



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN / RESEARCH ARTICLE

El impulso de la digitalización de los puertos del sistema portuario español mediante el análisis *Business Observation Tool*

The Promotion of the Digitalization of the Spanish Port System Through the Business Observation Tool

NICOLETTA GONZÁLEZ-CANCELAS*
BEATRIZ MOLINA SERRANO**
FRANCISCO SOLER-FLORES***

* Universidad Politécnica de Madrid.
Departamento de Ingeniería Civil, Transportes, España.
Orcid: 0000-0001-7167-1563 - nicoleta.gcancelas@upm.es

** Universidad Politécnica de Madrid.
Departamento de Ingeniería Civil, Transportes, España.
Orcid: 0000-0002-7832-9573 - beatriz.molinas@alumnos.upm.es

*** Universidad Internacional de La Rioja (UNIR), España.
Orcid: 0000-0002-1636-834X - fsoler@inf.uc3m.es

Correspondencia: Avd. Profesor Aranguren s/n, Madrid 28040.
Teléfono +34 651300076. -beatriz.molinas@alumnos.upm.es



Resumen

El sistema portuario se encuentra inmerso en un proceso de transformación digital hacia el concepto de puertos 4.0, lo cual conlleva nuevos requerimientos normativos y de conectividad, de modo que es necesaria la implantación de las nuevas tecnologías que el mercado ofrece hacia la digitalización. Este artículo pretende ofrecer a las autoridades portuarias españolas una nueva metodología *Business Observation Tool* (BOT) que les permita acometer con éxito la digitalización del sistema portuario español. En el centro del modelo, se encuentran los recursos y las motivaciones como ejes que permiten la viabilidad de este. Así, se estudian los elementos personales por quien diseña el negocio, el contexto de observación (lugar, personas e historia) y finalmente el macroentorno. Con la aplicación de la citada metodología, se concluye que actualmente los puertos españoles están en un puesto medio-alto de la digitalización y que siguen actualizándose e innovando para ser cada vez más competitivos en este mercado. Nuevamente, se pone de manifiesto que la tecnología por sí sola no tiene utilidad para lograr ser *smart ports*/Ports 4.0, siendo necesario que sea utilizada de forma integrada, abierta y conjunta por todos los agentes de la comunidad portuaria

Palabras clave: *Business Observation Tool*, digitalización, puertos 4.0, sistema portuario español.

Abstract

The Port System is immersed in a digital transformation process towards the concept of Ports 4.0. This entails new regulatory and connectivity requirements, making it necessary to implement the new technologies offered by the market towards digitalization. This article aims to offer Spanish Port Authorities a new *Business Observation Tool* (BOT) methodology that will allow them to successfully undertake the digitization of the Spanish port system. At the heart of the model, there are the resources and motivations as the axes that allow its viability. Thus, personal elements are studied by those who design the business, the context of observation (place, people, and history), and, finally, the macro-environment. With the application of the aforementioned methodology, it can be concluded that Spanish ports are currently in a medium-high position in terms of digitalization, and that they continue to update and innovate in order to be increasingly competitive in this market. Once again, it is clear that just technology alone is not useful to achieve Smart Ports/Ports 4.0.

Keywords: Business Observation Tool, Digitalization, Ports 4.0, Spanish Port System.

1. INTRODUCCIÓN

La transformación digital es de gran importancia en el mundo de los negocios, teniendo importantes impactos en cualquiera de sus sectores. Es en este marco en el que se consideran los puertos y la logística dentro del transporte marítimo para ejemplificar esos desarrollos [1]. Así como actores de las cadenas de suministro mundiales, los puertos marítimos se ven particularmente afectados por el cambio tecnológico.

Los puertos marítimos modernos desempeñan un papel importante para garantizar flujos de carga eficientes y seguros dentro de las redes logísticas mundiales. Además, ofrecen varios tipos de servicios de logística de valor agregado, por ejemplo, aquellos servicios que facilitan las estrategias de aplazamiento de las cadenas de suministro globales [2].

La digitalización en la logística es la clave para convertirse en un *smart port*. Por ello, los puertos apuestan por la tecnología para mejorar y modernizar el transporte marítimo de mercancías, para obtener una mayor eficiencia [3]. Sin embargo, la eficiencia y la seguridad de los flujos de carga relacionados dependen, en gran medida, de los flujos de información asociados.

La digitalización ha llevado a la industria marítima más allá de sus límites tradicionales y brindado nuevas oportunidades para mejorar la productividad, la eficiencia y la sostenibilidad de la logística [4]. Las necesidades más urgentes de la digitalización son la realización de inversiones en tecnología y las cooperaciones entre actores que permitan el intercambio de información y una mejor coordinación y colaboración, a menudo considerados un obstáculo en entornos altamente competitivos.

Por tanto, el rol de los puertos ha cambiado drásticamente de su función tradicional, que conectaba el mar y la tierra mediante las operaciones de carga y descarga, y ha pasado a ser una parte esencial de las redes logísticas globales que gestionan el flujo de carga y ofrecen servicios logísticos de valor agregado de una manera eficiente, efectiva y respetuosa con el medio ambiente [5].

España es el país de la Unión Europea (UE) que cuenta con mayor longitud de costa (8000 km) [6]. Además, su situación geográfica, próxima al eje de una de las rutas marítimas más importantes del mundo, se beneficia de un mayor afianzamiento como área estratégica en el transporte marítimo internacional y como plataforma logística del sur de Europa [7].

El sistema portuario español de titularidad estatal está integrado por 46 puertos de interés general, gestionados por 28 autoridades portuarias [8], cuya coordinación y control de eficiencia corresponde al organismo público Puertos del Estado, órgano

dependiente del Ministerio de Fomento y que tiene atribuida la ejecución de la política portuaria del Gobierno [9].

La importancia de los puertos como eslabones de las cadenas logísticas y de transporte viene avalada por las siguientes cifras: por ellos pasan cerca del 60 % de las exportaciones y el 85 % de las importaciones [10], lo que representa el 53 % del comercio exterior español con la UE y el 96 % con terceros países [11].

Además, la actividad del sistema portuario estatal aporta cerca del 20 % del producto interior bruto (PIB) del sector del transporte, lo que representa el 1,1 % del PIB español [12]. Asimismo, genera un empleo directo de más de 35 000 puestos de trabajo y de unos 110 000 de forma indirecta [13].

Se puede considerar el sistema portuario como una industria en sí misma que debe avanzar hacia un modelo 4.0. Para ello, Puertos del Estado ha creado el fondo de capital Ports 4.0, que es el modelo de innovación abierta corporativa adoptado por este órgano y las autoridades portuarias españolas para atraer, apoyar y facilitar la aplicación del talento y emprendimiento al sector logístico-portuario español público y privado en el contexto de la cuarta revolución industrial [14].

El objetivo principal del fondo es promover e incorporar activamente la innovación disruptiva o incremental como elemento de competitividad, eficiencia, sostenibilidad, seguridad y protección en el sector logístico-portuario español tanto público como privado, para facilitar su transición hacia la economía 4.0 [15].

Ports 4.0 incentivará la creación o consolidación de un tejido de empresas emergentes (*start-ups*), *spin-off* o nuevas líneas de negocio en el ámbito tecnológico en empresas existentes que desarrollen productos, servicios o procesos innovadores para el sector logístico portuario con orientación al mercado [16].

Business Observation Tool (BOT) es una herramienta que permite diseñar ideas de negocio de alto impacto. En este caso, se pretende asimilar la idea de negocio a la digitalización de los puertos del sistema portuario español. Así, los puertos son considerados como una industria: la portuaria. Este estudio pretende ser una imagen de la situación actual de manera que sirva de diagnóstico y permita plantear propuestas para el proyecto Ports 4.0, de manera que se conozca la situación de partida del sistema portuario español y se pueda realizar a partir de ello un esfuerzo de planificación en el futuro. Estamos asistiendo durante la crisis de la covid-19 a lo que podríamos calificar de un adelanto forzado de la transformación digital que gran número de empresas venían postergando desde hace tiempo; los puertos no son ajenos a esta ola de digitalización. Ya se está oyendo hablar de industria y sociedad 5.0, por lo que los puertos deben estar preparados para estos vertiginosos cambios que se avecinan [17].

Con el empleo de la herramienta BOT, se pretende impulsar la idea de la digitalización para el sistema portuario español. Los objetivos que persigue son dos:

1. Conocer la realidad de las condiciones del entorno donde se ha pensado desarrollar el negocio (el sistema portuario español).
2. Establecer los escenarios posibles de la digitalización para evolucionar más allá de la realidad observada.

La herramienta es muy visual, de forma que en un lado se encuentran los factores relacionados, la observación del entorno de mercado destinado (el sistema portuario), todos sus agentes y la cadena logística a la que sirve. Al lado contrario, se encuentran los elementos personales de quien diseña el negocio, y debajo se hallan los factores de macroentorno que inciden en la ejecución de la idea. En el centro del modelo, se encuentran los recursos y las motivaciones como ejes que permiten la viabilidad de este.

El modelo contiene factores relacionados tanto con el macroambiente como con las acciones de trabajo grupales necesarias para fortalecer la idea de negocio estudiada.

Con esta herramienta, quedan analizados, por tanto, los factores internos y externos de la digitalización en el sistema portuario español, de manera que se establezca una fotografía de la situación actual, un diagnóstico que permita proponer medidas en el futuro. La digitalización brinda enormes oportunidades de crecimiento en todos los ámbitos, sectores, regiones y tipos de empresas. Conlleva la mejora de los procesos que aumentan la eficacia en general y reducen los costes. Se prevé que en los próximos años aproximadamente la mitad de los ingresos de las empresas procedan de actividades digitales. Se trata de mucho más que simplemente seguir una nueva tendencia tecnológica.

2. ESTADO ACTUAL

En el caso específico del transporte marítimo, uno de los ejemplos más notables de la digitalización son los puertos inteligentes. Su impacto positivo en la cadena de suministro está permitiendo optimizar los procesos a través de una producción más inteligente [18]. El uso de la tecnología en el contexto empresarial persigue siempre un aumento del rendimiento. Para aprovechar este impulso, las empresas necesitan una estrategia de transformación digital bien planificada.

La digitalización de puertos se está convirtiendo en la dirección del desarrollo en el futuro.

Según científicos del Instituto Fraunhofer, para la implementación de nuevas tecnologías, las industrias pasan por cuatro fases: digitalización de datos analógicos, digi-

talización de procesos análogos, vinculación de sistemas con procesos y finalmente por el desarrollo de un modelo de negocio digital [19]. Se considera que los puertos se encuentran actualmente en una tercera fase.

Hoy día, las nuevas tecnologías permiten su implantación hasta en los más ínfimos eslabones de las cadenas logísticas y productivas [20]. Cada vez se pueden controlar más cosas a menor coste, pero es necesario decidir con cautela qué se quiere controlar, qué datos y qué conocimientos se necesitan para ello. También se deben decidir cuáles son los beneficios que pueden derivarse para conseguir los objetivos en calidad, productividad y eficiencia. La tecnología debe ser un medio y no un fin en sí misma.

Actualmente, nos encontramos inmersos en la cuarta revolución industrial o industria 4.0, que exige pasar de puertos electrónicos a puertos interconectados. Esto implica que se van a producir cambios en los modelos de gobernanza portuaria, y no porque se prefiera que los puertos sean más públicos o más privados, sino porque la manera de competir y de ser eficiente será diferente, de modo que es necesario adecuar la gestión [21].

La transformación hacia el puerto 4.0 pasa por medidas para potenciar la eficiencia logística, la eficiencia en el ámbito de infraestructuras y la eficiencia en las operaciones en la prestación de servicios, así como la mejora de la sostenibilidad ambiental y energética, la seguridad y protección. Para ello, será necesario apoyarse en la digitalización de procesos y plataformas inteligentes [22].

A menudo, no está claro qué significa “digital” para una organización portuaria. Es, de hecho, un proceso a largo plazo que requiere que las organizaciones y las partes interesadas experimenten transformaciones estructurales, funcionales y estratégicas continuas [23].

La transformación digital que se traduzca en resultados va mucho más allá de las meras consideraciones tecnológicas. Se necesitan complejos conocimientos sobre los procesos y los mercados hasta el último eslabón de la cadena. ¿Cómo funcionan los procesos en los distintos actores de la cadena de transporte? ¿Qué dificultades existen en la logística internacional? ¿Cómo se procesan las opiniones del cliente de forma adecuada? ¿Qué áreas deben protegerse y cómo? [24].

Los puertos han desempeñado siempre un papel clave en el desarrollo de la sociedad, de modo que es un elemento fundamental en el desarrollo económico de los distintos países y está en una posición estratégica en el mundo [25]. Los actuales cambios a nivel global motivados por nuevas formas de comunicación, patrones de comportamiento, tecnologías innovadoras, etc., han propiciado que los puertos no puedan quedarse al margen de estas nuevas tendencias. Deben tomar un papel activo en este cambio global y ser un elemento principal de la transformación [26].

En relación con las tendencias actuales, cabe señalar que es posible un mundo *smart* con soluciones innovadoras y digitales. Como ya se ha identificado, los pilares son la innovación, las soluciones *smart* y el empoderamiento organizacional a través de la digitalización [27].

La innovación en el sector portuario va a requerir en este proceso la participación de la ciudadanía y el talento de las personas para mejorar la creatividad, así como prototipar para obtener lo mejor, que se refiere a la acción y el proceso de creación de un modelo de un determinado producto y a las sucesivas pruebas que se hacen con él. Asimismo, requiere tener herramientas para gestionar el cambio que va a producirse en los puertos [28].

Las soluciones *smart* asociadas a la industria 4.0 portuaria deben apostar por la simplicidad y la sostenibilidad, y estar focalizadas en la eficiencia. Para ello, es necesario que la gente y el territorio estén en contacto [29].

Según una encuesta del Observatorio Digital [30], los profesionales y propietarios de pequeñas empresas españolas en enero de 2020 no estaban preocupados por la digitalización de sus negocios, sino que existían otros factores que les causaban mayor preocupación, la mayoría de ellos de carácter económico, por lo cual la situación actual ha modificado este pensamiento y el empoderamiento organizacional a través de la digitalización necesita una revisión de los procesos, especialmente en los puertos. Así, se necesitará el empleo de la tecnología digital y la mejora de las competencias digitales actuales [31]. Debe considerarse que aparecerán nuevos roles en el proceso. Este proceso de empoderamiento digital se basa en:

1. Tener poder de decisión propio
2. Tener acceso a la información y a los recursos para tomar una decisión apropiada
3. Tener una gama de opciones para elegir
4. Tener habilidad para ejercer asertividad en la toma de decisiones colectivas
5. Tener un pensamiento positivo y la habilidad para hacer cambios
6. Tener habilidad para aprender y para mejorar su propio poder personal o de grupo
7. Tener habilidad para cambiar las percepciones por medios democráticos
8. Mejorar la autoimagen y superar la estigmatización
9. Participar en un proceso autoiniciado de crecimiento y cambios continuos

Los factores a considerar en el caso de los puertos digitalizados, innovadores y *smart* se dividen en factores internos y externos a los puertos [32]: los factores internos se centran en la eficiencia y suponen un cambio cultural, y los factores externos están más centrados en el crecimiento y suponen nuevas relaciones.

El puerto de Róterdam, en asociación con el programa de Puertos Futuros de la Asociación de Puertos Británicos, recientemente publicó el documento “Paso a paso hacia el puerto digital” [33]), donde se describe un modelo de madurez digital (figura 1).



Fuente: Elaboración propia a partir de [33].

FIGURA 1. NIVELES DE MADUREZ DIGITAL.

El nivel 1, que es en el que se encuentra el sistema portuario español, supone que se tiene un gran número de actores que participan en los procesos de operación en el puerto. Por ejemplo, tenemos a la autoridad portuaria, los proveedores de servicios náuticos, los operadores de terminales y agentes aduanales. Al digitalizar sus procesos, cada actor puede ser más eficiente.

La automatización de cada proceso individual facilita la recolección de datos que pueden ser utilizados para que el puerto opere en forma más eficiente, segura y sustentable. En Róterdam, la implementación de un sistema de administración portuaria (PMS, por sus siglas en inglés) redujo el tiempo de despacho de buques en 30 min, lo que representa un ahorro de EUR 150 millones al año [34]. El dinero que malgastan las empresas en procesos sin automatizar asciende a EUR 400 000 millones. Esta cantidad es el resultado, entre otros motivos, de la complejidad de las hojas de cálculo enviadas por correo electrónico o del volumen de información aún recabado en las bases de datos a partir de anotaciones manuscritas.

Para los puertos, el desafío es determinar su estrategia digital para que puedan preservar y fortalecer su posición competitiva en relación con más puertos digitales y

otros recursos de transporte. La estrategia de transformación digital de los puertos se compone de tres pasos (figura 2).

1. Análisis de la situación actual en que se parte de un análisis interno de los procesos y las soluciones tecnológicas implantadas, y un análisis externo (contexto económico, portuario, regulatorio, tecnológico), que servirán para la identificación del potencial de mejora del puerto. Durante este análisis también se evaluarán las tecnologías y los desarrollos innovadores que se están implementando, tanto en el sector portuario como en otros sectores (y que puedan adaptarse al sector portuario).
2. Definición del plan estratégico y las líneas de acción, acompañadas por un análisis coste-beneficio que sirva de soporte a la toma de decisiones y priorización de estas.
3. Elaboración de la hoja de ruta con el conjunto de proyectos necesarios para conseguir la transformación digital y el desarrollo de los planes correspondientes, con un enfoque omnicomprensivo y global respecto de las competencias y funciones de la autoridad portuaria.



FIGURA 2. ESTRATEGIA PARA LA TRANSFORMACIÓN DIGITAL DE LOS PUERTOS.

Estamos actualmente en la fase 1 del proceso, el análisis de la situación actual, por ello, es necesario desarrollar este estudio para poder avanzar a la fase de definición del plan estratégico y las líneas de acción.

3. METODOLOGÍA

Para desarrollar la herramienta BOT como idea de negocio para el sistema portuario español, se desarrolla la metodología que se representa en la figura 3.

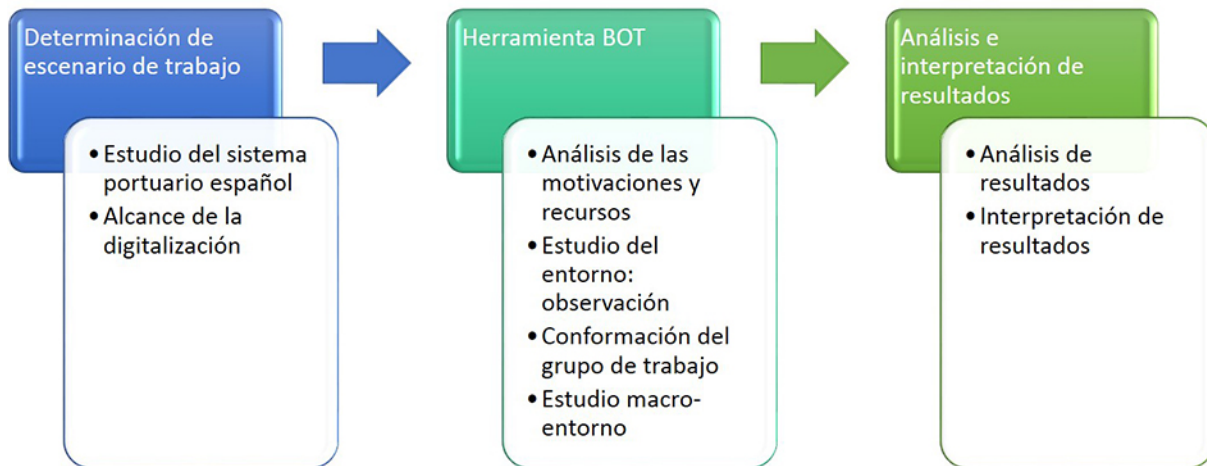


FIGURA 3. ESQUEMA DE LA METODOLOGÍA SEGUIDA.

3.1. Determinación del escenario de trabajo

El comienzo de la metodología consiste en la realización de un estudio completo del sistema portuario español en lo referente al proceso de digitalización que se está abordando. A continuación, se estudia en detalle el alcance de la digitalización en los diferentes puertos del sistema portuario español.

Este primer paso finaliza con la creación de la base de datos de contenidos, para lo cual es necesario llevar a cabo una recopilación de información y datos, que pueden ser tanto categóricos como numéricos. La recopilación de los datos se realizará usando diversas fuentes.

3.2. Herramienta BOT

BOT es una herramienta que permite conocer los componentes que son necesarios para plantear la idea de un negocio, que busca ir más allá de la realidad. Es un modelo de observación de análisis de entorno para generación de ideas de negocio.

El modelo BOT es usado como alternativa a otros modelos de planificación para la identificación y el estudio de entornos empresariales. Contiene factores relacionados con las condiciones del macroentorno empresarial y las acciones de trabajo en grupo para el fortalecimiento de la idea de negocio estudiada. Se entiende como el paso previo al uso de herramientas de modelo de negocio. El proceso del modelo se representa en la figura 4.

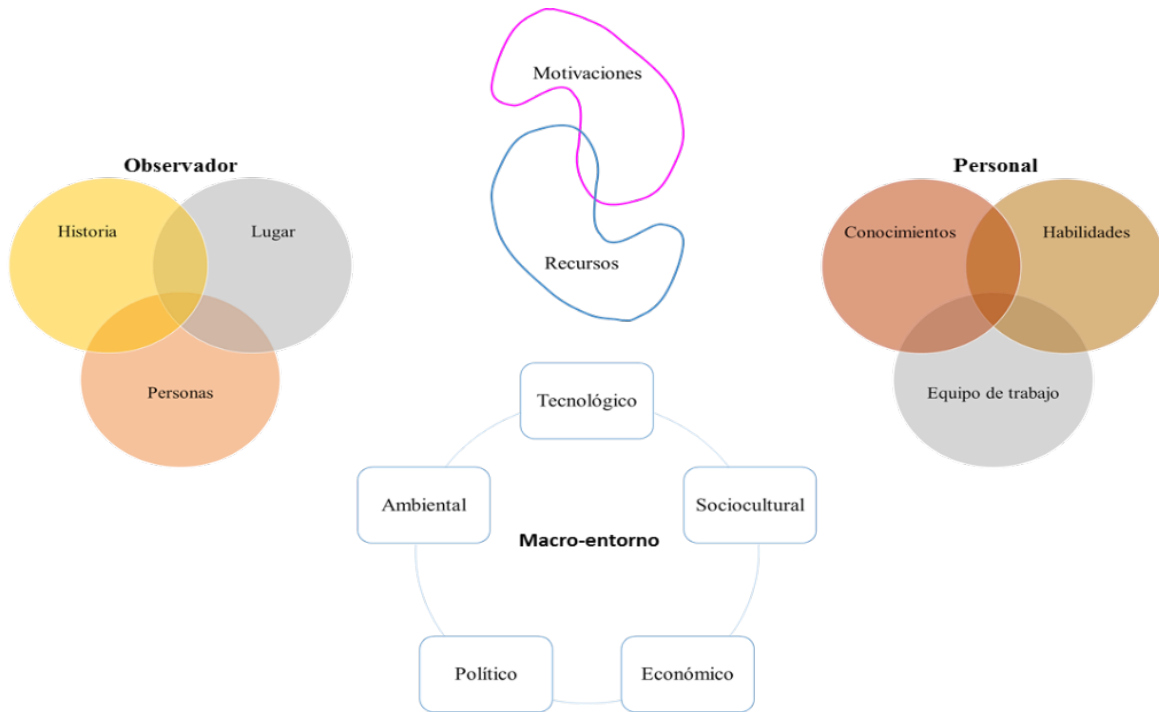


FIGURA 4. PROCESO DEL MODELO BOT.

Dentro de la herramienta, los pasos a seguir son:

1. Análisis de las motivaciones y los recursos. Será necesario comprender el entorno donde se ha pensado el proyecto y los factores que alteran o intervienen ese entorno, así como las motivaciones y capacidades (recursos) de las que se disponen para avanzar. Se deberá dar respuesta a las siguientes cuestiones: ¿cuál es la motivación para desarrollar la digitalización en el sistema portuario español?, ¿cómo hacerlo con un alto impacto?, ¿con qué recursos se cuenta para desarrollar este proyecto?

2. Estudio del entorno (observación). Es necesario comprender el entorno donde se ha pensado el proyecto. La cuestión a responder será esta: ¿qué elementos externos al proyecto pueden alterar decisiones y estrategias formuladas en el futuro?

3. Conformación del grupo de trabajo. En esta etapa, se ha de responder a la siguiente pregunta: ¿cuáles son y cómo se pueden aprovechar los talentos de cada integrante del equipo a favor del proyecto?

4. Estudio macroentorno en relación con los factores que alteran o intervienen ese entorno. La cuestión principal será esta: ¿qué caracteriza el entorno observado y cómo puedo hacer uso de este para favorecer el proyecto?

La dinámica de uso del modelo supone trabajar en una superficie de grandes dimensiones. En el interior de cada diagrama, se debe responder a las preguntas planteadas. Fuera de los diagramas, se pueden incorporar datos complementarios. Debe iniciarse por las motivaciones en el proyecto o la idea de negocio y finalizar con el análisis de macroentorno.

3.3 Análisis e interpretación de resultados

El análisis de resultados consiste básicamente en dar respuesta a los objetivos o hipótesis planteadas a partir de las mediciones efectuadas y los datos resultantes. Consiste en dividir una información compacta en distintos elementos que se revisarán y analizarán uno por uno.

4. RESULTADOS

Para la obtención de resultados, tal y como se observa en la figura 4 que representa la metodología, el primer paso es la determinación del escenario de trabajo. Para ello, se ha realizado un estudio completo del sistema portuario español en lo relativo a la digitalización y sus conceptos asociados: automatización, sincromodalidad, *smart port*, puertos 4.0, etc. Asimismo, se ha llevado a cabo un estudio de los proyectos sobre digitalización desarrollados en España y sobre el alcance de cada una de las autoridades portuarias.

Posteriormente, se ha clasificado toda la información disponible, se ha distribuido al equipo de trabajo y se ha creado una base de datos de contenidos. El siguiente paso, herramienta BOT, comienza con un análisis de las motivaciones y de los recursos. De dicho análisis se han obtenido los resultados que se muestran a continuación:

1. Motivaciones

a. Disminución de los costes de almacenamiento físico de la documentación y del uso de papel e impresiones. Estos documentos están incluidos dentro del sistema de gestión documental de la empresa, instalados en un disco duro.

- b. Protección y mejor conservación. El soporte en papel es vulnerable ante distintos factores externos que pueden dañar el material.
- c. Descentralización de la información. Se garantizará una mayor productividad y un acceso rápido y seguro a la información. Dicho acceso se realizará a través de distintos dispositivos tecnológicos. Este sistema ofrece medidas de seguridad para filtrar quién tiene acceso a los distintos contenidos.
- d. Inversión a medio o largo plazo. A pesar del gran esfuerzo financiero que supone, y de la formación digital de la plantilla que se requiere, la empresa logrará mejorar su posicionamiento en el mercado y abrirse a nuevas alternativas de negocio.
- e. Aumenta la productividad. En los procesos laborales, supone detectar posibles problemas y encontrar las soluciones adecuadas para ellos y llevarlas a cabo. La digitalización permite tomar todas las decisiones y ejecutarlas de manera más rápida.
- f. Mejor acceso y gestión del tiempo en la consulta de datos. Los documentos digitalizados pueden ser vistos por un mayor número de personas con menor esfuerzo. Esto supone un perfeccionamiento de la calidad informativa (mejor tamaño, nitidez y color).
- g. Atrae y retiene el talento. La digitalización de una empresa mejora su imagen y reputación *online*. Este hecho no solo lo valoran los clientes, sino también los profesionales de este sector o de otros sectores relacionados.

2. Recursos

- a. El fondo de capital Ports 4.0. Es el modelo de innovación abierta corporativa adoptado por Puertos del Estado y las autoridades portuarias españolas para atraer, apoyar y facilitar la aplicación del talento y emprendimiento al sector logístico-portuario español público y privado en el contexto de la cuarta revolución industrial. Se trata de subvenciones en régimen de competencia competitiva.
- b. Desarrollo tecnológico de la Agencia Tributaria. Como recurso cabe destacar el desarrollo tecnológico de la Agencia Tributaria y su departamento de Aduanas. Según dicho desarrollo, utilizan medios telemáticos para los despachos de mercancías, autorizaciones de escalas, etc.
- c. Plataformas digitales. Las autoridades portuarias han puesto en funcionamiento plataformas digitales para la transmisión electrónica de facturas y liquidaciones. Asimismo, han implantado o están implantando una sede electrónica, al tiempo que han incorporado las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en los diferentes procesos y operaciones. Todo ello puede ser incluido dentro de un proceso de digitalización.

d. Plataforma logística SIMPLE. El Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana promueve el desarrollo de la plataforma logística SIMPLE (por sus siglas en inglés). Consiste en una plataforma para el intercambio de datos por vía telemática, con objeto de facilitar la intermodalidad en el transporte de mercancías.

e. Ventanilla única. La nueva plataforma, que parte del sistema de ventanilla única desarrollado por Puertos del Estado en 2015, permitirá la reutilización de la información a lo largo de la cadena logística y de transporte. Dicha plataforma, a partir del principio de aportar los datos únicos una sola vez, permitirá la interconexión entre la Administración pública y los distintos agentes del sector logístico privado. Con ello, se facilitará el comercio y el transporte, tanto a nivel nacional como internacional.

f. Programa Estiba+2022. El programa trata de desarrollar tecnologías de la industria 4.0 para la digitalización de los puertos españoles utilizando una logística altamente automatizada (*smart digital ports*).

g. Proyecto DataPorts. Un ejemplo de proyecto de *blockchain* es el proyecto DataPorts (A Data Platform for the Cognitive Ports of the Future). El proyecto está cofinanciado por la Comisión Europea a través del programa H2020 y tiene como objetivo principal aprovechar la gran cantidad de datos generados en los puertos marítimos por la digitalización.

h. Proyecto TradeLens. En relación con los proyectos tecnológicos aplicando *blockchain* a la cadena de suministro, cabe señalar el proyecto entre IBM y Mærsk. A dicho proyecto se le han sumado más de 20 puertos (incluidos el puerto de Valencia, Barcelona, Algeciras y Bilbao), así como otras terminales, navieras y transportistas.

3. Estudio del entorno. Los puertos evolucionan en su digitalización desde el puerto electrónico hasta el puerto 4.0, pasando por los siguientes estados

a. Puerto electrónico. Son los puertos que con el uso de *software* mejoran la gestión de las autoridades portuarias. Los flujos de información son electrónicos y hay un uso intensivo de las TIC.

b. Puerto conectado. Es aquel donde las operaciones portuarias han alcanzado un elevado nivel de automatización y han sustituido a la intervención humana. La tecnología fundamental es la sensorización.

c. *Smart port*. Se establece en torno de una plataforma digital que capta información de los sensores y redes IoT (por sus siglas en inglés), la procesa, la expone de forma visual, ayuda a tomar decisiones e, incluso, actúa, todo ello en tiempo real. Estamos hablando, fundamentalmente, de *big data* y de *machine learning*.

d. Puerto 4.0. Es un concepto análogo al de la industria 4.0, e incluye de esta lo referente al flujo de información con el exterior. De esta forma, a la inteligencia del *smart port* se le añade aquí su papel como nodo en las redes de suministro, energía e información.

4. Conformación del grupo de trabajo

a. Falta de formación. La falta de formación de la comunidad portuaria anclada en antiguos procesos y procedimientos, que nada tienen que ver con las nuevas tecnologías, junto con el elevado coste de implantación, puede ser un reto a corto y medio plazo para ciertos eslabones de la cadena.

b. Nuevos perfiles. Derivado del *tsunami* tecnológico, se generarán nuevos perfiles profesionales y será necesaria la adaptación de los existentes al uso de la tecnología. Ya surge, en el ámbito de las autoridades portuarias, la necesidad de implementar diferentes planes formativos para proveer de nuevas competencias y habilidades a los empleados portuarios.

c. Nuevas metodologías de trabajo. Se tendrá que implantar una metodología de trabajo que permita obtener nuevo *talent* e ideas, gestionar nuevas iniciativas, garantizar el cambio de la innovación a la operación, y medir y valorar cada paso de este proceso.

d. Trabajo no presencial. La conveniencia de poder trabajar desde casa podría ir acompañada de un control continuo. La esperanza de poder trabajar menos podría verse sofocada por la posibilidad de trabajar en cualquier lugar y en cualquier momento.

5. Estudio de macroentorno

a. Tecnología:

— Soluciones. Es fundamental que este proceso quede recogido en el plan estratégico de cada Autoridad Portuaria. Las posibles soluciones son las que se detallan a continuación:

* Para afrontar este nuevo reto, hay autoridades portuarias que han optado por contratar algo ya hecho (con consultoras especializadas que te venden casi el paquete completo de un *smart port*). Se trata de algo testado, aunque menos flexible, que les permite empezar a dar pasos de forma casi inmediata en esta transformación.

* La otra opción es emplear herramientas con soluciones *ad hoc*. Desarrollar aplicativos “a medida” normalmente encajan mejor en la organización. Sin embargo, tienen un mayor coste de mantenimiento y falta de integración con el resto de sistemas del mercado.

— Herramientas. Para obtenerlo, las herramientas disponibles son las siguientes:

- * Internet de las cosas.
- * Automatización de operaciones.
- * *Blockchain*.
- * Inteligencia artificial.
- * *big data*: *big data* e IoT.
- * RFID (por sus siglas en inglés).

— Carga. Los objetivos respecto de la carga son los que se enumeran a continuación:

- * Mejorar la administración y trazabilidad de la mercancía marítima mediante la digitalización extremo a extremo de la cadena de suministro. Las integraciones de procesos basados en estas nuevas tecnologías de la información pueden permitir simplificar todas estas tramitaciones y ganar en coordinación y seguridad, en un entorno altamente colaborativo entre los distintos agentes.
- * Incrementar la seguridad en el traspaso de mercancía en los puertos marítimos.
- * Incrementar la transparencia y conseguir un intercambio seguro y confiable de información entre los actores del proceso, con lo cual se consigue una reducción de los costes operacionales y administrativos. La información abierta, dispuesta de forma clara y fiable y en un entorno seguro, permite la cooperación entre los distintos agentes que intervienen en las comunidades logísticas y la optimización de los recursos.
- * La utilización y reutilización eficiente de la información es clave para un correcto flujo de datos, desde las empresas a las autoridades, así como para la mejora de la cadena logística y la competitividad.

— Visión a corto plazo. Desde el punto de vista tecnológico, y dado que en muchas empresas todavía no se han concienciado de ello, habría que:

- * Realizar más inversiones adecuadas a la seguridad en los sistemas de información.
- * Incrementar la seguridad y protección de datos en el sector para evitar manipulaciones de sistemas sensibles.
- * Implantar medidas para proteger los datos contra el acceso no autorizado y cualquier tipo de abuso (por parte de los sistemas de usuarios basados en la nube, la gestión de acceso, la gestión de dispositivos y la copia de seguridad de datos).

b. Sociocultural:

— Cambio cultural. Las claves para obtener la máxima eficiencia a través de la digitalización van a sustentarse en un cambio cultural, lo que supone una nueva visión del sector portuario, sobre todo frente a la innovación.

— Sinergia puerto-ciudad. La digitalización de los puertos en relación con el desarrollo de las *smart cities* permite una interacción sinérgica entre ambas instituciones, sus gobernantes y sus ciudadanos. Los puertos digitales son por y para las personas; por tanto, es el agente clave en su futuro desarrollo.

— Factores socioculturales. La automatización completa solo se va a alcanzar mediante la comunicación y el diálogo con los sindicatos, quienes se involucran en el proyecto y proveen la información y formación necesaria.

c. Economía:

— Recursos económicos elevados. En los puertos españoles, en general, los aspectos de digitalización y medioambientales están en fases de estudio y análisis, en distintos niveles de implantación. La necesidad de dotar de recursos económicos elevados es un escollo que no pueden afrontar muchas empresas de estas comunidades.

— Fondos estatales. Desde el punto de vista político, y dado que la modernización de las flotas es necesaria y hay muchas compañías marítimas que dudan en invertir en nuevas tecnologías debido a los altos costos de inversión, se debería conseguir algún fondo a nivel estatal para compensar tales inversiones. Ello motivaría y promovería que las compañías marítimas acompañen en esta nueva era de cambio tecnológico.

— Finanzas estatales. Los flujos de efectivo disponibles se están viendo limitados por la situación financiera, la falta de créditos y las regulaciones sobre las instituciones financieras para reducir la exposición al riesgo mediante la creación de bases de depósitos más sólidas. Esto ralentiza las inversiones en acciones de digitalización de los puertos.

d. Política/gobernanza:

— Comunidades portuarias. La interconexión entre las plataformas digitales de toda la cadena logística y la propia economía colaborativa, ambas derivadas de la digitalización y los puertos 4.0, podría necesitar el desarrollo de cambios o modificaciones del propio modelo de gobernanza portuario estatal. En el nuevo modelo de digitalización de la industria portuaria, serán las propias comunidades portuarias (no solo las autoridades portuarias de forma independiente) las que desarrollarán de forma conjunta y colaborativa aquellas estrategias para adaptar este nuevo modelo digital a su propia realidad hacia la mejora en la competitividad del servicio portuario global, apoyado en la citada innovación tecnológica. Las comunidades portuarias están

conformadas por entidades logísticas público-privadas asociadas a una determinada instalación portuaria en particular.

— Aspectos políticos. El contexto de las políticas es importante para entender las iniciativas de los *smart ports*, que comprenden tanto elementos políticos como institucionales. La transformación hacia la digitalización de los puertos exige la interfaz de elementos tecnológicos con elementos políticos e institucionales.

— Registro de datos. El punto de vista legal es el aspecto en el que habría que trabajar más para darle forma, pues el uso de las tecnologías AIS (por sus siglas en inglés) y RFID requieren el registro automatizado de datos personales en algunas aplicaciones.

— Disparidad legal y *ámbito* de aplicación. La inconsistencia en las normas y regulaciones relacionadas con las políticas, nacionales y regionales, no puede ayudar a ampliar las iniciativas de ciudades inteligentes.

e. Ambiental:

— Control y optimización de los recursos energéticos, hídricos y de residuos mediante las nuevas tecnologías añaden valor medioambiental no solo a la gestión portuaria, sino a toda la cadena logística. Esto permite cumplir objetivos de sostenibilidad, que, hoy día, se antojan indispensables ante la sociedad.

— Puerto más sostenible. Mejorar la calidad ambiental y, por ende, la calidad de vida no solo de las personas, sino también del medio ambiente.

— Cadena de suministro eficiente y predictiva. Se precisa una gestión más sostenible para reducir la contaminación y ganar flexibilidad y agilidad.

f. Seguridad:

— Seguridad e integridad de la empresa. Son esenciales para realizar la transformación al concepto 4.0. La digitalización de los puertos hace posible la adopción de sistemas que aumentan la eficacia y transparencia de los distintos agentes implicados, al tiempo que eliminan la necesidad de documentos de papel e incrementan la seguridad general.

— Seguridad y tecnología. La digitalización a nivel portuario incrementa la seguridad de las distintas terminales, pues mediante la inteligencia artificial (IA) se controla mejor quién entra y sale del puerto.

— Ciberseguridad. La digitalización de nuestro nuevo mundo, y el desarrollo y progreso de las tecnologías, ponen de manifiesto que somos mucho más vulnerables y sensibles a ataques a través del ciberespacio. Desafortunadamente, estos sistemas también son muy vulnerables a las amenazas cibernéticas.

De manera resumida, lo anterior se ilustra en la tabla 1.

TABLA 1. RESUMEN DE LOS ELEMENTOS DEL ANÁLISIS BOT POR CATEGORÍAS

Estudio del entorno: observación		Motivaciones		Conformación del grupo de trabajo	
Puerto electrónico		Disminución de los costes de almacenamiento físico de la documentación y disminución del uso de papel e impresiones		Falta de formación	
Puerto conectado		Protección y mejor conservación		Nuevos perfiles	
Smart Port		Descentralización de la información		Nuevas metodologías de trabajo	
Puerto 4.0		Inversión a medio-largo plazo		Trabajo no presencial	
		Aumenta la productividad			
		Mejor acceso y gestión del tiempo en la consulta de datos			
		Atrae y retiene el talento			
Recursos					
El fondo de capital Ports 4.0					
Desarrollo tecnológico de la Agencia Tributaria					
Plataformas digitales					
Plataforma Logística "Simple"					
Ventanilla única					
Programa "Estiba+2022"					
Proyecto DataPorts					
Proyecto TRADELENS					
Estudio macro-entorno					
Tecnología	Socio-cultural	Economía	Política-Gobernanza	Ambiental	Seguridad
Soluciones	Cambio cultural	Recursos económicos elevados	Comunidades portuarias	Control y optimización de los recursos	Seguridad e integridad de la empresa
Herramientas	Sinergia puerto-ciudad	Fondos estatales	Aspectos políticos	Puerto más sostenible	Seguridad y tecnología
Respecto a la carga	Factores socio-culturales	Finanzas estatales	Registro de datos	Cadena de suministro eficiente y predictiva	Ciberseguridad
Visión a corto plazo			Disparidad legal y ámbito de aplicación		

5. CONCLUSIONES

En este estudio de diagnóstico que pretende hacer una fotografía de la situación actual para poder abordar una planificación, se concluye del uso del análisis BOT que actualmente los puertos españoles están en un puesto medio-bajo de la digitaliza-

ción, y siguen actualizándose e innovando, para ser cada vez más competitivos en el mercado. A pesar de ello, queda mucho camino por recorrer en la digitalización, como realizar una conversión inmediata a puertos digitales, inteligentes y verdes, que optimicen las infraestructuras existentes con plus de capacidad gracias a la gestión inteligente de espacios. Para ello, se precisa integrar tecnologías como la nube, *big data* o la sensorización, tal y como se ha comentado.

Estamos ante un “choque tecnológico” porque en muchas ocasiones no concuerdan las expectativas de los consumidores con el potencial que ofrece la tecnología y las ambiciones de las empresas, y lo mismo está ocurriendo en el entorno portuario, donde las expectativas de los clientes parecen estar por encima de los productos y servicios de los puertos en estos momentos.

De esta forma, y trabajando junto con la comunidad portuaria, los puertos deben fomentar la creación de plataformas logísticas más eficientes, de manera que podamos avanzar en el nivel de madurez del sistema portuario español hacia el nivel 2 y pensando en el nivel 3. Para ello, tienen que incentivar la coordinación y comunicación entre los distintos actores del ámbito logístico-portuario. Sin embargo, la simple existencia de esta oferta tecnológica no garantiza por sí misma que una comunidad sea “más inteligente”. La experiencia de diversas comunidades portuarias, tanto a nivel nacional como internacional, muestra que el resultado o impacto producido por la introducción de estos cambios tecnológicos no es homogéneo. La tecnología importa, y mucho, pero el factor determinante de los casos de éxito es una gobernanza inteligente, o como se llama en la actualidad, *smart governance*.

Del análisis propuesto a través de la herramienta BOT, se ha podido concluir que los indicadores sobre los que hay que incidir para poder definir un plan estratégico y las líneas de actuación futura son (figura 5), en primer lugar, los datos: un mensaje claro es que compartir datos fortalece los procesos, reduce el desperdicio y hace que las operaciones portuarias sean más eficientes. Si bien es claro que la digitalización puede conducir a una mayor eficiencia, ayudar a reducir costos y proporcionar numerosos beneficios ambientales, los puertos y la industria marítima en general han sido más lentos en adoptar la digitalización que otras industrias: el principal problema al que se enfrenta el sector portuario español es al miedo a generar una desventaja competitiva si se comparten los datos. En segundo lugar, habría que avanzar hacia un nuevo paradigma de comunidad portuaria, de manera que el flujo de información entre los participantes de una comunidad portuaria se realiza en forma confiable, eficiente, sin papeles, y gracias a tecnologías como *blockchain* también se hace en forma segura. El tercer elemento importante a avanzar en el proceso es el desarrollo de nuevos perfiles. Esta apuesta por la tecnología no solo está cambiando la forma de trabajar y hacer las cosas en las instalaciones portuarias, sino también los propios perfiles de los trabajadores,

que ven cómo las competencias relacionadas con la digitalización cobran una mayor importancia para poder realizar sus tareas adecuadamente. Así pues, el conocimiento digital y la gestión de la información, entendiendo como tal la capacidad para desenvolverse profesionalmente utilizando de forma eficiente recursos y herramientas digitales e integrar todo ello en su día a día, resulta fundamental en este entorno.

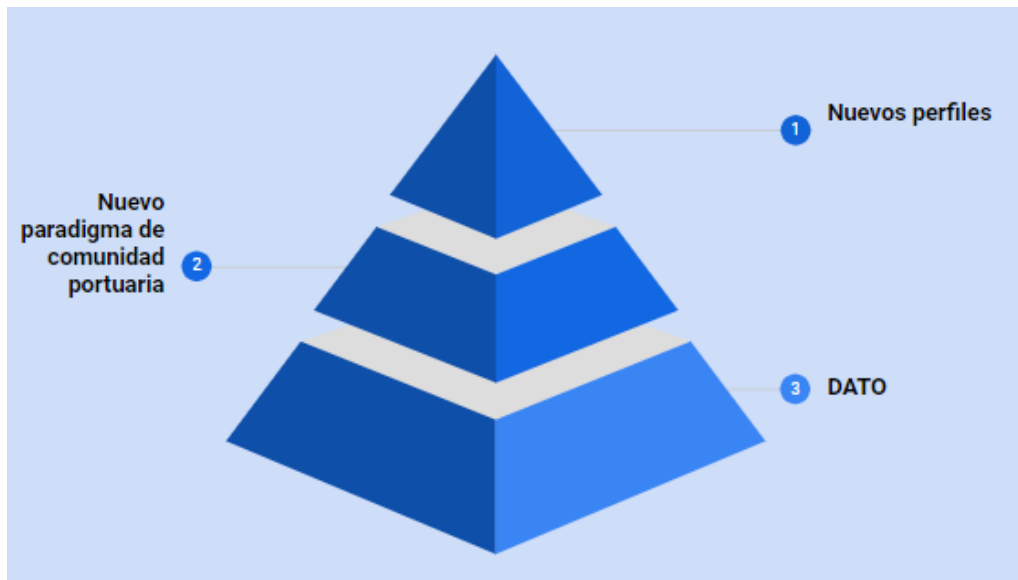


FIGURA 5. PRINCIPALES INDICADORES SOBRE LOS QUE ACTUAR.

Nuevamente, se pone de manifiesto que la tecnología por sí sola no tiene utilidad para lograr ser *smart ports 4.0*. Se necesita también que sea utilizada de forma integrada, abierta y conjunta por todos los agentes de la comunidad portuaria.

5.1. Necesidades detectadas para alcanzar un sistema portuario digital

1. Transformación administrativa. Necesaria transformación administrativa para poder llevar a la práctica la digitalización portuaria.
2. Coordinación. El reto que tienen las comunidades portuarias y logísticas para mejorar los mecanismos de gestión de la cadena logística portuaria es fomentar la coordinación y comunicación entre los distintos actores del ámbito logístico-portuario. Todo ello pasa por la colaboración.
3. Alineación de estrategia. Para alcanzar ese nuevo modelo de negocio portuario, no basta con disponer de ideas disruptivas y contar con la tecnología más avanzada. Resulta necesario e imperativo una alineación de las estrategias de toda la comunidad

portuaria para poder alcanzar los objetivos comunes. Además, es fundamental un cambio cultural en la Administración y un cambio burocrático real que permita de forma efectiva la mejora de la eficiencia del sistema.

4. Intercambio de datos. La mayoría de los autores señala como gran reto precisamente que las autoridades portuarias compartan información, que los puertos colaboren entre ellos y la capacidad de gestión de los *stakeholders* por parte de las autoridades portuarias [35]. La necesidad de cooperación entre los puertos, para compartir realmente los datos y las percepciones, es algo que no se ha explorado. Este tercer desafío, impulsado por una cierta forma de proteccionismo de las autoridades portuarias sobre sus propios datos, es un obstáculo importante para el desarrollo de una verdadera estrategia de *smart port*. Por último, la dicotomía entre la autoridad portuaria y el operador de la terminal añade un nivel de complejidad. Las implementaciones operativas no pueden ser forzadas por la autoridad portuaria terminal. Esto podría crear un puerto con una red de infraestructura altamente integrada, pero con una falta de integración de la superestructura. La función de la autoridad portuaria en el marco de una estrategia de puerto inteligente incluye el desarrollo y la facilitación para sus usuarios. El nivel final de integración será el resultado de la gestión y la determinación de los interesados que muestre la autoridad portuaria.

5. Recursos económicos. El desarrollo de las nuevas tecnologías abre un abanico de posibilidades amplísimo. No obstante, requieren grandes recursos, ya que, aunque una de las características de las nuevas tecnologías es su capacidad de reducir sus costes de producción de forma rápida y continua, también es cierto que cada vez llega a ámbitos más pequeños que requieren implantaciones más masivas. Es necesario no olvidar su alto grado de obsolescencia, inherente a su propio desarrollo.

A diferencia del modelo tradicional basado en un gobierno (autoridad portuaria) que defina el entorno de las actividades que realizan todos los operadores portuarios, la gobernanza inteligente se debería caracteriza por:

1. Descentralización. Abandonar el modelo de una gran administración desplazando el protagonismo de la toma de decisiones al conjunto de actores integrados en una administración electrónica e hiperconectados.
2. Participación. Las relaciones con la administración han de ser fluidas, rápidas e interactivas.
3. Transparencia. A través de plataformas *open data* hacer asequible al conjunto de miembros de la comunidad de información y datos.
4. Eficiencia. La comunicación horizontal y la disponibilidad de la información es la base de una mejor gestión. Asimismo, anticipa y permite resolver con rapidez potenciales ineficiencias.



5. Sostenibilidad. De manera que se potencia el papel que las nuevas tecnologías pueden tener en la gestión inteligente de la energía, protección del medioambiente, eliminación de residuos, etc.
6. Innovación. El impulso del ecosistema emprendedor, la interacción con universidades y centros de investigación y el estímulo de proyectos de I+D han de ser los ejes de esta nueva gobernanza.
7. Colaboración. Entre administraciones, empresas, partenariados público-privados, etc.
8. Seguridad. Garantizar no solo la seguridad física, sino también la protección de datos e informaciones que afecten la privacidad.

REFERENCIAS

- [1] L. Heilig, E. Lalla-Ruiz y S. Voß, “Digital transformation in maritime ports: analysis and a game theoretic framework”, *Netnomics: Economic Research and Electronic Networking*, vol. 18, no. 2-3, pp. 227-254, dic. 2017. <https://doi.org/10.1007/s11066-017-9122-x>
- [2] L. Heilig, S. Schwarze y S. Voß. (1 sep. 2017). *An analysis of digital transformation in the history and future of modern ports* [En línea]. Disponible en: https://aisel.aisnet.org/hicss-50/da/decision_support_for_scm/2/
- [3] A. C. Orive, J. I. P. Santiago, M. M. E. I. Corral y N. González-Cancelas, “Strategic analysis of the automation of container port terminals through BOT (business observation tool). *Logistics*, vol. 4, no. 1, p. 3, 2020. <https://doi.org/10.3390/logistics4010003>
- [4] M. G. Cimino, F. Palumbo, G. Vaglini, E. Ferro, N. Celandroni y D. La Rosa, “Evaluating the impact of smart technologies on harbor’s logistics via BPMN modeling and simulation”, *Information Technology and Management*, vol. 18, no. 3, pp. 223-239, sep. 2017. <https://doi.org/10.1007/s10799-016-0266-4>
- [5] A. R. González, N. González-Cancelas, B. M. Serrano y A. C. Orive, “*smart ports*: ranking of Spanish port system”, *World Scientific News*, vol. 144, pp. 1-12, 2020.
- [6] A. Esparza, M. D. M. Cerbán y F. Piniella, “State-owned Spanish Port System oversizing: an analysis of maximum operational capacity”, *Maritime Policy & Management*, vol. 44, no. 8, pp. 995-1011, 2017. <https://doi.org/10.1080/03088839.2017.1344784>
- [7] B. Molina Serrano, N. González-Cancelas, F. Soler-Flores y A. Camarero-Orivea, “Classification and prediction of port variables using Bayesian Networks”, *Transport Policy*, vol. 67, 57-66, sep. 2018. <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2017.07.013>
- [8] J. I. Castillo-Manzano, M. Castro-Nuño, X. Fageda y M. Gonzalez-Aregall, “Evaluating the effects of the latest change in Spanish port legislation: another “turn of the screw”

- in port reform?”, *Case Studies on Transport Policy*, vol. 4, no. 2, pp. 170-177, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.cstp.2015.01.005>
- [9] B. Molina-Serrano, N. González-Cancelas y F. Soler-Flores, “Artificial intelligence model to analyze sustainability management of maritime ports”, *Dyna*, vol. 93, no. 1, pp. 67-74, 2018. <http://dx.doi.org/10.6036/8508>
- [10] I. Pérez, M. M. González y L. Trujillo, “Do specialisation and port size affect port efficiency? Evidence from cargo handling service in Spanish ports”, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, vol. 138, pp. 234-249, ag. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.tra.2020.05.022>
- [11] B. Molina Serrano, N. González-Cancelas y F. Soler-Flores, “Análisis de la influencia de la administración portuaria en la sostenibilidad de los puertos mediante técnicas de inteligencia artificial”, *Recta*, vol. 18, no. 2, pp. 137-152, 2017. Doi: 10.24309/recta.2017.18.2.03
- [12] Santos Martín, A.E., González-Cancelas, N., Molina Serrano, B. y Soler-Flores, F. “Towards the sustainability of the Spanish Port System through the *business observation tool*”, *Maritime Engineering*, vol. 171, no. 4, pp. 135-144, ag. 2020. <https://doi.org/10.1680/jmaen.2017.19>
- [13] B. López-Bermúdez, M. J. Freire-Seoane, C. Pais-Montes y E. Lesta-Casal, “Port-city development: the spanish case”, *Transactions on Maritime Science*, vol. 9, no. 1, pp. 82-89, 2020. doi: 10.7225/toms.v09.n01.007
- [14] N. González Cancelas, B. Molina Serrano, M. Esteban Infantes, F. Soler Flores y A. Camarero Orive, “Escenario de digitalización para el sistema portuario español”, *Revista Transporte y Territorio*, vol. 22, 2020. <https://doi.org/10.34096/rtt.i22.6377>
- [15] A. Rodrigo González, N. González Cancelas, B. Molina Serrano y A. C. Orive, “Preparation of a smart port indicator and calculation of a ranking for the spanish port system”, *Logistics*, vol. 4 no. 2, p. 9, 2020. <https://doi.org/10.3390/logistics4020009>
- [16] B. Molina Serrano, N. González-Cancelas y F. Soler-Flores, “Analysis of the port sustainability parameters through Bayesian networks”, *Environmental and Sustainability Indicators*, vol. 6, p. 100030, jun. 2020, <https://doi.org/10.1016/j.indic.2020.100030>
- [17] J. J. Cubero Marín, “Industria 5.0, sociedad 5.0 y la agenda 2030”, *Forum Calidad*, vol. 30, no. 307, pp. 40-46, 2019.
- [18] T. Samanés, N. González-Cancelas y B. Molina Serrano, “Integración de indicadores medioambientales e indicadores de desempeño operacional en terminales de graneles sólidos sucios del sistema portuario español”, *Revista Recta*, vol. 20, pp. 77-93, 2019. Doi: 10.24309/recta.2019.20.1.05

- [19] B. Kang. (2019). *Innovation process in public research institute: case studies of AIST, Fraunhofer, and ITRI* [En línea]. Disponible en: <https://think-asia.org/handle/11540/9794>
- [20] M. Pournader, Y. Shi, S. Seuring y S. L. Koh, “blockchain applications in supply chains, transport and logistics: a systematic review of the literatura”, *International Journal of Production Research*, vol. 58, no. 7, pp. 2063-2081, 2020. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1650976>
- [21] W. Kersten, T. Blecker y C. M. Ringle, “Digitalization in supply Chain management and logistics: smart and digital solutions for an industry 4.0 environment”, *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL)*, vol. 23, pp. 343-359, 2017. doi:10.15480/882.1442
- [22] C. A. Durán, F. M. Córdova y F. Palominos, “A conceptual model for a cyber-social-technological-cognitive smart medium-size port”, *Procedia Computer Science*, vol. 162, no. 94-101, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2019.11.263>
- [23] T. Inkinen, R. Helminen y J. Saarikoski, “Port digitalization with open data: challenges, opportunities, and integrations”, *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, vol. 5, no. 2, p. 30, my. 2019. <https://doi.org/10.3390/joitmc5020030>
- [24] A. Di Vaio y L. Varriale, “Management innovation for environmental sustainability in seaports: managerial accounting instruments and training for competitive green ports beyond the regulations”, *Sustainability*, vol. 10, no. 3, p. 783, 2018. <https://doi.org/10.3390/su10030783>
- [25] M. Acciaro, K. Renken y N. El Khadiri, “Technological change and logistics development in european ports”, en *European port cities in transition: strategies for sustainability*, A. Carpenter y R. Lozano, Eds. Cham: Springer, 2020, pp. 73-88. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36464-9_5
- [26] C. Jahn, W. Kersten y C. M. Ringle, “Digitalization in maritime and sustainable logistics: city logistics, port logistics and sustainable supply chain management in the digital age”, en *Proceedings of the Hamburg International Conference of Logistics (HICL) 24*, 2017. doi:10.15480/882.1446
- [27] R. Sánchez y E. Barleta, “Reflexiones sobre el futuro de los puertos de contenedores por el nuevo comportamiento de la contenedorización”, *Boletín FAL*, vol. 366, 2018.
- [28] I. Ilin, C. Jahn, J. Weigell y S. Kalyazina, “Digital technology implementation for smart city and smart port cooperation”, en *International Conference on Digital Technologies in Logistics and Infrastructure (ICDTLI 2019)*, Atlantis Highlights in Computer Sciences, 2019, <https://doi.org/10.2991/icdtli-19.2019.87>
- [29] A. Rodrigo González, N. González-Cancelas, B. Molina Serrano y A. C. Orive, “Preparation of a smart port indicator and calculation of a ranking for the spanish port system”, *Logistics*, vol. 4, no. 2, p. 9, my. 2020. <https://doi.org/10.3390/logistics4020009>

- [30] M. J. M. Moreira, M. C. V. Ortega, E. B. M. Palacios & M. S. T. Panezo. “Claves para la transformación digital de las pymes”, *Visionario Digital*, 4(1), 67-80. 2020
- [31] R. Sánchez y L. Mouftier, “Reflexiones sobre el futuro de los puertos: del estrés actual al cambio y la innovación del futuro”, *Boletín FAL*, vol. 352, 2016.
- [32] R. Sánchez, E. Palma Barleta y L. Mouftier, “Reflexiones sobre el futuro de los puertos de contenedores”, *Serie Recursos Naturales e Infraestructura*, vol. 186, 2017.
- [33] W. Buck, J. Gardeitchik & A. van der Deijl. “Move Forward: Step By Step Towards A Digital Port”. https://www.britishports.org.uk/system/files/documents/smart_port_papers.pdf
- [34] T. Vanelslander y C. Sys, Eds., *Maritime supply chains*. Ámsterdam: Elsevier, 2020.
- [35] S. Berns, R. Dickson, J. Dragt y I. Vonck, *smart ports: point of view*. Países Bajos: Deloitte Port Services, 2017.