


# enerLAC

Revista de  
Energía de  
Latinoamérica  
y el Caribe





Fotografía de la portada ©ICE, Dirección Comunicación  
e Identidad Corporativa, Parque Eólico Tejona  
Fotografías solicitadas por - OLADE.  
Autor artístico, fotógrafo: Jimmy Arriola Barrantes.

© Copyright Organización Latinoamericana de Energía  
(OLADE) 2017. Todos los derechos reservados.

[www.olade.org](http://www.olade.org)  
[enerlac@olade.org](mailto:enerlac@olade.org)  
(+593 2) 2598-122 / 2598-280 / 2597-995 / 2599-489  
Quito, Ecuador

## COMITÉ EDITORIAL

*Alfonso Blanco*

SECRETARIO EJECUTIVO

*Andrés Schuschny*

DIRECTOR DE ESTUDIOS, PROYECTOS E INFORMACIÓN

*Pablo Garcés*

ASESOR TÉCNICO

*Martha Vides L.*

ESPECIALISTA PRINCIPAL DE HIDROCARBUROS

*Alexandra Arias*

ESPECIALISTA PRINCIPAL DE ELECTRICIDAD

*Blanca Guanocunga*

BIBLIOTECARIA

## COORDINADOR@S DE LA EDICIÓN

*Alfonso Blanco*

DIRECTOR

*Pablo Garcés*

EDITOR

*Andrés Schuschny, Martha Vides L.*

REVISORES

*Las ideas expresadas en este documento son responsabilidad de los autores y no comprometen a las organizaciones mencionadas.*

## DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN

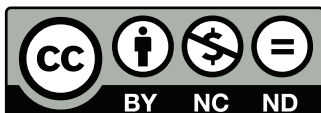
*Ana María Arroyo*

CONSULTORA DE DISEÑO GRÁFICO

## COLABORADORES:

Un agradecimiento al Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, Ecuador por el apoyo brindado en esta edición; y a *Jaime Martí*, Investigador CIMNE (*International Center for Numerical Methods in Engineering*); *Ricardo Narváez*, Subdirector Técnico del INER (Instituto Nacional de Eficiencia Energética y Energías Renovables, Ecuador); *Alberto Reyes*, Investigador INEEL (Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias, México); *Javier Martínez*, Profesor en la UISEK (Universidad Internacional SEK, Ecuador).

*Marysol Materán*, Consultora de Investigación





# LA *BLOCKCHAIN* Y SUS POSIBLES APLICACIONES EN EL ÁMBITO DE LA ENERGÍA

Andrés Schuschny<sup>1</sup>

Recibido: 19/oct/2017 y Aceptado: 25 /oct/2017  
ENERLAC. Volumen I. Número 2. Diciembre, 2017 (60-78).



<sup>1</sup> Director de Estudios, Proyectos e Información de la Organización Latinoamericana de Energía, Doctor en Economía y Licenciado en Ciencias Físicas de la Universidad de Buenos Aires. [andres.schuschny@olade.org](mailto:andres.schuschny@olade.org) (Twitter: [@schuschny](https://twitter.com/schuschny))

## RESUMEN

Se presenta una potencial herramienta que pudiera contribuir al desarrollo de los sistemas de generación distribuida, entre otras posibles aplicaciones en el ámbito de la energía: la *Blockchain*. Con la creación del *Bitcoin*, la revolucionaria criptomoneda de la que tanto hoy se habla, apareció una miríada de aplicaciones en los más diversos ámbitos de la actividad económica, basadas en la tecnología sobre la cual se asienta el *bitcoin*. Dada la complejidad conceptual que rodea a tan novedosa herramienta, este artículo tiene por objetivo presentar las principales características de esta tecnología, que se denomina como “*blockchain*” o cadena de bloques, y mostrar las posibilidades que tiene de ser empleada en el ámbito de la energía, particularmente en el sector eléctrico.

**Palabras Claves:** *Bitcoin, Blockchain, Cadena de Bloques, Criptofinanzas, Generación Distribuida, Energía Transactiva, Sector Eléctrico.*

## ABSTRACT

*A new tool for accounting transactions is presented: the Blockchain, which could contribute to the development of distributed generation systems among other possible applications in the field of energy. With the creation of Bitcoin, the revolutionary cryptocurrency, a myriad of applications appeared in the most diverse areas of economic activity. Technology on which bitcoin is based on is known as the Blockchain. Given the*

*conceptual complexity surrounding such a novel tool, this article aims to present the main characteristics of this technology showing the possibilities that have to be used in the field of energy, particularly in the electricity sector.*

**Keywords:** *Bitcoin, Blockchain, Cryptofinances, Distributed Generation, Transactive Energy, Electric Sector.*

## 1. INTRODUCCIÓN

De más está decir que, a nivel global, el sector energético está adquiriendo un gran dinamismo fruto de los notables cambios tecnológicos que se han venido dando en las últimas décadas. Esto se ha visto motivado por el importante abaratamiento que han tenido las energías renovables, como la solar fotovoltaica y la eólica, y la creciente preocupación provocada por el cambio climático, suscitado por el incremento de la concentración de dióxido de carbono generado, principalmente, por el uso masivo de los combustibles fósiles. Luego de muchos años de debate, la movilización de la comunidad internacional en busca de soluciones coordinadas ha quedado expresada en el Acuerdo de París cuyo objetivo es mantener el aumento de la temperatura media mundial por debajo de los 2 °C con respecto a los niveles preindustriales promoviendo un desarrollo con bajas emisiones de gases de efecto invernadero, de un modo que no comprometa la producción de alimentos.

Esta verdadera transformación, que desde Alemania se ha bautizado como la “**transición energética**”, busca mejorar la seguridad del suministro y promover la diversificación de la canasta energética a través de la penetración creciente de las energías renovables no convencionales y así permitir que los países sean menos vulnerables a los vaivenes de los precios internacionales, al incrementarse el grado de autarquía energética. Este cambio ya se observa en países como la República Oriental del Uruguay, que se ha convertido en el primer país de América Latina y el Caribe y el segundo en el mundo en tener la mayor participación en energías renovables no convencionales o la República de Chile, cuyas políticas orientadas a promover la energía solar están expandiendo de manera estrepitosa la penetración de esa fuente.

Ante todos estos cambios, emerge el concepto de la generación distribuida, que consiste en la instalación e interconexión de múltiples pequeñas fuentes de generación de energía eléctrica (con potencias que pueden ubicarse digamos, entre los 2 kW y los 10kW) y cuya distribución se realiza en lugares lo más próximos posibles a las cargas a través de micro-redes llevando el concepto de autarquía energética al nivel de lo local o con la implementación de sistemas de medición neta de electricidad o *net metering*.

Según afirman los defensores de la generación distribuida, estos sistemas reducen las pérdidas en la red ya que la electricidad se distribuye al margen de las redes de transmisión, por lo que se descongestiona el transporte de energía. Además, sienta las bases para que, incluso los hogares se conviertan en **prosumidores**, es decir, en nodos que, además de consumir energía eléctrica, la generan, auto-consumiéndola o entregándola al sistema, por ejemplo, a través de la instalación de paneles fotovoltaicos en los techos de las casas y su complementación con sistemas de almacenamiento como son las baterías hogareñas. Se podría metaforizar que los sistemas de generación distribuida son a los

sistemas de abastecimiento de electricidad, lo que Internet es a las comunicaciones.

El paradigma de la generación distribuida no sólo comporta todo un desafío para la regulación existente sino también, tecnológico ya que, su implementación requiere la presencia de sofisticados sistemas de adquisición, contabilidad, certificación e intercambio de datos, además de los inconvenientes relacionados con el tratamiento de la variabilidad de las fuentes.

Actualmente, cuando una planta de generación de energía renovable entrega energía al sistema, un medidor registra la energía producida. Esa información se envía a un proveedor de registro, donde se la introduce en un nuevo sistema y se crea un certificado. Un segundo grupo de intermediarios negocia entre compradores y vendedores de certificados, y otra parte los verifica después de la transacción. Esta intermediación entre múltiples actores aumenta los costos de transacción a la vez que crea las condiciones para que se registren errores contables. Así, la falta de transparencia desalienta la dinamización del mercado potencial.

A lo largo de este artículo se presenta una novedosa herramienta: la *Blockchain*, que pudiera contribuir al desarrollo y certificación de los sistemas de generación distribuida entre otras posibles aplicaciones en el ámbito de la energía. Con la creación del *Bitcoin*, la revolucionaria criptomoneda de la que tanto hoy se habla, apareció una miríada de aplicaciones en los más diversos ámbitos de la actividad económica, basadas en la tecnología sobre la cual se asienta el *bitcoin*. Dada la complejidad conceptual que rodea a tan novedosa herramienta, este artículo tiene por objetivo presentar las principales características de esta tecnología disruptiva que se denomina como “*blockchain*” o cadena de bloques y mostrar las posibilidades que tiene de ser empleada en el ámbito de la energía, particularmente en el sector eléctrico, esbozando el alcance de sus posibilidades.



## 2. EL NACIMIENTO DEL *BITCOIN*

En el año 2008 se produce una crisis financiera global que se origina con el derrumbe del mercado de las hipotecas subprime en los EEUU y se propaga al resto del mundo. Para mitigar los impactos reales de la crisis los principales Bancos Centrales del mundo inician una política monetaria expansiva inyectando una enorme liquidez en el sistema y evitar así su propagación. El alto endeudamiento que produjo esta crisis resultó ser el caldo de cultivo de un debate que puso en cuestión la solidez de los sistemas de divisas fiduciarias respaldadas por los gobiernos. Es en este contexto que nace el *Bitcoin* (BTC).

Desde la aparición de Internet habían existido variados intentos para crear una divisa digital. Pero no había sido posible resolver el problema de desconfianza fruto del potencial doble gasto, por lo que todos los sistemas formulados hasta ese entonces planteaban la necesidad de considerar una tercera parte o autoridad centralizada que, como un Banco Central, brinde la confianza necesaria para validar un sistema de estas características.

En agosto del 2008 se registra el dominio [www.bitcoin.org](http://www.bitcoin.org) y en octubre, se publica el primer documento que explica el diseño del *bitcoin*. Dicho artículo intitulado: *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*, fue publicado inicialmente en el *Mailing List* sobre criptografía del sitio: [www.metzdowd.com](http://www.metzdowd.com) y llevaba la autoría de un tal Satoshi Nakamoto (2008). Si bien no son pocas las comunidades que claman por el otorgamiento del Premio Nobel de Economía a Satoshi Nakamoto, su identidad real, al día de hoy, permanece desconocida. Es probable que se trate de un mero seudónimo que nuclea a un grupo de hackers desarrolladores responsables de la creación del protocolo *bitcoin*. A mediados del 2010, Satoshi Nakamoto hizo su última contribución pública al desarrollo del *Bitcoin* y nombró a Garvin Andersen como la cabeza visible de la fundación<sup>1</sup> y el desarrollo del *bitcoin*.

<sup>1</sup> <http://www.bitcoin.org>

En enero del 2009, nace la red *bitcoin* con la publicación del primer código abierto de un cliente del protocolo *bitcoin*. Por ese entonces, Satoshi Nakamoto mina el primer bloque de *bitcoins*, conocido como el Bloque Génesis por el que recibe 50 *bitcoins*. Se realiza la primera transacción en *bitcoins* cuando Satoshi Nakamoto envía *bitcoins* a Hal Finney. En octubre de 2009, se realiza el primer cambio de dólares por *bitcoins* en el broker New Liberty Standard<sup>2</sup>. El 22 de mayo del 2010, el hoy tristemente famoso desarrollador informático Laszlo Hanyecz compró dos pizzas por 10,000 *bitcoins*<sup>3</sup>. El precio de esta primera transacción de intercambio por otra divisa fue de 1.309,03 BTC por un 1 USD. Se inicia así la revolución de las criptomonedas o cripto finanzas la cual también, como veremos, impactará en otras áreas. Durante el año 2017, en el contexto de un ecosistema de más de 917 criptomonedas, entre las que se encuentran también *Ethereum* (ETH), *Ripple* (XRP), *Litecoin* (LTC), etc<sup>4</sup>., el BTC llegó a cotizar a 7900 USD por BTC el 8 de noviembre del 2017, más que cualquier otra denominación que haya actuado como almacén de valor.

No se requieren muchos conocimientos para operar con *bitcoin*. Se puede abrir una cuenta en uno de los numerosos Exchange (o sea un sitio con el que se puede transar criptomonedas por divisas tradicionales) o instalar una de las tantas versiones de “billetera o monedero virtual”<sup>5</sup> en algún dispositivo luego de registrarse en el sitio [Bitcoin.org](http://Bitcoin.org) (traducido a 26 idiomas). Cuando se realiza una transacción (o sea la transferencia de cierta cantidad de *bitcoins* de un usuario a otro) la información respectiva se difunde a través de la red de par-a-par (P2P) a una base de datos denominada como *blockchain* o cadena de bloques y que se explica en la siguiente sección. El sistema calcula los respectivos balances

<sup>2</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Historia\\_del\\_bitcoin](https://es.wikipedia.org/wiki/Historia_del_bitcoin)

<sup>3</sup> Un monto que al 8 de noviembre del 2017, equivaldría los 79.000.000 USD, aproximadamente.

<sup>4</sup> <http://coincap.io/>

<sup>5</sup> <https://bitcoin.org/es/elige-tu-monedero>

contables que quedan debidamente registrados una vez que estos son validados por la plataforma. Como el sistema trabaja con un conjunto de llaves o códigos encriptados, la pérdida de esa información provocaría la pérdida de los *bitcoin* atesorados. Por eso, además de tener guardada la información en dispositivos pueden imprimirse en papel esos códigos, lo que se denomina como almacenamiento frío (“*cold storage*”). Una vez realizada una operación no es posible revertirla. Si bien cualquier usuario puede registrarse con un nombre de fantasía, el historial de todas las transacciones realizadas por él, y por todos, puede ser recuperado e identificado.

El protocolo *bitcoin* no es sólo una manera de enviar “dinero” de un agente a otro. Tiene muchas más funciones y abre un universo de posibilidades que la comunidad global está analizando. Seguramente los usos más interesantes de *bitcoin*, y de su tecnología subyacente: la *blockchain* o cadena de bloques todavía están por descubrirse. En el presente artículo se describe esta disruptiva tecnología y se presentan algunas aplicaciones que han surgido en el ámbito de la energía y se esboza el alcance de sus posibilidades.

### 3. LA BLOCKCHAIN

Al presentar el *Bitcoin*, Satoshi Nakamoto (2008) define un novedoso protocolo algorítmico y criptográfico de intercambio y almacenamiento de información que facilita la realización de transacciones entre agentes a través de una red descentralizada P2P y que da en llamar *Bitcoin*, dando origen así a las criptomonedas. A diferencia de las tradicionales monedas fiduciarias, las criptomonedas no son creadas ni controladas por institución alguna como podría ser un Banco Central o una red de transacciones centralizada como las que conforman las tarjetas de crédito.

El protocolo algorítmico sobre el cual se basa el *bitcoin*, establece un conjunto de reglas basadas en los principios de la computación distribuida,

que aseguran la integridad del intercambio de información entre dispositivos, sin la necesidad de recurrir ni tener que confiar en una tercera parte que valide y certifique las transacciones.

Todo esto se realiza a través de lo que Nakamoto (2008) denomina como *Blockchain* (traducida como cadena de bloques), que consiste en una tecnología de transacciones digitales que facilita la consolidación de la información, permite su almacenamiento en forma segura y posibilita la realización de contratos (transacciones) en redes tipo P2P. La *blockchain* o cadena de bloques es a la confianza, lo que Internet es a la información; es el medio a través del cual se protocolizará, si vale el término, la confianza en la Red.

En sí, la *blockchain* consiste en una base de datos distribuida, formada por bloques diseñados con el fin de evitar su modificación una vez que un dato ha sido publicado en uno de ellos. Para eso utiliza un sellado criptográfico y queda enlazado a un bloque anterior. Por esta razón, la *blockchain* es especialmente adecuada para almacenar de forma creciente datos ordenados en el tiempo y sin posibilidad de modificación ni revisión.

**El paradigma de la generación distribuida no sólo comporta todo un desafío para la regulación existente sino también, tecnológico ya que, su implementación requiere la presencia de sofisticados sistemas de adquisición, contabilidad, certificación e intercambio de datos.**

Los datos almacenados en una *blockchain* suelen ser transacciones, pero bien puede registrarse en ella todo tipo de información. Por ejemplo, una *blockchain* puede ser usada para notariar o certificar documentos y “sellarlos” frente a cualquier tipo de alteraciones ulteriores.

La *blockchain* cumple entonces la función de un sistema de contabilidad o registro público que es compartido en línea y que contiene cualquier



contenido de información (el cual puede ser accesible o no). El objetivo primordial de una *blockchain* es mantener un registro, libro de contabilidad o base de datos distribuida de cierto tipo de información a lo largo del tiempo y que esta resista modificaciones malintencionadas. Al apuntar todas las transacciones de manera irrevocable (después de las confirmaciones), se sabe en todo momento cuantos *bitcoins* tiene cada miembro de la red y se evita que estas se puedan usar de manera duplicada o sean empleadas por terceros. Así mismo, la *blockchain* ilustra como el *bitcoin* es una moneda fiduciaria pura, es decir, que no es nada más que una anotación contable. Un bloque incorpora las transacciones realizadas en, aproximadamente, 10 minutos y tiene un sello temporal indicando cuándo se han realizado las mismas. Una vez que un bloque ha sido añadido a la cadena, las transacciones que este contiene han sido confirmadas. Después de 6 confirmaciones (aproximadamente 1 hora), el protocolo *bitcoin* asume que la transacción ha sido confirmada suficientemente y ya no puede ser revertida.

En el caso del *bitcoin*, la *blockchain* es una base de datos estructurada en segmentos (los bloques) que facilita la conformación de un libro contable (*ledger*) donde se registran las tenencias u operaciones con un carácter abierto, pero encriptado. Así, se conforma una red de intercambios a través de la cual se operacionalizan y validan transacciones entre pares sin la intervención de intermediarios. La naturaleza distribuida de la base de datos de la *blockchain* implica que es más difícil atacarla, se tendría que acceder a cada una de las copias de la base de datos simultáneamente para tener éxito.

El encriptado de información (criptografía) se utiliza en varias instancias del proceso de realización, validación y registro de las transacciones por lo que le brinda la seguridad necesaria a la *blockchain* como para que esta se convierta en la infraestructura de todo el sistema de intercambios y, por tal motivo, emerge como un nuevo paradigma que le brinda a la Internet la faltante capa descentralizada de confianza que

faltaba desarrollar. Previamente a la creación de la *blockchain*, la confianza residía en la intervención de alguna tercera parte que actuaba como referente validador de los intercambios, sea una red bancaria, sea una red de pagos o tarjeta de crédito. Es por ello que el concepto detrás de la *blockchain* puede tornarse en una revolucionaria herramienta de alcances inusitados tal como se ha puesto de manifiesto en los numerosos emprendimientos que han surgido en torno al concepto.

La base de funcionamiento de la *blockchain* se asienta en la función matemática denominada como “función hash”. La matemática de las funciones hash se conoce desde la década de los ‘50 y se popularizó en el ámbito del estudio de la criptografía moderna. Se trata de una función que “resume” una cadena de datos de cierta longitud (larga) en una cadena más corta de longitud fija (mucho más corta) permitiendo que la misma información de entrada proporcione siempre la misma información de salida. Los “hashes” son cadenas de caracteres que actúan como una huella digital y que sirven para verificar que un cierto contenido de información extenso no ha sido alterado sin necesidad de conocer dicho contenido (Swan, 2015).

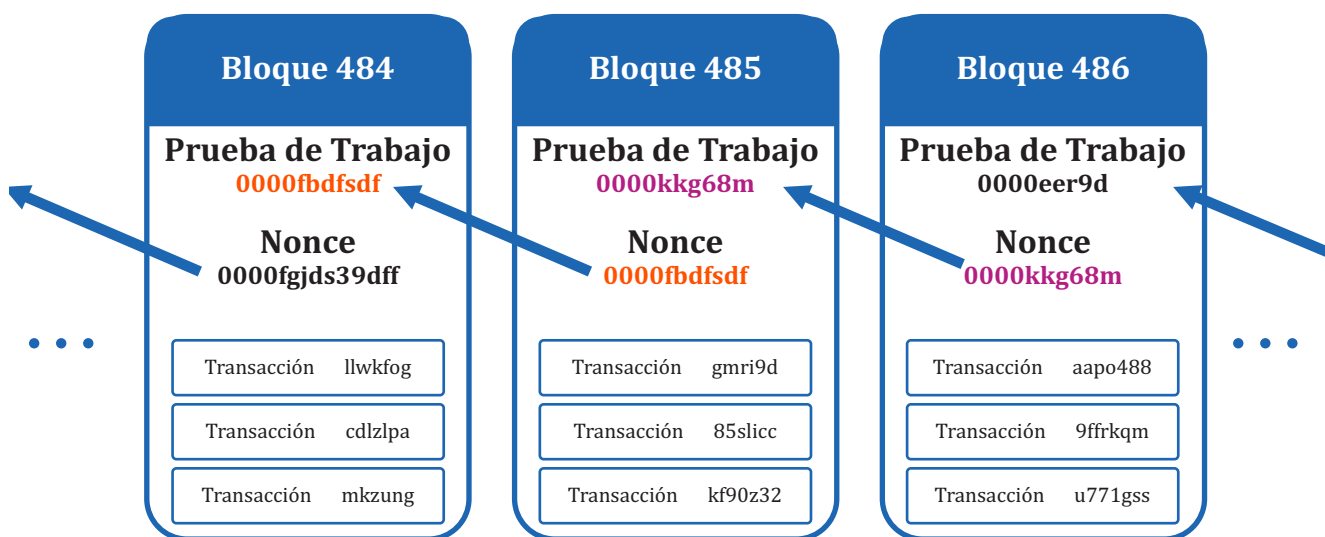
Cada bloque comienza con un hash propio, generado con el algoritmo de encriptación *SHA256*, y el hash del bloque anterior, lo que permite reconstruir la cadena de manera recursiva como si fueran encastres de ladrillos de lego sucesivos. A cada bloque se le añade un dato extra llamado “nonce” que contiene el hash del bloque anterior (Figura 1). Si se cambia cualquier dato en cualquier bloque queda invalidada la firma de ese bloque, pero también la de todos los siguientes, porque a partir de ahí los *hashes* y *nonces* dejan de coincidir. Si el cambio se hiciera con el bloque más reciente podría validarse o como se dice en la jerga: minarse de nuevo para “arreglarlo”, pero cuanto más se remonta el cambio al pasado más bloques habría que recalcular, una tarea que pronto se vuelve, en la práctica, computacionalmente imposible.

Cada transacción dentro de un bloque se registra a partir de dos direcciones *bitcoin* (entre las cuales se realiza el intercambio) y las firmas. Las firmas son utilizadas en forma combinada mediante una firma pública y otra privada. La firma pública puede ser utilizada para ver el historial de transacciones de un usuario, por ejemplo, pero no puede ser usada para realizar una transacción a menos que se conozca y utilice la firma privada. La firma privada es la que se requiere para acceder a una cuenta y ejecutar las transacciones (Swan, 2015).

Una *blockchain* es como un espacio donde un agente puede guardar información en forma semi-pública en una suerte de contenedor (los bloques). Cualquier otro agente puede verificar que esa información fue ubicada allí pues el bloque incluye la firma del agente que la ubica allí, pero solamente este último agente puede visibilizar lo que hay dentro pues él posee la llave privada que lo habilita a hacerlo. Entonces, la *blockchain* se comporta como una base de datos en la que parte de la información allí contenida es pública y parte privada<sup>6</sup>.

**La blockchain consiste en una base de datos distribuida, formada por bloques diseñados con el fin de evitar su modificación una vez que un dato ha sido publicado en uno de ellos.**

Figura 1. Esquema de la *Blockchain*



Fuente: Elaboración propia

<sup>6</sup> En rigor, existen también cadenas de bloque que puede ser privadas. En este caso la información no queda disponible a todo usuario.

Por otro lado, la *blockchain* es un sistema distribuido, público y notariado que registra, como si fuera un libro contable, todas las transacciones que se realizan en ella y que pueden verificarse y certificarse por cualquier usuario, de manera tal de poder cotejar la validez de cada transacción con el fin de evitar la doble contabilidad, por ejemplo, y facilitar así el procesamiento de transacciones en forma enREDada, sin intermediaciones de terceras partes. El paradigma subyacente se basa en un concepto clave de la revolución criptográfica denominado como “consenso distribuido”.

El protocolo *bitcoin* es de código abierto lo que permite la verificación de su comportamiento por la comunidad de interesados. De igual manera, el código está sometido a la evolución con contribuciones de los miembros de la red que lo pueden modificar. Se estima que más del 70% del código original de Nakamoto ha sido mejorado. La red es descentralizada ya que no existe un nodo central que coordine el comportamiento de la misma y tiene una topología plana, aunque la Fundación *Bitcoin* mantiene la supervisión del sistema *bitcoin*. Es por ello que han surgido otras numerosas criptomonedas que modificaron el algoritmo o hasta lo mejoraron y que hoy compiten entre sí. En <http://coincap.io/> se puede consultar las cotizaciones en tiempo real de las centenas de criptodivisas que han emergido.

#### **4. LA OFERTA MONETARIA Y EL MINADO DE BITCOINS**

La red descentralizada de *bitcoins* está compuesta por todos aquellos miembros que han bajado e instalado el protocolo *bitcoin* bajo el uso de alguna de sus implementaciones denominadas como monederos virtuales en sus computadoras o dispositivos móviles y que les permite efectuar y recibir pagos (transacciones). Sin embargo, para que el sistema posea la capacidad de cómputo y almacenamiento necesario, existen otros usuarios más sofisticados que ofrecen dicha capacidad configurando un conjunto de nodos

más complejos de la red de *bitcoin* y cuya labor es premiada mediante el proceso de “minado” de *bitcoins*.

Como el saldo inicial en *bitcoins* de un monedero es cero el usuario que lo instaló debería recibir pagos en *bitcoins* de un tercero (como una contraprestación contractual de un bien o servicio o una transferencia), comprarlos en uno de los múltiples mercados existentes o Exchanges o, alternativamente: “minar” *bitcoins*.

Cada monedero electrónico genera y almacena claves públicas y privadas. Un usuario promedio de la red no tendría por qué preocuparse por conocer cuáles son o cómo se generan las claves, aunque debe mantener la clave privada en secreto para no perder sus tenencias. Como sucede con los números de una cuenta bancaria, cuando un miembro quiere recibir un pago, solo tiene que entregar una dirección de *bitcoin* que el programa le suministra. Cuando otro miembro quiere efectuar un pago emplea su dirección de *bitcoin* y una firma electrónica generada con su clave privada, similar a cuando se autoriza un pago desde una cuenta corriente dando una contraseña. Cuando un pago se ha realizado a través de la red, este es irreversible.

El protocolo *bitcoin* posee un algoritmo prefijado de emisión de la moneda a lo largo del tiempo. Eventualmente habrá 21 millones de *bitcoins* y no se emitirán más, por lo que se trata de una moneda deflacionaria. Al 8 de noviembre del 2017, se han emitido más de 16.6 millones de *bitcoins* cada uno de los cuales llegó a alcanzar un valor de 7900 USD, superando una capitalización de mercado de 130.000 millones de dólares. Por otro lado, la unidad de cuenta puede subdividirse en menores denominaciones, siendo la más pequeña el satoshi, equivalente a  $10^{-8}$  *bitcoins*.

Al momento de su lanzamiento, cada 10 minutos, aproximadamente, se emitían 50 nuevos *bitcoins*, a los 4 años, esa cantidad se redujo a la mitad, a partir del 2016, la cantidad se redujo a 12.5 nuevos *bitcoins* cada 10 minutos y, sucesivamente

cada cuatro años, se irá cortando por la mitad la cantidad de nuevas unidades emitidas hasta que en algún momento se alcance el límite de los 21 millones. Este límite superior es uno de los atractivos para muchos de los partidarios de *bitcoin* pues no hay riesgo de inflación. Si el nivel de uso de la moneda crece, el límite en el número de *bitcoins* implicará una deflación constante.

Aunque las personas pueden mantener su identidad anónima, cada transacción es totalmente pública y se puede consultar en numerosos sitios<sup>7</sup>. Antes de incorporarse a la blockchain, las transacciones deben ser verificadas por la red con el fin de comprobar que los *bitcoins* son auténticos o que no se emplean de manera duplicada. En este proceso de consenso distribuido, cuando una transacción se efectúa, los detalles de la misma se emiten a todos los nodos de la red. Aquellos miembros interesados en verificar transacciones acumulan un conjunto de ellas mientras resuelven una “prueba de trabajo” o *proof of work* (PoW). La verificación de las transacciones es realizada por los “mineros” de *bitcoins* que son quienes aportan su capacidad de cómputo para viabilizar el sistema y reciben a cambio fracciones de los nuevos *bitcoins* emitidos, a modo de comisión y con un carácter estocástico que genera la prueba de trabajo.


El concepto de la prueba de trabajo surgió en el ámbito del movimiento *cyberpunk*. Una “prueba de trabajo” es una operación basada en “adivinar” un conjunto de caracteres aleatorios y que lleva mucho tiempo calcular pero que es muy fácil de comprobar cuando se ha efectuado correctamente.

Como ya se comentó, cada bloque de la *blockchain* lleva adjunta una cadena de caracteres, llamada *nonce*. Las computadoras “minerías” tienen que buscar la serie correcta de forma que el bloque completo satisfaga una cierta condición aleatoria. Los hashes son funciones unidireccionales, así que no hay forma de saber el *nonce* correcto o de

diseñar en forma *ad hoc* el *nonce* correcto. La única forma de encontrar un buen *nonce* es intentarlo aleatoriamente hasta que uno funcione.

El protocolo *bitcoin* está diseñado para que esta “prueba de trabajo” lleve unos diez minutos de media. Cada 2016 bloques, se mide el tiempo empleado y la complicación de la “prueba de trabajo” se incrementa o se reduce para intentar volver a unos diez minutos de media en los siguientes 2016 bloques generados. Dado el incremento en la velocidad de los ordenadores dedicados a la verificación, esta dificultad ha ido creciendo de manera notable. Una vez que la “prueba de trabajo” es completada, se envía a los demás nodos de la red. Cada uno de ellos efectúa sus comprobaciones independientes de que las operaciones han sido realizadas correctamente.

El primer nodo de la red de mineros que completa la “prueba de trabajo” y cuyo resultado es aceptado por un conjunto de otros nodos, añade el nuevo bloque de transacciones que ha generado mientras buscaba la “prueba de trabajo” a la *blockchain*, recibe los nuevos *bitcoins* emitidos por el sistema (la oferta monetaria) y una pequeña comisión de las transacciones. Estos pagos generan un incentivo para participar del sistema de verificación de las transacciones, es decir



**La *blockchain* como sistema de registro inalienable de transacciones no sólo puede aplicarse al ámbito de las cripto finanzas y los sistemas de pago. Existen numerosas áreas en las que se requiere la participación de entidades que certifiquen o validen acuerdos entre partes.**

<sup>7</sup> <https://blockexplorer.com/>



facilitar capacidad de cómputo y convertirse en minero de *bitcoins*. De esta manera, se distribuye la emisión monetaria en forma descentralizada y al azar entre los mineros. Cuando todos los *bitcoins* hayan sido emitidos, la comisión de pagos será el incentivo para seguir participando de la verificación de los pagos. Técnicamente, la emisión monetaria se realiza a través del nuevo bloque incorporado en el que hay una nueva dirección de *bitcoin* con las nuevas monedas y cuyo tenedor es el minero beneficiado.

Un aspecto interesante del *bitcoin* y que se puede extender a otros sistemas de pagos, es que las transacciones se incorporan a los bloques según una cola de prioridad basada en la comisión de cobro: transacciones que pagan más comisión se incorporan antes.

El carácter aleatorio de la verificación de las transacciones y de la conformación de la *blockchain* desalienta la doble contabilidad o el doble gasto ya que en los 10 minutos que, como mínimo, dura el proceso es posible cotejar este tipo de intentos.

Al basarse en el rastreo de números aleatorios por parte de numerosas computadoras, la “prueba de trabajo” resulta ser un proceso muy consumidor de recursos computacionales y, por lo tanto, de energía eléctrica. La energía usada para encontrar los *nonces* se pierde para siempre. Es por eso que han surgido otros sistemas de verificación de transacciones menos consumidores de energía como el “*Proof of Stake*” (PoS) o “Prueba de Participación”, que se basa en la suposición de que quienes poseen más unidades de una moneda basada en el PoS están especialmente más interesados en el buen funcionamiento del sistema que otorga valor a dichas monedas y, por lo tanto, son los más indicados para cargar con la responsabilidad de proteger al sistema de posibles fraudes. Así, el protocolo PoS los premia con una menor dificultad para encontrar bloques que resulta ser inversamente proporcional al número de monedas que posean y permite que

el algoritmo para identificar el *nonce* sea mucho menos demandante de computación y por lo tanto de energía eléctrica.

La Plataforma *Ethereum*, que generaliza el concepto detrás del *bitcoin* al ámbito de los *Smart Contracts* o “Contratos Inteligentes” y que abre un universo de aplicaciones que pueden aprovecharse en el ámbito de la energía, se basa en este método de verificación.

## 5. NUMEROSAS APLICACIONES DE LA *BLOCKCHAIN*

Con el surgimiento de la Internet se derrumbaron las distancias. Habitamos en lugares, sin embargo, la economía hoy reside en el no-lugar del ciberespacio. Todo está a unos clicks de distancia de nuestras pantallas. Esto produce necesariamente, una alteración de la cadena de generación de valor. En la economía del siglo XX, las empresas competían por participar en esta cadena o de expandir su control sobre ella, valiéndose de barreras de entrada dadas por costos de transacción e información. En la economía digital de hoy los procesos de desintermediación alcanzan niveles inusitados. La intermediación es reemplazada por la “infomediación” que opera en el ciberespacio y lleva los costos de transacción a la escala del “nanocentavo” o incluso, como sucede con la industria de contenidos, al límite de la gratuidad (Schuschny, 2007).

La incorporación de la capa de confianza que necesitaba Internet para que se puedan universalizar muchos procesos transaccionales y que, hasta la creación de la *blockchain*, dependía de instituciones que actuaban como terceras partes, hoy se ha posibilitado mediante esta tecnología basada en algoritmos y criptografía empleada en varios niveles. Se abre todo un universo de oportunidades y multiplica de manera inaudita la posibilidad de eliminar la intermediación de agentes certificadores sobre los que se debía confiar sin demasiadas certezas (Tapscott & Tapscott, 2016).

La *blockchain* como sistema de registro inalienable de transacciones no sólo puede aplicarse al ámbito de las criptofinanzas y los sistemas de pago. Existen numerosas áreas en las que se requiere la participación de entidades que certifiquen o validen acuerdos entre partes. Resulta particularmente útil cuando consideramos las operaciones de notarización y certificación que, hasta hoy, son realizadas por los escribanos o notarios quienes actúan como agentes fedatarios. Registros como los casamientos, escrituración de propiedades, custodia de activos financieros, certificados de nacimiento, registro y transferencia de activos, de propiedad intelectual o física como automóviles, de patentes, testamentos, auditorías contables, registros de autenticación de firmas, de direcciones postales, otorgamiento de licencias, registro de licitaciones, títulos profesionales, historias clínicas, emisión de documentos, de títulos públicos, recibos, pagos de impuestos, transacciones multi-firmas, que requieren la aprobación de numerosos agentes, etc., o hasta el mismo voto electoral, bien podrían certificarse a través de sistemas basados en la *blockchain*.

Notable resulta el caso de Bitnation, un sistema de gobierno virtual en el que se puede gestionar el registro de identidad, sistemas de seguros, servicios consulares, etc. La plataforma de Bitnation incluye un servicio de notarización globalizado en el que cualquier individuo puede registrar y certificar documentos legales imprimiéndoles un certificado (*time-stamping*) que queda alojado en una *blockchain*. Estonia, un país ya famoso por sus políticas de apoyo e incorporación de nuevas tecnologías ya ha implementado el servicio de notarización de Bitnation. Desde el año 2015, Estonia en cooperación con Bitnation vienen implementando un sistema de notarización pública y ofrecen a cualquier ciudadano del mundo la posibilidad de convertirse en e-residentes permitiéndoles notarizar sus matrimonios, certificados de nacimiento, o contratos de negocios. Si una pareja se casa registrándose en *Bitnation*, no significa que lo haya hecho ante la jurisdicción de Estonia, lo ha hecho en la “jurisdicción de la *blockchain*”

reconocida por el país. Ucrania, también ha sido pionera en el uso de la plataforma *Ethereum*, basada en la *blockchain*, para implementar un sistema de votación para su uso en elecciones primarias, generales, referéndums, etc.

Otro caso que resulta interesante es el de la “propiedad inteligente” (*smart property*). Se trata de un derecho de propiedad expresado digitalmente como parte de un registro en una *blockchain*. Al igual que con los *bitcoins*, el propietario puede usar su clave privada para transferir el activo y a su vez, puede certificarle a otros agentes que la propiedad se encuentra bajo su tenencia con la clave pública. Cuando el propietario decide vender el activo, procede a entregar la clave privada del propietario al comprador. Algunos tipos de propiedades como activos financieros, patentes, marcas o derechos de autor pueden ser fácilmente propiedades inteligentes ya que pueden ser fácilmente codificados y procesados como documentos digitales. Los activos físicos deberían estar registrados oficialmente o poseer una etiqueta no falsificable o *chip* que lo identifique.

Desde que el *bitcoin* y la *blockchain* concitaron el interés de numerosos emprendedores tecnológicos y fondos de capital de riesgo, una miríada de emprendimientos y aplicaciones están dando lugar a un verdadero ecosistema de conocimiento que facilitará la madurez de estas tecnologías.

## 6. LOS CONTRATOS INTELIGENTES Y LAS ORGANIZACIONES DIGITALES AUTÓNOMAS

Al imposibilitarse la falsificación y permitirse el registro irrevocable de contenidos (a menos que el o los titulares decidan transferirlos) se crean las condiciones para la generación de novedosas aplicaciones en cuanto ámbito pueda imaginarse. Así, la *blockchain* suministra las condiciones óptimas para que se puedan viabilizar esquemas de gobernanza descentralizada. Resulta relevante comentar el caso de las denominadas DAO/ DAC (*Distributed Autonomous Organization*

/ Corporation) o en español: Organizaciones Digitales Autónomas (ODA). Se trata de sistemas de organización o coordinación entre agentes que operan con mínima intervención humana bajo el control de un conjunto incorruptible de reglas operacionales, que suelen denominarse como *smart contracts* o “contratos inteligentes”.

Técnicamente, las DAO/DAC son algoritmos que quedan almacenados en una *blockchain* y, por lo tanto, son inalienables a menos que medie la voluntad de las partes asociadas y cuyas reglas de activación de las diversas instrucciones que el algoritmo posee, facilitan la realización de transacciones de intercambio entre los agentes intervinientes.

Los contratos inteligentes son algoritmos que facilitan, certifican, hacen cumplir y ejecutan acuerdos registrados entre dos ó más partes y yacen alojados en una *blockchain* que no es controlada por ninguna de las partes. Los contratos se ejecutan a partir de un conjunto de sentencias condicionales tipo: if - then (si - entonces) acordadas por las partes e interactúan, ejecutando las sentencias a modo de cláusulas contractuales, con activos reales asociados a tales instrucciones. Un conjunto de reglas claras, sumado a su registro inalienable brindan una seguridad superior a cualquier contrato escrito y reduce sustancialmente los costos de transacción asociados a la ejecución del contrato.

Por tal motivo, se podría realizar cualquier tipo de transacciones que requieran o se basen en acuerdos registrados entre las partes intervinientes, sea vinculada a productos financieros, depósitos en garantía, sean operaciones de compra-venta, seguros, usos y regalías de patentes, o incluso, intercambios de energía en sistemas de generación distribuida.

Existen dos grandes proyectos de código abierto que trabajan con contratos inteligentes. Uno de ellos se llama *Codius*<sup>8</sup> que fue desarrollado

por *Ripple Labs*, la empresa que creó la criptomoneda llamada Ripple y es interoperable con una variedad de otras criptomonedas. Más conocida resulta, *Ethereum*<sup>9</sup> que consiste en una plataforma descentralizada y abierta que ejecuta contratos inteligentes que se alojan en su *blockchain* y permite crear mercados, almacenar registros de todo tipo, mover activos de acuerdo con instrucciones dadas e incluso operar con contratos de futuros. *Ethereum*, que posee su propia criptomoneda, el *Ether* (ETH) y una Fundación, ha concitado gran expectación y se han desarrollado muchas aplicaciones entorno a su plataforma.

Por su carácter descentralizado, cada nodo en la red P2P que participa de la *blockchain* de estos sistemas actúa como un fideicomiso o garantía que certifica la autenticidad de los contratos celebrados, a la vez que se posibilita la ejecución de cambios si los titulares así lo instruyen, comprobando automáticamente las reglas que impone la transacción acordada. En cierta forma, las criptomonedas, como el *bitcoin*, son casos particulares de contratos inteligentes, cuyo objeto es, en estos casos, la transacción de tales divisas.



**Todo Vehículo Eléctrico bien podría tener incorporado un chip con un sistema basado en la blockchain, que a través de una transacción con una criptomoneda creada para tal fin, le permita al usuario, gestionar la carga del automóvil con la mínima intervención humana.**

<sup>8</sup> <https://codius.org/>

<sup>9</sup> <https://ethereum.org/>

## 7. INICIATIVAS EN EL ÁMBITO DE LA ENERGÍA

Se podría afirmar que hoy confluyen varios factores que podrían hacer de la *blockchain* una tecnología adecuada para la gestión energética, particularmente, en lo que se refiere a la producción / distribución de la electricidad:

(i) El abaratamiento de las energías renovables no convencionales viabiliza su aprovechamiento ubicuo y la generación de electricidad en forma descentralizada, particularmente, en el caso de tecnologías como la solar fotovoltaica.

(ii) La variabilidad de las fuentes no convencionales fuerza al sistema a una mayor complementariedad entre fuentes y tecnologías e interconexiones, lo que motiva la descentralización progresiva de los procesos de distribución e intercambios de energía entre agentes.

(iii) La creciente penetración de los vehículos eléctricos y los requerimientos de carga de sus baterías, lo que obliga a repensar no sólo el abastecimiento de electricidad, sino también la manera de articularlo y desplegarlo a lo largo del territorio.

(iv) La así llamada Internet de las Cosas (*Internet of Things - IoT*) que plantea la conectividad en red no sólo de computadoras, tabletas y *smartphones* sino de todo tipo de dispositivo de uso hogareño o no, que se pueda imaginar.

Como ha sucedido en otras numerosas áreas, en el ámbito de la energía han surgido varias iniciativas que aprovechan la tecnología de la *blockchain* de diversas maneras. Por su naturaleza, las redes de distribución de la energía eléctrica bien podrían gestionarse a través del empleo automatizado de contratos inteligentes. Ya se han implementado sistemas de generación y distribución descentralizada cuyos intercambios entre hogares prosumidores, operan mediando

una *blockchain*. Tal es el caso, por ejemplo, de la iniciativa *Transactive Microgrid*<sup>10</sup> que desarrolló en Brooklyn<sup>11</sup> una red de intercambios de energía entre hogares. Para operacionalizar los contratos inteligentes con los que se hace viable la iniciativa se utilizan medidores inteligentes.

Hoy tenemos claro que el automóvil eléctrico (EV) incrementará su penetración a nivel global, lo que podría dar lugar a una revolución en el transporte. En el año 2017 ya se han superado los 2 millones de EV vendidos. Durante el 2016, las matriculaciones de EV en China, por ejemplo, aumentaron un 130%. Si bien los costos de los EV no han bajado, los costos promedio de las baterías sí, y su eficiencia aumentado lo que ha dado lugar a una baja de los costos por kilómetro recorrido durante la vida útil. La Agencia Internacional de Energía estima que para el 2025 el stock de EV superará los 30 millones en el mundo (IEA, 2017). China, que posee planes para dejar de comercializar automóviles tradicionales (Bloomberg News, 2017), por ejemplo, planea emplazar 167.000 centros de carga de EV a lo largo del territorio (McIntyre, 2017). Este escenario de posible sustitución tecnológica, obligará a un replanteo en los países acerca del abastecimiento de electricidad para el sector transporte y la *blockchain* podría ser una solución para el rápido y eficiente despliegue de este requerimiento.

La empresa alemana de energía *RWE* se ha asociado al emprendimiento *Slock.it* para desarrollar *Blockcharge*: una plataforma que simplifique el proceso de carga de EV (Coindesk, 2016). Se trata de aprovechar las funcionalidades que brindan los contratos inteligentes a través del sistema basado en la *blockchain Ethereum* para facilitar la carga de EV. En definitiva, todo EV bien podría tener incorporado un *chip* con un sistema basado en la *blockchain*, que a través de una transacción con una criptomoneda creada a tal fin, le permita al usuario, gestionar la carga del automóvil con la mínima intervención humana.

<sup>10</sup> <http://lo3energy.com/transactive-grid/>

<sup>11</sup> <http://www.brooklynmicrogrid.com/>



Hoy en Alemania más de 1223 estaciones de carga de autos eléctricos se conectan entre sí y con los usuarios a través del sistema *Share & Charge*<sup>12</sup> basado también en una infraestructura de una *blockchain* y asociada al emprendimiento anterior.

Otro caso interesante es un proyecto que premia a los productores de energía solar. Se trata de la iniciativa *Solar Change*<sup>13</sup>. Por cada megawatt hora entregado a la red, el productor es premiado con un *SolarCoin*<sup>14</sup> que puede ser convertido en *bitcoins*.

Existe todo un ecosistema de emprendedores que está buscando promover el desarrollo de una plataforma y protocolo estandarizados para conectar generadores de energía, redes de operadores y consumidores. Tal es el caso de la *Energy Web Foundation*<sup>15</sup> o de *Grid Singularity*<sup>16</sup> que se plantearon el objetivo de acelerar el despliegue de las tecnologías basadas en la *blockchain* en el sector energético. En octubre del 2017, se anunció el lanzamiento de una *blockchain* desarrollada por ellos, basada en el cliente *Parity Ethereum* (EWF, 2017).

Según el portal dedicado al tema por la consultora *Indigo*<sup>17</sup>, actualmente hay más de 40 emprendimientos vinculados al uso de la *blockchain* en el ámbito de la energía. Las iniciativas pueden ser agrupadas en tópicos como (i) sistema de pagos basados en criptomonedas, (ii) transacciones P2P, (iii) sistemas de carga de EV, (iv) criptomonedas asociadas a generación renovable, (v) mercados mayoristas, (vi) generación distribuida, (vii) investigaciones de punta.

<sup>12</sup> <https://shareandcharge.com/en/>

<sup>13</sup> <http://www.solarchange.co/>

<sup>14</sup> <http://solarcoin.org>

<sup>15</sup> <http://energyweb.org>

<sup>16</sup> <http://gridsingularity.com>

<sup>17</sup> <https://www.indigoadvisorygroup.com/blockchain>

El Departamento de Energía (DOE) de los EEUU, en sus programas de investigación e innovación y transferencia tecnológica se encuentra apoyando investigaciones en la materia (DOE, 2016) y muy recientemente están desarrollando sistemas de seguridad basados en la *blockchain* (Ruubel, 2017). El área de energía de la empresa Endesa perteneciente al grupo *Enel* lanzó recientemente la *Endesa Energy Challenge*<sup>18</sup>, el primer Lab de investigación de habla hispana centrado en la tecnología de la *blockchain*. La empresa Enel acordó recientemente con la empresa de software Ponton, el desarrollo de un mercado mayorista descentralizado que han denominado como *Enerchain*<sup>19</sup> y cuyo objetivo es articular una plataforma descentralizada basada en la *blockchain* para reducir costos de transacción y mejorar la eficiencia operativa del sector. En Merz (2016), se analiza en profundidad el potencial de esta tecnología para la comercialización de la energía. Si se desea profundizar en el tema, vale la pena consultar este extenso trabajo donde también se describe esta última iniciativa.

Recientemente, la Unión de la Industria de Electricidad europea, Eurelectric, que representa a más de 3500 empresas del sector, durante el 2017 conformó una plataforma de discusión entre expertos<sup>20</sup> para investigar el potencial de la tecnología *blockchain* en toda la cadena de valor de la electricidad, incluyendo la generación, el comercio, el suministro y las redes.

La empresa australiana *Power Ledger*<sup>21</sup> en octubre del 2017 levantó el equivalente a 34 millones de dólares<sup>22</sup> a través de una ICO (*Initial Coin Offering*) que consiste en un medio no regulado de financiamiento colectivo (*crowdfunding*) que se realiza a través de una oferta de “certificados

<sup>18</sup> <http://www.endesaenergychallenges.com/es/blockchain/>

<sup>19</sup> <https://enerchain.ponton.de/>

<sup>20</sup> <http://www.eurelectric.org/news/2017/eurelectric-launches-expert-discussion-platform-on-blockchain/>

<sup>21</sup> <https://powerledger.io/>

<sup>22</sup> <https://www.coindesk.com/34-million-australian-blockchain-startup-power-ledger-completes-ico/>

accionarios digitales”, emitidos por la empresa ofertante, en este caso el POWR. Así, los inversionistas compran certificados similares a las criptomonedas, pero son emitidos por la empresa que realiza la oferta y que se pueden apreciar si el negocio es exitoso. Durante el 2017, se realizaron por lo menos 400 ICOs. La plataforma *Ethereum* es el principal medio de realización de las ICO con más del 50% de cuota de mercado. Volviendo, a la empresa citada, *Power Ledger* está desarrollando una plataforma de intercambios de energía de punto a punto basada en la *blockchain* y que permite a los consumidores y empresas vender sus excedentes de energía solar a sus vecinos sin intermediarios.

El mayor productor de autopartes de China, el grupo Wanxiang se ha embarcado en una iniciativa vinculada al desarrollo de ciudades inteligentes y el futuro del automóvil, en la que invertirán, según dicen, 30 mil millones de dólares para los próximos 7 años conformando el *Wanxiang Blockchain Lab*<sup>23</sup>. Así mismo, desde el 2016 funciona en *Beijing Energy Blockchain Lab*<sup>24</sup>, dedicado a promover la economía verde a través de herramientas basadas en *fintech* y desarrollar aplicaciones basadas en la *blockchain* orientadas al sector energético.



La *blockchain* vinculada a medidores inteligentes, identificados y certificados virtualmente, facilitaría la implementación de sistemas de facturación, seguros y verificables.

<sup>23</sup> <http://www.blockchainlabs.org>

<sup>24</sup> <http://www.energy-blockchain.com/EN/>

El operador de redes alemán *TenneT* junto a la empresa de almacenamiento en baterías *Sonnen*, la empresa holandesa de energías renovables *Vanderbron* e IBM, (que desarrolló su propia *blockchain* de bloque: la *Hyperledger*<sup>25</sup>) enablaron varios proyectos de colaboración para desarrollar sistemas de estabilización e intercambios a ser utilizados en redes descentralizadas de almacenamiento de electricidad en baterías hogareñas y autos eléctricos, basado en la *blockchain*<sup>26</sup>. Otra iniciativa a destacar es el emprendimiento inglés *Electron*<sup>27</sup>.

Luego de varias sesiones en numerosos eventos y webinars en el ámbito de la energía y de la *blockchain*, en febrero del 2017 tuvo lugar el encuentro *Event Horizon*<sup>28</sup> en Austria, el primer evento de carácter internacional dedicado exclusivamente a presentar y debatir cuestiones vinculadas al uso de la *blockchain* en ámbito de la energía. El evento contó con la participación del Secretario General del Consejo Mundial de Energía y de *Vitalik Buterin* un desarrollador de 23 años que se convirtió en una celebridad global, en el ámbito de estos temas, cuando en el 2013 desarrolló y fundó *Ethereum*, un año después de haber ganado la Medalla de Bronce en la Olimpiada Internacional de Informática y de abandonar la universidad. El evento se volverá a realizar el año próximo en Alemania. En noviembre del 2017, se realizó en la ciudad de Boston el evento *Blockchain in Energy & Industry*<sup>29</sup> con sesiones dedicadas a IoT y transacciones máquina-máquina, mercados mayoristas, certificados y energía transactiva, un concepto que va tomando creciente relevancia a la luz de estas tecnologías.

<sup>25</sup> <https://www.hyperledger.org/>

<sup>26</sup> <https://www.tennet.eu/news/detail/tennet-unlocks-distributed-flexibility-via-blockchain/>

<sup>27</sup> <http://www.electron.org.uk>

<sup>28</sup> <https://eventhorizon2018.com>

<sup>29</sup> <http://events.cleantech.com/blockchain-summit-2017/>

## 8. APLICACIONES POSIBLES

Las *blockchains* llevan los modelos de intercambio de mercado a lugares a los que no había podido llegar antes. En concreto, al mantener una única copia del registro de todas las transacciones realizadas (aunque replicada en numerosas computadoras), resulta ser una tecnología muy adecuada para reducir los costos de coordinación y transacción, y favorecer con alto grado de certificación las operaciones inter-compañía.

La *blockchain* vinculada a medidores inteligentes, identificados y certificados virtualmente, facilitaría la implementación de sistemas de facturación, seguros y verificables que puedan operar en tiempo real con las señales de precios dinámicos a medida que la demanda de electricidad cambia durante el día. Así como sucede en los mercados de activos financieros, en un contexto de generación distribuida, existirían múltiples unidades que, simultáneamente producirían, consumirían y/o almacenarían energía, consumiendo o despachando energía dependiendo de las señales del mercado, que operaría en tiempo real. Sin embargo, estos mercados no fluctuarían sobre la base de expectativas, rumores y noticias sino a partir de la demanda de consumo energético efectivo.

Si consideramos la creciente penetración de autos eléctricos y la demanda de carga de los mismos, bien podría darse la situación en la que cualquier casa de cualquier centro urbano podría estar habilitada para suministrar energía a los automóviles eléctricos estacionados en forma colindante y el hogar recibir una compensación por haberla provisto.

En este contexto de transformación tecnológica, bien podrían crearse en el futuro, modelos de negocios basados en la contratación de servicios sobre todo tipo de dispositivo hogareño (digamos una heladera, lavadora o aparato de aire acondicionado) y cuyo mecanismo de fijación de precios sea tan creativo que incluya los propios costos de la energía que el dispositivo

induce. Un esquema de estas características, sería perfectamente viable y permitiría aprovechar la potencialmente enorme base de usuarios que el dispositivo contribuiría a generar, brindándoles a sus consumidores un poder de mercado sobre el valor de la electricidad, que cada uno, aisladamente, no podría poseer. Este tipo de modelo de generación de poder de mercado colaborativo para abaratar costos de energía y convertir la electricidad en una suerte de activo financiero, sería totalmente viable en el futuro.

Hay que tener en cuenta que hoy en día las empresas están pasando de ser vendedoras de productos a proveedoras de servicios de productos que ofrecen casi gratuitamente. Podemos citar al mercado de impresoras, a los teléfonos móviles, las cafeteras expresso, los automóviles (a través de la modalidad de leasing) o incluso las propiedades (bajo el esquema de tiempo compartido), entre tantos otros casos. Sumémosle a esto el universo venidero de la Internet de las Cosas (IoT) y las posibilidades de formulación de este tipo de modelos de negocio se multiplican. Eiglier y Langeard (1989) acuñaron el término “servucción”, mezcla de producción y servicio, para referirse a esta tendencia de la economía, en la que poco a poco los bienes materiales se van convirtiendo en servicios mientras que, a su vez, muchos servicios tienden a materializarse (pensemos, por ejemplo, en el merchandising de la industria cinematográfica y del entretenimiento). Cuando los bienes materiales se convierten en plataformas para gestionar servicios, estos se convierten en el motor que impulsa la economía de maneras inusitadas. La servucción representa un cambio fundamental en la forma de entender los negocios de los tiempos que vivimos (Schuschny, 2007).

La implementación de tecnologías basadas en las *blockchains*, simplificarían sustancialmente el actual entramado operativo-regulatorio que existe entre los generadores, los sistemas de transmisión, los sistemas de almacenamiento y

los operadores que distribuyen la energía. Como ya comentábamos, la operatoria mayorista, bien podría realizarse a través de la ejecución de contratos inteligentes que fueran acordados previamente por las partes intervinientes y cuyas cláusulas o instrucciones podrían activarse en forma contingente según el devenir de la oferta y la demanda. Tal vez un esquema de estas características facilitaría la generación de todo un mercado automatizado basado en reglas de interacción transparentes expresadas en esquemas de contratos inteligentes vinculados entre sí.

Además, el almacenamiento descentralizado de la información contribuiría a certificar los registros y a documentarlos, lo que facilitaría la articulación de los intercambios. Por otro lado, al poder documentarse todo lo imaginable, se posibilitaría instrumentalizar, hasta en forma dinámica, la certificación y verificación de los consumos energéticos, de los ahorros respectivos y, por esa vía, posibilitar algún esquema de transacciones de emisiones relacionado al consumo de fuentes fósiles o renovables o hasta fijar impuestos dinámicos cuando el consumo da lugar a determinada cantidad de emisiones. Adosado a una *blockchain*, todo dispositivo relacionado con la generación, transmisión, distribución y consumo de energía tendría una trazabilidad tal que permitiría pensar al sector desde un nuevo paradigma que promueve usos verdaderamente sostenibles.

Por otro lado, la erogación de los consumos energéticos podría efectivizarse a través de micropagos denominados en una criptomoneda utilizada por acuerdo de los participantes del sistema, generando una gama de posibilidades en lo que a modelos de negocios, coordinación entre actores y contratos inteligentes respecta, sin la necesidad de contar con intermediaciones financieras.

Todo esto que se viene comentando, suena a ciencia ficción, pero si observamos todo lo que ha

venido aconteciendo en el ámbito de la Sociedad del Conocimiento, no deberíamos sorprendernos.

Entre los aspectos importantes que debe considerarse al momento de desarrollar este tipo de proyectos se puede citar el marco legal-regulatorio existente y la capacidad de los sistemas hoy en funcionamiento de viabilizar los cambios planteados, de financiarlos y escalarlos. A diferencia de lo sucedido en el ámbito financiero, las transacciones no sólo involucran información e intercambios de valor sino también el abastecimiento de un servicio energético que se despliega a través de una infraestructura física lo que agrega una capa de complejidad que no puede soslayarse.

Un estudio reciente realizado por la Agencia Alemana de Energía (Burger et al, 2016) realizó una encuesta entre ejecutivos del sector energético alemán y recopiló opiniones y visiones sobre el uso de la *blockchain* en el sector. Se constató que el 70% de los encuestados ya estaban contemplando o tenían planeado considerar el uso de la *blockchain* para la optimización de procesos, automatización, facturación, ventas, medición y transferencia de datos y gestión de redes. Los encuestados instaron a los tomadores de decisiones a acelerar el proceso de incorporar a la *blockchain* en sus agendas, promover el desarrollo de prototipos, analizar los marcos regulatorios a la luz de esta tecnología y aprovechar su vínculo con los mercados nacientes tales como la carga, y su facturación, de autos eléctricos.

En función de las respuestas obtenidas en la encuesta, el estudio citado estructuró las posibles aplicaciones en 2 grandes rubros: (i) Plataformas y (ii) Procesos. Dentro del primero se incluyeron los subgrupos: (a) Intercambios P2P, (b) Plataformas de Intercambio, y (c) Generación distribuida; mientras que en el rubro de Procesos se consideraron los temas: (a) Facturación, (b) Gestión de la red, (c) Movilidad, (d) Automatización, (e) Medición y transferencia de datos, (f) Seguridad, (g) Ventas y Marketing, (h) Comunicaciones.



Todavía no se puede afirmar, a ciencia cierta, si la *blockchain* será la tecnología más adecuada para gestionar los procesos económico-informacionales de la generación, transmisión y distribución de energía ni si favorecerá el desarrollo del sector energético en comparación con las soluciones convencionales. La implementación de sistemas descentralizados supone la configuración de una infraestructura técnica que incluye el uso de medidores inteligentes, la participación de desarrolladores altamente capacitados, la instauración de regulaciones y normativas afines basadas en criterios de equidad y justicia para todas las partes intervinientes.

Esta nueva tecnología permanece aún circunscripta a un ámbito muy “tecnologizado” caracterizado por su tecno-optimismo rampante. Las nuevas tecnologías, en este caso la *blockchain*, no sirven si las personas no las entienden o, como suele ocurrir, si les temen. Las mutaciones de las prácticas son siempre más lentas que las revoluciones de las técnicas. Es por eso que el uso de la *blockchain* en el ámbito de la energía plantea algunas oportunidades y numerosos desafíos. PwC (2016) desarrolla con cierto detalle los desafíos esbozados por la *blockchain* en el ámbito de la energía, particularmente, en los países desarrollados. Lo relevante de esta tecnología disruptiva radica en su capacidad de agregarle al actual entramado informacional que es la Internet, la capa de confianza que hasta su creación no había sido posible considerar.

## 9. A MODO DE CONCLUSIÓN

El reciente interés por las redes inteligentes, la creciente penetración de las energías renovables no convencionales variables y de las tecnologías de almacenamiento de energía en el contexto de la generación distribuida, así como la tendencia hacia la potencial sustitución tecnológica en favor del automóvil eléctrico y hasta la “profecía” en torno a la Internet de las cosas, que conectaría

todo con todo, pareciera ser la búsqueda de la comunidad global, por darle una nueva vuelta de tuerca al ciclo de la producción y de la renta globalizada, un nuevo impulso pautado por el capitalismo que, sin que deje de ser un negocio conveniente para los centros de la innovación global, esté en acuerdo a las necesidades planteadas por la mayor falla de mercado que el mundo a testimoniado: es decir, al fenómeno del cambio climático causado por las emisiones antropogénicas.

Es en este contexto de grandes transformaciones y potencial cambio de las reglas de juego, justo cuando nuevas tecnologías, paradigmas y conceptos van emergiendo como son el de la generación distribuida, las redes inteligentes (*smart grids*) y micro-redes, el empleo de sistemas de medición neta de electricidad, el concepto de la energía transactiva, etc., en que aparece (casi de la nada) la *blockchain*. Si esta tecnología madurará como para convertirse en la plataforma informacional generalizada de la infraestructura ciber-física de los sistemas eléctricos del futuro, contribuyendo a apalancar la pretendida transición energética, es aún prematuro asegurarlo. Lo que sí es cierto es que la *blockchain* presenta posibles beneficios y ventajas respecto a otro tipo de sistemas de procesamiento de la información sobre los flujos energéticos en las redes, algo necesario si se busca la descentralización en los procesos de producción y consumo de la energía. La *blockchain* incorpora un importante elemento que yace en la viabilización de todo contrato entre partes: la posibilidad de operacionalizar la confianza por lo que permite articular un sistema contable único pero, a la vez, compartido e interoperable con todas las partes intervinientes de los procesos de generación y despacho de la energía.

Es por ello, que el presente artículo tuvo por objetivo presentar las características más relevantes de esta novedosa tecnología que, de seguro, seguirá dando de qué hablar en el futuro.

## REFERENCIAS

- Burger, C., Kuhlmann, A., Richard, P. y Weinmann, J. (2016), Blockchain in the energy transition. A survey among decision-makers in the German energy industry. Publicado por la Agencia Alemana de Energía (DENA) y la Escuela Europea de Negocios y Tecnología (ESMT). [https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Meldungen/dena\\_ESMT\\_Studie\\_blockchain\\_english.pdf](https://www.dena.de/fileadmin/dena/Dokumente/Meldungen/dena_ESMT_Studie_blockchain_english.pdf)
- Bloomberg News (2017), China Fossil Fuel Deadline Shifts Focus to Electric Car Race, 10 de septiembre de 2017 <https://www.bloomberg.com/news/articles/2017-09-10/china-s-fossil-fuel-deadline-shifts-focus-to-electric-car-race-j7fktx9z>
- Coindesk (2016), Why a German Power Company is Using Ethereum to Test Blockchain Car Charging, 7 de mayo del 2016 <https://www.coindesk.com/german-utility-company-turns-to-blockchain-amid-shifting-energy-landscape/>
- Department of Energy (2016), Small Business Innovation Research (SBIR) and Small Business Technology Transfer (STTR) Programs [https://science.energy.gov/~media/sbir/pdf/TechnicalTopics/FY2017\\_Phase\\_1\\_Release\\_2\\_Topics\\_Combined.pdf](https://science.energy.gov/~media/sbir/pdf/TechnicalTopics/FY2017_Phase_1_Release_2_Topics_Combined.pdf)
- Eiglier, Pierre y Langeard, Eric (1989). *Servucción: El marketing de servicios*, McGraw-Hill, Madrid, España.
- EFW (2017), Energy Web Foundation launches Blockchain and Application: Layer Test Network [http://energyweb.org/wp-content/uploads/2017/10/EFW\\_Test\\_Network\\_Launch\\_PR\\_Oct\\_3\\_2017.pdf](http://energyweb.org/wp-content/uploads/2017/10/EFW_Test_Network_Launch_PR_Oct_3_2017.pdf)
- IEA (2017), Global EV Outlook 2017, Two million and counting, <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/GlobalEVO Outlook2017.pdf>
- Kim, Minjin; Song, Seokhwa; Jun, Moon-Seog (2016), A Study of Block Chain-Based Peer-to-Peer Energy Loan Service in Smart Grid Environments, *Advanced Science Letters*, Volume 22, Number 9 <https://doi.org/10.1166/asl.2016.7811>
- McIntyre, Douglas A. (2017), China to Build 167,000 EV Charging Stations, 7 de septiembre del 2017 <http://247wallst.com/transportation/2017/09/07/china-to-build-167000-ev-charging-stations/>
- Mengelkamp, E.; Notheisen, B.; Beer, C.; Dauer, D.; Weinhardt, C. (2017), A blockchain-based smart grid: towards sustainable local energy markets, *Comput Sci Res Dev* (2017). <https://doi.org/10.1007/s00450-017-0360-9>
- Merz, Michael (2016), Potential of the Blockchain Technology in Energy Trading en Daniel Burgwinkel et al.: "Blockchain technology Introduction for business and IT managers", Gruyter [http://www.ponton.de/downloads/mm/Potential-of-the-Blockchain-Technology-in-Energy-Trading\\_Merz\\_2016.en.pdf](http://www.ponton.de/downloads/mm/Potential-of-the-Blockchain-Technology-in-Energy-Trading_Merz_2016.en.pdf)
- Nakamoto, Satoshi (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System, <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>
- PwC (2016), Blockchain – an opportunity for energy producers and consumers? <https://www.pwc.com/gx/en/industries/assets/pwc-blockchain-opportunity-for-energy-producers-and-consumers.pdf>
- Ruubel, Martin (2017), U.S. Department of Energy Contracts Guardtime, Siemens and Industry Partners for Blockchain Cybersecurity Solution, 21 de septiembre del 2017 <https://guardtime.com/blog/us-department-of-energy-contracts-guardtime-pnnl-siemens-and-industry-partners-to-develop-blockchain-cybersecurity-technology-for-distributed-energy-resources>
- Schuschny, Andrés (2007). *La Red y el futuro de las organizaciones: ¿Más conectados, más integrados?*, Editorial Kier, Buenos Aires, Argentina.
- Swan, M. (2015), *Blockchain: Blueprint for a New Economy*, O'Reilly Media.
- Tapscott, D. & Tapscott, A. (2016), *Blockchain Revolution: How the Technology Behind Bitcoin Is Changing Money, Business, and the World*, Penguin Publishing Group.



BLOCK CHAIN TECHNOLOGY

