



13 years ESJ
Special edition

Propuesta de Categorías para la Medición de la Sustentabilidad Portuaria a través de la Metodología Fuzzy- Delphi

Hugo Javier Buenrostro Aguilar

Doctor en Ciencias de la Administración.

Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico

Nadima Simón Domínguez

Doctora en Ciencias de la Administración. Profesora Emérita de la

Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico

[Doi:10.19044/esj.2023.v19n37p174](https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n37p174)

Submitted: 10 October 2022

Accepted: 28 January 2023

Published: 03 February 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons BY-NC-ND

4.0 OPEN ACCESS

Cite As:

Buenrostro Aguilar H.J. & Simón Domínguez N. (2023). *Propuesta de Categorías para la Medición de la Sustentabilidad Portuaria a través de la Metodología Fuzzy-Delphi*. European Scientific Journal, ESJ, 19 (37), 174.

<https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n37p174>

Resumen

La investigación relacionada con la sustentabilidad portuaria es de relevancia dada la importancia del transporte marítimo en el comercio internacional y de los puertos como interface entre los distintos modos de transporte y generadores de valor dentro de las cadenas globales de suministro. Por lo tanto, el propósito de este trabajo es identificar las categorías que permitan medir la sustentabilidad portuaria dentro de las dimensiones económica, social y ambiental de manera integral, pues existe un sesgo hacia los temas ambientales y económicos que limitan el avance hacia puertos sustentables. Para ello se compararon tres propuestas con enfoque sustentable, de las similitudes encontradas se determinaron categorías que fueron evaluadas con la metodología *Fuzzy-Delphi* para reducir la ambigüedad y la incertidumbre en su elección. Resultado de la aplicación de la metodología mencionada se identificaron las categorías a partir de las cuales es posible medir la sustentabilidad portuaria de manera integral.

Palabras clave: Sustentabilidad portuaria, medición de la sustentabilidad, metodología *Fuzzy-Delphi*

Proposal of Categories for the Measurement of Port Sustainability through the Fuzzy-Delphi Methodology

Hugo Javier Buenrostro Aguilar

Doctor en Ciencias de la Administración.
Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico

Nadima Simón Domínguez

Doctora en Ciencias de la Administración. Profesora Emérita de la
Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico

Abstract

Research related to port sustainability is relevant, given the importance of maritime transport in international trade and of ports as an interface between different modes of transport and value generators within global supply chains. Therefore, the purpose of this work is to identify the categories that allow port sustainability to be measured within the economic, social, and environmental dimensions in an integrated approach, as there is a bias toward environmental and economic issues that limit progress toward sustainable ports. For this purpose, three proposals with a sustainable approach were compared, and from the similarities found, categories were determined that were evaluated with the Fuzzy-Delphi methodology to reduce ambiguity and uncertainty in their choice. As a result of the application of the aforementioned methodology, the categories from which it is possible to measure port sustainability integrally were identified.

Keywords: Port sustainability, sustainability measurement, Fuzzy-Delphi methodology

Introducción

El estudio de la sustentabilidad se relaciona a una interconexión de diversas problemáticas que han de ser resueltas de manera integral a fin de alcanzar la satisfacción de las necesidades ambientales y socioeconómicas, tanto presentes como futuras; lo que implica lograr una equidad intergeneracional y resolver problemas sociales y económicos en los que se encuentra la pobreza como reto fundamental y oportunidad para el avance general de la sociedad, todo lo anterior con un irrestricto cuidado del medio ambiente.

Muchas han sido las soluciones propuestas, pero no se ha alcanzado la transversalidad de las mismas, debido en gran medida al dinamismo y complejidad del entorno. Ante esta situación las organizaciones en general se ven obligadas, sea por presiones sociales o por normativas, a modificar su forma de operar, de administrarse y de relacionarse con su medio para alcanzar objetivos económicos positivos, sin dejar de lado las necesidades sociales, internas y externas de la organización, y el cuidado del medio ambiente.

En este sentido, los puertos marítimos no son ajenos a la situación antes descrita; por un lado, éstos son un factor de gran envergadura para las cadenas de distribución y suministro en el nivel internacional, se relacionan del mismo modo con el desarrollo y crecimiento económico de las comunidades que albergan sus recintos (Wang y Zhao, 2016; United Nations Conference on Trade and Development [UNCTAD], 2009; UNCTAD, 2015; Dwarakish y Salim, 2015; Asgari *et al.*, 2015; Hossain *et al.*, 2021; Lavissière *et al.*, 2020). No obstante, son al mismo tiempo responsables de externalidades negativas, entre las que destacan el estrés de infraestructuras, congestión de vialidades, accidentes, contaminación del aire por gases de efecto invernadero, contaminación del agua, contaminación por ruido y vibraciones, así como desechos vertidos en el entorno marino, a lo que se agrega su vulnerabilidad frente al cambio climático y, en consecuencia, a sus impactos en los espacios donde se ubican, es decir, zonas costeras, tierras bajas y deltas de ríos; todo lo cual ha generado una presión cada vez mayor por implementar estrategias que busquen mantener su crecimiento, sin dejar de lado los ámbitos sociales y ambientales (Acciaro *et al.*, 2014; Lee y Notteboom, 2014; Denktas-Sakar y Karatas-Cetin, 2012; Parola y Maugeri, 2013; Le, *et al.*, 2014; Hiranandani, 2014; Hossain *et al.*, 2021; Tancredi, 2019; Vega *et al.*, 2018; Villafán y Valencia, 2021).

Esto debe lograrse con estrategias portuarias, las cuales no sólo procuran el buen manejo de las mercancías y el cuidado ambiental; del mismo modo, han de involucrar una correcta relación con los actores de la región donde se ubican a fin de alcanzar un desarrollo social, lo que les permitirá finalmente lograr una ventaja competitiva y una mayor seguridad marítima. De esta manera, los puertos sustentables son producto de estrategias a largo plazo con un comportamiento responsable de la administración portuaria, la cual involucra todas las actividades propias del puerto y, con éstas, de sus empleados agregando valor para los clientes de los puertos, se refiere entonces a una transición en procesos referentes a la visión, creación de redes, elaboración de estrategias y cambio en la planificación para alcanzar resultados específicos dentro de los ámbitos económico, social y ambiental (Sislian *et al.*, 2016; Pavlic *et al.*, 2014; Burškytė y Belous; 2012; Saengsupavanich *et al.*, 2009; Bjerkan *et al.*, 2021).

A lo anterior, Le, *et al.* (2014) mencionan la importancia de contar con una administración portuaria sustentable, ésta permite gestionar el desempeño del puerto utilizando diversas soluciones que controlan y minimizan sus externalidades negativas, ayudando así a una revisión de sus procesos productivos y procedimientos que busquen oportunidades para añadir valor a sus actividades transformándose en centros industriales que generan beneficios económicos, al tiempo que protegen el entorno social y ambiental. En una línea similar, la investigación de Dinwoodie *et al.* (2012) destaca que los puertos requieren herramientas para su administración sustentable que faciliten la mitigación de riesgos potenciales y animen a las autoridades portuarias a comprometerse con las agendas sustentables y a guiar propuestas de manera proactiva. Por ello, el principal reto que plantea generar una administración sustentable es romper la inercia existente donde la consideración única es el factor económico como variable de desarrollo y lograr que las variables sociales y ambientales tomen importancia; lo anterior es un reto que desafía a las autoridades portuarias de todo el mundo a encontrar maneras de operar y administrar sus puertos en términos de desarrollo económico, social y ambiental (Roh *et al.*, 2016).

Revisión de la literatura

Es notable el avance en la investigación relacionada a la sustentabilidad de los puertos marítimos; no obstante, existe un vacío en la literatura referente a la sustentabilidad de puertos marítimos, debido a la orientación a la dimensión ambiental (Acciaro, 2015; Yap y Lam, 2013; Puig *et al.*, 2014; Puig *et al.* 2015; Bergqvist *et al.*, 2015; Argyriou *et al.*, 2022), solo ciertos trabajos (Iannone, 2012; Denktas-Sakar y Karatas-Cetin, 2012; Wang y Zhao, 2016; Sislian, *et al.*, 2016; Pavlic, *et al.*, 2014; Sánchez, 2015; Hiranandani, 2014; Argyriou *et al.*, 2022) se refieren también a los aspectos sociales. Por otra parte, Le *et al.* (2014) y Dinwoodie *et al.* (2012) aun cuando se refieren a la administración sustentable de puertos marítimos únicamente incorporan la dimensión ambiental; sin embargo, al final de sus trabajos proporcionan algunos elementos que darían paso a una administración sustentable de puertos marítimos.

De manera análoga, Hiranandani (2014) observa que los estudios de las prácticas portuarias son restringidos y sesgados a aspectos ambientales, a lo que agrega que no incorporan las perspectivas de las partes interesadas como cargadores, empresas relacionadas con el puerto y la comunidad local y global, además de que faltan datos para monitorear los impactos ambientales, los costos económicos de la aplicación de estas prácticas; al mismo tiempo, resalta las limitaciones para la evaluación de la sustentabilidad de los puertos marítimos.

En una línea similar Denktas-Sakar y Karastas-Cetin (2012) argumentan que el foco principal de la investigación es mayoritariamente en la dimensión ambiental, de manera intrínseca la económica, dejando de lado la dimensión social. Lo anterior requiere adoptar un enfoque integral para lograr los objetivos que abarquen las tres dimensiones de la sustentabilidad, de lo contrario no se evolucionará a puertos realmente sustentables (Iannone, 2012; Acciaro, 2015; Yap y Lam, 2013).

Es por esto que, Roh *et al.* (2016) manifiestan la existencia de una presión sobre las autoridades portuarias que convierte el tema de la sustentabilidad en un reto tanto en la administración como en la operación de los puertos a fin de lograr sus objetivos económicos, con una visión que integre objetivos sociales y ambientales; ello implica generar una medición sustentable de los puertos con categorías que reflejen y se apeguen a sus necesidades, el resultado de la medición de las categorías adecuadas es indispensable para tomar decisiones bajo procesos responsables y oportunos (Peris-Mora *et al.*, 2005).

Medición de la sustentabilidad portuaria

El estudio y la medición de la sustentabilidad portuaria, específicamente en su administración, se caracteriza por sesgos que provocan considerar únicamente alguna, o algunas, de las dimensiones del enfoque sustentable. El grueso de las metodologías se centra en la evaluación a través de normas y certificaciones internacionales relacionadas a la calidad, la protección del ambiente y el uso eficiente de los recursos, en especial los energéticos; si bien se han incorporado en otras metodologías indicadores relacionados a la administración y el rendimiento operacional, aún se aqueja la falta de indicadores que integren las tres dimensiones de la sustentabilidad. No obstante, se presentan avances en este rubro integrando el aspecto social al analizar la importancia de las partes interesadas, como lo son los trabajadores, la autoridad portuaria, empresas que ofrecen servicios directos e indirectos y la propia población que vive en torno al puerto.

Dentro de este marco de ideas y derivado de la certificación Sistema de Revisión Ambiental Portuaria (PERS, por sus siglas en inglés, *Port Environmental Review System*), emanada de la iniciativa EcoPorts de la *European Sea Ports Organisation* (ESPO), Balbaa y Liyanage (2010) proponen una metodología denominada *Integrated Method for Environmental Sustainability Management* (IMESM) que integra las cuestiones ambientales a través del PERS y las de gestión de calidad de la *European Foundation for Quality Management* (EFQM), esta propuesta considera que los puertos se enfrentan a desafíos como falta de mentalidad sustentable y cultura orientada a la calidad.

De suerte tal que el IMESM, expuesto por Balbaa y Liyanage (2010), mezcla las herramientas del PERS y la EFQM, la primera como aquella que provee la base para el desarrollo de un sistema de gestión ambiental mediante categorías ambientales, políticas y de rendimientos económicos; en este punto se señala que ésta se liga al Método de Autodiagnóstico (SDM, del inglés, *Self Diagnosis Method*), el cual, en esencia, es un cuestionario de análisis estratégico que apoya a las autoridades portuarias a realizar una revisión periódica de su desempeño en la gestión ambiental basado en una lista de verificación que permite comparar la situación actual con años anteriores para, con ésta, evaluar las mejoras ambientales del puerto. Por otra parte, el mecanismo propuesto por la EFQM ayuda a las organizaciones a evaluar y mejorar sus servicios a fin de garantizar que el desempeño satisface las expectativas y necesidades de las partes interesadas mediante un enfoque holístico y flexible para aplicarse en cualquier organización, teniendo en el centro de la evaluación los procesos y el liderazgo para la satisfacción de los clientes.

El resultado de la comparación y complementación de dichas herramientas, realizada por Balbaa y Liyanage (2010) considera la generación de residuos, problemas ambientales e integra aspectos críticos como las personas, la organización y la sociedad, incluyendo así la idea de un equilibrio sustentable, a largo plazo, de las partes interesadas apoyado por procesos, políticas y estrategias. Por ello, su propuesta se utiliza como una herramienta efectiva y práctica de la administración sustentable de los puertos.

De manera similar, Wang y Zhao (2016) proponen un sistema de indicadores para evaluar la sustentabilidad portuaria, lo que se realiza por medio de cinco indicadores estándar que contienen indicadores jerárquicos; el primero de ellos es la condición de la infraestructura portuaria, éste determina la capacidad y eficiencia del puerto; el segundo indicador es la capacidad de operación de los puertos, es decir, el volumen de carga manejada, esto ayuda a medir la competitividad del puerto y refleja los beneficios por ingresos que puede generar; el tercer indicador es la eficiencia de las operaciones, éste busca representar las operaciones del puerto; el cuarto indicador hace referencia al desarrollo puerto-ciudad, es de suma importancia pues el puerto se encuentra en una relación directa con la ciudad donde se ubica; finalmente, el último indicador es el relacionado con al nivel de gobernabilidad ambiental. Los cinco indicadores anteriores construyen un sistema que evalúa de manera integral la capacidad del puerto y su relación con la economía, los recursos y el medio ambiente, dicho sistema se compone de 19 indicadores específicos basados en estudios previos y consulta a expertos.

Un tercer esfuerzo por determinar criterios para la medición de la sustentabilidad portuaria es el realizado por Roh *et al.* (2016) quienes enfatizan la necesidad de las autoridades portuarias de planificar y administrar

sus operaciones con una perspectiva sustentable mediante un enfoque integrado que mejore sus evaluaciones económicas, sociales y ambientales. Identifican para ello aspectos internos y externos, los primeros hacen referencia a la administración ambiental interna, la planificación optimizada de la operación, la reducción de costos y programas sociales internos; los aspectos externos contienen categorías relacionados a la administración ambiental externa, la colaboración ambiental con las líneas navieras, programas sociales externos y la colaboración en evaluación externa.

Además, resaltan que la perspectiva sustentable es un elemento crítico de la estrategia, planificación e inversión portuaria que contribuye, en el largo plazo, a la obtención de beneficios tanto internos al recinto portuario como externos a éste; los criterios propuestos por Roh *et al.* (2016) destacan por la amplitud de relaciones que buscan, además de destacar la dimensión social; al señalar que la buena reputación pública es un valor añadido a la calidad del servicio portuario, de allí que sea indispensable implementar actividades sociales externas que otorgan fiabilidad y confianza en la opinión de los clientes ayudando así, en el largo plazo, en el aspecto económico al atraer nuevos clientes y ofrecer nuevos servicios. Aunado a lo anterior deben existir programas que ayuden a la ciudad en la que se encuentran inmersos, dando oportunidades de pasantías o realizando actividades sociales; fundamental en este aspecto es la colaboración que debe existir con la academia, institutos de investigación y otros agentes externos que puedan evaluar el desempeño de las acciones implementadas en pro del desarrollo sustentable.

Las propuestas antes mencionadas permiten observar un esfuerzo por integrar en las dimensiones económica, social y ambiental categorías que permitan, a las autoridades portuarias, avanzar hacia la sustentabilidad de los puertos; cada una de éstas consideran aspectos diversos que tienen que ser analizados a profundidad para conjuntar, en un futuro, un sistema de indicadores portuarios que permita formular estrategias, planes y acciones verdaderamente sustentables.

Metodología

A partir de los trabajos propuestos por Balbaa y Liyanage (2010), Wang y Zhao (2016) y Roh *et al.* (2016) se realiza una comparación de sus categorías para determinar las coincidencias y seleccionar aquellas que inicialmente cumplan con los principios establecidos por Wang y Zhao (2016:2), es decir:

- Cientificidad: deben ser seleccionadas científicamente debido a la complejidad de factores que intervienen en el desarrollo de los puertos.
- Factibilidad: deben de ser cuantitativas y comparables.
- Independencia: no deben de afectarse entre si.

- Complementarios: deben reflejar las condiciones y factores que influyen en los puertos.
- Simplicidad: por las limitaciones prácticas, se deberá elegir aquellas que sean representativas.
- Jerarquía: se debe construir en capas en función de la evaluación requerida.
- Dinamismo: al ser la sustentabilidad dinámica deberán tener esta misma característica para reflejar el desarrollo del puerto.

Una vez identificadas las categorías similares en los trabajos comparados, y con la finalidad de generar un lenguaje común, se homologaron a las categorías establecidas por la *Global Reporting Initiative* (GRI, 2022), lo que dio como resultado 19 categorías (tabla 1).

Tabla 1. Categorías homologadas

| Dimensión | Categoría |
|------------------|---|
| Economía | C1. Valor económico directo generado y distribuido |
| | C2. Consecuencias económicas y otros riesgos y oportunidades para las actividades de la organización que se derivan del cambio climático |
| | C3. Desarrollo e impacto de la inversión en infraestructuras y los tipos de servicios |
| | C4. Impactos económicos indirectos significativos y alcance de los mismos |
| Ambiental | C5. Consumo energético interno |
| | C6. Reducción del consumo energético |
| | C7. Captación total de agua según la fuente |
| | C8. Descripción de los impactos más significativos en la biodiversidad de áreas protegidas o áreas de alta biodiversidad no protegidas, derivados de las actividades, los productos y los servicios |
| | C9. Emisiones directas de gases de efecto invernadero |
| | C10.Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero |
| | C11. Grado de mitigación del impacto ambiental de los productos y servicios |
| Social | C12. Número y tasa de contrataciones y rotación media de empleados, desglosados por grupo etario, por sexo y por región |
| | C13. Prestaciones sociales para los empleados a jornada completa que no se ofrecen a los empleados temporales o a media jornada, desglosadas por ubicaciones significativas de actividad |
| | C14. Porcentaje de trabajadores que está representado en comités formales de salud y seguridad conjuntos para dirección y empleados, establecidos para ayudar a controlar y asesorar sobre programas de salud y seguridad en el trabajo |
| | C15. Promedio de horas de capacitación anuales por empleado, desglosado por sexo y por categoría laboral |

| | |
|--|--|
| | C16. Programas de gestión de habilidades y de formación continua que fomentan la empleabilidad de los trabajadores y les ayudan a gestionar el final de sus carreras profesionales |
| | C17. Porcentaje de centros donde se han implantado programas de desarrollo, evaluaciones de impactos y participación de la comunidad local |
| | C18. Centros de operaciones con efectos negativos significativos, reales o potenciales, sobre las comunidades locales |
| | C19. Resultados de las encuestas para medir la satisfacción de los clientes |

Elaboración propia con información de: Balbaa y Liyanage (2010), Wang y Zhao (2016), Roh *et al.* (2016) y GRI (2022).

Después de identificar similitudes y homologar a la GRI se optó por la metodología *Fuzzy-Delphi*, derivado de las incertidumbres generadas al momento de decidir las categorías; esta metodología tiene la finalidad de disminuir la incertidumbre y la impresión de la evaluación optimizando así las estrategias de toma de decisiones. De la misma forma, se basa en el método *Delphi* tradicional que es un tipo de método colectivo de toma de decisiones con varias rondas de cuestionarios anónimos realizados para solicitar la opinión de expertos (Ho y Wang, 2008; Reguant-Álvarez y Torrado-Fonseca, 2016).

El método *Fuzzy-Delphi* disminuye el tiempo y rondas de las encuestas, evita distorsionar las opiniones de los expertos, expresa claramente la estructura semántica de los elementos predichos y considera la naturaleza difusa durante el proceso de la entrevista resolviendo la falta de claridad de la comprensión común de las opiniones de expertos al momento de preseleccionar las categorías importantes para su posterior clasificación (Ho y Wang, 2008; Kabir y Sultana; 2013; Wang *et al.*, 2018; Hsu *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2016; Bouzon *et al.*; 2016).

Se tomaron como base para esta investigación los trabajos de Ho y Wang (2008), Hsu, Lee y Kreng (2010) y de Bouzon *et al.* (2016) quienes, a su vez, se basaron en la metodología propuesta por Ishikawa *et al.* (1993) quienes utilizaron el método del máximo-mínimo y la puntuación difusa para compilar las opiniones de los expertos; así los pasos seguidos fueron:

1. Identificar las posibles categorías relacionadas con el estudio.
2. Recopilar opiniones del grupo de expertos, para evaluar la relevancia de cada categoría mediante el uso de variables lingüísticas en los cuestionarios, donde la escala va de 1 a 7 según su nivel de desacuerdo o de acuerdo.
3. Configurar los números difusos triangulares, ello permite calcular el valor de evaluación de cada categoría otorgado por los expertos a través del modelo general de la media geométrica, lo cual se obtiene con las siguientes ecuaciones:

$$\tilde{w}_{ij}=(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}), a_{ij} \leq b_{ij} \leq c_{ij} \quad (\text{Ec. 1})$$

$$a_{ij} = \min(M_{ijk}) \quad (\text{Ec. 2})$$

$$b_{ij} = \sqrt[n]{\prod_{k=1}^n M_{ij}, k = 1, 2, \dots, n} \quad (\text{Ec. 3})$$

$$c_{ij} = \max(M_{ij}) \quad (\text{Ec. 4})$$

Donde M_{ij} representa el valor de evaluación de los expertos para cierta categoría; a_{ij} indica el valor mínimo de la evaluación de todos los expertos; b_{ij} indica la media geométrica del valor de evaluación de todos los expertos; c_{ij} indica el valor máximo de la evaluación de todos los expertos; n es el número de expertos.

4. Conversión del número difuso a número nítido, se utiliza el método del centro de gravedad para dicho proceso.

$$S_j = \frac{a_j+b_j+c_j}{3}, j = 1, 2, \dots, m \quad (\text{Ec. 5})$$

5. Identificación de categorías importantes, se hace comparando el peso difuso (*fuzzy weight*, \tilde{w}_{ij}), convertido a número nítido, de cada categoría con el umbral α , el cual se calcula con la media del peso difuso de todas las categorías. El principio de detección es el siguiente:
 - a. Si $S_j \geq \alpha$ entonces la categoría j es aceptada.
 - b. Si $S_j < \alpha$ entonces la categoría j es rechazada.

Para determinar las posibles categorías se usó el resultado emanado de la comparación de los trabajos de Balbaa y Liyanage (2010), Wang y Zhao (2016), Roh *et al.* (2016); posterior a ello se conformó un panel de expertos, mismo que fue integrado por consultores, académicos, operadores logísticos y funcionarios portuarios, en total el panel se compuso por ocho expertos en temas de sustentabilidad a quienes se les solicitó su opinión sobre las categorías en una escala de 1 a 7, donde 1 corresponde a la variable lingüística “muy en desacuerdo” y 7 “muy de acuerdo”.

Una vez que se obtuvieron las respuestas de los expertos, se calcularon los números triangulares difusos, o peso difuso; a modo de ejemplificación el número difuso para la categoría Valor económico directo generado y distribuido (C1) el número difuso triangular sería (3,5.225179,7) que cumple con la regla de la ecuación 1.

Ya obtenidos los números difusos triangulares éstos se convirtieron en números nítidos (ecuación 5); para la categoría mencionada, su número nítido fue de 5.0750660; finalmente, se procedió a identificar el umbral α con el fin

de aceptar o rechazar las categorías que no cumplieran con el principio de detección, de tal manera –prosiguiendo con la categoría ejemplificada- se obtuvo la media de los números nítidos, es decir, $\alpha = 5.065298$, entonces como 5.0750660 es mayor al valor de alfa la categoría es aceptada (Tabla 2).

Tabla 2. Resultados

| Dimensión | Categoría | Peso Difuso | | | Número Nítido | Resultado |
|------------------|-----------|-------------|----------|---|---------------|-----------|
| Económico | C1 | 3 | 5.225179 | 7 | 5.075060 | Aceptada |
| | C2 | 3 | 5.482684 | 7 | 5.160895 | Aceptada |
| | C3 | 4 | 5.663452 | 7 | 5.554484 | Aceptada |
| | C4 | 3 | 4.979508 | 7 | 4.993169 | Rechazada |
| Ambiental | C5 | 5 | 6.191977 | 7 | 6.063992 | Aceptada |
| | C6 | 3 | 5.444206 | 7 | 5.148069 | Aceptada |
| | C7 | 1 | 4.738137 | 7 | 4.246046 | Rechazada |
| | C8 | 3 | 5.678068 | 7 | 5.226023 | Aceptada |
| | C9 | 6 | 6.606828 | 7 | 6.535609 | Aceptada |
| | C10 | 1 | 5.281096 | 7 | 4.427032 | Rechazada |
| | C11 | 3 | 5.569706 | 7 | 5.189902 | Aceptada |
| Social | C12 | 3 | 4.499494 | 7 | 4.833165 | Rechazada |
| | C13 | 2 | 4.538466 | 6 | 4.179489 | Rechazada |
| | C14 | 1 | 3.980316 | 7 | 3.993439 | Rechazada |
| | C15 | 4 | 5.002197 | 7 | 5.334066 | Aceptada |
| | C16 | 4 | 5.430192 | 7 | 5.476731 | Aceptada |
| | C17 | 4 | 6.021651 | 7 | 5.673884 | Aceptada |
| | C18 | 1 | 3.847492 | 7 | 3.949164 | Rechazada |
| | C19 | 3 | 5.541357 | 7 | 5.180452 | Aceptada |

Como resultado se aceptaron 12 categorías, de éstas tres son económicas, cinco son ambientales y cuatro sociales; a continuación, se desglosan las categorías aceptadas dentro de cada dimensión:

- Dimensión económica
 - Valor económico directo generado y distribuido. Indica el valor económico directo generado (ingresos), distribuido (gastos operativos, sueldos y prestaciones, pagos a proveedores, pagos a gobiernos e inversiones en comunidades) y retenido (valor económico directo generado menos valor económico distribuido).
 - Consecuencias económicas y otros riesgos y oportunidades para las actividades de la organización que se derivan del cambio climático. Señala riesgos y oportunidades a raíz del

cambio climático que provocan cambios significativos en las operaciones por cuestiones físicas, regulatorias o de otro tipo, antes o después de que se tome una medida, los métodos aplicados para gestionar el riesgo o la oportunidad y el costo de las medidas adoptadas.

- Desarrollo e impacto de la inversión en infraestructuras y los tipos de servicios. Indica en qué medida se han desarrollado inversiones en infraestructura y los servicios de la organización señalando el o los impactos producidos o previstos en la comunidad y la economía local.
- Dimensión ambiental
 - Consumo energético interno. Indica el consumo total de combustible de fuentes renovables, no renovables, normas y métodos aplicados en el cálculo.
 - Reducción del consumo energético. Indica qué reducciones del consumo energético son resultado directo de iniciativas en favor de la conservación y la eficiencia, señalando tipos de energía y referencias empleadas para las reducciones de consumo.
 - Descripción de los impactos más significativos en la biodiversidad de áreas protegidas o áreas de alta biodiversidad no protegidas, derivados de las actividades, los productos y los servicios. Describe la naturaleza de los impactos directos e indirectos sobre la biodiversidad por la construcción o utilización de infraestructura, contaminación, introducción de especies invasoras, reducción de especies, conversión de hábitats y cambios de procesos ecológicos; éstos en referencia a especies afectadas, superficie afectada, duración de impactos y carácter reversible o irreversible de éstos.
 - Emisiones directas de gases de efecto invernadero. Señala las emisiones directas brutas de GEI en toneladas métricas de (Dióxido de Carbono) CO₂ equivalente, sin considerar el comercio de derechos de emisión, es decir, la compra, venta o transferencia de derechos y compensaciones.
 - Grado de mitigación del impacto ambiental de los productos y servicios. Informa cuantitativamente del grado de mitigación del impacto ambiental de los productos y servicios durante un periodo determinado.
- Dimensión social
 - Promedio de horas de capacitación anuales por empleado, desglosado por sexo y por categoría laboral. Señala el

promedio de horas de capacitación que los empleados de la organización recibieron.

- Programas de gestión de habilidades y de formación continua que fomentan la empleabilidad de los trabajadores y les ayudan a gestionar el final de sus carreras profesionales. Muestra el tipo y el alcance de los programas que se han llevado a cabo y de la asistencia facilitada para mejorar las capacidades de los empleados.
- Porcentaje de centros donde se han implantado programas de desarrollo, evaluaciones de impactos y participación de la comunidad local. Indica evaluaciones de impactos sociales con perspectiva de género, evaluaciones y vigilancia del impacto ambiental, programas de desarrollo de comunidades locales, planes de participación de grupos de interés, procesos de consulta con la comunidad local, comités para gestiones de impactos y procesos formales de reclamación de las comunidades locales.
- Resultados de las encuestas para medir la satisfacción de los clientes. Facilita resultados o las conclusiones principales de las encuestas de satisfacción de los clientes (basados en muestras estadísticamente relevantes) sobre la organización en su conjunto, productos o servicios y centros de operaciones.

El resultado de la aplicación de la metodología *Fuzzy-Delphi* permitió obtener un conjunto de categorías que integran las tres dimensiones de la sustentabilidad dentro de las operaciones portuarias; de las 12 categorías obtenidas el 25% representa la dimensión económica, el 41.7% la dimensión ambiental y la dimensión social representa el 33.3%, estos resultados son consecuencia de un entendimiento más profundo de la sustentabilidad, del mismo modo, cumple con los principios propuestos por Wang Y Zhao (2016) relacionados con la científicidad, por la complejidad de factores que intervienen; la factibilidad, al ser cuantificables y comparables, la independencia, por no afectarse entre ellos; su complementariedad, al reflejar las condiciones portuarias; su simplicidad, al ser únicamente 12 categorías; la jerarquía, pues se construye en capas o dimensiones; y su dinamismo, pues son reflejo del entorno en el que se desarrollan las actividades de los puertos, aunque éstos deberán de ajustarse atendiendo a las necesidades del puerto y a las evaluaciones que se realicen según lo consideren las autoridades portuarias.

Conclusion

El estudio de la sustentabilidad portuaria se caracteriza por sesgos hacia la dimensión ambiental, la dimensión económica de una u otra manera

se encuentra implícita en el grueso de las investigaciones, lo que deja de lado la dimensión social, en este sentido los esfuerzos por generar un enfoque sustentable no son integrales. El presente trabajo permitió reconocer, a través de la revisión de la literatura la presencia de dicho sesgo y falta de integración, por lo que se buscó comparar categorías que se incluyeran en las dimensiones de la sustentabilidad, ello permitió comparar tres propuestas de medición de la sustentabilidad portuaria, para encontrar semejanzas y poder construir una lista de categorías que pueden ser utilizadas para hacer la medición de la sustentabilidad portuaria.

Lo anterior se logró con la aplicación de la metodología *Fuzzy-Dlephi*, que permite obtener información de expertos, al mismo tiempo que reduce la incertidumbre y la subjetividad en la elección de las categorías; el resultado fue un conjunto de 12 categorías seleccionadas a través de un proceso riguroso y que plantea nuevas líneas de investigación, pues se encuentra en un nivel teórico que debe ser contrastado con la práctica y funcionalidad en la administración portuaria para que puedan ser incluidas en las estrategias, planes de acción y políticas que conviertan los puertos en recintos sustentables que generan beneficios sociales, un desarrollo y crecimiento económico con un respeto al medio ambiente, para poder perpetuarse en el largo plazo.

References:

1. Acciario, M. (2015). Corporate responsibility and value creation in the port sector. *International Journal of Logistics: research and applications*, 18 (3), 291-311.
2. Acciario, M., Vanelslander, T., Sys, C., Ferrari, C., Roumboutsos, A., Giuliano, G., Lam, J., y Kapros, S. (2014). Environmental sustainability in seaports: a framework for successful innovation. *Maritime Policy & Management*, 41(5), 480-500.
3. Argyriou, I., Daras, T., Tsoutsos, T. (2022). Challenging a sustainable port. A case study of Souda port, Chania, Crete. *Case Studies on Transport Policy*, 10, 2125-2137.
4. Asgari, N., Hassani, A., Jones, D., y Nguye, H. (2015). Sustainability ranking of the UK major ports: methodology and case study. *Transportation Research part E*, 78, 19-39.
5. Balbaa, A., y Liyanage, J. (2010). On the Development of an Integrated Framework Based on 'PERS' and 'EFQM' for Environmental Sustainability Management in Seaports: A Case from Egypt. En Amadi-Echendu, J., Brown, K., Willett, R., y Mathew, J. (Ed.). (297-310). *Definitions, Concepts and Scope of Engineering Asset Management*. Londres: Springer.
6. Bergqvist, R., Macharis, C., Meers, D., y Woxenius, J. (2015). Making hinterland transport more sustainable a multi actor multi criteria

- analysis. *Research in Transportation Business & Management*, 14, 80-89.
7. Bjerkan, K., Hansen, L., y Steen, M. (2021). Towards sustainability in the port sector: The role of intermediation in transition work. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 40, 296-314.
 8. Bouzon, M., Govindan, K., Taboada, C., y Campos, L. (2016). Identification and analysis of reverse logistics barriers using fuzzy Delphi method and AHP. *Resources, Conservation and Recycling*, 108, 182-197.
 9. Burškytė, V., y Belous, O. (2012). Klaipėda seaports key sustainability. *Baltic International Symposium*.
 10. Denktas-Sakar, G., y Karatas-Cetin, C. (2012). Port Sustainability and stakeholder management in supply chains: a framework on resource dependence theory. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 28 (3), 301-320.
 11. Dinwoodie, J., Tuck S., Knowles, H., Benhin, J., y Sansom, M. (2012). Sustainable development of maritime operations in ports. *Business Strategy and the environment*, 21, 111-126.
 12. Dwarakish, G., y Salim, A. (2015). Review on the role of ports in the development of a nation. *Aquatic Procedia*, 4, 295-301.
 13. Global Reporting Initiative [GRI] (2022). *Guía para la elaboración de memorias de sostenibilidad G4*. <http://www.mas-business.com/docs/Spanish-G4.pdf>
 14. Hiranandani, V. (2014). Sustainable development in seaports: a multi-case study. *Marit Affairs*, 13, 127-172.
 15. Ho, Y., y Wang, H. (2008). Applying Fuzzy Delphi Method to Select the Variables of a Sustainable Urban System Dynamics Model. Actas del 26o. Congreso Internacional de la Sociedad de la Dinámica de Sistemas (International Conference of the System Dynamics Society). Disponible en <https://pdfs.semanticscholar.org/1806/6d728afe777dd35939367bcec3ef84e344e8.pdf>
 16. Hossain, T., Adams, M, Y Walker, T. (2021). Role of sustainability in global seaports. *Ocean and Coastal Management*, 202, 1-10.
 17. Hsu, Y., Lee, C., y Kreng, V. (2010). The application of fuzzy delphi method and fuzzy ahp in lubricant regenerative technology selection. *Experts Systems with Applications*, 37, 419-425.
 18. Iannone, F. (2012). The private and social cost efficiency of port hinterland container distribution through a regional logistics system. *Transportation Research*, 46, 1424-1448.

19. Ishikawa, A., Amagasa, M., Shiga, T., Tatsuta, R., y Mieno, H. (1993). The max-min Delphi method and fuzzy Delphi method via fuzzy integration. *Fuzzy Sets and Systems*, 55, 241-253.
20. Kabir, G., y Sultana, R. (2013). Integrating fuzzy delphi with fuzzy analytic hierarchy process for multiple criteria inventory classification. *Journal of Engineering, Project, and Production Management*, 3(1), 22-34.
21. Lavissière, A., Mandják, T., Hofmann, J., y Fedi, L. (2020). Port marketing as manifestation of sustainable marketing in a B2B context. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 35(3), 524-536.
22. Le, X., Vu, V., Hens, L., y Van Heur, B. (2014). Stakeholder perceptions and involvement in the implementation of EMS in ports in Vietnam and Cambodia. *Journal of Cleaner Production*, 64, 173-193.
23. Lee, J., y Notteboom, T. (2014). The greening of ports: a comparison of port management tools used by leading ports in Asia and Europe. *Transport Reviews*, 34(2), 169-189.
24. Parola, F., y Maugeri, S. (2013). Origin and taxonomy of conflicts in seaports: towards a research agenda. *Research in Transportation Business & Management*, 8, 114-122.
25. Pavlic, B., Cepak, F., Sucic, B., Peckej, M, y Kandus, B. (2014). Sustainable port infraestructura, practical implementation of the Green port concept. *Thermal Science*, 18(3), 938-948.
26. Peris-Mora, E., Diez, J., Subirats, A., Ibañez, S., y Alvarez, P. (2005). Development of a system of indicators for sustainable port management. *Marine Pollution Bulletin*, 50, 1649-1660.
27. Puig, M., Wooldridge, C., Casal, J., y Darbra, R. (2015). Tool for the identification and assessment of Environmental Aspects in Ports (TEAP). *Marine Pollution Bulletin*, 113, 8-17.
28. Puig, M., Wooldridge, C., y Darbra, R. (2014). Identification and selection of Environmental Performance Indicators for sustainable port development. *Marine Pollution Bulletin*, 81, 124-130.
29. Reguant-Álvarez, M., y Torrado-Fonseca, M. (2016). El método Delphi. *REIRE: Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 9(1), 87-102.
30. Roh, S., Thai, V., y Wong, Y. (2016). Towards Sustainable ASEAN Port Development: Challenges and Opportunities for Vietnamese Ports. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 32(2), 107-118.
31. Saengsupavanich, C., Coowanitwong, N., Gallardo, W., y Lertsuchatavanich, C. (2009). Environmental performance evaluation of an industrial port and estate: ISO14001, port state control-derived indicators. *Journal of Cleaner Production*, 17, 154-161.

32. Sislian, L., Jaegler, P., y Cariou, P. (2016). A literatura review on port sustainability and ocean's carrier network problema. *Research in Transportation Business & Management*, 19, 19-26.
33. Tancredi, E. (2019). Hacia la sustentabilidad ambiental en el transporte marítimo de mercancías. La relación entre los compromisos del Acuerdo de París, los Objetivos de la Agenda 2030 y las normas de la Organización Marítima Internacional frente a los desafíos del cambio climático. *Red Sociales, Revista del Departamento de Ciencias Sociales*, 6(03), 3-30.
34. United Nations Conference on Trade and Development [UNCTAD] (2009). Review of Maritime Transport 2009. Conferencia de las Naciones Unidas Sobre Comercio y Desarrollo. Organización de Naciones Unidas. Ginebra. Disponible en http://unctad.org/es/Docs/rmt2009_sp.pdf
35. United Nations Conference on Trade and Development [UNCTAD] (2015). Review of Maritime Transport 2015. Conferencia de las Naciones Unidas Sobre Comercio y Desarrollo. Organización de Naciones Unidas. Ginebra. Disponible en http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/rmt2015_en.pdf
36. Vega, M., Bearzotti, L., Escobedo, Y. y González-Ramírez, R. (2018). Una propuesta de indicadores para el análisis de la sustentabilidad en puertos. *Panorama Económico*, 26(8), 166-185.
37. Villafán, K. y Valencia, N. (2021). La logística sustentable en los puertos marítimos: caso del puerto de Lázaro Cárdenas. *Realidad Económica*, 26(68), 13-23.
38. Wang, D., y Zhao, Y. (2016). Research on quantitative evaluation indicator system of seaport sustainable development. *OCEANS*, 1-8.
39. Wang, S., Lee, M., Château, P., y Chang, Y. (2016). Performance indicator framework for evaluation of sustainable tourism in the Taiwan coastal zone. *Sustainability*, 8(652), 1-13.
40. Wang, Y., Yeo, G., y Ng, A. (2018). The use of the hybrid fuzzy-delphi-topsis approach in identifying optimal bunkering ports for shipping lines. En P., Lee y Z., Yang, (eds.). *Multi-Criteria Decision Making in Maritime Studies and Logistics*. International Series in Operations Research & Management Science. (249-270). Cham, Suiza: Springer International Publishing.
41. Yap, W., y Lam, J. (2013). 80 million-twenty-foot-equivalent-unit container port? Sustainability issues in port and coastal development. *Ocean & Coastal Management*, 71, 13-25.