

# Implementación de Sistema de Voto Electrónico

**Barrientos, Cristian**  
**Basaldúa, Guillermo**  
**Boaglio, Pablo**  
**González, Juan**  
**Romero, Cristina**

**Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires**

## Abstract

*En Argentina existen incontables discusiones por la incorporación de la tecnología en los procesos electorales, pero con la aparición de la pandemia y la posterior cuarentena obligatoria, se evidenció la situación que impidió el desempeño normal de las elecciones y al mismo tiempo, se reavivó la necesidad de estudiar en detalle la aplicación de los sistemas informáticos en estos procesos. Es de suma importancia el cumplimiento de las características de anonimato, transparencia e integridad del voto, para esto es imprescindible que los involucrados sientan confianza en el sistema con el que están interactuando. Con el objetivo de ayudar a que las organizaciones puedan celebrar sus elecciones de manera remota, sin la necesidad de que el votante tenga que concurrir a ningún lugar físico a generar su voto ni tampoco a confirmarlo, se ha propuesto la implementación de un Sistema de Voto Electrónico mediante la tecnología de Blockchain. Este Sistema busca incluir un conjunto de funcionalidades para dar solución a los problemas específicos que genera la votación en el formato presencial, tal y como se lo conoce hasta entonces. Mediante algunas reuniones con el secretario gremial del Sindicato de Empleados de la Industria del Gas, se recolectaron datos sobre el funcionamiento y desarrollo del proceso eleccionario desde la necesidad de llamado a elecciones, hasta la proclamación de los electos. Una vez recolectados y analizados los datos se comienza con el desarrollo de la solución para garantizar elecciones sin necesidad de presencialidad que cumplan con los requisitos claves, reduciendo los costos para la organización que las celebre, y minimizando el impacto ambiental que genera el uso de papel.*

## Palabras Clave:

Voto Electrónico, Blockchain, Contratos Inteligentes.

## Introducción

El público objetivo al cual se dirige el estudio de nuestro proyecto es a instituciones, asociaciones civiles, gremiales, clubes y sociedades de fomento, todas organizaciones en las cuales se llevan adelante procesos electorales.

El objetivo principal de nuestro proyecto es, mediante el aporte ingenieril, ofrecer una solución que permita realizar la votación electrónica en las organizaciones, sin necesidad de la presencialidad para concretar el voto, brindando transparencia al voto, seguridad no solo en la emisión del voto, sino también en la obtención de los resultados y garantizando en todo momento el anonimato, utilizando las tecnologías de blockchain y contratos inteligentes. Del mismo se desprenden los siguientes subobjetivos: que las organizaciones puedan cargar el listado de votantes, de las listas candidatas, auditar las listas cargadas e imprimir informes de resultados de la elección una vez finalizada.

Para poder cumplir con este objetivo principal, surge la necesidad de comenzar estudiando el procedimiento detallado de cómo se desarrolla una elección hasta entonces.

Relevando el funcionamiento actual del proceso electoral, por medio de entrevistas con el secretario gremial del Sindicato de Empleados de la Industria del Gas y aportes detallados en estatuto modelo que encuadra

el procedimiento [1], el mismo comienza con el llamado a una convocatoria a elecciones, la misma debe ser circulada masivamente y publicada en diarios y afiches en lugares visibles de los establecimientos y sindicatos para que todos los afiliados estén en conocimiento.

Las listas que pretenden participar del comicio se presentan ante la Junta Electoral, dentro de los diez días hábiles de publicada la convocatoria. Para ser aceptadas deben estar presentadas por agrupaciones con actuación previa en el sindicato.

Una vez aceptadas, la Junta Electoral exhibe las listas oficializadas. Junto con la resolución de convocatoria, se debe informar el lugar y la fecha en la que se realizará la elección y esto no puede ser modificado.

La elección se realiza mediante la emisión de voto directo y secreto, y debe ser realizada dentro del establecimiento y horario laboral.

La apertura del acto comicial se registra en cada mesa mediante un acta pertinente, a la hora de inicio designada con anterioridad.

Al momento de emitir el voto, el afiliado debe presentar su documento de identidad para acreditar su identidad, caso contrario, no podrá emitirlo. Además, es necesario que firme una planilla de control de emisión de voto. Cada lista designa fiscales de mesa para recorrer los lugares de votación y la Junta Electoral designa por mesa, un presidente y dos vicepresidentes.

Concluido el término para la emisión de votos, se comienza con el escrutinio provisorio de cada mesa y su resultado, se contabilizan los votos emitidos, los votos en blanco y los impugnados. Se vuelca toda esta información en un acta de cierre, que es suscripta del mismo modo como el acta de apertura. Los instrumentos anteriormente mencionados, junto con las

urnas, se trasladan de inmediato a la sede central donde finalmente se realiza el escrutinio definitivo. Pueden asistir los fiscales junto a los titulares de cada mesa.

El escrutinio definitivo lo realiza la Junta Electoral en presencia de un representante de cada una de las listas, pudiendo no estar presentes todos. Luego, la Junta Electoral resuelve las impugnaciones, en caso de haber, y una vez resueltas, confecciona un acta de clausura definitiva del acto electoral y la proclamación de todos los electos.

Desde el punto de vista del votante, las elecciones consisten en abandonar el puesto de trabajo y trasladarse al punto de votación, en muchos casos hacer largas colas, emitir el voto y luego volver al puesto de trabajo. Todo este tiempo, se traduce en retraso en su trabajo.

En los casos en los que no se encuentran en sus puestos de trabajo, porque ese día tienen licencia, no pueden asistir por cuestiones laborales o de agenda, directamente no participan, por la incomodidad que genera el desplazamiento desde los puestos de trabajo hacia los sitios a donde tienen que concurrir a votar.

Por otra parte, desde la perspectiva de la organización, es necesario realizar un esfuerzo enorme de coordinación en cuanto a la movilización de los trabajadores, adquisición de alimentos para compartir con los participantes mientras aguardan su turno para votar y para los fiscales también. Ellos deben preparar el o los lugares de votación, deben imprimir las boletas y distribuir las, realizar todas las tareas de fiscalización y en este caso este esfuerzo se traduce en tiempo y dinero.

Consideramos además que la ley 25326/2000 (habeas data) [2] nos obliga a:

- Respecto a la calidad de datos (artículo 4): Los datos que

componen el padrón serán provistos por el cliente, por lo que suponemos que fueron obtenidos por medios lícitos, que son exactos y que se encuentran actualizados.

- Respecto al consentimiento (artículo 5): Sólo buscaremos el consentimiento de las personas al momento de actualizar los datos incorrectos. Supondremos que los datos de personas que componen el padrón provistos por nuestro cliente tienen consentimiento previo.
- Respecto a la seguridad de los datos (artículo 9): Respecto al voto emitido, se utilizará blockchain. De esta manera, el voto no puede ser modificado

A continuación, detallamos los beneficios que propone nuestra plataforma:

**Seguridad:** La aplicación de tecnologías de blockchain y contratos inteligentes minimizan los riesgos de que pueda suceder vulnerabilidades en el sistema, y esto garantiza tanto la transparencia del voto como también los tres aspectos fundamentales de un proceso de este tipo.

**Aumento de la participación:** Surge a partir de que se facilita que los votantes puedan emitir su voto en forma remota, a través de los diferentes dispositivos electrónicos mediante el acceso a nuestro portal, desde sus lugares de trabajo o cualquier otro lugar, sin necesidad de desplazarse a los lugares físicos a votar.

**Agilidad:** Al ofrecer una interfaz fácil de usar, intuitiva y clara en cuanto a las opciones disponibles cuando ingresan los usuarios, de este modo se acelera no sólo la emisión del voto sino también, la contabilización y la obtención de los resultados e informes.

**Reducción de costos:** Evitando la logística para la movilización de la comisión electoral y los votantes, catering, preparación de espacios, etc. Al mismo tiempo, se elimina la impresión en papel de boletas, formularios y padrón, reemplazando las mismas por un formato electrónico.

**Solución sustentable:** Se anula el impacto negativo sobre el medio ambiente producido por la impresión en papel.

### **Elementos del Trabajo y Metodología**

El enfoque de implementación para la gestión del proyecto se desarrollará dentro del marco propuesto por el PMI y para la construcción del software se utilizará la metodología predictiva RUP. A continuación, el detalle de cada etapa:

- Etapa de anteproyecto: Se establecen las bases para la gestión del proyecto.
- Etapa de análisis: Abarca el análisis económico-financiero del proyecto y el relevamiento con el cliente.
- Etapa de diseño: Engloban las tareas de diseño funcional y arquitectura de la solución.
- Etapa de desarrollo y pruebas: Se desarrollará el software del sistema, las pruebas y el despliegue de la solución.
- Etapa de control: Transversal a las etapas de diseño, desarrollo y pruebas, y cierre.
- Etapa de cierre: Se efectúa el cierre administrativo y financiero del proyecto.

La elección de la metodología predictiva RUP se debe a que el producto no entregará valor al cliente hasta no finalizar todo el desarrollo. Esto imposibilita la división efectiva del trabajo en los sprint de la metodología ágil.

El modelo de arquitectura que se usó es el de capas, para lo cual se definieron las siguientes cuatro capas:

#### Capa cliente:

Está formada por la lógica de la aplicación a la que el usuario final accede directamente mediante una interfaz de usuario. Consta de tecnologías de software frontend con herramientas de autenticación e impresión de reportes.

#### Capa de Integración:

En esta capa tendremos integraciones con servicios blockchain, así como también de Auth (Integración con APIS de autenticación, como Google o Facebook) y Base de datos. Los usuarios deben estar registrados de manera no volátil, y al emitir sus votos, se almacenarán en una blockchain integrada. Por otro lado, el rol administrador podrá consumir datos de la blockchain para visualizar los resultados de la votación, y consumir datos de la DB para administrar padrones y generar reportes.

#### Capa Aplicación:

Los servicios de internet serán comunicados a través de TCP/IP estándar, usando el Protocolo de transferencia de archivos (FTP), que transfiere archivos a una red remota.

#### Capa de Datos:

Los datos serán almacenados en una base de datos relacional, sumado a una blockchain. En la base de datos tendremos toda la información referida a los usuarios, fechas de eventos, listas, y en la blockchain solo tendremos lo referido a la votación, la cantidad de votos ejecutados y el resultado de un evento puntual, almacenando sólo el número de votos efectuados, y el ganador de la votación, manteniendo anonimato en la decisión de voto de cada votante.

Este portal permitirá a cada votante ingresar mediante una autenticación de dos pasos, esto significa que el ingreso deberá ser mediante su número de DNI, y luego deberá confirmarlo mediante un código que le llegará a su correo electrónico.

Para lograr esto, se utilizará una tecnología en constante crecimiento como es la tecnología blockchain, y para que el número de DNI no quede asociado a la cadena, se pensó en el siguiente esquema de contratos inteligentes: Se utilizarán dos contratos, uno que realiza la validación para que una persona no pueda votar dos veces (Contrato Validación), y otro que se encarga de guardar el resultado de la elección (Contrato Urna). Luego de registrar el voto, el servidor recibe el número de transacción, este genera una URL para el usuario como resguardo de verificación de su voto, permitiéndole a partir de la misma visualizar el resultado y comprobar que se ha registrado correctamente.

De esta manera se daría una solución a los tres requisitos principales de una elección:

- La autenticación. El sistema permite que el usuario se autentique de forma segura contra un servidor Web.
- El anonimato. Al guardar el DNI en el contrato de validación y la transacción en el contrato urna no existe la posibilidad de relacionarlos y vincular el voto con el votante.
- La auditabilidad por parte del votante. Al devolver la url al votante, este podrá verificar que su voto se ha registrado correctamente pudiendo incluso visualizarlo.

El portal, además, contará con una serie de funcionalidades generales que les permitirá a las instituciones designar un usuario Administrador, encargado de realizar la carga del padrón de forma automática mediante una planilla del tipo Excel, y subir una imagen de la boleta de cada candidato o

candidata, o los nombres que integrarían cada lista. También sería el encargado de establecer la fecha y hora de inicio y fin de la votación, luego de la cuál podrían darse a conocer los resultados a toda la comunidad.

Las organizaciones también podrán designar usuarios pertenecientes a cada lista o no, que auspicien de fiscales o auditores, teniendo acceso al padrón de la votación y a la información de cada lista que les permitirían realizar las verificaciones que crean pertinentes hacer.

Adicionalmente, representantes del Ministerio de Trabajo, Empleo y Seguridad Social tomando el rol de auditores del sistema podrán verificar la disponibilidad de las listas, a fin de determinar si existe alguna anomalía en el proceso de votación, de este modo, se permitirá detectar la presencia de alguna de las siguientes anomalías:

- Duplicidad de lista: Teniendo en cuenta que cada lista podrá aparecer solo una única vez, ésto se dará cuando se repita alguna.
- Omisión de lista: Ocurrirá cuando alguna de las listas oficializadas no se visualiza en el sistema.
- Desactualización de miembros de lista: Sucederá cuando luego de un requerimiento expreso por baja de algún integrante, no se aplicará la baja correspondiente en el sistema.

Para el soporte y atención de incidencias se pondrá a disposición un canal telefónico a fin de asesorar a quienes lo necesiten durante la elección, como así también una mesa de ayuda a los clientes.

### **Trabajos relacionados** **Sistema de votación mediante blockchain [3]**

En este estudio se propuso crear un sistema que permita la votación electrónica cumpliendo con cuatro características que

consideran fundamentales: autenticación, anonimización, auditabilidad por parte del votante y descentralización del sistema. Para el cumplimiento del mismo, plantean la utilización de la tecnología blockchain desarrollando su propia red de Ethereum. La confirmación de emisión de un voto se realiza mediante la creación de un token que luego se puede validar en el sistema teniendo en cuenta la opción seleccionada al ingresar.

En comparación con nuestro sistema consideramos que cumple con parte de nuestros objetivos, de hecho utiliza la misma tecnología que seleccionamos, sin embargo nosotros no sólo vamos a desarrollar una red privada, sino que vamos a utilizar además una red pública, ofreciendo las dos alternativas con sus pros y contra, dependiendo de las necesidades del cliente. Con respecto a la confirmación de la emisión del voto, en nuestro caso el votante recibirá por e-mail un comprobante del voto generado y no tiene que realizar ninguna acción extra para confirmar ésto, ni recordar qué opción tomó al ingresar para votar.

### **Uso y retos de blockchain en plataformas de votación electrónica [4]**

Este estudio expone las contribuciones de la tecnología blockchain sobre los procesos de votaciones electrónicas considerando las características de inmutabilidad, integridad y auditabilidad. Para esto, el trabajo analiza dos tipos de proyectos, uno que permite la utilización de criptomonedas o token criptográficos como representación de los votos y el otro, que utiliza blockchain como un registro inmutable para mejorar o reemplazar parte de un sistema de votación electrónico.

#### Criptomonedas para representar votos:

Se mencionan 4 etapas en donde se realizan movimientos de criptomonedas Zcash entre los 3 tipos de direcciones: Votante, Candidato y Junta electoral. En resumen, se

van transfiriendo las criptomonedas a las diferentes direcciones de los monederos de cada tipo en función de quién realiza el voto, a qué candidato elige y finalmente la junta electoral recibe todas las criptomonedas para contabilizar y emitir resultados. La utilización de esta aplicación mantiene los atributos asociados a la seguridad y privacidad de las elecciones como elegibilidad, autenticidad e integridad, privacidad de los votantes, secreto de los resultados intermedios, incoercibilidad y verificabilidad extremos a extremo.

#### Blockchain como registro inmutable:

En este estudio se plantea la existencia de 4 capas: un tablón de anuncios, Cotena, la blockchain de Bitcoin y Votapp. Aquí la arquitectura de nodos de la blockchain es híbrida, algunos nodos con permisos de lectura o de escritura y para poder realizar una inserción en el tablón de anuncios es necesario tener el consenso de los demás con el mismo permiso de escritura, caso contrario no se realiza ninguna modificación

El dominio de nuestro trabajo son los procesos electorales celebrados por instituciones u organismos. Esto simplifica la gradualidad de su implementación (planteado en los ocho requisitos para la adopción de sistemas de voto electrónico, de [5]) a la sola capacitación del uso del sistema y un simulacro.

Respecto a la arquitectura, al utilizar contratos inteligentes, se impide el control de las transferencias de criptomonedas a otros entes que no sea la junta electoral, ya que esta es la encargada de administrar los monederos que reciben dichas transacciones. Esto garantiza la transparencia de las elecciones (punto número seis de los requisitos para la adopción de sistemas de voto electrónico, de [5]) ya que los votos no pueden ser modificados por quedar registrados en la blockchain.

## **Conclusión**

Hasta el momento hemos desarrollado el contrato inteligente que nos permite registrar los votos en la Blockchain. Con esto hemos logrado garantizar la persistencia de los votos ya que una vez que son registrados, no pueden modificarse. Además, si alguien quisiera alterar un bloque, se perdería la coherencia de la cadena pudiendo ser detectado el fraude.

Considerando lo realizado en las etapas de relevamiento y análisis, podemos afirmar que no se contaba en el proceso de votación convencional con informes de resultado que aporten a una mejora en el desarrollo del mismo a futuro, algo que a partir de nuestro sistema sí van a poder tener a disposición.

A partir de varias reuniones entre el equipo de trabajo y un Secretario Gremial de la Industria del Gas, aparecieron puntos interesantes que acompañaron y fueron de mucha utilidad para el proyecto. Por lo informado, las elecciones se vieron enormemente afectadas por la aparición de la pandemia y posterior cuarentena, por lo que consideramos el proyecto como un punto de partida para avanzar con la evolución de los procesos electorales tradicionales y abrir camino a la aplicación de la tecnología en las elecciones en las organizaciones.

## **Agradecimientos**

Agradecemos a nuestros ayudantes de cátedra de Proyecto Final: Ing. Valeria Ferrari Gallo y Lic. Silvia Balduzzi, por acompañarnos durante todo este tiempo, por sus feedback y siempre guiarnos en el correcto desarrollo del proyecto. Además extendemos el agradecimiento a Leandro Acosta, Secretario Gremial del Sindicato de Empleados del Gas por su predisposición desde el momento en el que lo convocamos como soporte y por proporcionarnos toda la información para la realización del presente estudio.

## Referencias

[1] Estatuto modelo para las entidades de primer grado (08 de junio de 2022).

Estatuto

[https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/estatuto\\_modelo\\_2015.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/estatuto_modelo_2015.pdf)

[2] Ley de Protección de los Datos Personales. (27 de abril de 2022).

Hábeas Data.

<https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-25326-64790/actualizacion>

[3] Sistema de votación mediante blockchain. (10 de mayo de 2020).

Blockchain

<https://drive.google.com/file/d/1bqgeYiShmThXnATPUJJ86y6IVcP4BrON/view?usp=sharing>

[4] Uso y retos de blockchain en plataformas de votación electrónica (05 de abril de 2022).

Blockchain.

[https://www.researchgate.net/publication/328145584\\_Uso\\_y\\_retos\\_de\\_blockchain\\_en\\_plataformas\\_de\\_votacion\\_electronica](https://www.researchgate.net/publication/328145584_Uso_y_retos_de_blockchain_en_plataformas_de_votacion_electronica)

[5] La observación electoral con voto electrónico (23 de septiembre de 2008)

Elecciones.

<https://revistas.onpe.gob.pe/index.php/elecciones/article/view/82/77>

## Datos de Contacto

*Basaldúa Guillermo. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.*

[gbasaldua@frba.utn.edu.ar](mailto:gbasaldua@frba.utn.edu.ar)

*Barrientos Cristian. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.*

[cbarrientos@frba.utn.edu.ar](mailto:cbarrientos@frba.utn.edu.ar)

*Romero Cristina. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.*

[crisromero@frba.utn.edu.ar](mailto:crisromero@frba.utn.edu.ar)

*Boaglio Pablo. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.*

[pboaglio@frba.utn.edu.ar](mailto:pboaglio@frba.utn.edu.ar)

*González Juan. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires.*

[juanpgonzalez@frba.utn.edu.ar](mailto:juanpgonzalez@frba.utn.edu.ar)