

PLATAFORMAS VIRTUALES EN PANAMÁ Y MEJORAS DE CONECTIVIDAD A TRAVÉS DE EDGE COMPUTING

VIRTUAL PLATFORMS IN PANAMA AND CONNECTIVITY IMPROVEMENTS THROUGH EDGE COMPUTING

Roberto Daniel Gordon Graell

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Panamá Oeste. Panamá

roberto.gordon@up.ac.pa; <https://orcid.org/0000-0001-8468-4910>

RESUMEN

El crecimiento del uso de las tecnologías digitales y los sistemas virtuales de información es un hecho que se hizo más visible en el entorno de la pandemia mundial del coronavirus COVID 19. Desde una llamada entre teléfonos móviles hasta las tecnologías disruptivas, como el internet de las cosas, aumentaron exponencialmente la generación y el tráfico de datos en el ciberespacio. Esa acelerada conectividad trae un problema: La gestión eficiente del gran volumen de datos generados constantemente por los dispositivos conectados, su creación, procesamiento, distribución y almacenamiento para un usuario, que no necesariamente es un ser humano. Aparece la latencia, un fenómeno caracterizado por el retardo de transmisión de datos, que afectan los procesos e implican costos de importancia en la producción de bienes y servicios. Para solucionarlo, los desarrolladores diseñaron arquitecturas de programas como estrategias de selección y almacenamiento cercanos a los dispositivos que permiten mantener la información útil en ciberespacios más cercanos a las plataformas y procesos informáticos de los usuarios. Una de ellas es Edge Computing, que supone un catalizador importante para el cumplimiento de los procesos digitales en el menor tiempo posible para mayor eficiencia y rentabilidad. El presente artículo tiene por objetivo un análisis de esta herramienta desde las dimensiones de procesamiento de datos y las Tecnologías de la Información y la Comunicación, que fortalece. También, es una descripción de la penetración e implantación de la tecnología en las plataformas digitales de Panamá y las expectativas de futuro que significa. Es una revisión en documentos de carácter académico, científicos y técnicos cuya principal conclusión es que el desarrollo disruptivo significa un avance sustantivo para muchas áreas del conocimiento humano y con amplios campos de aplicación en la producción industrial de bienes y servicios de Panamá.

Palabras clave. Conectividad, Computación de Borde, Disrupción, Latencia, Sistemas

ABSTRACT

The growth in the use of digital technologies and virtual information systems is a fact that became more visible in the environment of the global pandemic of the COVID 19 coronavirus. From a call between cell phones to disruptive technologies, such as the internet of things, the generation and traffic of data in cyberspace increased exponentially. This accelerated connectivity brings a problem: the efficient management of the large volume of data constantly generated by connected devices, its creation, processing, distribution and storage for a user, who is not necessarily a human being. Latency appears, a phenomenon characterized by the delay of data transmission, which affects processes and implies significant costs in the production of goods and services. To solve this problem, developers have designed program architectures such as selection and storage strategies close to the devices that make it possible to keep useful information in cyberspaces closer to the users' computing platforms and processes. One of them is Edge Computing, which is an important catalyst for the fulfillment of digital processes in the shortest possible time for greater efficiency and profitability. This article aims an analysis of this tool from the dimensions of data processing and Information and Communication Technologies, which it strengthens. It is also a description of the penetration and implementation of technology in digital platforms in Panama and future expectations that means. It is a review in academic, scientific and technical documents whose main

conclusion is that the disruptive development means a substantive advance for many areas of human knowledge and with wide fields of application in the industrial production of goods and services in Panama.

Keywords. *Connectivity, Edge Computing, Disruption, Latency, Systems.*

Artículo recibido: 29 de noviembre de 2021.

Artículo aceptado: 1 de marzo de 2022.

INTRODUCCIÓN

Las tecnologías disruptivas son aquellas que se desarrollan permanentemente y cuya innovación deja obsoletas tecnologías anteriores. El término disruptivo remite a una ruptura brusca y rápida, que produce cambios importantes y determinantes en los modos de producción, acelerándolos, consolidando mejores resultados e inventivas de producción que, en la actualidad, son la base del concepto de la industrialización 4.0. Todo ello cambia el ritmo de la vida de los ciudadanos por lo que se acerca más al concepto de innovación disruptiva (Vidal et al., 2019).

Significa que las tecnologías disruptivas tienen el poder para generar transformaciones en los modos de la vida cotidiana de una sociedad. El trabajo, las relaciones, pensamientos y comportamientos cambian propiciados por la aparición de nuevos desarrollos que se supone mejoran la calidad de vida en la que sobresalen, con énfasis, las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC). En ese rango se encuentran el Internet móvil, tecnología de la nube, Internet de las cosas (IoT), robótica avanzada, Inteligencia Artificial (IA) y muchos otros desarrollos tecnológicos que se convierten en objetos y aplicaciones que usan las personas, en el transcurrir de su día, desde la comodidad de un teléfono móvil convertido en un computador. (Vacas, 2016)

Esa facilidad de acceso hace que los usuarios mundiales de medios digitales y todo tipo de sistemas virtuales se cuenten por miles de millones. La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2021) afirma que “430 millones de personas en 2019 son usuarias de Internet en América Latina y el Caribe (lo que equivale a un 67% de la población)” (p. 7) siendo la cuarta región del mundo con mayor penetración. Otros datos que muestran la progresividad del hecho tecnológico son:

- Entre 2010 y 2019, la cantidad de suscripciones a banda ancha fija en América Latina y el Caribe, tuvo un crecimiento promedio anual de 9%.
- En el mismo periodo, la penetración de suscriptores de banda ancha fija fue del 13% siendo la quinta región del mundo con mayor penetración.
- La brecha de usuarios entre las zonas urbana y rural es significativa (25%)
- En algunos países de la región, existen diferencias importantes en el acceso a las tecnologías y a la red, vinculadas a los ingresos de una parte importante de la población, contada en cientos de millones, que no puede adquirirlas y/o contar con una conexión permanente.
- El índice de desarrollo del ecosistema digital de América Latina y el Caribe presenta una tasa anual de crecimiento compuesto entre el 2004 y el 2018 de 6,21%. Es la más baja entre los países emergentes con excepción de los Estados Árabes.
- Al 2018, la región tenía cerca de 320 millones de suscriptores únicos a banda ancha móvil (cerca del 50% de la población).
- La cantidad de suscripciones activas, entre 2010 y 2019, tuvo un crecimiento promedio anual de 31%.
- El ritmo de crecimiento de la banda ancha móvil en la región ha sido aproximadamente 3 veces mayor que la banda ancha fija.
- Es la quinta región del mundo con mayor penetración de suscripciones de banda ancha móvil después de Norteamérica, Europa, Asia y Pacífico, y los países de la CEI.

- Para 2019, cerca del 95% de la población estaba cubierta por una red móvil 3G y el 88% por una red 4G.
- Cerca del 67% era usuaria de Internet y, al primer trimestre de 2020, el 32% del total de conexiones móviles usaban 3G y el 51% 4G. (CEPAL, 2021, p 8-13).

Se puede afirmar que el año 2020 fue de rompimiento social mundial a causa de la pandemia causada por el coronavirus COVID-19. También que, a consecuencia de ello, en la región centroamericana se sumaron millones de personas al mundo de la informática de servicios por la necesidad de distanciamiento social que implicó la situación sanitaria. Ocupaciones como aprovisionamiento de bienes, conectividad social y acceso a información se transfirieron a la red con el consecuente aumento de tráfico de datos.

De igual forma, ocurrió con muchas empresas que, a través de plataformas virtuales, siguieron operando, puesto que sus procesos productivos se lo permitían, sobre todo a nivel de comercialización. El teletrabajo, o trabajo a distancia desde el ordenador se impuso. CEPAL (2021) afirma que “Debido a las restricciones de movilidad producto de la pandemia, muchas empresas incrementaron su presencia en línea para seguir prestando servicios y ofreciendo productos. Internet se convirtió en una herramienta indispensable para mitigar los efectos de la crisis.” (p. 17).

La misma situación ocurrió con la gobernanza y la gerencia pública. Empresas públicas e instituciones de gobierno con servicios directos a los ciudadanos recurrieron a la implementación de sistemas virtuales, plataformas y aplicaciones mediadas solo por tecnología 4.0 y el IoT. Un ejemplo resaltante en Panamá es la plataforma virtual de Respuesta Operativa de Salud Automática (ROSA) que entró en funcionamiento, en tiempo record, para evitar aglomeraciones peligrosas en el marco de la pandemia (Autoridad de Innovación Gubernamental, AIGa, 2020). En su diseño se usaron dos elementos: IA e IoT.

Un concepto sencillo del IoT es que es una tecnología de interconexión digital de objetos cotidianos con Internet pero que dependen del humano (Ashton, 2009). Esa definición no alcanza para explicar la profundidad de lo que significa en términos de desarrollo. La corporación GSMA (2017) afirma que el eje de la tecnología es la capacidad de coordinación:

Internet de las Cosas (IoT) se refiere a la coordinación de diversas máquinas, dispositivos y aplicaciones conectados a Internet a través de múltiples redes cableadas o inalámbricas. Entre ellos se incluyen objetos cotidianos como smartphones, tablets y otros productos electrónicos de consumo y máquinas como vehículos, equipados todos ellos con conectividad IoT con la que pueden enviar y recibir datos. Máquina a Máquina (M2M) se refiere a los servicios que son posibles gracias a la comunicación entre dos o más máquinas. La tecnología M2M conecta máquinas, dispositivos y aplicaciones de forma inalámbrica para prestar servicios con mínima intervención humana. (p. 21).

El principio es que las máquinas estén conectadas a Internet de forma directa y permanentemente. Que tengan capacidad de buscar, recopilar y escoger datos e información que transmitirán a otras máquinas con capacidad de almacenamiento y análisis para mejorar procesos productivos propios o de otras máquinas. La conexión de IoT es más con objetos que con personas. Son equipos identificados y gestionados por otros equipos de la misma manera que si lo fuesen por seres humanos. (Rose et al., 2015).

El alcance de sus aplicaciones es muy amplio y los dispositivos conectados incluyen algún grado de inteligencia. A nivel tecnológico son soluciones propuestas, por diversos fabricantes, y en continua evolución. No existe una tecnología única que el usuario analiza y adapta a la situación concreta de su necesidad. (Gracia, 2021) Esa evolución significa que las actividades digitales a nivel tecnológico, empresarial e industrial están fundamentadas en ingentes cantidades de datos que se producen, almacenan y transmiten. Las organizaciones crecen, el volumen de las herramientas y dispositivos también que a su vez buscan, generan, almacenan y

analizan grandes cantidades de datos que, la mayoría, les son útiles por un periodo determinado de tiempo. (Sittón, 2020)

Las máquinas se convirtieron en usuarios en una recurrencia de información muy superior a la media del usuario humano. Tal volumen de datos congestiona la red. Se presenta el fenómeno de la latencia que significa el retraso en la conectividad “La latencia es el tiempo transcurrido entre el momento en que se transmite un paquete de datos hasta el momento en que alcanza su destino (ida) y regresa (ida y vuelta)” (Carlini, 2016, p.3). El sistema de transmisión de datos desde su almacenamiento en una nube al usuario se retrasa tanto por el volumen de datos como por el conjunto de requisitos que exige una transmisión eficiente y segura.

Los modelos tradicionales basados en la Computación en la Nube (del inglés Cloud Computing) con esquemas de flujo de datos, únicos e individuales desde su fuente hasta el destino y el sitio de almacenamiento en la red, no tienen la capacidad de gestionar de manera eficiente todos los procesos que significan la transmisión (Rose et al., 2015). Se requieren modelos de comunicación entre dispositivos, que representan estrategias propias de diseño de los diferentes fabricantes, y toman en cuenta los elementos de la conectividad de diferente forma. Rose et al. (2015) reseñan los cuatro modelos señalados por la Junta de Arquitectura de Internet (IAB, por sus siglas en inglés)

Device-to-Device (dispositivo a dispositivo), Device-to-Cloud (dispositivo a la nube), Device-to-Gateway (dispositivo a puerta de enlace) y Back-End Data-Sharing (intercambio de datos a través del back-end). Estos modelos destacan la flexibilidad en las formas en que los dispositivos de la IoT pueden conectarse y proporcionar un valor para el usuario. (p. 5)

Cada modelo tiene características propias:

- El de dispositivo a dispositivo son dos, o más, equipos que se comunican, entre sí, sin un servidor intermediario. Utilizan muchos tipos de redes como las IP o el Internet.
- El de dispositivo a la nube supone un equipo en IoT que se comunica a un servicio en la nube, que significa un proveedor de servicios de intercambio de datos y control de tráfico. Aprovecha mecanismos existentes que luego integra al servicio de conexión de la nube.
- El de dispositivo a puerta de enlace de capa de aplicación (ALG), el equipo en IoT se comunica, a través de un servicio ALG, a un servicio en la nube. La capa es un componente que aumenta el nivel de seguridad de una red informática y que, entre sus funciones, sirve de intermediario de protección entre el dispositivo y el servicio en la nube.
- El de intercambio de datos a través del back-end, es una arquitectura de comunicación que permite la exportación y análisis de datos de dispositivos de un servicio en la nube en combinación con datos de otras fuentes. Permite, al usuario, compartir a terceros y que accedan a los datos subidos por sus equipos. (Rose et al., 2015)

La mayor parte de la conectividad pasa por la nube, que es una arquitectura de software que posibilita la ubicación de los datos y aplicaciones en el ciberespacio. Los usuarios tienen acceso permanente con un dispositivo conectado a Internet. El proceso consiste en interactuar con datos que se encuentran en un servidor remoto y al que se accede gracias a la red. (Rebato, 2021).

Uno de los campos de desarrollo de la tecnología digital es el acercamiento del dato al usuario para reducir costos en todos los ámbitos desde consumo de energía hasta erogaciones por licencias y permisos. La evolución pasa por diferentes avances de la tecnología de la misma nube entre las que se encuentra la Computación de borde o Edge Computing, por su nombre en inglés Mela et al (2021) reseñan este desarrollo tecnológico como solución para la desconcentración de datos:

La aparición del paradigma Edge Computing es el resultado del incremento de las soluciones que descentralizan las comunicaciones, recopilación y procesamiento de datos.

Este concepto permite mejorar el rendimiento de los sistemas informáticos al reducir la latencia, el costo de los recursos y aumentar la capacidad de respuesta, escalabilidad, confiabilidad y seguridad, siendo estos sus mayores beneficios. (p. 78).

Una definición utilitaria para entender el concepto es que Edge Computing consiste en aproximar el procesamiento de la información lo más cerca posible de la fuente de generación de datos. Es acercar la nube donde el usuario reside, hasta el borde mismo de la red que utiliza para su servicio (Mela et al, 2021). Es una de las evoluciones tecnológicas que gana espacio cada día como una solución de conectividad, reducción de latencia y de tiempos de producción y ahorro en costos generales.

En Panamá, es una tecnología que está ingresando. Es una de las soluciones a la adecuación tecnológica del país que acompaña el enfrentamiento digital como parte de la solución de la emergencia social que representa la pandemia de COVID-19 en la vida del ciudadano y como desarrollo, parte del IoT que se implementa en el país, para encontrar modelos productivos más eficientes. Es de interés conocer dónde y cómo, su aplicación en el país sería una estrategia de solución a la latencia y las expectativas de mejora del funcionamiento de procesos productivos y de servicios en marcha. De igual forma, representa una de las dimensiones por las que se puede medir el avance en conocimientos y desarrollo de las TIC por los científicos y creadores tecnológicos nacionales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó una revisión documental con el propósito de conocer el proceso de funcionamiento de los datos a través de Edge Computing. Se utilizaron artículos científicos y tecnológicos de diferentes países ubicados en la red. De igual forma, se determinaron las tecnologías que se sirven de esta tecnología para determinar el proceso sustantivo de vida o de productividad, que mejoran o se benefician de ella.

Así también, se revisaron documentos, desde sitios oficiales del país para determinar el uso de Edge Computing en Panamá o con la garantía del respaldo de la información a través de buscadores como Scielo, Researchgate e IEEEExplore sin cadena de búsqueda específica, pero las utilizadas incluyeron las palabras claves. Los criterios de la búsqueda fueron el nivel de operatividad o de presencia, de cualquier desarrollo tecnológico en el país que se sirva de la herramienta estudiada sea en prospectiva, desarrollo, implementación o funcionamiento.

Es una investigación de carácter cualitativa, documental, descriptiva de procesos de funcionamiento de las tecnologías que se sirvan de Edge Computing y de las características del proceso de adecuación y funcionamiento de la producción de bienes y servicios en Panamá.

RESULTADOS

Uno de los desarrollos tecnológicos de la informática se fundamenta en el acercamiento del dato al usuario. No de cualquier dato sino del que le es necesario constantemente por lo que también implica selección y resguardo del dato en un entorno cercano y mucho más accesible que la nube del ciberespacio. Esa es, en general, la percepción del Edge Computing. Para Mela et al. (2021) representa una arquitectura, una capa intermedia entre la nube y el usuario. “Edge Computing, es una capa intermedia, ya que proporciona un enlace entre los dispositivos finales y la nube, por este motivo se dice que permite aliviar la carga de almacenamiento y procesamiento de datos que se realiza en la cloud” (p. 79).

El proceso se describe según como sea el recorrido que realice el dato para su procesamiento:

- Uno: Nube → dispositivo, uso diferenciado del dato por el dispositivo → devolución a la computación de borde que selecciona el dato por ya sea por instrucciones previas del

usuario, estadística de uso u otro proceso de selección (machine learning) → almacenamiento del dato en el borde → retorno del dato superfluo (para el proceso del usuario) a la red.

- Dos: Nube → Computación de Borde que selecciona y almacena el dato previa configuración y retorna a la nube el dato superfluo → usuario recibe el dato según requerimiento de uso del proceso.

En ambos casos, el dato se selecciona y almacena según especificaciones del proceso del usuario. Son muchas las tecnologías digitales que se sirven del Edge Computing para la producción o prestación de servicios. Al respecto la tabla 1.

Tabla 1.
Tecnologías que se sirven de Edge Computing

Tecnología usuaria	Servicio que representa
Internet móvil	Conectividad universal en dispositivos móviles de uso personal de cualquier tipo.
Tecnología de la nube	Servicios, en Internet, de acceso remoto a múltiples dispositivos.
Internet de las cosas (IoT)	Redes de sensores para compilación de datos y optimización de procesos productivos. Conexión de equipo a equipo sin intervención humana.
Robótica avanzada	Robots mejorados e inteligentes para automatizar tareas, producción en línea (como en las fábricas de vehículos)
Inteligencia artificial.	Combinación de algoritmos y aplicaciones para que las máquinas simulen capacidades del ser humano (Toma de decisiones)
Realidad virtual y realidad aumentada	En función del uso tecnológico en procesos, sustantivos, de la vida y el desarrollo y gestión de la información y conocimiento (Libros virtuales, catálogos electrónicos)
Genómica de nueva generación	Específica para las ciencias de la medicina: Secuenciación de genes rápida y de bajo costo.
Materiales avanzados:	En el diseño de los mismos para obtener características superiores o funcionalidad. (Acero quirúrgico)
Impresión en 3D:	Tecnología que ya está aportando a la construcción de nuevos productos de uso, consumo y fabricación directa.
Vehículos autónomos o casi autónomos	Según su tipo pueden trasladarse, navegar y operar con seguridad y mínima o ninguna intervención humana.
Almacenamiento de energía.	Sistemas que producen, transforman y almacenan energía para su uso de forma sincrónica y asincrónica. (Edificios inteligentes y bioclimatización)
Energías renovables	Uso de fuentes renovables y alternativas a combustibles fósiles para la generación de energía tanto en el sitio de generación como en el de uso (Paneles solares)
Nanotecnología,	Dispositivos médicos que toman decisiones autónomas en base a lectura del entorno.
Big data	Discriminación de grandes volúmenes de datos en un entorno relativo y localizado.
Blockchain	Seguridad de los datos para las cadenas de bloques en entornos programáticos limitados
Plataformas virtuales	Según su uso: Comercial o de servicios.

Fuente: Ortega (2018) Vidal et al (2019) y Sitton (2020)

En la tabla 1, se evidencia la prevalencia del uso industrial de las tecnologías. Para los procesos industriales Edge Computing, es un gran aporte al desarrollo de IoT que recibe el nombre de “Internet Industrial de la Cosas” (IIoT) pues agiliza los encadenamientos manufactureros que requieren de innovaciones constantes en las técnicas productivas para tener ventajas competitivas dentro de las cadenas globales de valor. La competencia también es de velocidad de producción. (Alonso et al., 2019)

De igual forma, la tabla 1 resalta que no existen desarrollos de tecnologías disruptivas, o evoluciones, que no pasen por el concepto de aproximar el dato al usuario. Edge Computing o Nube de borde o datos en la niebla son la evolución de todos los fabricantes de tecnología digital. (Sittón, 2020)

En Panamá, son muchos los campos de aplicación de la Edge Computing puesto que el uso de la tecnología digital va en aumento. Entre varios ejemplos, se encuentra la producción de alimentos en espacios controlados como parte de la lucha contra el cambio climático, que es una preocupación mundial. (Valdés et al. (2020).

Minimizar las condiciones ambientales hostiles y el control de los recursos hídricos es primordial en las tecnologías del Smart Farmed. (Collado et al, 2019). En el país, se desarrollan estudios para el seguimiento del control y monitoreo de la producción en invernaderos como espacios controlados. Al respecto, Valdés et al. (2020) describen su propuesta de sistema:

El dispositivo microcontrolador es el encargado de recolectar la información proveniente de los sensores de forma periódica. Luego, esta información es enviada vía Wifi hacia la plataforma de almacenamiento y procesamiento de datos, la cual permite al usuario observar en tiempo real cada uno de los valores medidos por los sensores, utilizando dispositivos móviles como una computadora, celular o tablet. El diseño gráfico de la plataforma utilizada se configura de tal manera que los usuarios pueden interpretar y leer de una manera fácil cada uno de los datos obtenidos en tiempo real. (p.3).

Es un sistema virtual que permite el monitoreo del ambiente midiendo, en tiempo real, temperatura y humedad relativa dentro del invernadero. Los datos recopilados no van a la nube general sino a una de borde que además permite su acceso a ellos en caso de que no haya servicio de red. Es una herramienta que facilita la producción y ayuda a alcanzar mayores volúmenes de cosecha en las siembras intensivas.

La gobernanza pública toma relieve ante la necesaria modernización de la manera en que se prestan servicios al ciudadano. La AIG, para el año 2020, presentó varios proyectos en marcha, en diferentes etapas de desarrollo, fundamentados en IoT y que requerirán de diferentes modelos de reducción de la latencia entre los que se encuentra el sistema de sensores del Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN) a nivel metropolitano, que miden, en tiempo real, las diferentes variables del flujo y fortalecer el Sistema de Información Geográfico desarrollado para reducir el posible colapso constante de la red de acueductos como una de las causas de la pérdida diaria de más del 49% del agua potable producida. (AIGb, 2020).

La AIG es la administradora del programa de Nube Computacional Gubernamental (NCG) por cuyo medio, habilita un sistema virtual de Nube Privada que permite a las Entidades del Estado implementar soluciones tecnológicas en materia de atención al ciudadano. En base a diferentes modelos de implementación, como Edge Computing, cada institución puede adicionar controles de privacidad y seguridad. (AIGb, 2020).

La entidad también considera necesario el Ordenamiento Geoespacial e inserción Aeroespacial de Panamá. Los datos geoespaciales en el marco de las plataformas digitales se convierten en datos georreferenciados de diversos tipos que van desde ordenamiento territorial, seguridad nacional, planes de siembra y cosecha, movilidad humana, gestión de prevención de desastres y seguimiento de políticas de desarrollo de infraestructura del Estado, entre otros. Facilita la toma de decisiones y la ejecución de políticas del gobierno en el desarrollo del estado. (AIGb, 2020).

En ese orden de ideas, la AIG se alía con la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) en el Programa de la Utilización del Espacio para el Desarrollo Nacional (PUEDEN). Es un proyecto de Desarrollo e Implementación de Tecnología Espacial en la Logística y la Agricultura Nacional (DITELAN) que incluye el envío de un grupo de profesionales al Instituto Gulich-CONAE, en Argentina, para especializarse en la construcción y puesta en órbita, entre los años 2013 y 2014, de los primeros nano satélites panameños que requerirán de instalaciones en el país con las tecnologías comunicacionales pertinentes para la recolección y seguimiento de los datos. (AIGb, 2020).

La gobernanza está en la obligación de considerar los servicios de conectividad hacia la red 5G, mayor velocidad de transmisión de datos, puesto que supone una dinamización de la economía. En ese orden de ideas la AIGb (2020) señala:

La AIG tiene como estrategia formalizar un plan para impulsar la introducción de los servicios 5G en Panamá, a corto y mediano plazo, que considere las articulaciones con el sector público y privado, teniendo como aliado a la academia y la socialización oportuna del mismo. (p. 31).

Este esfuerzo comunicacional no es solo del Estado ni es aislado, es parte esencial de la modernización de los sistemas logísticos de Panamá entre los que se propone la adecuación de puertos marítimos y fluviales en conjunto con el canal de Panamá e interconectarlos para que se conviertan en un hub comunicacional gracias a su posición geográfica privilegiada para el comercio marítimo mundial con la única Plataforma Multimodal en el planeta que conecta dos océanos en solo 80Km. Ese esfuerzo también incluye el uso de IoT en puertos automatizados y semi-automatizados de manera progresiva. (Ortega, 2018).

El sistema educativo digital de Panamá es un esfuerzo de conectividad que se vio puesto a prueba por las circunstancias de la pandemia mundial, aunque ya, de por sí, la digitalización es un proceso operativo y teórico como tendencia educativa. (Urriola, 2019) La educación básica en sitios remotos es uno de los desafíos que, en pandemia, enfrenta el Ministerio de Educación de Panamá (MEDUCA) con relativo éxito para lo que se soporta en sistemas de interconexión satelital e Internet y diferentes plataformas como: KhanAcademy, aprende.org y educapanama. (De León, 2020).

En el sector universitario de Panamá, sus campus virtuales se fundamentan en 11 plataformas entre las que se encuentran diferentes sistemas de gestión de aprendizaje o Learning Management System (LMS por sus siglas en inglés). Las que más se usan son Moodle, E-ducativa, Google Classroom, Microsoft Teams, Canvas, Chamilo y Schoology (León et al, 2021).

Esa variedad de sistemas y la permanente movilidad de datos, en tiempo real, que requieren las actividades académicas, administrativas, de investigación y de relacionamiento institucional obligan la adecuación tecnológica y la evolución constante en sistemas de soporte. En una rápida revisión de la red se aprecia que todas las universidades panameñas, públicas y privadas, cuentan con un campus virtual de menor o mayor complejidad.

En ese sentido, la constitución del Grupo de Investigación de IoT por parte de la Universidad Tecnológica de Panamá (UTP) es un ejemplo resaltante del interés de la academia nacional en la aplicación directa de la investigación y creación de conocimiento en el sistema digital fundamental de la Industria 4.0 que cuenta entre sus herramientas de seguridad y rapidez la computación de borde. (UTP, s.f.)

Los diferentes sistemas reseñados abarcan la generalidad de los sistemas productivos y de servicios que se pueden encontrar en la sociedad panameña. Utilizan la diversidad de las herramientas diseñadas desde la multiplicidad de tecnologías y desarrollos digitales cuyas aplicaciones que se adaptan para el cumplimiento de sus objetivos particulares como se reseña en la tabla 2.

Tabla 2.
Sistemas digitales de procesamiento automatizado de datos en Panamá

Sector	Herramienta digital	Objetivo	Operatividad
Agricultura intensiva	IoT para en invernaderos	Sistema de sensores de medición fiable de variables ambientales y de suelo (Humedad y temperatura relativas) en tiempo real con acceso a una plataforma online a cualquier dispositivo electrónico con conexión a Internet	Implementación y desarrollo
	Red de sensores IoT IDAAN	Sistema de sensores para medición en tiempo real de volúmenes de agua, por secciones, para minimizar el colapso y la pérdida de líquido. Conexión a sala de situación y control a través de Internet.	Funcionando
	Red de sensores IoT	Sistemas virtuales de sensores para servicios basados en la ubicación del ciudadano: estacionamientos inteligentes, movilidad verde, seguridad, etc., a través de Internet	En prospectiva
Gobernanza	Sistema Integrado para el Refrendo y Gestión de Cobro en Línea (SIRCEL).	Plataforma desarrollada en la nube pública para proveer a las entidades públicas de una herramienta que facilite flujos de procesos administrativos propios y relacionados con el gobierno central	Implementación y desarrollo
	IoT de Ordenamiento Geoespacial e inserción Aeroespacial	Programa de Utilización del Espacio para el Desarrollo Nacional (PUEDEN) Proyecto de Desarrollo e Implementación de Tecnología Espacial en la Logística y la Agricultura Nacional (DITELAN)	En prospectiva
Servicios portuarios y Canal de Panamá	IoT – sensores y otros.	Big data, Blockchain, Cloud Computing, Sistemas Autónomos, truck platooning para modernización de sistemas portuarios	Implementación y desarrollo
Educación	Plataformas educativas abiertas al público	Sistemas virtuales de aprendizaje en apoyo a la educación básica. Khan academy, aprende.org y educapanama	Funcionando
	Learning Management System	Plataformas universitarias: Moodle, Educativa, Google Classroom, Microsoft Teams, Canvas, Chamilo y Schoology	Funcionando

Fuente: Valdés (2020) AIGb (2020) Ortega (2018) y De León (2020)

Los sistemas reseñados en la tabla 2 se refieren a la gobernanza pública o sistemas relacionados con ella. Basado en esto, es una suposición sustentada que el desarrollo de tecnologías digitales que mejoran la conectividad y la competitividad también se están implementando en el sector privado.

Las condiciones ambientales y climáticas derivadas del calentamiento global hacen necesarios la utilización de sistemas de siembra controlada. El seguimiento y control de las

variables generan transmisión de datos continuamente por lo que requieren de sub sistemas de seguimiento, almacenamiento y estudio.

La tabla 2 también refleja el dinamismo que se impone a la digitalización de los servicios del Estado. Los trámites en línea son una de las características más resaltantes de las economías de los países potencia pues reducen costos operativos, aunque aumentan el volumen de tráfico de datos.

DISCUSIÓN

Edge computing es una tecnología de soporte. Es una estructura intermedia entre el yacimiento principal de datos, la nube, y el usuario final que, en este caso, es otro programa que realizará la función final. A tal efecto puede entenderse como una nube al borde del usuario que le permite depurar, modificar y controlar aplicaciones.

Cualquier sistema basado en Internet requerirá del uso de sistemas de reducción de la latencia como estrategia de funcionamiento y competitividad. Desde los más sencillos que se utilizan en la vida cotidiana y que ahora se perciben comunes, como puede ser el móvil conectado a la hora mundial para servir de despertador, hasta los avances en nanotecnología médica, evolucionarán y necesitarán sistemas de soporte más eficientes.

El sistema de sensores del IDAAN es un mínimo ejemplo de lo que son las ciudades inteligentes y hacia dónde se dirige la tecnología al servicio del ciudadano. Los datos de movilidad, seguridad, desarrollo urbano, etc., son de importancia para los gerentes públicos y la estrategia para el planteamiento de políticas de gobernanza.

Las plataformas universitarias pueden crear repositorios de documentos especializados al alcance de los usuarios sin necesidad de exceso de tiempo, energía y costos con una búsqueda mundial. Los cursos pueden diseñarse con material presente en la nube de borde.

CONCLUSIONES

El crecimiento de la humanidad y los procesos productivos para su desarrollo exige cada vez más creación, acceso y almacenamiento de ingentes cantidades de datos. Es una característica, como consecuencia de la inventiva tecnológica digital que no puede ser dejada de lado. Toda tecnología que permita el manejo adecuado de esa información con los menos gastos, e impacto, posibles es bienvenida y obligada por los Estados.

La diversidad de formas y modelos de tecnologías, a su vez en constante desarrollo, permite suponer que se reducirán, en el tiempo y el espacio, las maneras y las herramientas para la producción y procesamiento de datos. La IA permitirá a redes digitales limitadas, seleccionar y utilizar aquellos datos inherentes a su función y funcionamiento creando redes de servicios que no necesariamente deben contener grandes volúmenes de información.

Los beneficios del Edge Computing son muy concretos: reducción de la latencia, aumento de la seguridad y reducción de costos y utilización de energía. Es una tecnología que facilita la ubicuidad y el acceso a la red como demanda de recursos informáticos compartidos. Representa una ayuda para la conexión de los ciudadanos a su vida cotidiana. Los procesos educativos que requieren de relacionamiento educador-docente, en fuerte transformación digital, se potenciarán con la rapidez y el acceso digital de regiones rurales, o urbanas, con deficiencia de acceso a la red reduciendo la brecha digital y social de la desigualdad.

Las propuestas de desarrollo tecnológico digital para Panamá son amplias en los sectores público y privado lo que demuestra la importancia que amerita el entorno digital. Desde esa realidad, las tecnologías disruptivas seguirán apareciendo y promoviendo nuevas, como lo es la Computación de Borde. Ese torrente de tecnologías y desarrollos aportarán para acercar, cada vez más, a Panamá a estándares deseables de desarrollo social.

REFERENCIAS

- Alonso, M., Santander, J., Yuridia, R., y Raúl, A. (2019). *Cómputo en la niebla aplicado a la manufactura inteligente bajo el contexto de la industria 4.0: Desafíos y oportunidades*. *Revista de cómputo aplicado* 3(11). 16-27. https://www.researchgate.net/publication/339889060_Computo_en_la_niebla_aplicado_a_la_manufactura_inteligente_bajo_el_contexto_de_la_industria_4_0_Desafios_y_oportunidades/link/5fb7f760299bf104cf6460cb/download
- Ashton, K. (2009). That 'Internet of Things' Thing. *FRDI journal. Expert Views. that internet of things thing*. <https://www.rfidjournal.com/that-internet-of-things-thing>
- Autoridad para la Innovación Gubernamental (AIGa). (2020). *Inteligencia artificial, la herramienta de Panamá para contener el COVID-19*. *Organización Panamericana de la Salud (OPS)*. https://www3.paho.org/pan/index.php?option=com_content&view=article&id=1355:inteligencia-artificial-la-herramienta-de-panama-para-contener-el-covid-19&Itemid=442#:~:
- Autoridad Nacional para la Innovación Gubernamental (AIGb). (2020). *Agenda Digital 2020 "El camino a un ciudadano digital"*. Autoridad Nacional para la Innovación Gubernamental. <https://aig.gob.pa/descargas/2019/12/agenda-digital-2020-visual.pdf>
- Carlini, S. (2016). *Factores impulsores y ventajas del edge computing*. Biblioteca de White papers de Schneider Electric. https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=White+Paper&p_File_Name=VAVR-A4M867_R0_ES.pdf&p_Doc_Ref=SPD_VAVR-A4M867_ES
- Collado, E., Fossatti, A., y Sáez, Y. (2019). *Agricultura inteligente: una solución potencial hacia una agricultura moderna y sostenible en Panamá*. *Objetivos, agricultura y alimentación*, 4(2). 266-284. <https://www.aimspress.com/article/id/3545>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). *Datos y hechos sobre la transformación digital*. Documentos de proyectos (LC/TS.2021/20). Comisión Económica para América Latina y el Caribe. https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/46766/S2000991_es.pdf
- De León, N. (2020). *Educación en Tiempos de COVID-19 Análisis para políticas educativas en la República de Panamá*. *Centro de Investigación Educativa de Panamá, INDICASAT*. https://ciedupanama.org/wp-content/uploads/2020/09/Informe_Educaci%C3%B3n-en-Tiempos-COVID-_-CIEDU-1.pdf
- Gracia, M. (2021). *IoT - Internet Of Things*. *Delloite, tecnología, Artículo. IoT - Internet Of Things*. <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/technology/articles/loT-internet-of-things.html>
- GSMA. (2017). *Emisión electromagnética de la tecnología 5G, el internet de las cosas y los accesorios tecnológicos*. Asociación GMS (GMSA). https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2019/04/gsma_2017_5g_iot_wearable_web_ES_definitivo.pdf
- León, M., López, A., Mapp, U., Reyes, S., Suárez, M., Pacheco, A., . . . Carrasquero, E. (2021). *Evaluación de plataformas de aprendizaje virtual usadas en universidades de Panamá*. *Invest. Pens. Crit.*, 9(1). https://www.researchgate.net/publication/348352781_Evaluacion_de_plataformas_de_aprendizaje_virtual_usadas_en_universidades_de_Panama
- Mela, J., Cedeño, G. y Cedeño, E. (2021). *Edge Computing: Aplicaciones y desafíos actuales*. *Visión Antataura*, 5(1). <https://revistas.up.ac.pa/index.php/antataura/article/view/2199/2038>
- Ortega, M. (2018). *Puertos inteligentes e innovación tecnológica. IV Conferencia hemisférica sobre competitividad, innovación y logística: Tecnología al servicio de la cadena de valor*. https://portalcip.org/wpcontent/uploads/2019/04/16_30_18_05_4_MARCIA_ORTEGA.pdf

- Rebato, C. (2021). *Qué es el Edge Computing, explicado de manera sencilla*. Telefonica thech. Cloud. <https://empresas.blogthinkbig.com/edge-computing-que-es/>
- Rose, K., Eldridge, S., y Chapin, L. (2015). *La Internet de las Cosas. Una breve reseña*. Internet Society (ISOC). <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/09/report-InternetOfThings-20160817-es-1.pdf>
- Sittón, I. (2020). *Arquitectura Inteligente Edge Computing para IoT*. Universidad de Salamanca. Departamento de Informática y Automática. https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/143827/REDUCIDA_SittonI.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Universidad tecnológica de Panamá (UTP). (s.f.). *Facultad de Ingeniería de Sistemas Computacionales (FISC) Centro de Investigación, Desarrollo e Innovación en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (CIDITIC)*. <https://www.utp.ac.pa/documentos/2017/pdf/grupo-investigacion-internet-de-las-cosas.pdf>
- Urriola, G. (2019). Tendencias globales en educación. *Anual Acción y Reflexión Educativa*. 44. https://revistas.up.ac.pa/index.php/accion_reflexion_educativa/article/download/710/606/
- Vacas, F. (2016). Evolución de dispositivos y nuevas formas de consumo. TELOS 102. *Revista de pensamiento, sociedad y tecnología*. 1-16. <https://telos.fundaciontelefonica.com/archivo/numero102/evolucion-de-dispositivos-y-nuevas-formas-de-consumo/?output=pdf>
- Valdés, E., Collado, E., y Sáez, Y. (2020). Sistema basado en IoT para monitoreo de temperatura y humedad relativa en invernaderos. *18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: "Engineering, Integration, and Alliances for a Sustainable Development" "Hemispheric Cooperation for Competitiveness and Prosperity on a Knowledge-Based Economy"*, http://laccei.org/LACCEI2020-VirtualEdition/full_papers/FP113.pdf
- Vidal, M., Carnota, O., y Rodríguez, A. (2019). Tecnologías e innovaciones disruptivas. *Revista Cubana de Educación Médica Superior*, 33(1), 17-45. <http://scielo.sld.cu/pdf/ems/v33n1/1561-2902-ems-33-01-e1745.pdf>