



SISTEMA ECONÓMICO
LATINOAMERICANO
Y DEL CARIBE



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Autoridad Portuaria
Nacional



GOBIERNO
DE ESPAÑA

MINISTERIO
DE TRANSPORTES, MOVILIDAD
Y ACCIÓN URBANA



Puerto de Santander
Autoridad Portuaria de Santander



Informe Final

Seminario Online: Puertos Exponenciales

Recuperación Económica

*Secretaría Permanente
Caracas, República Bolivariana Venezuela
19 y 21 - 26 y 28 de abril de 2022
SP/SPE/IF-22*

Copyright © SELA, abril de 2022. Todos los derechos reservados.
Impreso en la Secretaría Permanente del SELA, Caracas, Venezuela.

La autorización para reproducir total o parcialmente este documento debe solicitarse a la oficina de Prensa y Difusión de la Secretaría Permanente del SELA (sela@sela.org). Los Estados Miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir este documento sin autorización previa. Sólo se les solicita que mencionen la fuente e informen a esta Secretaría de tal reproducción.

C O N T E N I D O

I.	RELATORÍA	1
II.	RESUMEN	3
III.	CONSIDERACIONES FINALES	10

I. RELATORIA

1. Con cuatro jornadas de trabajo realizadas los días 19, 21, 26 y 28 de abril de 2022, respectivamente, se llevó a cabo, bajo la modalidad virtual, el Seminario de Puertos Exponenciales, organizado por la Secretaría Permanente del SELA, a través de la Red de Puertos Digitales y Colaborativos (Red de Puertos DyC), conjuntamente con CAF-banco de desarrollo de América Latina, la Autoridad Portuaria Nacional (APN) del Perú, la Autoridad Portuaria de Santander - España y Next-Port.ai, como parte de las actividades vinculadas al Proyecto de la Red de Puertos Digitales y Colaborativos, contempladas en el *Programa de Trabajo 2022-2026* del SELA.
2. Participaron en el seminario un promedio de 610 personas por jornada, representando a los siguientes Estados miembros del SELA: Argentina, Bahamas, Barbados, Belice, Bolivia, Brasil, Chile, Colombia, Ecuador, El Salvador, Guatemala, Guyana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, Perú, República Dominicana, Trinidad y Tobago, Uruguay y Venezuela. Asimismo, contó con la asistencia de representantes de países como Antigua y Barbuda, Canadá, Costa Rica, España, Estados Unidos, Guinea Ecuatorial, Países Bajos, Suiza y Reino Unido.
3. Las palabras inaugurales estuvieron, sucesivamente, a cargo del Embajador Clarems Endara, quien destacó las tres áreas temáticas en las que el SELA ha centrado su atención para el período 2022-2026, a saber: recuperación económica, desarrollo social y digitalización, con miras a atender al desarrollo equitativo de la sociedad latinoamericana y caribeña y cumplir el compromiso del organismo para promover más y mejor integración a través de planes y estrategias que respondan a las necesidades de la región. Comentó como la pandemia había resaltado el papel crucial de los puertos y sus cadenas logísticas para el comercio regional y mundial. Asimismo, expresó que la pandemia implicó la aceleración de la digitalización del sector marítimo portuario en la región. Recordó la existencia de la brecha digital en ALC y los esfuerzos que algunos países han hecho para digitalizar la logística portuaria a través, por ejemplo, de la Ventanilla Única de Comercio Exterior (VUCE) y de los *Port Community Systems* (PCS), destacándose países como Chile, Jamaica, Panamá y Brasil, seguidos por Argentina, Perú, Suriname y Trinidad y Tobago. El Secretario Permanente, igualmente, destacó que los puertos inteligentes demandan la sincronización y el trabajo colaborativo de los múltiples actores involucrados, tanto a lo interno de cada puerto como de la comunidad logística portuaria en general para avanzar hacia el puerto interconectado o puerto inteligente.

Por otro lado, el Sr. Antonio Silveira, Gerente de Infraestructura Física y Transformación Digital de CAF-banco de desarrollo de América Latina, señaló que CAF se preocupa por la incorporación de las TIC en todo el ámbito de la sociedad y de la economía digital, especialmente, en el ambiente logístico donde los puertos son muy importantes para una región cuya economía se basa, fundamentalmente, en la exportación de materias primas por lo que la Red de Puertos DyC debe impulsar la digitalización para poder participar efectivamente en el esfuerzo de recuperación de la productividad y la competitividad y retomar el camino del desarrollo. Finalmente, expresó que los temas previstos para ser considerados en este evento son de la mayor importancia para el desarrollo del sector marítimo-portuario tanto como lo es, en sí mismo, el compartir e intercambiar ese conocimiento entre los distintos actores participantes.

2

Continuando, la Sra. Ana Margarita Reyes, Subadministradora de la Autoridad Marítima de Panamá (AMP) y Presidenta de la Red de Puertos Digitales y Colaborativos (Red de Puertos DyC), comentó que este evento estaría considerando la reinención de los puertos convencionales y su transición al paradigma de puertos inteligentes a través de abordajes adecuados y buenas prácticas en el marco de la evolución de la industria hacia un entorno digital. La Sra. Reyes, señaló que para cumplir con los desafíos actuales y futuros se está invirtiendo en tecnologías innovadoras y en elementos de digitalización, inteligencia artificial (IA), gestión masiva de datos y en equipos y estrategias para el manejo de cargas, con miras a la transformación del puerto convencional al *smart port*, para dar respuesta a expectativas cada vez más exigentes. Finalmente, expresó que “el futuro es hoy” y que la industria está a las puertas de una verdadera transformación tecnológica.

En relación a lo anterior, el Sr. Manuel Gilberto Hinojosa López, Presidente del Directorio de la Autoridad Portuaria Nacional (APN) del Perú, destacó que la pandemia contribuyó a intensificar el uso de las TIC y a promover cambios en la forma de interactuar y de hacer negocios y que tales cambios vinieron aparejados a un mayor acceso a la información que “nos ha vuelto más vulnerables” y más dependientes tecnológicamente. Agregó que los cambios experimentados en la industria portuaria y logística obligan a alcanzar la excelencia en lo operacional, a hacer un mejor uso de los activos productivos, a lograr una nueva experiencia *Business to Business* (B2B) y *Business to Consumer* (B2C) y a utilizar la tecnología para acercarnos al cliente, para entender sus cambios y para prevenir e inducir su comportamiento.

Por su parte, el Sr. Francisco L. Martín Gallego, Presidente de la Autoridad Portuaria de Santander, España, ponderó la receptividad lograda en la difusión del evento como un indicador de la importancia del tema. Señaló que los puertos constituyen un excelente ámbito para generar ensayos en beneficio de la productividad, la competitividad y la recuperación económica de los países. Agradeció a los panelistas el esfuerzo para llevar a través de Internet la posibilidad de compartir este conocimiento y felicitó al SELA y al equipo organizador por la realización del evento.

Finalmente, el Sr. Oscar Pernía, Socio Fundador Next-Port.ai, al hacer la presentación técnica del seminario, enfatizó la importancia de incorporar tecnologías como *big data*, gemelos digitales, internet físico, Port Community System (PCS), *blockchain*, e inteligencia artificial (IA) a los muelles y conocer, en términos prácticos, lo que tales tecnologías significan para la industria portuaria. De igual modo, destacó la necesidad de acelerar la transformación tecnológica y garantizar su homogeneidad para todo el sector, especialmente, la interoperabilidad entre plataformas y la estandarización.

4. El seminario estuvo orientado a: i) ayudar a la comunidad logística portuaria de los países de América Latina y el Caribe a comprender la inmensa capacidad disruptiva de las tecnologías exponenciales; ii) ofrecer una visión de los efectos que tales tecnologías están llamadas a producir en el *modus operandi* de los puertos y sus cadenas logísticas; y iii) reflexionar sobre las estrategias de transición y aprovechamiento de las oportunidades que van a provocar.
5. Para acceder a la agenda del evento y a las ponencias presentadas, visite el [Seminario de Puertos Exponenciales](#) en la pestaña eventos de la página web del SELA (www.sela.org), al pie de la cual, también puede visitar, en [Portales especializados](#), el subportal [Red de Puertos Digitales y Colaborativos](#) cuyos contenidos están referidos a los logros y desafíos presentes y futuros de las comunidades logísticas portuarias (CLP) de América Latina y el Caribe, y a las ejecutorias de la Red.

II. RESUMEN

A continuación, se resumen las ideas y visiones expuestas por los panelistas en sus presentaciones, siguiendo el orden temático de la agenda del evento:

Tema. El internet físico y su influencia en los puertos

- 1) El Internet físico fue definido como una capa digital integrada para el análisis, la planificación y la optimización de los procesos que, a su vez, permite desarrollar una completa plataforma de intercambio de datos, o como un sistema logístico abierto cuya coordinación entre todos los actores permite generar mayor resiliencia, lo que hace posible la adaptación a los cambios. El internet físico no es una tecnología en sí misma, sino una forma diferente de concebir los sistemas de transporte y se centra en su optimización a nivel del sistema, empleando una filosofía abierta y colaborativa que parte de la premisa de que el transporte de bienes debe realizarse de manera similar al flujo de los datos en el internet digital. En el contexto logístico-portuario el reto es entender el internet físico y su influencia en los puertos, trasladando el concepto colaborativo al contexto marítimo portuario.
- 2) Se identificaron tres dimensiones del internet físico que influyen en la conectividad portuaria y que responden a igual número de interrogantes, a saber: i) dimensión operacional: ¿cómo se realizan las operaciones en el puerto?; ii) dimensión digital: ¿de qué manera comparten los actores información en el puerto y cómo se toman decisiones basadas en datos para optimizar las operaciones?; y iii) dimensión de gobernanza: ¿cuáles son las reglas, protocolos y estándares para un ecosistema cooperativo, abierto y fiable de intercambio de datos?

Tema. Eco-sistemas portuarios digitales para la excelencia operativa

- 3) Debido a la velocidad con la que avanza la tecnología y al aumento de la calidad del servicio que demandan los clientes de los puertos, el transporte y la logística evolucionan de manera constante. Se espera que los puertos sean operativamente excelentes, pero para que lleguen a serlo deberán disponer de un ecosistema digital avanzado; estar integrados al negocio; contar con una conectividad de última generación y; disponer de plataformas digitales de colaboración logística. Solo así lograrán avanzar hacia un *smart port*.
- 4) La creciente demanda por la calidad en el servicio de parte del cliente impulsa la constante evolución del transporte y la logística.
- 5) Los problemas que actualmente afectan a los puertos y al transporte marítimo asociados a los *stock-outs* y a la incertidumbre del contexto geopolítico, requieren de la optimización de las cadenas de suministro mediante la implementación de modelos que permitan mejorar la visibilidad y agilidad logísticas, así como la sincromodalidad y la verticalización de la oferta.
- 6) En su avance hacia la conformación de ecosistemas digitales sofisticados, las comunidades logísticas portuarias de la región deben proveer soluciones a la medida, de acuerdo con las necesidades específicas de cada puerto, considerando su tamaño y el volumen del negocio.
- 7) Los principales desafíos identificados en la vía hacia el logro de la eficiencia operativa portuaria fueron los siguientes: i) administrar eficazmente la gestión del cambio; ii) crear y

4

potenciar nuevos perfiles profesionales y habilidades; y iii) integrar la tecnología en el negocio. Para ello, será fundamental la alianza de los factores públicos y privados, incluyendo actores del sector académico.

- 8) Como buena práctica, se destaca la del Puerto de la Bahía de Algeciras, en España, donde la coordinación entre agentes públicos y privados permitió minimizar los tiempos de espera, incrementar la transparencia en las operaciones y reducir la huella de carbono gracias a una acción colaborativa, inteligente, sincromodal y sostenible. Además, este puerto asumió la transformación digital y la innovación como pilares claves de su estrategia de negocio, así como la implementación de la Plataforma Digital de Orquestación de Operaciones con miras a garantizar una coordinación plena entre todos los *stakeholders* de su ecosistema portuario, adoptando para ello el Port Community *System* (PCS) previsto para evolucionar hacia Teleport 2.0, y la analítica de datos.

Tema. Los puertos en ecosistemas digitales 4.0: integración en cadenas de suministro y nuevos productos digitales.

- 9) La pandemia ha generado alteraciones en las cadenas de suministro, las cuales se han traducido en desabastecimiento, retraso en los arribos, aumento de los tiempos de permanencia (*dwell time*) y tiempos de espera en puertas e incremento de los costos. Para hacer frente a esta crisis o atascos en las cadenas de suministro los puertos requerirán de una mayor optimización mediante la implementación de modelos que permitan mejorar la visibilidad y agilidad logísticas, la sincromodalidad y la verticalización de la oferta.
- 10) En el caso de América Latina y el Caribe el despegue económico en las próximas décadas requerirá de cadenas de suministro eficientes, sostenidas por nuevas estructuras de transporte multimodal e inversiones en tecnologías de la cadena de suministro (*Supply Chain Tech*), cuyos proveedores ofrezcan soluciones contrastadas para abordar los retos propios del negocio portuario.
- 11) El sector ha atraído fuertemente la atención de inversores estratégicos e institucionales con elevada actividad M&A (*Mergers and Acquisitions*- Fusiones y adquisiciones) y amplios volúmenes de financiación disponibles para el desarrollo de productos digitales.
- 12) La estrategia de *Partnering Digital* (acompañante en los procesos digitales), con el uso del software de cadenas de suministro u otros modelos de colaboración, posibilita la ampliación del producto logístico y, por ende, la optimización operativa del sector portuario. En este sentido, en la práctica, la visibilidad logística, la *Estimated Times of Arrival* (ETA) y las plataformas de carga se presentan como complementos idóneos de los sistemas portuarios de tecnologías de la información (TI).
- 13) Alcanzar niveles adecuados de sincromodalidad es un objetivo primordial en los nuevos productos digitales portuarios, requiriéndose la integración de sistemas dispares (PCS, TOS, visibilidad logística, p-ETA, plataforma de carga).
- 14) En un contexto de verticalización creciente de la oferta logístico-portuaria (esp. M&A, con PSA-BDP, DP World – Imperial – Belloré, CMA – Gefco, etc.) *port centric logistics* soportado por tecnología y/o marco normativo *ad-hoc* (e.g. Free Zones, SEZ) aparece como un segmento de negocio emergente con gran potencial de generación de valor.

Tema. El presente de la automatización en terminales de contenedores

- 15) La automatización ayuda a que los terminales puedan funcionar de manera mayoritariamente desasistida, para lo cual debe existir una efectiva coordinación entre todos los actores del sistema portuario, teniendo como base para ello la digitalización.
- 16) Para evolucionar hacia un puerto inteligente se requiere de elementos cuantificables por medio de las siguientes variables: i) operaciones; ii) medio ambiente; iii) energía; y iv) seguridad.
- 17) Un puerto inteligente puede ser visualizado como un almacén logístico de contenedores que está ultraconectado través de tecnologías de la información y comunicación (TIC), asimilable a los tres parámetros de la industria 4.0, a saber: interoperabilidad, autonomía y sostenibilidad.
- 18) Los niveles de la automatización clásica van desde sistemas ERP (*Enterprise Resource Planning*) hasta sensores. Sin embargo, actualmente existen sistemas de automatización basados en la inteligencia artificial que permiten predecir acontecimientos y pasar de identificar señales a la analítica de datos y de la calibración a los procesos de optimización.
- 19) Se identificaron tres claves para la automatización: i) definición de un marco general de procesos; ii) digitalización (a través de PCS, *Terminal Operating System (TOS)* o centro de datos de la terminal / *Equipment Control System (ECS)*, robotización y autonomía de máquinas o *machine learning*); y iii) estandarización (ciberseguridad, conectividad, robótica, sensorica, entre otras). Otros ejemplos de automatización comentados fueron los VBS (reducción de colas, descongestión en los accesos, menos emisiones y ahorro de combustible) y el sistema de puertas automáticas de entrada y de salida.
- 20) El factor crítico de la automatización es el factor humano y la innovación tecnológica que le es consustancial es esencial para evolucionar. A tal efecto, se requiere mantener una visión a mediano y largo plazo bien clara, la mayor disposición para vencer la resistencia al cambio y mantener un proceso de formación y capacitación permanente del talento humano, orientado a ofrecerle una nueva formación que le permita incorporar nuevas habilidades, especialmente gerenciales y tecnológicas, que, a su vez, lo capaciten para asumir nuevos roles basados en la creatividad y la improvisación con miras a añadir valor a las tareas repetitivas realizadas por las máquinas. Tal escenario reclama la presencia de colaboradores con nuevos perfiles como analistas y científicos de datos, profesionales en ciencias, tecnologías y matemáticas.
- 21) Con respecto a los beneficios de la automatización en el transporte marítimo, la automatización y la tecnología facilitan la identificación de los cuellos de botella en un puerto lo que, a su vez, facilita la toma de decisiones más ajustadas. Con los datos históricos se pueden calcular predicciones. Se puede desplazar personas en zonas de riesgos y disminuir la congestión tanto en el lado tierra como en el lado mar. Se logra un retorno de inversión mediante la aceleración de los tiempos de operaciones. En materia de riesgos, uno de ellos es la exposición a ciberataques. Además, la automatización requiere un 20% de adaptación que puede ser un costo añadido. También se ha hablado de un riesgo social en términos de la pérdida de puestos de trabajo como resultado de la automatización lo que, por otro lado, sería compensado con la creación de millones de puestos de trabajo para posiciones que exigen un diálogo hombre-máquina.

6**Tema. Infraestructura para la transformación digital: 5g –IoT– edge computing**

- 22) Los siguientes son algunos de los desafíos o acciones que los puertos del futuro deberán acometer: (i) adaptar las capacidades del puerto para lograr un equilibrio eficiente y viable entre el tráfico de pasajeros y el de mercancías; ii) implementar soluciones inteligentes con el objetivo de integrar las distintas fuentes de información y sistemas para el conocimiento mediante alertas preconfiguradas y personalizadas; iii) generar cuadros de mandos fiables que permitan la rápida toma de decisiones; iv) analizar el comportamiento de los cruceristas y pasajeros; v) disponer de una infraestructura de comunicaciones, fiable, escalable y segura; vi) incorporar elementos de seguridad física y lógica que garanticen el acceso y el movimiento de personas y mercancías de forma segura en las instalaciones portuarias; vii) aumentar las herramientas de ciberseguridad para prever y enfrentar las ciberamenazas oportuna y eficazmente; y viii) disponer de planes DRS (Disaster Recovery Service). El oportuno y adecuado abordaje de tales desafíos permitirá que los puertos de la región sean ágiles, proactivos, transparentes, seguros, optimizados, conectados y sostenibles.
- 23) La tecnología 5G se revela como un elemento de comunicación habilitador clave para impulsar la transformación digital en los puertos, aprovechando la tecnología inalámbrica, mayores velocidades, baja latencia (1 milisegundo), mayor inmediatez y escalabilidad IoT. El World Economic Forum ha estimado que “la conectividad inteligente, habilitada por 5G, será un catalizador para el crecimiento socioeconómico en la Cuarta Revolución Industrial, que sumará 13.2 billones de dólares en 2035”.
- 24) En el sector portuario la tecnología 5G va alineada al concepto de computación de borde de acceso múltiple (MEC, por sus siglas en inglés) la cual se encarga de llevar la computación del tráfico y los servicios desde una nube centralizada al borde de la red y más cerca del cliente y MPN (*Mobile Private Network*), ambos compatibles con redes 4G. La MPN es una red móvil local, dedicada y limitada al puerto y es capaz de respaldar cualquier servicio crítico del negocio, garantizando seguridad, confiabilidad y disponibilidad.
- 25) Se destaca la experiencia del Puerto de Algeciras en el uso de la tecnología 5G donde se optimizaron la gestión, la operación y los sistemas de protección y seguridad del puerto gracias al uso de la tecnología de realidad aumentada (RA) para la representación de información de activos geolocalizados sobre el terreno y transmisión de video *streaming*, todo ellos en tiempo real bidireccional.
- 26) Es necesario mantener un puerto hiperconectado a nivel de una cadena de suministro que se vincule a redes logísticas. Asimismo, la interrelación con los *stakeholders* y su convergencia con el entorno deben corresponder específicamente a la situación de cada ciudad, país o región.

Tema. Uso de técnicas de IA para la asistencia al diseño, construcción, explotación y gestión de infraestructuras portuarias.

- 27) La inteligencia artificial (IA) fue definida como la rama de la estadística matemática que utiliza la computación, imitando la inteligencia humana para estudiar, modelar e inferir patrones y modelar múltiples procesos físicos e ingenieriles. Se consideraron tres condiciones para una aplicación eficaz de IA, a saber: i) existencia de relaciones de dependencia para la aplicación del algoritmo de IA; ii) disposición de una suficiente cantidad de datos (*big data*); y iii) existencia de fases de entrenamiento y validación para verificar los resultados.

- 28) La IA permite planificar de forma fiable, desarrollar una gestión de contingencias robusta y lograr una ejecución más adaptativa. También facilita la estructuración de una inteligencia inclusiva de personas, sistemas y algoritmos a través de la captura y uso de datos de diferentes plataformas y tecnologías; la introducción de algoritmos para ayudar a transformar los procesos existentes; y el rediseño integrado de la organización, los perfiles y las calificaciones.
- 29) La IA en los puertos es la simulación de la inteligencia humana en máquinas que proporcionarán las capacidades necesarias para que los puertos evolucionen para ser más inteligentes, más resilientes, competitivos y sostenibles. La IA debe ser incorporada a la dinámica del puerto mediante la planificación y ejecución de actividades basadas en data histórica, abriendo oportunidades hacia el futuro y habilitando la gestión de contingencias, todo lo cual definirá la toma de decisiones y la sincromodalidad.
- 30) Puerto inteligente (*smart port*) es un concepto ligado a la industria 4.0 en el que un puerto utiliza las tecnologías emergentes como *IoT, big data, blockchain, distributed ledger, IA, machine learning*, entre otras, para mejorar su competitividad económica y su eficiencia, optimizando la sostenibilidad ambiental y energética de las operaciones, así como la seguridad y la protección de sus instalaciones.
- 31) La IA ayudará a redefinir procesos y relaciones y permitirá evolucionar hacia nuevos modelos de operación y gestión basados en la consolidación de información y estructuración de las fuentes de datos. Asimismo, facilitará la orquestación de procesos de forma integrada con la cadena de suministro y los mecanismos de predicción facilitarán la activación de paradigmas como *just-in-time* y *synchro-modality*.
- 32) Entre los beneficios del tránsito a la infraestructura digital se destacan los siguientes:
 - i) reducción de los tiempos de tránsito para la carga y transporte, a través de predicciones en tiempos y niveles de servicio, catalizando paradigmas de sincromodalidad a través de la IA;
 - ii) incremento de la transparencia y del trabajo colaborativo que facilitan la toma de decisiones efectivas en función de los parámetros de rendimiento, sostenibilidad y competitividad;
 - iii) cumplimiento con las regulaciones medioambientales para integrar la agenda de descarbonización del transporte con la comunidad portuaria;
 - iv) gestión digital de activos y mejora de la asignación de recursos en tiempos de espera y utilización;
 - v) planificación portuaria proactiva;
 - vi) adopción de una mentalidad de mejora continua que conecta procesos, sistemas y datos;
 - vii) generación de valor añadido para los clientes a través de la excelencia operativa del puerto y de su eficiencia, flexibilidad y resiliencia;
 - viii) optimización de la predictibilidad en la llegada de buques disponiendo de una interfaz efectiva entre buque y puerto para facilitar la navegación sostenible de los mismos;
 - ix) adopción de la toma colaborativa de decisiones en puerto para optimizar la coordinación entre los agentes implicados en la llegada y salida del buque;
 - x) desarrollo de mecanismos de análisis profundo y aprendizaje de patrones asociados a mercancías y destinos, optimizando la cadena de valor de la carga en puerto;
 - xi) vinculación del lado tierra y el cliente final de forma transparente, segura y prescriptiva para su conexión a los procesos operativos y documentales en puertos;
 - xii) optimización de la resolución de problemas, pudiendo ser estos identificados y alineados a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).
- 33) Las siguientes son algunas aplicaciones prácticas de IA en el contexto portuario:
 - i) Sistema de Operaciones de ayuda a la construcción del Puerto de Açú, en Brasil;
 - ii) análisis del impacto del cambio climático en los Puertos de Galicia (España), a través de proyecciones climáticas y simulaciones numéricas con metodología basada en técnicas de *clustering*;
 - iii) caracterización del servicio de remolcadores del Puerto de Santander, también en

8

España, con la aplicación de la tecnología *machine learning* para optimizar la dimensión de las operaciones de remolque en un puerto; y iv) predicción de la operatividad de un buque atracado en el Puerto de Bahía de Algeciras en España, para predecir los niveles de seguridad y eficiencia de las operaciones portuarias.

Tema. Herramientas 4.0: gemelos digitales en los puertos

- 34) Un gemelo digital (*digital twin*) es una representación virtual de un objeto o sistema que abarca su ciclo de vida, se actualiza a partir de datos en tiempo real y utiliza la simulación, el aprendizaje automático y el razonamiento para apoyar la toma de decisiones. En el ámbito portuario los gemelos digitales se han aplicado en: i) sistemas de tráfico con una puerta de acceso hacia un terminal portuario, permitiendo prever que los camiones que ingresan no impacten el tráfico de la ciudad; ii) diseños de bodegas de distribución, específicamente en una plataforma de inspección de contenedores; iii) terminales de líquidos; iv) flujos de barcos en la Bahía de Cartagena para identificar la capacidad del canal de acceso en el tiempo; y v) análisis de movimiento de pasajeros en un terminal.
- 35) La tecnología de emulación se ha aplicado principalmente en aquellos terminales con miras a automatizar las operaciones para mejorar su productividad, como el Terminal PSA, en Singapur, el Terminal Maher, en New Jersey y el Puerto de Cartagena, en Colombia. Esta tecnología permite determinar escenarios futuros y evaluar la eficiencia y productividad de las operaciones logística-portuarias. Por ejemplo, planificar los patios de contenedores, entender la lógica del despacho de camiones y probar estrategias para evitar atascos en las puertas de acceso de un sistema de tráfico.
- 36) Para que un puerto pueda iniciarse con éxito en el uso de la IA y los gemelos digitales, debe promover una cultura de generación de data e información que permita analizar, medir y estudiar los hechos logísticos como una fuente de riqueza intelectual y disponer de recursos humano capacitado.

Tema. Gestión ambiental 5.0 para los puertos: cómo la tecnología exponencial está alimentando un nuevo medioambiente.

- 37) Las tecnologías exponenciales son aquellas tecnologías disruptivas que sirven para transformar ciertos modelos de negocio y solucionar diferentes problemas y cuyo poder se potencia al combinarse entre ellas. Los puertos exponenciales están basados en la gestión del dato y utilizan las tecnologías exponenciales como su modelo de operación para ser más competitivos y generar mejores servicios a los clientes. A tal efecto, gestionan la abundancia de datos (*data driven ports*) para generar nuevos modelos de negocios innovadores y disruptivos basados en las tecnologías exponenciales.
- 38) En la actualidad, la Cuarta Revolución Industrial está dominada por tecnologías como IA, IoT y *blockchain* que impactan en diversos sectores, en los modelos de negocios, en la globalización y en las personas.
- 39) En función de la experiencia del proyecto que se está realizando en el Puerto de Santander, en España, se presentó una hoja de ruta basada en la arquitectura *big data* que se podría incrustar en un gemelo digital o cualquier otro desarrollo tecnológico y contempla las siguientes etapas: i) planificación; ii) determinación de las fuentes de datos; iii) carga de los datos; iv) refinación y análisis; v) visualización; y vi) *feedback*. Además, se destacó la importancia de considerar un modelo de negocio rentable, tomando en cuenta factores como la ciberseguridad, la estrategia y la gobernanza del dato y la viabilidad del sistema.

- 40) El puerto verde o *green port*, es aquel que en su actividad no solo considera el ámbito económico, sino también el medio ambiental y social, lo que lo define como un puerto sostenible, caracterizable como exponencial y que, además, causa el mínimo impacto y aporta medidas de protección del medio ambiente.

Tema. Inteligencia Artificial aplicada a puertos. *Dynamic planning* y sincromodalidad

- 41) En un escenario de puertos inteligentes la tecnología es un medio utilizado para optimizar, entre otros aspectos, la competitividad, la descarbonización del transporte y para diseñar la respuesta a múltiples desafíos.
- 42) Los puertos tienen una responsabilidad con respecto al impacto ambiental de su actividad y a la promoción del desarrollo sostenible.
- 43) Actualmente, los puertos deben afrontar los nuevos modelos logísticos del *e-commerce*, siendo la transformación digital la respuesta a los exigentes requerimientos planteados por la evolución de la industria.
- 44) Los paradigmas de *dynamic planning* y sincromodalidad en puertos necesitarán apoyarse en el análisis de múltiples fuentes de información que serán analizadas por algoritmos de IA. Para ello, se requiere avanzar hacia una inteligencia integrada e inclusiva de personas, sistemas y algoritmos.
- 45) Campos de la IA como el *machine learning* proporcionan las capacidades que los puertos inteligentes están demandando para: i) tomar decisiones dinámicas y resilientes; ii) permitir que los sistemas interoperen para optimizar la coordinación en las operaciones; iii) enmarcar un ecosistema conectado para el beneficio de los clientes del puerto; y iv) responder más eficientemente a los desafíos del cambio climático.
- 46) La adopción de la IA demanda la existencia de elementos tales como: i) el diseño de un ecosistema portuario verdaderamente conectado e inteligente; ii) la posibilidad de que los datos alimenten algoritmos y estos inyecten soluciones a los sistemas; iii) la remodelación inclusiva de la organización, la formación y la transformación para permitir la inteligencia de manera integrada, entre sistemas, datos y personas.
- 47) El concepto de puerto inteligente (*smart port*) surge como respuesta a los exigentes requerimientos asociados al desarrollo de la industria marítimo portuaria, como los siguientes: i) evolución en las metodologías y tecnologías utilizadas en el desarrollo portuario promovidas por la ONU y otras instituciones; ii) necesidad de los puertos de responder a los nuevos modelos logísticos que utilizan la digitalización como su base de operación; iii) necesidad de actualizar las reglamentaciones y marcos regulatorios referidos a fiabilidad y medioambiente para puertos; y iv) necesidad de digitalizar la estandarización de los procesos e intercambio de datos en la industria marítimo portuaria.
- 48) El *smart port* es un concepto ligado a la industria 4.0 en el que un puerto utiliza las tecnologías emergentes como *IoT*, *big data*, *blockchain*, *distributed ledger*, *IA*, *machine learning*, entre otras, para mejorar su competitividad económica y su eficiencia, optimizando la sostenibilidad ambiental y energética de las operaciones, así como la seguridad y la protección de sus instalaciones.

10

Tema. Impacto de las tecnologías 4.0 en procesos portuarios en el comercio internacional: avances, retos y desafíos hacia el *Callao smart port*

- 49) El avance hacia la conversión del Puerto del Callao en un puerto inteligente se enmarca en la política digital del gobierno digital peruano, en distintos decretos legislativos referidos a la gobernanza e interoperabilidad de datos y en otras normativas que integran a los sectores público y privado. El puerto fue sometido a una transformación digital de cuatro niveles, a saber: i) transformación digital interna; ii) puerto conectado con otros proyectos; iii) comunidad conectada a través de PCS; y iv) puerto hiperconectado, constituyendo una experiencia muy rica en la utilización de tecnologías diversas.
- 50) Algunos de los proyectos que se están realizando en el marco de la transformación digital del Puerto del Callao, son los siguientes: i) Proyecto de la Ventanilla Única de Comercio Exterior 2.0 (VUCE 2.0); ii) Programa Nuevas Tendencias en la Cadena Logística y Portuaria que integra a los sectores público y privado para definir la estrategia digital; y iii) Sistema de Comunidad Portuaria (PCS).
- 51) Algunos ejemplos de las tecnologías 4.0 utilizadas en el Puerto del Callao, son las siguientes: i) implementación de dispositivos AIS AtoN para el sistema de señalización y balizamiento del canal de acceso al puerto; ii) VTS para el puerto; iii) piloto *tradelens* basado en *blockchain* de la información de la carga contenedores; (iv) *big data – business intelligence* para hacer funcionar el portal de inteligencia comercial; v) portales de información como el Observatorio Logístico de Comercio Exterior; y vi) esquemas de seguridad y protección física y cibernética con la utilización de drones.
- 52) Como buena práctica se destacó el proyecto por iniciativa privada autofinanciada (IPA) para la implementación de un PCS en otros puertos del Perú, bajo la modalidad de contrato de asociación pública-privada, tales como: el Terminal Portuario de Paita; el Terminal Portuario Multipropósito de Salaverry; el Terminal Portuario General San Martín–Paracas en Pisco; el Terminal Portuario de Matarani y el Terminal Portuario de Ilo.
- 53) Se identificaron algunos retos para la implementación de estas tecnologías tales como: promoción de la gestión del cambio, ciberseguridad, requerimiento de personal cualificado, y generación de comunidades logísticas portuarias, entre otros. A esto se suman desafíos de carácter técnico que enfatizan la importancia del dato, de la conectividad y de la cultura organizativa interna como factores críticos de éxito.
- 54) El cambio es inevitable, ya no es cuestión de puertos grandes o pequeños. Se trata de puertos lineales o exponenciales. La baja de los costos de la tecnología ofrece a los puertos una oportunidad para invertir y avanzar hacia su conversión en puertos inteligentes.

III. CONSIDERACIONES FINALES

A continuación, se resumen las consideraciones que los panelistas hicieron en los coloquios efectuados al cierre de cada sesión de trabajo:

- 55) La digitalización debe ser un objetivo para todos los puertos, sin importar su tamaño, para lo cual será indispensable efectuar un análisis costo-beneficio de la implementación de nuevas tecnologías y sobre su ecosistema digital; así como tomar en consideración la realidad y capacidad de cada puerto, las barreras de entrada e identificar los problemas que deben ser resueltos prioritariamente.

- 56) La transformación digital portuaria implica la convergencia y sinergia entre entidades públicas, privadas, la academia y todos los *stakeholders* del ecosistema portuario. Asimismo, supone la generación de alianzas de cooperación y coordinación entre actores nacionales e internacionales para afrontar los retos que supone la transformación digital de forma conjunta y para aprovechar al máximo los beneficios que ésta trae consigo.
- 57) Las siguientes, son algunas de las recomendaciones para llevar adelante la aplicación de nuevas tecnologías: i) tener un plan estratégico de transformación digital, ii) administrar eficazmente la gestión del cambio; iii) crear y potencializar nuevos perfiles profesionales y habilidades (contar con un equipo multidisciplinario); iv) integrar la tecnología con el negocio; v) promover una cultura de generación de data e información que permita analizar, medir y estudiar los hechos logísticos como una fuente de riqueza intelectual y, muy especialmente, the *know how*.
- 58) Para convertir un puerto tradicional, en puerto inteligente se requiere: i) visión estratégica; ii) instrumentos de política pública que incentiven la transformación digital; iii) cambio cultural, lo cual implica avanzar a instituciones 4.0; iv) conformación de alianzas estratégicas (asociaciones públicas-privadas, tales como las comunidades logísticas portuarias); y v) ciberseguridad.
- 59) La transformación digital portuaria y de la industria marítima en general requiere no solo destinar los recursos económicos a la adquisición de equipos y nueva tecnología, sino que también supone un cambio organizativo de los puertos y una revisión de los modelos administrativos, de gestión y gobernanza de esas infraestructuras; así como, del capital humano vinculado a esta transformación.
- 60) Los gobiernos nacionales, regionales y locales, como las autoridades portuarias deberán prepararse para generar directrices que impulsen estos cambios, empezando con el diseño e implementación de planes estratégicos enfocados en la transformación digital del sector, enmarcados en una acción coordinada nacional mediante su incorporación en los planes nacionales de desarrollo (PND) y en los planes nacionales de desarrollo portuario.
- 61) La transformación digital se plantea como un vehículo para que la región se encamine a su recuperación económica, brindando mejores servicios portuarios y logísticos e impulsando la competitividad de las terminales portuarias.
- 62) Para conocer la percepción que los propios puertos de América Latina y del Caribe tienen con respecto a su transformación digital, se circuló un cuestionario entre los asistentes al seminario. El propósito es determinar cómo se entiende y cómo se está afrontando este reto en los puertos de la región. Próximamente, se publicarán los resultados obtenidos. Asimismo, las respuestas a las preguntas formuladas por los participantes a lo largo del evento serán publicadas en un documento especial.