	,485	,356	,484
V33	,281	,878	,878	1,284	,878	,853	,601	,852
V34	,281	,878	,878	1,284	,878	,853	,601	,852
V35	1,453	1,685	1,685	,344	1,685	2,255	1,630	2,254
V36	1,454	1,686	1,686	,345	1,686	2,256	1,631	2,255
V37	,190	,610	,610	1,314	,610	,647	,332	,646
V38	1,765	2,073	2,073	,738	2,073	2,589	1,989	2,588

Distancias

	V25	V26	V27	V28	V29	V30	V31	V32
V1								
V2								
V3								
V4								
V5								
V6								
V7								
V8								
V9								
V10								
V11								
V12								
V13								
V14								
V15								
V16								
V17								
V18								
V19								
V20								
V21								
V22								
V23								
V24								
V25	,000							
V26	,566	,000						
V27	1,128	,622	,000					
V28	,797	,576	,554	,000				
V29	,489	,469	,765	,315	,000			
V30	,335	,636	1,257	1,051	,771	,000		
V31	,476	,469	1,079	,990	,764	,268	,000	
V32	,883	,511	,911	1,073	,972	,731	,463	,000
V33	,000	,566	1,128	,797	,489	,335	,476	,883
V34	,000	,566	1,128	,797	,489	,335	,476	,883
V35	1,587	1,467	1,188	,892	1,123	1,892	1,872	1,952
V36	1,588	1,468	1,188	,893	1,124	1,893	1,873	1,952
V37	,283	,346	,962	,775	,525	,298	,245	,601
V38	1,850	1,825	1,604	1,252	1,430	2,175	2,194	2,325

Distancias

	V33	V34	V35	V36	V37	V38
V1						
V2						
V3						
V4						
V5						
V6						
V7						
V8						
V9						
V10						
V11						
V12						
V13						
V14						
V15						
V16						
V17						
V18						
V19						
V20						
V21						
V22						
V23						
V24						
V25						
V26						
V27						
V28						
V29						
V30						
V31						
V32						
V33	,000					
V34	,000	,000				
V35	1,587	1,587	,000			
V36	1,588	1,588	,002	,000		
V37	,283	,283	1,643	1,644	,000	
V38	1,850	1,850	,423	,423	1,954	,000

ANEXO 5. INFORME GENERADO POR SPSS EN LA APLICACIÓN DEL ANÁLISIS CLUSTER

```

CLUSTER  V1 V2 V3 V4 V5 V6 V7 V8 V9 V10 V11 V12 V13 V14 V15 V16 V17 V18 V19 V20 V21 V22 V23 V24 V25
/METHOD WARD
/MEASURE=SEUCLID
/PRINT SCHEDULE CLUSTER(3,8)
/PRINT DISTANCE
/PLOT DENDROGRAM VICICLE
/SAVE CLUSTER(3,8).

```

Conglomerado

Notas

Resultados creados			08-NOV-2015 05:53:20
Comentarios			
Entrada	Conjunto de datos activo		Conjunto_de_datos1
	Filtro		<ninguno>
	Peso		<ninguno>
	Dividir archivo		<ninguno>
	Núm. de filas del archivo de trabajo		38
Tratamiento de los datos perdidos	Definición de perdidos		Los valores perdidos definidos por el usuario se tratarán como perdidos.
	Casos utilizados		Los estadísticos se basan en los casos sin valores perdidos para ninguna variable de las utilizadas.
Sintaxis			<pre> CLUSTER V1 V2 V3 V4 V5 V6 V7 V8 V9 V10 V11 V12 V13 V14 V15 V16 V17 V18 V19 V20 V21 V22 V23 V24 V25 V26 V27 V28 V29 V30 V31 V32 V33 V34 V35 V36 V37 V38 /METHOD WARD /MEASURE=SEUCLID /PRINT SCHEDULE CLUSTER(3,8) /PRINT DISTANCE /PLOT DENDROGRAM VICICLE... </pre>
Recursos	Tiempo de procesador		00:00:00,55
	Tiempo transcurrido		00:00:00,58
Variables creadas o modificadas	Conglomerado de pertenencia	CLU8_1	Ward Method
		CLU7_1	Ward Method
		CLU6_1	Ward Method
		CLU5_1	Ward Method
		CLU4_1	Ward Method
		CLU3_1	Ward Method

[Conjunto_de_datos1]

Resumen del procesamiento de los casos^a

Casos					
Válidos		Perdidos		Total	
N	Porcentaje	N	Porcentaje	N	Porcentaje
38	100,0	0	,0	38	100,0

a. Vinculación de Ward

Matriz de distancias

Caso	distancia euclídea al cuadrado							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	,000	143,000	86,000	100,000	132,000	2,000	2,000	99,000
2	143,000	,000	85,000	105,000	105,000	143,000	143,000	92,000
3	86,000	85,000	,000	64,000	90,000	86,000	86,000	87,000
4	100,000	105,000	64,000	,000	32,000	100,000	100,000	107,000
5	132,000	105,000	90,000	32,000	,000	132,000	132,000	89,000
6	2,000	143,000	86,000	100,000	132,000	,000	2,000	99,000
7	2,000	143,000	86,000	100,000	132,000	2,000	,000	99,000
8	99,000	92,000	87,000	107,000	89,000	99,000	99,000	,000
9	40,000	103,000	80,000	100,000	96,000	40,000	40,000	57,000
10	21,000	108,000	89,000	111,000	129,000	21,000	21,000	80,000
11	141,000	18,000	89,000	111,000	117,000	141,000	141,000	98,000
12	143,000	86,000	91,000	89,000	113,000	143,000	143,000	104,000
13	2,000	143,000	86,000	100,000	130,000	2,000	2,000	99,000
14	105,000	104,000	69,000	15,000	13,000	105,000	105,000	100,000
15	199,000	124,000	141,000	161,000	163,000	199,000	199,000	144,000
16	199,000	124,000	141,000	161,000	163,000	199,000	199,000	144,000
17	165,000	100,000	101,000	105,000	125,000	165,000	165,000	106,000
18	160,000	113,000	108,000	136,000	128,000	160,000	160,000	37,000
19	160,000	113,000	108,000	136,000	128,000	160,000	160,000	37,000
20	142,000	33,000	90,000	112,000	118,000	142,000	142,000	99,000
21	160,000	113,000	108,000	136,000	128,000	160,000	160,000	37,000
22	146,000	89,000	88,000	112,000	114,000	146,000	146,000	95,000
23	152,000	93,000	98,000	110,000	84,000	152,000	152,000	33,000
24	146,000	89,000	88,000	112,000	114,000	146,000	146,000	95,000
25	199,000	102,000	141,000	157,000	157,000	199,000	199,000	144,000
26	154,000	73,000	100,000	108,000	80,000	154,000	154,000	35,000
27	17,000	124,000	73,000	87,000	111,000	17,000	17,000	88,000
28	100,000	105,000	64,000	2,000	30,000	100,000	100,000	107,000
29	146,000	73,000	88,000	40,000	20,000	146,000	146,000	95,000
30	199,000	124,000	141,000	161,000	163,000	199,000	199,000	144,000
31	168,000	99,000	104,000	128,000	134,000	168,000	168,000	105,000
32	133,000	82,000	21,000	97,000	109,000	133,000	133,000	80,000

Matriz de distancias

Caso	distancia euclídea al cuadrado							
	9	10	11	12	13	14	15	16
1	40,000	21,000	141,000	143,000	2,000	105,000	199,000	199,000
2	103,000	108,000	18,000	86,000	143,000	104,000	124,000	124,000
3	80,000	89,000	89,000	91,000	86,000	69,000	141,000	141,000
4	100,000	111,000	111,000	89,000	100,000	15,000	161,000	161,000
5	96,000	129,000	117,000	113,000	130,000	13,000	163,000	163,000
6	40,000	21,000	141,000	143,000	2,000	105,000	199,000	199,000
7	40,000	21,000	141,000	143,000	2,000	105,000	199,000	199,000
8	57,000	80,000	98,000	104,000	99,000	100,000	144,000	144,000
9	,000	33,000	103,000	109,000	40,000	101,000	155,000	155,000
10	33,000	,000	90,000	92,000	21,000	116,000	174,000	174,000
11	103,000	90,000	,000	60,000	141,000	116,000	146,000	146,000
12	109,000	92,000	60,000	,000	143,000	110,000	148,000	148,000
13	40,000	21,000	141,000	143,000	,000	105,000	199,000	199,000
14	101,000	116,000	116,000	110,000	105,000	,000	166,000	166,000
15	155,000	174,000	146,000	148,000	199,000	166,000	,000	2,000
16	155,000	174,000	146,000	148,000	199,000	166,000	2,000	,000
17	119,000	142,000	114,000	98,000	165,000	126,000	40,000	40,000
18	88,000	137,000	121,000	125,000	160,000	133,000	161,000	161,000
19	88,000	137,000	121,000	125,000	160,000	133,000	161,000	161,000
20	104,000	87,000	11,000	49,000	142,000	117,000	147,000	147,000
21	88,000	137,000	121,000	125,000	160,000	133,000	161,000	161,000
22	106,000	121,000	93,000	99,000	146,000	113,000	95,000	95,000
23	100,000	129,000	105,000	111,000	152,000	89,000	117,000	117,000
24	106,000	121,000	93,000	99,000	146,000	113,000	95,000	95,000
25	155,000	174,000	140,000	148,000	199,000	160,000	18,000	18,000
26	102,000	131,000	101,000	113,000	154,000	85,000	135,000	135,000
27	19,000	32,000	124,000	126,000	17,000	92,000	180,000	180,000
28	100,000	111,000	111,000	89,000	100,000	15,000	161,000	161,000
29	114,000	135,000	101,000	105,000	146,000	21,000	139,000	139,000
30	155,000	174,000	146,000	148,000	199,000	166,000	2,000	2,000
31	118,000	143,000	115,000	115,000	168,000	137,000	35,000	35,000
32	93,000	114,000	86,000	90,000	133,000	102,000	130,000	130,000

Matriz de distancias

Caso	distancia euclídea al cuadrado							
	17	18	19	20	21	22	23	24
1	165,000	160,000	160,000	142,000	160,000	146,000	152,000	146,000
2	100,000	113,000	113,000	33,000	113,000	89,000	93,000	89,000
3	101,000	108,000	108,000	90,000	108,000	88,000	98,000	88,000
4	105,000	136,000	136,000	112,000	136,000	112,000	110,000	112,000
5	125,000	128,000	128,000	118,000	128,000	114,000	84,000	114,000
6	165,000	160,000	160,000	142,000	160,000	146,000	152,000	146,000
7	165,000	160,000	160,000	142,000	160,000	146,000	152,000	146,000
8	106,000	37,000	37,000	99,000	37,000	95,000	33,000	95,000
9	119,000	88,000	88,000	104,000	88,000	106,000	100,000	106,000
10	142,000	137,000	137,000	87,000	137,000	121,000	129,000	121,000
11	114,000	121,000	121,000	11,000	121,000	93,000	105,000	93,000
12	98,000	125,000	125,000	49,000	125,000	99,000	111,000	99,000
13	165,000	160,000	160,000	142,000	160,000	146,000	152,000	146,000
14	126,000	133,000	133,000	117,000	133,000	113,000	89,000	113,000
15	40,000	161,000	161,000	147,000	161,000	95,000	117,000	95,000
16	40,000	161,000	161,000	147,000	161,000	95,000	117,000	95,000
17	,000	99,000	99,000	115,000	99,000	97,000	103,000	97,000
18	99,000	,000	2,000	122,000	2,000	114,000	40,000	114,000
19	99,000	2,000	,000	122,000	2,000	114,000	40,000	114,000
20	115,000	122,000	122,000	,000	122,000	94,000	106,000	94,000
21	99,000	2,000	2,000	122,000	,000	114,000	40,000	114,000
22	97,000	114,000	114,000	94,000	114,000	,000	70,000	2,000
23	103,000	40,000	40,000	106,000	40,000	70,000	,000	70,000
24	97,000	114,000	114,000	94,000	114,000	2,000	70,000	,000
25	40,000	161,000	161,000	143,000	161,000	123,000	131,000	123,000
26	105,000	42,000	42,000	104,000	42,000	100,000	18,000	100,000
27	140,000	113,000	113,000	125,000	113,000	127,000	125,000	127,000
28	105,000	136,000	136,000	112,000	136,000	112,000	110,000	112,000
29	109,000	122,000	122,000	104,000	122,000	104,000	74,000	104,000
30	40,000	161,000	161,000	147,000	161,000	95,000	117,000	95,000
31	13,000	98,000	98,000	116,000	98,000	74,000	98,000	74,000
32	76,000	73,000	73,000	87,000	73,000	83,000	85,000	83,000

Matriz de distancias

Caso	distancia euclídea al cuadrado							
	25	26	27	28	29	30	31	32
1	199,000	154,000	17,000	100,000	146,000	199,000	168,000	133,000
2	102,000	73,000	124,000	105,000	73,000	124,000	99,000	82,000
3	141,000	100,000	73,000	64,000	88,000	141,000	104,000	21,000
4	157,000	108,000	87,000	2,000	40,000	161,000	128,000	97,000
5	157,000	80,000	111,000	30,000	20,000	163,000	134,000	109,000
6	199,000	154,000	17,000	100,000	146,000	199,000	168,000	133,000
7	199,000	154,000	17,000	100,000	146,000	199,000	168,000	133,000
8	144,000	35,000	88,000	107,000	95,000	144,000	105,000	80,000
9	155,000	102,000	19,000	100,000	114,000	155,000	118,000	93,000
10	174,000	131,000	32,000	111,000	135,000	174,000	143,000	114,000
11	140,000	101,000	124,000	111,000	101,000	146,000	115,000	86,000
12	148,000	113,000	126,000	89,000	105,000	148,000	115,000	90,000
13	199,000	154,000	17,000	100,000	146,000	199,000	168,000	133,000
14	160,000	85,000	92,000	15,000	21,000	166,000	137,000	102,000
15	18,000	135,000	180,000	161,000	139,000	2,000	35,000	130,000
16	18,000	135,000	180,000	161,000	139,000	2,000	35,000	130,000
17	40,000	105,000	140,000	105,000	109,000	40,000	13,000	76,000
18	161,000	42,000	113,000	136,000	122,000	161,000	98,000	73,000
19	161,000	42,000	113,000	136,000	122,000	161,000	98,000	73,000
20	143,000	104,000	125,000	112,000	104,000	147,000	116,000	87,000
21	161,000	42,000	113,000	136,000	122,000	161,000	98,000	73,000
22	123,000	100,000	127,000	112,000	104,000	95,000	74,000	83,000
23	131,000	18,000	125,000	110,000	74,000	117,000	98,000	85,000
24	123,000	100,000	127,000	112,000	104,000	95,000	74,000	83,000
25	,000	117,000	180,000	157,000	117,000	18,000	39,000	130,000
26	117,000	,000	127,000	108,000	54,000	135,000	104,000	87,000
27	180,000	127,000	,000	87,000	127,000	180,000	143,000	108,000
28	157,000	108,000	87,000	,000	40,000	161,000	128,000	97,000
29	117,000	54,000	127,000	40,000	,000	139,000	116,000	99,000
30	18,000	135,000	180,000	161,000	139,000	,000	35,000	130,000
31	39,000	104,000	143,000	128,000	116,000	35,000	,000	75,000
32	130,000	87,000	108,000	97,000	99,000	130,000	75,000	,000

Matriz de distancias

Caso	distancia euclídea al cuadrado					
	33	34	35	36	37	38
1	199,000	199,000	154,000	154,000	154,000	137,000
2	102,000	102,000	89,000	89,000	91,000	80,000
3	141,000	141,000	102,000	102,000	102,000	79,000
4	157,000	157,000	120,000	120,000	118,000	99,000
5	157,000	157,000	130,000	130,000	106,000	107,000
6	199,000	199,000	154,000	154,000	154,000	137,000
7	199,000	199,000	154,000	154,000	154,000	137,000
8	144,000	144,000	111,000	111,000	89,000	90,000
9	155,000	155,000	116,000	116,000	96,000	97,000
10	174,000	174,000	95,000	95,000	129,000	100,000
11	140,000	140,000	59,000	59,000	107,000	72,000
12	148,000	148,000	13,000	13,000	109,000	26,000
13	199,000	199,000	154,000	154,000	154,000	137,000
14	160,000	160,000	129,000	129,000	123,000	106,000
15	18,000	18,000	159,000	159,000	35,000	136,000
16	18,000	18,000	159,000	159,000	35,000	136,000
17	40,000	40,000	123,000	123,000	29,000	102,000
18	161,000	161,000	134,000	134,000	120,000	111,000
19	161,000	161,000	134,000	134,000	120,000	111,000
20	143,000	143,000	38,000	38,000	108,000	65,000
21	161,000	161,000	134,000	134,000	120,000	111,000
22	123,000	123,000	106,000	106,000	90,000	83,000
23	131,000	131,000	118,000	118,000	100,000	95,000
24	123,000	123,000	106,000	106,000	90,000	83,000
25	2,000	2,000	159,000	159,000	35,000	136,000
26	117,000	117,000	120,000	120,000	102,000	97,000
27	180,000	180,000	137,000	137,000	135,000	118,000
28	157,000	157,000	120,000	120,000	118,000	99,000
29	117,000	117,000	120,000	120,000	102,000	97,000
30	18,000	18,000	159,000	159,000	35,000	136,000
31	39,000	39,000	128,000	128,000	28,000	105,000
32	130,000	130,000	99,000	99,000	91,000	76,000

Matriz de distancias

Caso	distancia euclídea al cuadrado							
	1	2	3	4	5	6	7	8
33	199,000	102,000	141,000	157,000	157,000	199,000	199,000	144,000
34	199,000	102,000	141,000	157,000	157,000	199,000	199,000	144,000
35	154,000	89,000	102,000	120,000	130,000	154,000	154,000	111,000
36	154,000	89,000	102,000	120,000	130,000	154,000	154,000	111,000
37	154,000	91,000	102,000	118,000	106,000	154,000	154,000	89,000
38	137,000	80,000	79,000	99,000	107,000	137,000	137,000	90,000

Matriz de distancias

Caso	distancia euclídea al cuadrado							
	9	10	11	12	13	14	15	16
33	155,000	174,000	140,000	148,000	199,000	160,000	18,000	18,000
34	155,000	174,000	140,000	148,000	199,000	160,000	18,000	18,000
35	116,000	95,000	59,000	13,000	154,000	129,000	159,000	159,000
36	116,000	95,000	59,000	13,000	154,000	129,000	159,000	159,000
37	96,000	129,000	107,000	109,000	154,000	123,000	35,000	35,000
38	97,000	100,000	72,000	26,000	137,000	106,000	136,000	136,000

Matriz de distancias

Caso	distancia euclídea al cuadrado							
	17	18	19	20	21	22	23	24
33	40,000	161,000	161,000	143,000	161,000	123,000	131,000	123,000
34	40,000	161,000	161,000	143,000	161,000	123,000	131,000	123,000
35	123,000	134,000	134,000	38,000	134,000	106,000	118,000	106,000
36	123,000	134,000	134,000	38,000	134,000	106,000	118,000	106,000
37	29,000	120,000	120,000	108,000	120,000	90,000	100,000	90,000
38	102,000	111,000	111,000	65,000	111,000	83,000	95,000	83,000

Matriz de distancias

Caso	distancia euclídea al cuadrado							
	25	26	27	28	29	30	31	32
33	2,000	117,000	180,000	157,000	117,000	18,000	39,000	130,000
34	2,000	117,000	180,000	157,000	117,000	18,000	39,000	130,000
35	159,000	120,000	137,000	120,000	120,000	159,000	128,000	99,000
36	159,000	120,000	137,000	120,000	120,000	159,000	128,000	99,000
37	35,000	102,000	135,000	118,000	102,000	35,000	28,000	91,000
38	136,000	97,000	118,000	99,000	97,000	136,000	105,000	76,000

Matriz de distancias

Caso	distancia euclídea al cuadrado					
	33	34	35	36	37	38
33	,000	2,000	159,000	159,000	35,000	136,000
34	2,000	,000	159,000	159,000	35,000	136,000
35	159,000	159,000	,000	2,000	120,000	29,000
36	159,000	159,000	2,000	,000	120,000	29,000
37	35,000	35,000	120,000	120,000	,000	97,000
38	136,000	136,000	29,000	29,000	97,000	,000

Esta es una matriz de disimilaridades

Vinculación de Ward

Historial de conglomeración

Etapa	Conglomerado que se combina		Coeficientes	Etapa en la que el conglomerado aparece por primera vez	
	Conglomerado o 1	Conglomerado o 2		Conglomerado o 1	Conglomerado o 2
1	35	36	1,000	0	0
2	33	34	2,000	0	0
3	25	33	3,000	0	2
4	16	30	4,000	0	0
5	4	28	5,000	0	0
6	22	24	6,000	0	0
7	19	21	7,000	0	0
8	18	19	8,000	0	7
9	15	16	9,000	0	4
10	7	13	10,000	0	0
11	1	7	11,000	0	10
12	1	6	12,000	11	0
13	11	20	17,500	0	0
14	17	31	24,000	0	0
15	5	14	30,500	0	0
16	12	35	38,833	0	1
17	23	26	47,833	0	0
18	9	27	57,333	0	0
19	3	32	67,833	0	0
20	5	29	79,333	15	0
21	2	11	94,500	0	13
22	1	10	110,700	12	0
23	17	37	127,533	14	0
24	12	38	146,200	16	0
25	8	23	165,867	0	17
26	15	25	190,867	9	3
27	4	5	217,467	5	20
28	1	9	247,052	22	18
29	8	18	291,219	25	8
30	15	17	340,663	26	23
31	3	22	420,413	19	6
32	2	12	508,604	21	24
33	2	3	636,860	32	31
34	2	4	859,897	33	27
35	2	8	1108,563	34	29
36	1	2	1494,398	28	35
37	1	15	2055,789	36	30

Historial de conglomeración

Etapa	Próxima etapa
1	16
2	3
3	26
4	9
5	27
6	31
7	8
8	29
9	26
10	11
11	12
12	22
13	21
14	23
15	20
16	24
17	25
18	28
19	31
20	27
21	32
22	28
23	30
24	32
25	29
26	30
27	34
28	36
29	35
30	37
31	33
32	33
33	34
34	35
35	36
36	37
37	0

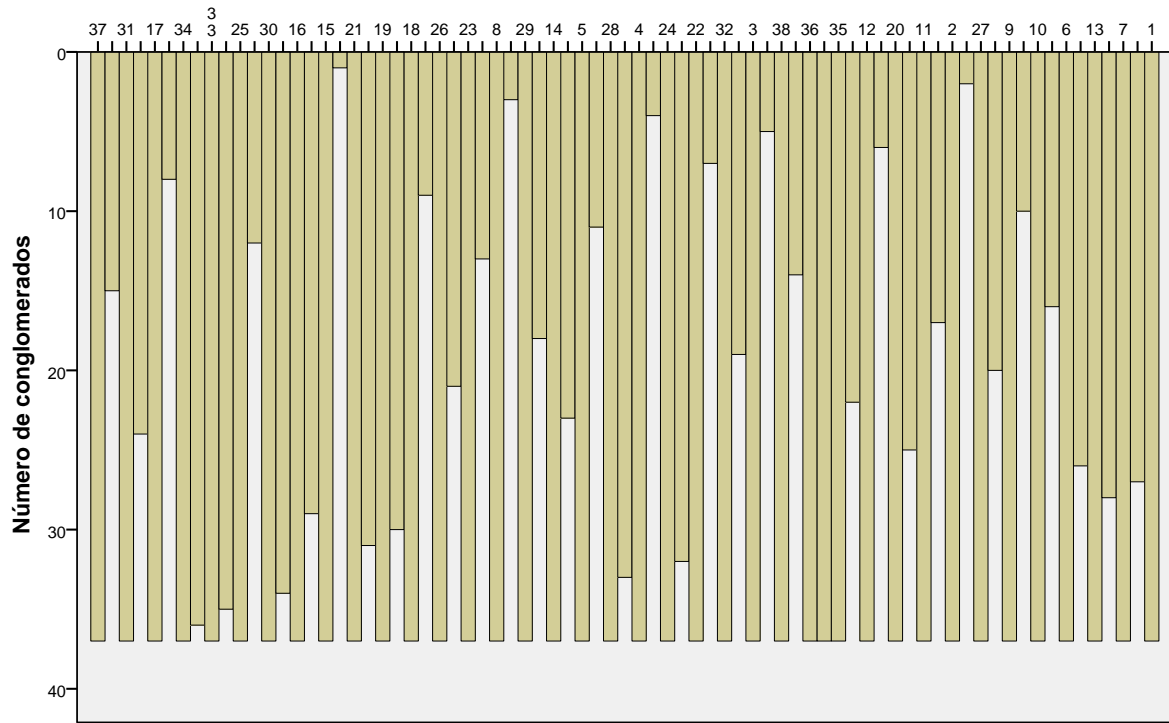
Conglomerado de pertenencia

Caso	8 conglomerados	7 conglomerados	6 conglomerados	5 conglomerados	4 conglomerados
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	2	2
4	4	4	4	3	2
5	4	4	4	3	2
6	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1
8	5	5	5	4	3
9	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1
11	2	2	2	2	2
12	6	6	2	2	2
13	1	1	1	1	1
14	4	4	4	3	2
15	7	7	6	5	4
16	7	7	6	5	4
17	7	7	6	5	4
18	5	5	5	4	3
19	5	5	5	4	3
20	2	2	2	2	2
21	5	5	5	4	3
22	8	3	3	2	2
23	5	5	5	4	3
24	8	3	3	2	2
25	7	7	6	5	4
26	5	5	5	4	3
27	1	1	1	1	1
28	4	4	4	3	2
29	4	4	4	3	2
30	7	7	6	5	4
31	7	7	6	5	4
32	3	3	3	2	2
33	7	7	6	5	4
34	7	7	6	5	4
35	6	6	2	2	2
36	6	6	2	2	2
37	7	7	6	5	4
38	6	6	2	2	2

Conglomerado de pertenencia

Caso	3 conglomerado s
1	1
2	2
3	2
4	2
5	2
6	1
7	1
8	2
9	1
10	1
11	2
12	2
13	1
14	2
15	3
16	3
17	3
18	2
19	2
20	2
21	2
22	2
23	2
24	2
25	3
26	2
27	1
28	2
29	2
30	3
31	3
32	2
33	3
34	3
35	2
36	2
37	3
38	2

Caso



Dendrograma que utiliza una vinculación de Ward

Combinación de conglomerados de distancia re-escalados

