

Blockchain y 5G: Implicaciones de una posible aplicación en Colombia

Blockchain and 5G: Implications of a possible application in Colombia

Luisa Fernanda Amaya Mora



Yhors Alexander Hernández Rodríguez



Johan Arledy Muñoz Caro



Cómo citar: Amaya Mora, L., Hernández Rodríguez, Y. y Muñoz Caro, J. (2022). Blockchain y 5G: Implicaciones de una posible aplicación en Colombia. *Hashtag*, (20), 60-70



Resumen

Últimamente, han tomado relevancia las tecnologías Blockchain y 5G, sobre todo en el ámbito académico y científico, por su amplio rango de aplicación. Estas tecnologías pueden transformar la manera en que los individuos y el sector privado interactúan y realizan transacciones. Así mismo, tiene el potencial de revolucionar diferentes industrias cuando se utilizan de manera conjunta; sin embargo, existen desafíos a nivel de seguridad y privacidad en el uso de estas. Existen aproximaciones en la literatura sobre la unión de estas tecnologías, desde aplicaciones en ciudades inteligentes hasta la conexión de redes inteligentes. La metodología usada en el presente trabajo es el análisis de caso, mediante la revisión de regulación existente en torno a estas en Colombia y la propuesta de una posible aplicación en la ciudad de Medellín, de la mano del sistema SIAC-M. A pesar de que existen varias ventajas, surgen retos de privacidad y seguridad que tienen que estudiarse de manera detenida, especialmente en la cadena de bloques que, a nivel nacional, parece no tener una regulación clara. Por otro lado, la cobertura en 5G parece limitada, lo cual puede representar una barrera en la aplicación de esta tecnología.

Palabras clave:

blockchain, ciudades inteligentes, redes 5G, regulación, seguridad y privacidad

Abstract

Blockchain and 5G technologies have recently gained prominence, especially in academia and science, due to their wide range of applications. These technologies can transform how individuals and the private sector interact and perform transactions. Likewise, it has the potential to revolutionize different industries when used together. However, there are security and privacy challenges in their use. There are approaches in the literature on the union of these technologies, from applications in smart cities to the connection of smart grids. The methodology used in this work is the case analysis, through the review of existing regulations around these technologies in Colombia and the proposal of a possible application in the city of Medellín using the SIAC-M system. Although there are several advantages, there are privacy and security challenges that need to be studied in detail, especially in the blockchain, which at the national level does not seem to have a clear regulation. On the other hand, coverage in 5G seems limited, which may represent a barrier to the application of this technology.

Keywords:

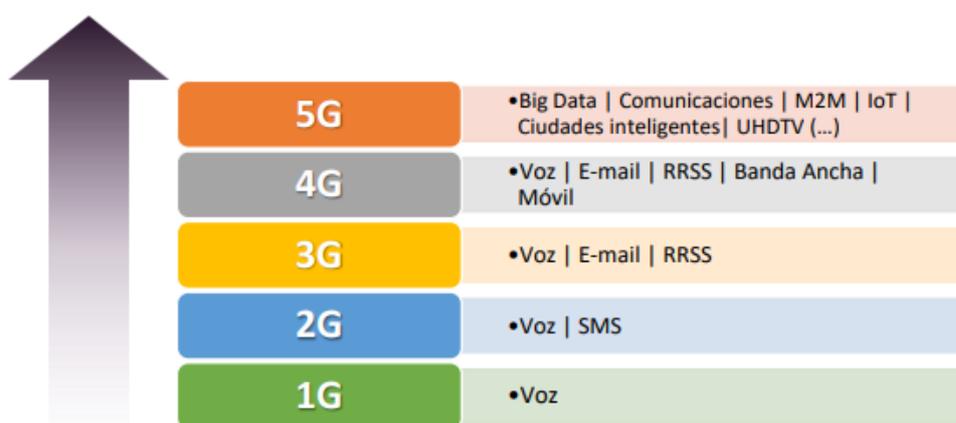
5G Networks, blockchain, regulation, security and privacy, smart cities

Introducción

Entre las tecnologías Blockchain y 5G que han adquirido relevancia, se encuentra la tecnología de registro, también denominada como “cadena de bloques”, cuya funcionalidad es validar y almacenar de forma segura y descentralizada la información (Ferrer y Sánchez, 2019). Para entender mejor lo anterior, un ejemplo típico sería el del Bitcoin. Esta tecnología aparece en 2009 y, hoy día, se le conoce como moneda digital. Allí las transacciones se realizan de manera anónima, mediante un sistema de encriptación, donde cada individuo tiene una clave privada y, además, existe una clave pública que conocen todos los usuarios que hacen parte de la cadena (Bartolomé *et al.*, 2017). De igual manera, los intercambios se dan a través del peer-to-peer o entre pares, en el que se permite que los individuos hagan sus transacciones sin necesidad de que exista un intermediario, como el papel que cumple una institución financiera (Universidad de La Salle, s.f).

La segunda tecnología relevante es la quinta generación de redes móviles y, según sus creadores, es hasta 100 veces más rápida que la 4G (Ericsson, s.f.). Para observar cómo han evolucionado estas tecnologías de telecomunicación, observe el siguiente esquema gráfico elaborado por el Ministerio de Tecnologías de Colombia (MinTic):

Figura 1. Evolución de los servicios móviles



Fuente: Ministerio de Tecnologías (2020)

Fijese como en las cuatro primeras generaciones se comparte el uso de voz, añadiendo en la tercera el uso de E-mail. En la tercera generación se incluye la funcionalidad de las RRSS (Redes sociales), donde se dan los beneficios de navegar por WhatsApp, Facebook, Messenger, Instagram, Twitter, entre otros. Por otro lado, en la quinta generación surgen los principios de Machine To Machine (M2M), que representa un futuro en el que miles de millones de objetos cotidianos están conectados y gestionados a través de diferentes dispositivos, redes y servidores (Wu *et al.*, 2011). De forma similar, aparece el Internet de las cosas o, por su denominación en habla inglesa, IoT. Este término se utilizó inicialmente en el año 1999 por Kevin Ashton, un pionero tecnológico que describe que el mundo físico puede conectarse con el Internet a través de sensores (Rose *et al.*, 2015). Finalmente, cobra importancia una alusión a las “Ciudades inteligentes”, definidas por la Comisión Europea como “las ciudades que mejor utilizan servicios e infraestructuras tecnológicas modernas e integradas en energía, transporte y TIC para responder a las necesidades sociales y económicas de la sociedad” (Comisión Europea citada por García *et al.*, 2018). Cuando se utiliza el término tecnológico en este tipo de ciudades, detrás está la necesidad implícita de una red que las conecte de manera eficiente y veloz con los diferentes agentes y objetos, en particular, la conexión 5G.

Diversos autores han explorado la unión de estas tecnologías, como el caso de Chaer *et al.* (2019), que vislumbran las posibles aplicaciones del Blockchain en redes 5G. Para esto, enlistan una serie de oportunidades que surgen en torno a estas, entre las cuales es relevante mencionar las siguientes:

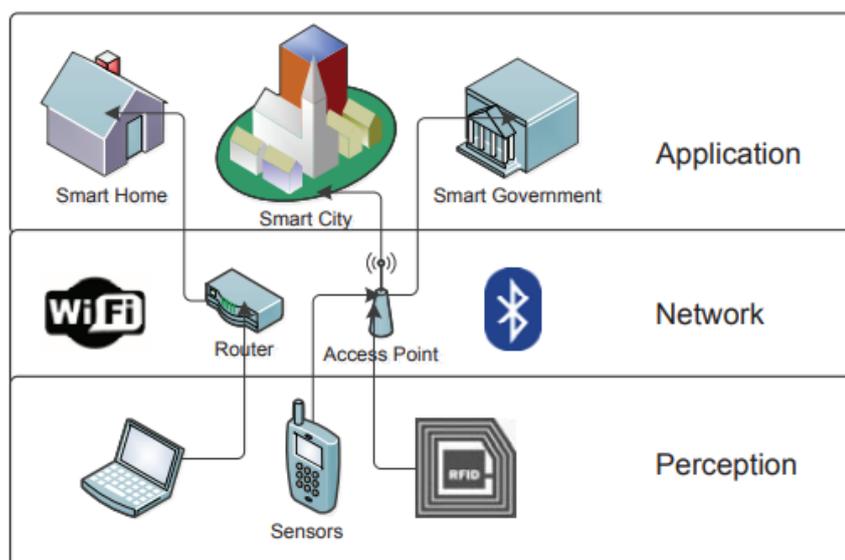
Infraestructura 5G para la financiación colectiva (Crowdsourcing, en inglés). Permite a los pequeños inversores en infraestructuras hacer parte de la infraestructura global del operador. En ese sentido, los pequeños inversionistas deben estar registrados, certificados, gestionados y también se audita el pago automático por el uso de sus torres.

Infraestructura 5G compartida. De la cual se desprenden dos ramas, a saber, itinerancia nacional y uso compartido del espectro. El espectro compartido es el uso colectivo de una porción o banda del espectro electromagnético por dos o más actores (Gallitto, 2017). Normalmente, como anotan Chaer *et al.*, los operadores deben pagar elevadas tasas a los reguladores del espectro. Con la implementación del Blockchain se buscaría un sistema descentralizado que reduzca esos costos.

Itinerancia internacional. Este es un servicio que le da la posibilidad a los usuarios de que continúen utilizando los servicios móviles de voz, mensajes de texto y navegación, mientras están en otros países (GSMA, 2012). Chaer *et al.* mencionan que uno de los grandes desafíos con este servicio es la serie de intermediarios y terceros que establecen unas normas de pago y cargos, dependiendo el tipo de cambio de cada país. Aquí es donde el uso de los contratos inteligentes presentarían su protagonismo, en el sentido que se dan pagos basados en blockchain, en donde se registran y rastrean. Después, se distribuyen en forma de tokens entre las partes, eliminando la intervención de terceros.

Fragmentación de la red. Chaer *et al.* la definen como aquel proceso de leer o especificar información de la infraestructura física o de los servicios y capacidades de red subyacentes. Por lo tanto, esta permite a un operador darle una variedad de usos a una misma infraestructura de red. En el ámbito práctico el sistema Network Slice Broker (NSB) se utiliza para realizar la fragmentación exponiendo las capacidades del servicio del operador móvil. Así pues, los autores recomiendan sistemas descentralizados de blockchain como Storj o IPFS, para sustituir el actual sistema. Otra aplicación de este conjunto de tecnologías, como se mencionó anteriormente, es el Internet de las cosas (IoT). Antes de dar un brocha-zo sobre este ámbito es importante describir el sistema por el cual el IoT funciona. Según Mahmoud *et al.* (2015), dicho sistema funciona por capas, y cada capa está definida por sus funciones y dispositivos usados. En específico, los autores vislumbran tres capas: capa de percepción, capa de red y capa de aplicación. La primera, también conocida como capa de sensores, se encarga de recoger los datos del entorno a través de sensores y actuadores; después de la recolección, dicha información es enviada a la capa de red. Esta capa hace las veces de intermediaria, en el sentido de que envía la información recolectada por la anterior capa, para que se den diferentes procesos, tales como el procesamiento en la nube, pasarelas de Internet, entre otros. Finalmente, al haberse procesado toda la información a través de la red, hace aparición la tercera capa, o capa de aplicación, que garantiza la autenticidad, integridad y confidencialidad de los datos, logrando así las características de un entorno inteligente. Para entender mejor lo anterior, sírvase del siguiente esquema gráfico .

Figura 2. Tres capas del internet de las cosas



Fuente: 10ª Conferencia Internacional sobre Tecnología de Internet y Transacciones Seguras

Estas tecnologías pueden transformar la manera en que los individuos y el sector privado interactúan y realizan transacciones. Así mismo, tiene el potencial de revolucionar diferentes industrias cuando se utilizan de manera conjunta; sin embargo, existen diferentes desafíos a nivel de seguridad y privacidad en el uso de estas.

El objetivo de este artículo es explorar la interacción entre estas dos tecnologías y cómo éstas pueden afectar a diferentes industrias. Por otro lado, se hará un análisis del marco regulatorio en torno a la aplicación de estas herramientas en Colombia, con el fin de vislumbrar el alcance y los beneficios que tendría para el país. Adicionalmente, se hará un estudio de caso de la implementación de estas tecnologías bajo esquemas gráficos en la ciudad de Medellín, teniendo en cuenta la contribución de otros autores. Finalmente, se examinarán algunos desafíos y oportunidades que surgen al integrar estas herramientas tecnológicas en un mundo cada vez más conectado.

Implementación de la red 5G y Blockchain en Colombia

Antes de iniciar con una posible aplicación de estas tecnologías, es pertinente verificar la disponibilidad de estas en el país. Haciendo una revisión sobre los datos disponibles en cuanto a la cobertura de 5G, existen varias fuentes. Una de ellas es la empresa francesa nPerf, dedicada al campo de las telecomunicaciones, que ofrece un mapa mundial de dicha cobertura; pero únicamente muestra los lugares en donde habría conexión sin leyendas explicativas sobre su estado. Otra fuente es la que proporciona Ookla, en la cual se manejan tres estados del servicio:

Disponibilidad comercial: de la cual describen que la conexión está presente y los dispositivos están disponibles para que los consumidores puedan comprarla y usarla.

Disponibilidad limitada: es decir, la conexión está presente pero los dispositivos son limitados.

Pre-lanzamiento: en donde el hardware de la conexión está presente, pero está pasando un periodo de prueba y aún no existe acceso a los consumidores.

En cuanto al mapa de los lugares, Ookla presenta lo siguiente:

Figura 3. Mapa 5G de Colombia



Fuente: Ookla (s.f.)

Con disponibilidad comercial existiría solamente el proveedor Directv, ubicado en Bogotá. Según el portal Plataformas (2020), la implementación de la red 5G se hizo en las localidades de Kennedy y Engativá, brindando el servicio de internet hogar con velocidades de hasta 100 Mbps. En la capital también se encuentran dos proveedores en etapa de prelanzamiento de la red, en este caso, Movistar y Claro. Además, Medellín cuenta con los proveedores Claro y Tigo, también en etapa de prelanzamiento, junto a Barrancabermeja y Cali, en el mismo estado.

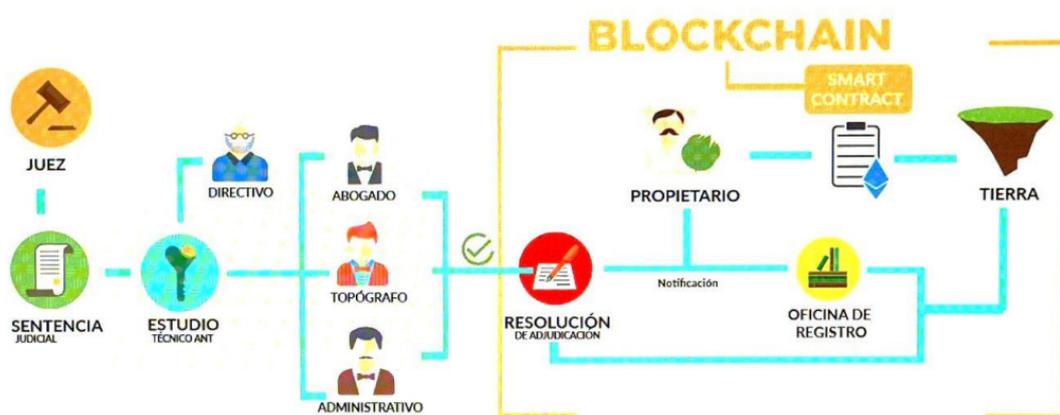
Por otro lado, hay dudas de si el mercado colombiano pueda estar preparado para introducir servicios 5G. Si se hace una comparación con la población colombiana, que en 2021 se estimó en 51.52 millones de habitantes, el acceso a esta tecnología sería de 58.22 %, es decir, que respecto a esa línea aún no se ha cubierto el 100 % de la población. En entrevista entre el CEO de Tigo con el portal DPL News (2021), aquel menciona que la viabilidad de la red 5G vendría dentro de 5 años; lo anterior denota que al país aún le queda camino si quiere aumentar la cobertura de esta novedosa red.

En cuanto a la tecnología Blockchain, la Cámara de Comercio de Bogotá (2019) indica que esta se ha usado en el sector público, sobre todo en el ámbito de las votaciones electrónicas estudiantiles, registro de propiedad de tierras y certificados académicos. Otra aplicación sería la incorporación de criptomonedas basadas en protocolos públicos para el envío de giros y remesas (Dinero citado por SIC, 2018).

Adicionalmente, la superintendencia también menciona la aplicación en el sector financiero, donde se facilitan los sistemas de pagos y transferencias interbancarias a nivel internacional a través de distintos protocolos Blockchain.

En cuanto a las aplicaciones que se han hecho, existe un proyecto liderado por la Universidad Nacional de Colombia, MinTic y Agencia Nacional de Tierras (ANT) llamado “Blockchain Tierras”. Este consiste en el almacenamiento encriptado de documentos y soportes que se originan a partir del proceso de adjudicación de predios, evitando cualquier tipo de manipulación, ajustes no autorizados o cualquier omisión por parte de la agencia (MinTic, 2020). A continuación, un esquema más ilustrativo de los autores sobre este proceso

Figura 4. Flujo del proceso y gobernanza asociada



Fuente: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Telecomunicaciones (2020)

Como se puede ver, al realizar un proceso de adjudicación de tierras, se dan una serie de procesos antes de la aprobación. Según los autores, el punto de inicio sería la resolución de adjudicación por parte de la ANT, finalizando en la notificación a los interesados y posterior consulta por parte de la Oficina de Registro de Instrumentos Públicos. Las interacciones entre el usuario, la tierra, la oficina de registro y la resolución se darían por medio de un contrato inteligente, aplicando para este caso el principio de Blockchain.

Marco regulatorio en Colombia

Normas entorno al 5G

En términos de normativa, la red 5G tendría, según MinTic, tres temas de aplicabilidad de la ley: Sector TIC, Protección de los usuarios y Despliegue de infraestructura. El primero estaría regido bajo la Ley 1955 de 2019, que sería el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, en donde las TIC se introducen de manera transversal entre el Gobierno, empresas y hogares. Por otro lado, en el artículo 310 de la Ley 1955 de 2019, modificado por el artículo 194 de la Ley 1753 de 2015, se menciona la priorización del acceso público a internet, en especial en aquellas zonas donde no llega la cobertura. Por el lado de los

usuarios, las medidas encaminadas a regular esta red serían establecidas por la Comisión de Regulación de las Comunicaciones (CRC). Así pues, las más importantes por parte de esta comisión serían la Resolución CRC 5161 de 2017 y la Resolución CRC 5111 de 2017. En la primera se establecen las medidas en cuanto a la banda ancha en el país; para recibir esta definición la velocidad mínima es de 25 Mbps de bajada y 5 Mbps de subida. Si es “Ultra Banda Ancha”, la velocidad mínima sería de 50 Mbps de bajada y 20 Mbps de subida. La segunda resolución se encarga de dictaminar las medidas de protección de los usuarios que gozan de servicios de comunicaciones. Finalmente, en el Despliegue de infraestructura, Mintic cita el artículo 193 de la Ley 1753 de 2015, la cual dicta lo siguiente:

Los elementos de transmisión y recepción que hacen parte de la infraestructura de los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones, tales como picoceldas o microceldas, que por sus características en dimensión y peso puedan ser instaladas sin la necesidad de obra civil para su soporte estarán autorizadas para ser instaladas sin mediar licencia de autorización de uso de suelo, siempre y cuando cumplan con las condiciones reglamentadas en el Código de Buenas Prácticas para el despliegue de infraestructura adoptado mediante Circular 121 de 2016, el cual fue expedido por la Comisión de Regulación de Comunicaciones - CRC y la Agencia Nacional del espectro - ANE

Como este tipo de infraestructuras emite unos niveles de electromagnetismo, la Agencia Nacional del Espectro es la encargada de controlar dichos niveles, con el fin de proteger a las personas de estas emisiones.

Normas en torno al Blockchain

Haciendo una revisión de la literatura, es notable la ausencia de normas en esta tecnología. Uno de los pocos artículos que menciona algo es el documento “BLOCK CHAIN: LA REVOLUCIÓN DE LA CONFIANZA DIGITAL” de la Superintendencia de Industria y Comercio de Colombia. En un análisis PESTEL, que es un método que permite observar aspectos de oportunidad o amenaza sobre un tema (Prieto, 2015), enlistan los aspectos negativos alrededor de la regulación del Blockchain. Más específicamente, mencionan que en Colombia no existe un marco normativo claro respecto al uso de criptoactivos basados en plataformas Blockchain y modelos descentralizados (SIC, 2018). Además, según ellos, pueden darse actividades irregulares como el lavado de activos, tráfico de drogas, entre otros. Como aspecto positivo, la SIC nombra iniciativas como la Ley de Crowdfunding presentada en el año 2017 por el Ministerio de Hacienda, en donde se reunirían los agentes interesados en incorporar este tipo de tecnologías, así como la Ley Fintech que regula las plataformas de gestión de activos digitales.

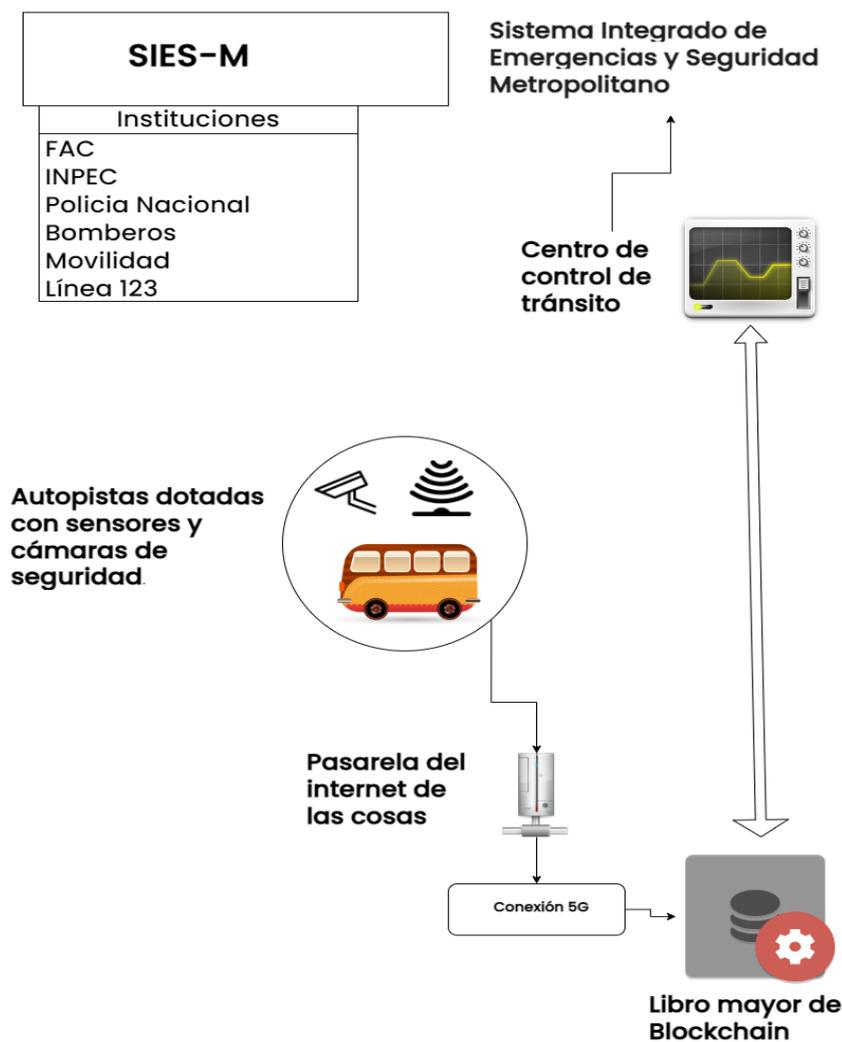
Medellín como ciudad inteligente

A nivel nacional, varias ciudades han comenzado a implementar el esquema de Ciudades Inteligentes, en especial Medellín y Bogotá. Según el documento “Debates sobre Gobierno Urbano” de la Universidad Nacional del 2017 (citado por Ríos, 2020), estas dos ciudades aparecen dentro del grupo de ciudades más sostenibles a nivel Latinoamérica, por su evolución en temas de emprendimiento, integración y generalización del acceso wifi a varios sectores. Por otro lado, dándole un enfoque a la ciudad de Medellín, esta posee un sistema de control de tránsito que va conectado con el Sistema Integrado de Emergencias y Seguridad Metropolitana (SIES-M) y Sistema de Alertas Tempranas (SIATA). El primer sistema busca conectar el centro de operaciones con 10 agencias del gobierno Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2016). Por su lado, el SIATA, según el BID, recoge

información de más de 100 sensores para capturar datos ambientales. La contribución de este trabajo es ilustrar a través de un esquema gráfico como iría integrado el centro de control con el SIES-M, mediante la utilización del Blockchain y 5G, teniendo en cuenta la convergencia de estas tecnologías implementadas en el trabajo de Nguyen *et al.* (2020), así como la configuración del sistema que muestra el trabajo “Estudios de casos internacionales de ciudades inteligentes: Medellín, Colombia”, del BID.

Teniendo en cuenta el estudio del BID, se afirma que la ciudad de Medellín dentro del esquema de ciudades inteligentes tiene como proyectos principales la movilidad, seguridad y medio ambiente. Estos estarían de la mano con sistemas de información y mecanismos de comunicación (BID, 2016). En la configuración del sistema se establece que existe un centro de control de tránsito, encargado de monitorear la movilidad a través de cámaras inteligentes, sensores en el sistema de transporte público y GPS, entre otros. Dicho centro se conecta con el SIES-M, que a su vez está conectado a diferentes instituciones gubernamentales dedicadas a la resolución y asistencia de emergencias. En esa línea, el centro de control de tránsito en compañía de un sistema de Blockchain conectado a una red 5G luciría de la siguiente manera:

Figura 5. Control de tránsito con SIES-M, 5G y Blockchain



Fuente: Elaboración propia a partir de información del BID

Como se observa en el esquema, el punto de partida inicial sería la puesta en acción de los sensores de las autopistas. Estos sensores mandarían los datos reportados a una pasarela de Internet de las cosas, la cual se encargaría de conectar los sensores a la red 5G. Cuando la información este reportada en la red, el siguiente paso es almacenarla en el libro mayor de Blockchain. Como en este caso el centro de control es el que administra este flujo de información, se implementaría una red privada de Blockchain. En esos términos, la entidad gubernamental se encargaría de administrar el libro mayor; una vez se ha administrado los participantes de la red y encriptado de forma segura la información, pasarían los datos al centro de control, cuya función sería enviar la información a entidades tales como la Policía Nacional, Bomberos, Movilidad, Línea de emergencia 123, la Unidad Carcelaria INPEC y la Fuerza Aérea Colombiana, según lo requiera el caso. De esta manera, se estaría garantizando una red rápida, segura y eficiente, que en últimas mejoraría los procesos de movilidad y la pronta atención de emergencias y delitos.

Conclusiones

El presente artículo de investigación hizo una revisión de la literatura existente en torno a las tecnologías 5G y Blockchain para poner en contexto el estado de estas. De este modo, se observó en una etapa inicial la definición de cada una y la evolución que han tenido, desde las primeras conexiones de red hasta la novedosa 5G, así como la primera aplicación del Blockchain de la mano de Satoshi Nakamura, con Bitcoin. Adicionalmente, se exploraron varios autores especializados con el fin de vislumbrar las aplicaciones de las tecnologías de forma individual y conjunta. Todo lo anterior sirve como una membrana contextual para entender las condiciones actuales de la implementación de estas tecnologías en Colombia. Así pues, la contribución de este trabajo se enfoca en brindar herramientas –tanto legales como teóricas– acerca de la aplicación de esta tecnología en el país, mediante la exposición de proyectos que están en etapa de desarrollo y una posible aplicación al control de tránsito en la ciudad de Medellín. Una de las consecuencias detrás de estas innovaciones es el consecuente manejo de información de una forma segura y eficiente; esto se logra de la mano de una robusta seguridad por medio de encriptación que brinda el Blockchain y la rapidez que proporciona el 5G.

A pesar de que existen varias ventajas, surgen retos de privacidad y seguridad que tienen que estudiarse de manera detenida, especialmente en la cadena de bloques que, a nivel nacional, no tiene una regulación del todo clara. Por otro lado, la cobertura en 5G parece limitada, lo cual puede representar una barrera en la aplicación de esta tecnología; en esa línea, para futuras investigaciones, puede ser útil que la academia colombiana brinde recomendaciones para una regulación precisa respecto a este tipo de tecnologías. Finalmente, es prioritaria la necesidad de brindar incentivos en el mercado colombiano para que surjan nuevas invenciones que introduzcan y ayuden a desarrollar este tipo de herramientas.

Referencias

- Banco Interamericano de Desarrollo. (2016). Estudios de casos internacionales de ciudades inteligentes. <https://publications.iadb.org/es/publicacion/17136/estudios-de-casos-internacionales-de-ciudades-inteligentes-medellin-colombia>
- Bartolomé, A., Bellver, C., Castañeda, L. y Adell, J. (2017). Blockchain en educación: introducción y crítica al estado de la cuestión. *EDUTECH, Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 61. <http://dx.doi.org/10.21556/edutech.2018.61>
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2019). Así va el negocio del Blockchain en Colombia. <https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Software-y-TI/Noticias/2019/Agosto-2019/Asi-va-el-negocio-de-blockchain-en-Colombia>
- Chaer, K. Salah, K. Lima, C., Ray, P. y Sheltami, T. (2019). Blockchain for 5G: Opportunities and Challenges. *IEEE Globecom Workshops*, 1-6. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:212646052>
- Constain, S., Mantilla, I., Rueda, G., Trujillo, L., Barrera, J., Thiriat, P., Ustate, A., Triviño, H., Agudelo, O. (2019). Plan 5G Colombia. https://mintic.gov.co/portal/715/articles-118058_plan_5g_2019120.pdf
- Ericsson. (s.f.). 5G por Ericsson. <https://www.ericsson.com/en/5g#:~:text=5G%20is%20the%20fifth%20generation,opportunities%20for%20people%20and%20businesses>
- Ferrer, A., y Sánchez, E. (2019). Aplicaciones de la tecnología blockchain en la documentación científica: situación actual y perspectivas. *Información y comunicación biomédica*, 28(2). <https://doi.org/10.3145/epi.2019.mar.10>
- Gallitto, L. (2017). Compartición de Espectro: Impactos y oportunidades para el Futuro. https://www.itu.int/en/ITU-R/seminars/rrs/RRS-17-Americas/Documents/Forum/4_GSMA_Lucas%20Gallito.pdf
- García, L., Jiménez, J., Abdullah, M., y Lloret, J. (2018). Wireless technologies for IoT in smart cities. *Network Protocols and Algorithms*, 10(1), 23-64. <http://hdl.handle.net/10251/100985>
- GSMA. (2012). Explicación del roaming móvil. América Latina. <https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2012/08/GSMA-Mobile-roaming-web-Spanish.pdf>
- Nguyen, D., Pathirana, P., Ding, M., y Seneviratne, A. (2020). Blockchain for 5G and beyond networks: A state of the art survey. *Journal of Network and Computer Applications*, 166. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1084804520301673>
- nPerf. (s.f.). Mapa de cobertura 5G en todo el mundo. <https://www.nperf.com/es/map/5g>
- Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (2020). Guía de referencia para la adopción e implementación de proyectos de tecnología blockchain para el Estado colombiano. https://gobiernodigital.mintic.gov.co/692/articles-161810_pdf.pdf

- Mahmoud, R., Yousuf, T, Aloul, F., y Zualkernan, I. (2015). Internet of things (IoT) security: Current status, challenges and prospective measures. *10th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST)*, 336-341. <https://doi.org/10.1109/ICITST.2015.7412116>
- Ookla. (s.f.). Mapa 5G de Ookla. <https://www.speedtest.net/es/ookla-5g-map>
- Plataformas. (9 de septiembre de 2020). DIRECTV LANZA EL PRIMER PLAN DE INTERNET 5G PARA HOGARES EN COLOMBIA. <https://plataformas.news/operadores/nota/directv-lanza-el-primer-plan-de-internet-5g-para-hogares-en-colombia>
- Prieto, D. (2015). Análisis de los factores del entorno bajo el enfoque de PESTEL y DAFO para el proyecto empresarial “FEQUIMA”: Portal web de maquinarias, equipos y herramientas en Brasil. *Sapienza Organizacional*, 2(3), 129-152. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=553056601009>
- Ríos, P. (2020). De la Ciudad Industrial a la Ciudad Informacional: Impactos territoriales de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -TIC- en la transformación de Medellín (2008 – 2020). [Tesis de grado]. Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/80628/1035223607.2021.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Rose, K., Eldridge, S., y Chapin, L. (2015). The internet of things: An overview. *The internet society (ISOC)*, 80, 1-50. <https://www.internetsociety.org/wp-content/uploads/2017/08/ISOC-IoT-Overview-20151221-en.pdf>
- Superintendencia de Industria y Comercio. (2018). Block Chain: La revolución de la confianza digital. Boletín Tecnológico. https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/Propiedad%20Industrial/Boletines_Tecnologicos/Boletin_Blockchain.pdf
- Universidad de la Salle Oaxaca (s.f). ¿Qué es el Bitcoin? Proyectos estudiantiles. <https://noticias.ulsaoaxaca.edu.mx/wp-content/uploads/2021/01/QU%C3%89-ES-EL-BITCOIN.pdf>
- Vargas, S. (12 de julio de 2021). Los pasos de Colombia hacia 5G. DPL News. <https://dplnews.com/los-pasos-de-colombia-hacia-5g/>
- Wu, G., Talwar, S., Johnsson, K., Himayat, N., y Johnson, N. (2011). M2M: From mobile to embedded internet. *IEEE Communications Magazine*, 49(4), 36-43. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:14394210>