



IMPLEMENTACIÓN DE MODELO PILOTO PARA GENERACIÓN DISTRIBUIDA DE ENERGÍA RENOVABLE UTILIZANDO BLOCKCHAIN

Jairo Donis, Leonel Henríquez, Erick Menjívar, Nelson Quintanilla, Mauricio Pohl
Departamento de Electrónica e Informática, UCA, San Salvador, El Salvador

Resumen —

En este documento se presenta una potencial herramienta que podría contribuir al desarrollo de los sistemas de generación de energía distribuida a través de la tecnología Blockchain. Su particularidad radica en el concepto de descentralización, el cual consiste en guardar un registro inalterable de cada actividad realizada por cada usuario perteneciente a un sistema o red y, al mismo tiempo, poner dicho registro a la disposición de todos los usuarios, logrando así un proceso transparente que abre un espectro de posibilidades para los usos o aplicaciones que pueden llevarse a cabo con la información almacenada.

Este modelo rompe el esquema tradicional centralizado de transmisión de energía, ya que permite realizar transacciones y contratos inteligentes en tiempo real en una base de datos a la que todos los nodos participantes en la red tienen acceso. Además, es un sistema que se caracteriza por su fiabilidad, seguridad, control y versatilidad. Por otro lado, teniendo en cuenta el incremento del uso de energías renovables, se obliga a adaptar y proponer alternativas donde la comercialización de las mismas sea tomada en cuenta. Esta herramienta permite realizar transacciones entre usuarios productores y consumidores de energías renovables.

Palabras Clave – Blockchain, Energía Renovable, Productores, Consumidores. Transacciones.

Abstract —

This paper shows a potential tool that could contribute to the development of distributed energy generation systems by making use of Blockchain technology. The concept of a decentralized database is what makes this system profoundly useful. This application allows the system to keep records that cannot be tampered with for each activity made by any user inside the network, and at the same time, putting said record to the user's disposal. This way total transparency is achieved throughout the whole process, and it opens up a broad spectrum of possibilities for the uses or applications that make use of the information recorded.

This model breaks the traditional and centralized scheme of energy transmission because it allows the users to do transactions and smart contracts in real time in a database to which every peer has access. In addition, it is a system characterized by its reliability, security, control and versatility. On the other hand, it is important to keep in mind the increased

use of renewable energies, because it forces to adapt and suggest new alternatives to make the commercialization of these energies a viable option. This tool allows to do transactions among users, producers and consumers of renewable energies.

Keywords — Blockchain, Renewable Energy, Producers, Consumers, Transactions.

I. INTRODUCCIÓN

Es evidente e indiscutible que tecnologías como Blockchain se han popularizado en el panorama tecnológico en los años recientes, atrayendo miradas de instituciones de distintos sectores. Blockchain consiste en un sistema de transacciones digitales que facilita la consolidación de la información, permite su almacenamiento en forma segura y posibilita la realización de contratos. De forma más detallada, se compone de 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 que queda enlazado al bloque anterior. Es por esta razón que su implementación es adecuada para almacenar datos ordenados en el tiempo y sin posibilidad de cualquier alteración. [1].

La aplicación desarrollada en este proyecto permite reproducir de manera simplificada los procesos básicos de mercado, para ello se utilizan herramientas de código abierto, gracias a las cuales es posible trabajar en un entorno de prueba que simula el funcionamiento de la red Blockchain.

Todo esto es posible mediante el uso de Hyperledger Composer, el cual es un conjunto de herramientas que utilizan JavaScript para facilitar la creación de aplicaciones de Blockchain de Hyperledger Fabric. [2].

Mientras que Hyperledger Fabric es un proyecto de la Fundación Linux y liderado por IBM. Es un accionamiento de la tecnología Blockchain, diseñado para ser la base de un desarrollo con una gran estabilidad y que cuenta con gran seguridad. [3]. Ambas herramientas son utilizadas en esta aplicación.

El contenido de este artículo fue obtenido en su totalidad de la referencia [4].

II. METODOLOGÍA

Para poder realizar una aplicación descentralizada en el ámbito de la energía eléctrica se necesita una serie de requisitos computacionales para poder cumplir con la lista de pasos a seguir para el correcto funcionamiento. Dichos pasos son los siguientes:

- El administrador interactúa con la interfaz del usuario usando el entorno de trabajo de Angular.
- La aplicación procesa las solicitudes de los usuarios en red a través de una REST API (Estado de transferencia representacional e Interfaz de programación de aplicaciones).
- Implementa solicitudes a la base de datos de estado de Blockchain en Hyperledger Fabric v1.
- La REST API se utiliza para recuperar el estado de la base de datos.
- El entorno de trabajo de Angular obtiene los datos a través de una función de la REST API.

Los prerrequisitos computacionales son los siguientes:

- Sistemas operativos: Ubuntu Linux 14.04 / 16.04 LTS (ambos de 64 bits) o Mac OS 10.12
- Docker (Versión 17.03 o superior)
- npm (v5.x)
- Node (versión 8.9 o superior - nota versión 9 no es compatible)
- Hyperledger Composer

Usando Hyperledger Composer se definen los archivos necesarios para crear un archivo con extensión BNA, donde se guardan las características propias de la aplicación, esto se realiza con el lenguaje de modelado propio de Hyperledger Composer, el cual primero es probado usando la herramienta Composer Playground en un navegador para comprobar el correcto funcionamiento de los archivos BNA. [5]

Para generar el archivo de BNA se necesitan definir los siguientes ficheros por separado:

Model: En este archivo se define el espacio de trabajo, así como los participantes, bienes y transacciones; definiendo la información que se requiere de estos y las acciones que estos pueden realizar.

Los participantes que interactúan en la aplicación son: el usuario y la compañía distribuidora. Teniendo como identificaciones el ID de usuario y el ID de compañía distribuidora, nombre del participante, tipo de generación y cantidad de energía. Los bienes con los cuales funciona la aplicación son energía y dinero, y, al igual que sucede con los participantes, estos cuentan con características como valor, cantidad y propietario.

Script: En este archivo se describen las acciones a realizar con una función que actualiza los valores en el espacio de trabajo, en este caso la transacción que se realiza es el intercambio de energía por dinero, por lo cual, se tiene que hacer la operación precio de energía por cantidad de energía, lo que da como resultado la cantidad de dinero que se tiene que actualizar en los participantes que intervienen en la transacción.

En cuanto a la actualización de valores del bien energía, solo se realiza una simple suma o resta entre los valores que se están intercambiando y los valores que inicialmente se tienen registrados entre los diferentes participantes.

Control de acceso: En este archivo se conceden los permisos que tendrá cada usuario participante de la red, para este caso los permisos son totalmente abiertos por lo que cada usuario tiene acceso a los demás usuarios, cada usuario tiene acceso a todas las compañías distribuidoras, cada compañía tiene acceso a los usuarios, cada compañía distribuidora tiene acceso a las demás compañías distribuidoras y todos los participantes tienen acceso a los bienes. En la lógica del lenguaje de modelado de Composer se describen todos los permisos y se llama al participante que los tendrá, liberando todas las acciones posibles. [5].

Para la aplicación web se utiliza el framework de Angular, se tomó como base una interfaz gráfica ya creada y se modificó a conveniencia del proyecto en el cual esta investigación trabaja. Esto fue necesario ya que existen prediseños editables los cuales cuentan con permisos de licencia Apache.

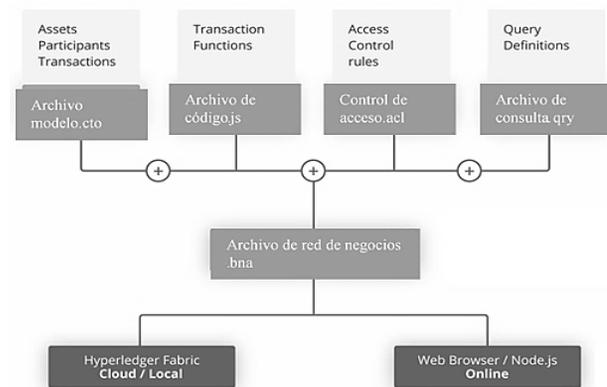


Fig. 1. Diagrama de arquitectura de la aplicación.

A. Recomendaciones

La tecnología Blockchain es muy extensa, si se desea profundizar acerca de esta para sacarle mayor lucro es recomendable una asesoría con personas profesionales en el ámbito de la computación y las redes informáticas, además de tener computadoras de alto rendimiento, esto debido a que es una tecnología reciente y, por ende, es muy conveniente



utilizar buenos recursos computacionales para lograr una experiencia más estable.

Al momento de realizar un proyecto como este, donde se exige una carga considerable de programación, se recomienda tener una correcta bitácora de trabajo, donde se anoten todos los errores y la forma en que se resolvieron, para que si en el futuro se desea replicar ciertas situaciones se pueda acceder al registro detallado de cada paso que se siguió para lograr determinados resultados y de esta manera evitar perder tiempo en algo que previamente ya ha sido solventado.

Para agilizar el funcionamiento y puesta en marcha de una aplicación con características de Blockchain se recomienda el uso de servicios de nube especializados en la tecnología ya mencionada, ya que esto permite una interconexión de usuarios mucho más sencilla, automatizada, eficaz y con mayores alcances de infraestructura de red.

III. RESULTADOS

Se realizó una aplicación donde se simula una red de productores y consumidores de energía eléctrica, la cual proviene de diferentes tipos de fuente renovable. La aplicación permite:

1. Realizar transacciones entre usuarios y/o compañías distribuidoras.

Red de energía descentralizada UCA

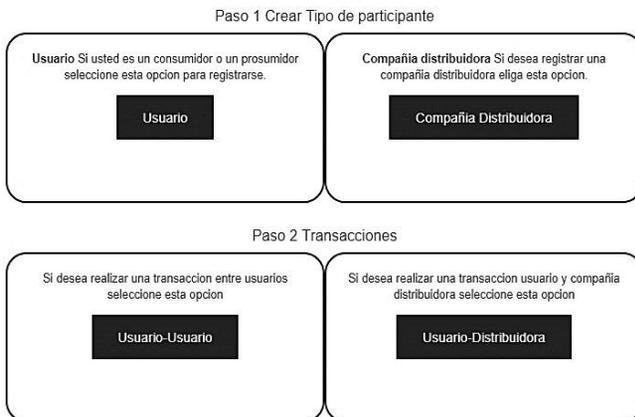


Fig. 2. Inicio de la aplicación desarrollada y sus opciones a elegir.

Usuarios

| ID | Nombre | Generación | Saldo | Cantidad de energía | Unidades de energía | Precio | Moneda | Acciones |
|----|--------|------------|-------|---------------------|---------------------|--------|--------|-------------------|
| e1 | erick | edica | 29 | 36 | kwh | 2 | USD | Actualizar Borrar |
| e2 | david | solar | 36 | 64 | kwh | 1 | USD | Actualizar Borrar |
| e3 | Hans | Biomasa | 14 | 26 | kwh | 1 | USD | Actualizar Borrar |

Fig. 3. Lista de datos que tiene cada usuario de la red.

3. Incorporar información de usuarios de la red.

Agregar Usuario

Usuario ID:

Nombre Completo:

Tipo de generación:

Saldo:

Cantidad de energía(medida desde el medidor):

Unidades de energía:

Precio del kw:

Moneda:

Agregar **Cerrar**

Fig. 4. Ventana que permite agregar usuarios a la red.

4. Realizar transacciones entre participantes.

Transacción de Usuario a Usuario

Ingrese la información de la transacción

Productor:

Consumidor:

Energía intercambiada (kwh):

Ejecutar Transacción

Fig. 5. Cuadro de transacciones.



5. Ver las actividades de la red y las transacciones realizadas

Blockchain

Transacciones Realizadas

| Transaction Type | Transaction ID |
|--|--|
| org.decentralized.energy.network.EnergyToCoins | 7040358399cb883c9126890ea11a2421d24ba30037d9326abd0fac6: |
| org.decentralized.energy.network.EnergyToCoins | e344f1907de57217f7564768ba7911fc651fc3c7e8bd74d58900652 |
| org.decentralized.energy.network.EnergyToCoins | 0dca794f562153c16d872a1d0569d3dfe8266517113644619c4f725 |
| org.decentralized.energy.network.EnergyToCoins | 389bb027802510b509f01d9824e03635d4054a1c0db4787ee2742d3f |

Fig. 6. Visualización de Blockchain.

IV. DISCUSIÓN

Todo movimiento que se realice dentro de la aplicación, ya sea una transacción, la incorporación o expulsión de un usuario, se registra en una base de datos en tiempo real. En la aplicación se logró hacer efectivas las transacciones entre los miembros de la red. Esta tecnología permite transparentar todo contrato o transacción realizada dentro de la red. Si se aplicara este proyecto a gran escala, se podría sustituir el monopolio, promover la generación distribuida y a su vez las energías renovables, fomentando una cultura eco amigable.

Cabe mencionar que este estudio es solamente un prototipo piloto que usa Blockchain, no es posible conectarse para medir datos reales de generación y consumo. Todos los datos de cada usuario son totalmente arbitrarios y con fines didácticos.

V. CONCLUSIONES

Al realizar pruebas con la aplicación desarrollada, se da por validado el funcionamiento del prototipo. Las transacciones que se realizan han demostrado responder adecuadamente como resultado de la intervención del usuario ante cada tipo de interacción, ya sea usuario a usuario o usuario a compañía distribuidora. Por lo que puede decirse que la creación de una red de productores y consumidores haciendo uso de tecnología Blockchain para realizar transacciones de energía eléctrica es factible.

En esta investigación se ha demostrado que la conectividad entre más de dos usuarios dentro de la red Blockchain es un proceso en el que, si no se usa un servicio de nube, aumenta la complejidad a la hora de crear la red, así como también, aumenta los requisitos computacionales que se requieren para el desarrollo de aplicaciones descentralizadas, ya que se tiene como requisito la instalación de software complementario para poder desplegar la red en su totalidad. Esto condiciona la realización con fines demostrativos de la conexión entre diferentes usuarios a través de una IP estática dentro de una red WiFi para que todos los usuarios inscritos interactúen dentro de la red.

La facilidad que tienen los usuarios para la adquisición de dispositivos de generación tales como celdas solares, generadores eólicos, generación a través de biomasa, entre

otros, permite que las personas puedan ser productores y al mismo tiempo consumidores de energía eléctrica. El usuario promedio presenta como problema que el único medio para poder conocer los datos tanto de consumo como de demanda es el contador de energía que proporciona la compañía distribuidora. En la actualidad hay nuevas tecnologías que permiten la captura de datos que pueden utilizarse para llevar el control de generación y demanda a través de un medidor inteligente. Lo anterior, en conjunción con tecnología Blockchain, se puede utilizar como una base de datos inalterable para que el usuario pueda tener un respaldo que serviría como ente de transparencia entre el usuario y la compañía distribuidora.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Universidad Centroamérica José Simeón Cañas y cada uno de los docentes que aún siendo ajenos al tema del trabajo de graduación nos facilitaron e impartieron los conocimientos que nos permitieron la elaboración del mismo.

También agradecemos a Mauricio Pohl, por su ayuda a lo largo del proyecto, su colaboración y su espíritu alegre e innovador que siempre inspiró la investigación de “Implementación de modelo piloto para generación distribuida de energía renovable utilizando Blockchain”.

REFERENCIAS

- [1] A. Schuschny, «Organización latinoamericana de energía,» Diciembre 2017. [En línea].
- [2] Hyperledger Composer, «Conceptos Clave de Hyperledger Composer,» 27 Agosto 2016. [En línea]. Available: <https://hyperledger.github.io/composer/latest/introduction/key-concepts>.
- [3] H. Fabric, «Blockchain network,» 13 Mayo 2019. [En línea]. Available: <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/latest/network/network.html>.
- [4] L. H. E. M. N. Q. Jairo Donis, Tesis «Implementación de modelo piloto para generación distribuida de energía renovable utilizando blockchain,» San Salvador, 2019.
- [5] T. L. Foundation, «About Hyperledger,» 19 ENERO 2018. [En línea]. Available: <https://www.hyperledger.org/about>. [Último acceso: MAY 2018].