

SISTEMA DE VOTACIÓN ELECTRÓNICA PARA ELECCIONES DE REPRESENTANTES DE ÓRGANOS COLEGIADOS UNIVERSITARIOS

ELECTRONIC VOTING SYSTEM FOR ELECTIONS OF MEMBERS OF UNIVERSITY COUNCILS

Jenny Y. Galvez-Garrido, Carlos R. Jaimez-González

Departamento de Tecnologías de la Información, Universidad Autónoma Metropolitana, México

E-mail: 2123064328@alumnos.cua.uam.mx, cjaimez@correo.cua.uam.mx

(Enviado Noviembre 03, 2018; Aceptado Marzo 08, 2019)

Resumen

En este artículo se presenta un sistema web de votación electrónica para la elección de representantes de los órganos colegiados que pertenecen a la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa, los cuales son instancias que se encargan de la toma de decisiones a nivel división y a nivel de unidad. Los representantes que participan en la elección son profesores, alumnos y miembros del personal administrativo de la universidad. El objetivo de este sistema es promover una mayor participación de la comunidad académica en los procesos electorales universitarios, ya que se ha observado que tanto profesores, alumnos y miembros del personal administrativo tienen poca intervención en votaciones presenciales. Se muestra una comparación de sistemas de votación electrónica existentes y se describe el proceso actual de elección de representantes para los órganos colegiados universitarios. Se presenta la metodología que se utilizó para desarrollar el sistema, la cual incluye el levantamiento de requerimientos, el análisis y diseño, y la implementación del sistema.

Palabras clave: *Votación Electrónica, Consejo Académico, Sistema Web, Proceso Electoral.*

Abstract

This paper presents a web system of electronic voting for the election of representatives of the collegiate bodies belonging to the Autonomous Metropolitan University, Cuajimalpa Campus, which are instances that are responsible for decision making at the division level and at the unit level. The representatives participating in the election are professors, students and members of the administrative staff of the university. The aim of the system is to encourage a greater participation of the academic community in the university electoral processes, since it has been observed that there are several reasons why voting in person has not been very popular among professors, students and members of the administrative staff. A comparison of existing electronic voting systems is shown and the current process of electing representatives for university collegiate bodies is described. The methodology used to develop the system is presented, which includes the requirements gathering, the analysis and design, and the implementation of the system.

Keywords: *Electronic Voting, Academic Council, Web System, Electoral Process.*

1 INTRODUCCIÓN

Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) han evolucionado de forma acelerada en todo el mundo, lo cual ha propiciado un incremento en la automatización de diversos tipos de procesos, en la mayoría de los casos con éxito. La automatización de los procesos electorales ha sido uno de los temas en los que los sistemas computacionales pueden apoyar para el resguardo de los votos y asegurar la transparencia en los resultados. En diversos lugares alrededor del mundo se han implementado sistemas de votaciones electrónicas para procesos electorales [1, 2, 3].

En este artículo se presenta un sistema web de votación electrónica para utilizarse en la elección de representantes

de los órganos colegiados que pertenecen a la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa (UAM-C), los cuales son instancias que se encargan de la toma de decisiones a nivel división y a nivel de unidad. Los representantes que participan en la elección son profesores, alumnos y miembros del personal administrativo de la universidad. Este sistema busca incentivar la participación de la comunidad universitaria en este tipo de procesos electorales, ya que se ha observado que existen diversas razones por las que la votación presencial no ha sido muy concurrida.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera. En la sección 2 se presentan algunos antecedentes de los sistemas de votación electrónica. La sección 3 explica la composición de los dos órganos colegiados que

existen en la UAM-C. El estado del arte se aborda en la sección 4, en donde se contrastan cinco sistemas web de votación electrónica existentes. En la sección 5 se describe el proceso actual de elección de representantes para los órganos colegiados en la UAM-C. El levantamiento de requerimientos para la construcción del sistema web se presenta en la sección 6, donde se detallan algunos de los requerimientos de usuario y de sistema. La sección 7 se encarga de abordar el análisis y diseño del sistema, en la cual se muestran algunos de los artefactos generados, tales como diagramas de casos de uso, diagramas de clases, diseño de interfaces web, etc. La implementación del sistema se describe en la sección 8, donde se muestran las tecnologías y herramientas utilizadas, el mapa de navegación, la estructura del sitio web y algunas capturas de pantalla del sistema en funcionamiento. Finalmente, la sección 9 proporciona conclusiones y trabajo futuro.

2 ANTECEDENTES

Los sistemas de votación electrónica se han utilizado desde la década de los años sesenta, cuando salieron al mercado los sistemas electrónicos perforadores de tarjetas, posteriormente los sistemas de escáner óptico, más tarde los sistemas de Registro Electrónico Directo (RED), y finalmente, los sistemas basados en web que operan mediante el uso de Internet [2]. Los sistemas de votación electrónica no son nuevos, ya que se han utilizado desde hace varios años.

El primero en patentar un grabador de votos electrónicamente fue Thomas Alva Edison, en el cual se establecía un registro electrográfico de los votos; este invento despertó el interés de muchas personas alrededor del mundo [1]. En México, alrededor del siglo XIX, nace la idea de hacer el proceso de elección más eficiente y reducir los costos tanto monetarios como humanos, así como los fraudes electorales y el error en el conteo de los votos. Es importante mencionar que a lo largo de la historia han existido varios sistemas de votación, tales como los que se mencionan a continuación.

1) *Sistema de votación mediante tarjetas perforadas*: la opción del votante es perforada en la tarjeta por medio de un aparato mecánico; después un tabulador cuenta las perforaciones de cada opción. En este tipo de sistemas el votante debe estar presente para emitir el voto. Aunque este método ya es obsoleto, todavía es utilizado en algunos estados de los Estados Unidos de América.

2) *Sistema de votación mediante un aparato lector*: es un sistema capaz de leer el voto que se realiza con un bolígrafo en una hoja de papel. Este proceso de votación es presencial, el votante debe estar en el lugar de la votación. Cabe mencionar que el votante no interactúa directamente con el sistema.

3) *Sistema de votación mediante aparatos de grabación directa*: es similar al cajero automático, el cual cuenta con pantallas táctiles y un teclado. El sistema registra el voto o de manera alternativa lo hace otro aparato externo, tal

como un lector de tarjetas magnéticas. El votante interactúa directamente con el sistema.

4) *Sistema de votación electrónica remoto*: este tipo de sistema permite emitir un voto desde cualquier dispositivo que esté conectado a Internet, por lo que no es necesario que el votante asista a un lugar específico para votar, ya que lo puede hacer desde su dispositivo.

3 LOS ÓRGANOS COLEGIADOS

En la UAM-C se tienen dos órganos colegiados: el Consejo Divisional [4], el cual es la instancia encargada de la toma de decisiones a nivel división o facultad, tales como la aprobación de planes y programas de estudio, la aprobación de programas de servicio social, la aprobación de equivalencias escolares para alumnos, la aprobación de materias optativas, entre muchas otras; y el Consejo Académico [5], el cual es el órgano encargado tomar decisiones a nivel de la unidad, tales como la aprobación de planes y programas de estudio, la aprobación de los miembros del consejo y comité editoriales divisionales, la aprobación de los miembros que conforman las comisiones dictaminadoras divisionales, la aprobación de lineamientos e instructivos, entre otras.

Los órganos colegiados están compuestos por autoridades, profesores, alumnos y miembros del personal administrativo de la Universidad. En el caso del Consejo Divisional, éste se compone de diez miembros: el director de la división, los jefes de los tres departamentos académicos que se encuentran en la división, un representante de los profesores por cada uno de los departamentos académicos de la división (tres representantes en total), y un representante de los alumnos por cada uno de los departamentos académicos de la división (tres representantes en total). El caso del Consejo Académico, al ser una instancia a nivel de la unidad, está compuesto por un total de 33 miembros, entre los cuales se encuentran autoridades de la unidad, profesores, alumnos y miembros del personal administrativo, de la manera siguiente: el rector de la unidad, los directores de las tres divisiones académicas de la unidad, los jefes de los nueve departamentos académicos de la unidad, un representante de los profesores por cada uno de los departamentos académicos de la unidad (nueve representantes en total), un representante de los alumnos por cada uno de los departamentos académicos de la unidad (nueve representantes en total), y dos representantes del personal administrativo de la unidad.

El rector, los directores de división y los jefes de departamento son autoridades de la Universidad, por lo que no es necesario que sean elegidos para participar en los órganos colegiados. En el caso de los representantes de profesores, de los representantes de alumnos y de los representantes del personal administrativo, todos ellos deben ser elegidos mediante procesos de elección donde los miembros de sus respectivos departamentos votan a través de papeletas que depositan en urnas físicas. Este proceso se lleva a cabo en un solo día cada año para el Consejo Divisional, y cada dos años para el Consejo

Académico; este día es determinado por el propio órgano colegiado, y se tienen las urnas disponibles en un horario de 9:00 a 15:00 horas, normalmente.

En estos procesos electorales se ha observado que no participa la mayoría de los miembros de la comunidad universitaria (en especial estudiantes y profesores) debido a diversos factores, tales como: hay estudiantes y/o profesores que no tienen clases el día de la elección, y no asisten a la Universidad; hay algunos otros estudiantes y/o profesores que en el momento de la elección tienen clase y no pueden asistir a votar; o simplemente no saben dónde se ubican las urnas; entre otros factores.

Debido a la poca participación de la comunidad universitaria en estos procesos, es que se desarrolló un sistema web de votación electrónica para la elección de los representantes ante Consejo Divisional y Consejo Académico. Es posible tener acceso al sistema desde cualquier lugar y emitir un voto sin necesidad de asistir a la Universidad ni suspender sus actividades.

4 ESTADO DEL ARTE

En esta sección se describe el funcionamiento y las características más relevantes de cinco sistemas web de votación electrónica que fueron analizados: Simply Voting [6], sistema de votación de la Universidad Taita Taveta [7], BallotBin [8], sistema de votación de la ESIME [9], y sistema de votación basado en servicios web confiables [10].

4.1 Simply Voting

De acuerdo a sus creadores, *Simply Voting* "es un sistema web de votaciones desarrollado para eliminar el fraude y mantener el voto secreto" [6]. El sistema maneja dos tipos de usuarios: administradores del sistema y votantes. Los administradores del sistema tienen la capacidad para crear elecciones, registrar, editar y eliminar votantes y candidatos. Cuando se registra una elección, se debe proporcionar la siguiente información: nombre de la elección, descripción, fecha de inicio y fin de la elección, así como la hora inicial y final. En la Fig. 1, se muestra el formulario de registro de una elección, en donde se deben especificar sus datos generales.

The screenshot shows a web form titled "Edit Election". It contains several input fields: "Election Name" with the value "2012 General Election", "Description" with a rich text editor toolbar, "Start Date" (2012-08-06), "Start Time" (09:00), "End Date" (2012-08-31), and "End Time" (23:59). Each date and time field has a format hint in parentheses. A yellow "Save" button is located at the bottom of the form.

Figura 1 Registro de elección en el sistema Simply Voting.

En cada elección, se determina el conjunto de usuarios que pueden votar. El administrador puede registrarlos uno por uno, o bien importar un archivo con extensión .csv que contenga un identificador para cada votante utilizando sólo números, nombre del votante, correo electrónico y opcionalmente una contraseña (en caso de no proporcionarla, el sistema la crea automáticamente). El sistema da la posibilidad de determinar si el votante podrá elegir a uno o más candidatos en una elección determinada. El administrador del sistema registra los candidatos que estarán relacionados con la elección.

En el caso de los votantes, tendrán la posibilidad de votar en una elección determinada, por uno o más candidatos, de acuerdo con lo que se especificó en la elección. Para ello tendrán que autenticarse usando su identificador y contraseña. Cuando el sistema genera las contraseñas automáticamente, el administrador es el encargado de enviar un correo electrónico a los votantes, el cual contendrá los enlaces que lo llevarán a la página de la votación o a la boleta directamente. En caso de que ya haya votado, se le niega el acceso. Al terminar una elección los resultados son publicados, los cuales pueden ser descargados en archivo .csv o en .pdf.

4.2 Sistema de votación de la Universidad Taita Taveta

Es un sistema web que se desarrolló en la universidad de Taita Taveta en Kenia [7], el cual fue implementado usando PHP y MySQL. Para llevar a cabo una elección se requiere de dos tipos de usuarios: administrador y votante. El módulo para los administradores permite entrar al sistema por medio de un nombre de usuario y una contraseña, y solamente se permite tener una cuenta de administrador. El sistema permite al administrador agregar estudiantes, quienes participarán en la votación (votantes), y estudiantes que se pueden postular como candidatos. El módulo para los votantes permite de igual forma entrar al sistema por medio de un número de registro y un código secreto como contraseña; éste es enviado a cada votante vía SMS. El sistema permite al votante elegir al candidato de su preferencia y enviar su voto. El votante puede ver los detalles de su voto sin modificarlo; para imprimir los detalles de su voto debe introducir nuevamente el número de registro y contraseña.

El sistema permite visualizar los resultados de las elecciones, hasta con un año de antigüedad. Adicionalmente, el sistema permite a sus usuarios reportar cualquier error encontrado al correo electrónico de los desarrolladores del sistema. En la Fig. 2, se muestra la pantalla principal de este sistema de votación, donde se observan los enlaces a los resultados de votaciones pasadas, por candidato o por departamento. En la parte superior izquierda se puede ver un enlace para que el administrador pueda entrar al sistema y en la parte central un enlace para que el votante pueda entrar.

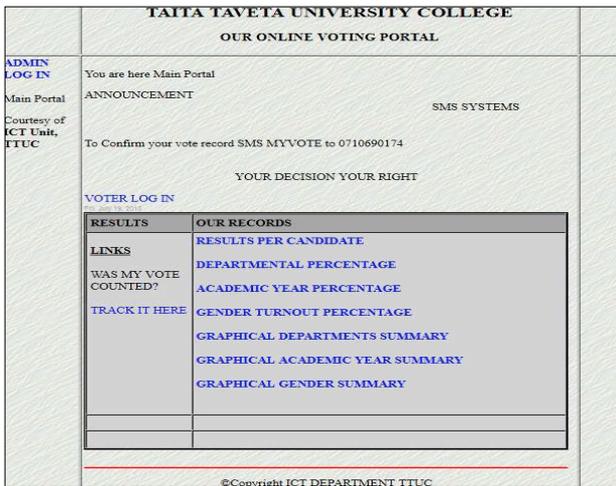


Figura 2 Sistema de votación de la Universidad Taita Taveta.

4.3 BallotBin

Es un sistema web que permite la gestión de votaciones o encuestas [8]. En el caso de las votaciones, el sistema permite dos tipos de usuarios: administrador y votante. Los administradores son los encargados de diversas tareas en el sistema, entre las que se pueden mencionar las siguientes: crear la boleta electoral con sus características, determinar el conjunto de candidatos participantes en la elección, controlar quiénes pueden emitir un voto, registrar los correos electrónicos de los votantes participantes en la elección, notificar vía correo electrónico a los votantes que fueron registrados en la votación y enviar recordatorios a los que no han participado.

En la Fig. 3, se muestra la configuración de una elección. En la parte superior se muestra la fecha inicial y fecha final de la elección, así como su hora de inicio y fin. En la parte inferior se muestra un formulario donde se puede cambiar la fecha y hora, cambiar el nombre de la elección y determinar si los resultados serán publicados.

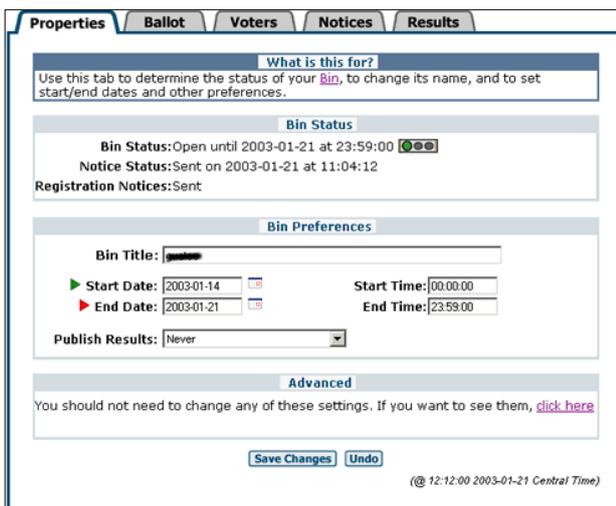


Figura 3 Configuración de una elección en BallotBin.

El sistema incluye un módulo de registro de votantes, donde se registran los correos electrónicos de cada votante o también es posible una carga masiva a través de un

archivo. En el caso de los votantes, el correo electrónico que se les envía incluye un enlace que los lleva a la página de la votación. Una vez dentro, llenan la boleta eligiendo al candidato de su preferencia y envían su voto. Cuando termina una elección los resultados son publicados; se muestra la cantidad de votos emitidos para cada candidato, el porcentaje de los votos emitidos y en una barra la cantidad de votos obtenidos.

BallotBin asegura que solamente se vote una vez por medio del enlace que se envía por correo electrónico; éste es único y sólo se puede usar una vez. Cabe señalar que el sistema no cuenta con una sección donde se notifiquen quejas o sugerencias acerca de la elección. Tampoco permite el uso de categorías de los votantes para saber qué votantes pueden participar en la votación, ya que los registra uno por uno y el sistema web no es adaptable a dispositivos móviles.

4.4 Sistema de votación electrónico de la ESIME

Es un sistema que está diseñado, implementado y probado por los estudiantes de la Escuela Superior de Ingeniería, Mecánica y Eléctrica (ESIME) [9], el cual comprende cuatro etapas: registro, autenticación, registro del voto y conteo de votos. El sistema cuenta con diferentes perfiles para controlar el acceso a la información, uno para los votantes y uno para el administrador. En la Fig. 4 se observa la página de inicio del sistema.

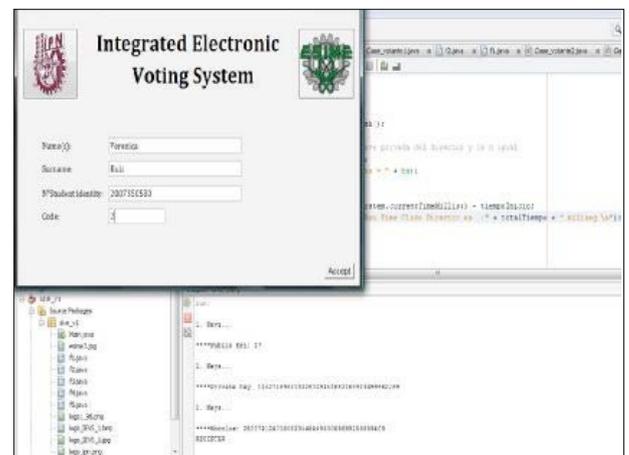


Figura 4 Sistema de votación de la ESIME.

A continuación se listan algunas características del sistema: 1) sólo los votantes registrados pueden votar una vez; 2) sólo personas autorizadas pueden editar, añadir o eliminar información de sistema, pero no pueden interferir con los votos registrados; 3) el proceso no depende de una red pública; 4) el sistema cuenta con una serie de algoritmos para encriptar la información y así no poder saber quién voto por quién.

Para asegurar que ningún votante pueda modificar, añadir o eliminar los votos emitidos, además de no relacionar el voto con el votante se usan algoritmos para encriptar y desencriptar, para así mantener la información segura. Los resultados también son encriptados, para que posteriormente sean entregados a las autoridades.

4.5 Sistema de votación basado en servicios web

Es una propuesta de un sistema de votación basado en servicios web confiables [10]. El sistema tiene los siguientes componentes: 1) componente de cifrado y descifrado, el cual es un módulo que se encarga de que la información sea segura y que esté cifrada al ser enviada; 2) sistema de detección de intrusos y SSL, los cuales son componentes que se encargan de que la información intercambiada entre el servidor web y el cliente sea cifrada para así asegurar que no se tenga acceso a ella y tener conexiones seguras; 3) componente para el registro de votos, en el cual los votos son almacenados siempre y cuando no haya más de un voto por votante; 4) componente presentador de resultados, el cual se encarga de calcular los votos por cada candidato y presentarlos a las autoridades.

Para cada votante se tiene una interfaz personalizada dependiendo de las características del votante. Por ejemplo, si el votante tiene una discapacidad visual, el sistema le proporciona audio para que pueda ejercer su voto. Para que el votante pueda emitir su voto, días antes de la elección, se le otorga una tarjeta que contiene un nombre de usuario y una contraseña que les permitirá entrar al portal de la votación. Esta contraseña y usuario ya fueron previamente registrados en la base de datos del sistema, una vez que el votante introduce estos datos el sistema verifica que no ha votado para así poder almacenar su voto.

Este sistema tiene un subsistema coordinador que recoge los votos emitidos, realiza una copia de seguridad y los envía a un centro de votación. Este centro es el encargado de presentar los resultados finales de la elección. Finalmente, el módulo de presentación muestra los resultados a la autoridad.

4.6 Comparación de sistemas

En esta sección se presenta la Tabla 1, donde se muestran las características que se tomaron en cuenta para el análisis de los sistemas de votación electrónica. Se coloca un símbolo de verificación si el sistema cuenta con la característica y una *x* si no la tiene. Los sistemas que se presentan en la Tabla 1 son los que se analizaron en las secciones previas: S1) *Simply Voting*, S2) sistema de votación de la Universidad Taita Taveta, S3) *BallotBin*, S4) sistema de votación electrónico integrado de la ESIME, y S5) sistema de votación basado en servicios web confiables. A continuación se presenta una breve descripción de cada característica.

C1) Sistema Web. Se refiere a que el sistema ha sido implementado para visualización en navegadores web, principalmente utilizando HTML, CSS y alguna tecnología web del lado del servidor.

C2) Adaptable a dispositivo móvil. Se refiere a que el sistema adapta sus dimensiones para visualización en cualquier dispositivo móvil, tal como una tableta o teléfono móvil.

C3) Notificaciones vía email. Se refiere a que a través del sistema es posible enviar mensajes notificando a los usuarios de algún acontecimiento importante de la elección en la que participa, tal como apertura, cierre o publicación de resultados.

C4) Impresión de voto. Se refiere a que los votantes pueden imprimir los detalles de su voto en la elección en la que participan, a través del sistema.

C5) Autenticación de usuarios. Se refiere a que los usuarios deben tener una cuenta activa para poder ingresar al sistema, es decir, deben estar registrados en la base de datos del sistema.

C6) Interfaz personalizada. Se refiere a que el sistema permite visualizar interfaces web diferentes según el tipo de elección y la persona que lo utiliza.

C7) Presentación de resultados en texto. Se refiere a que los resultados de las elecciones son presentados en forma textual, sólo con nombre de los candidatos y el número de votos que obtuvieron.

C8) Presentación de resultados en gráficas. Se refiere a que los resultados de las elecciones son presentados a través de gráficas, mostrando el número y porcentaje de votos para cada candidato.

C9) Voto único. Se refiere a que el sistema garantiza que un votante pueda emitir únicamente un solo voto en una elección en particular. Esto es implementado a través de diversos mecanismos.

C10) Registro de elección. Se refiere a que el sistema permite al administrador crear nuevas elecciones y configurar sus características.

C11) Registro de candidatos. Se refiere a que el sistema permite registrar los candidatos que participarán en cada una de las elecciones que se han registrado.

C12) Registro de votantes. Se refiere a que el sistema permite registrar los votantes que pueden ejercer su voto para cada una de las elecciones que se han registrado. Esto puede llevarse a cabo de manera individual o a través de una carga masiva de votantes.

C13) Quejas y sugerencias. Se refiere a que el sistema tiene una sección donde los votantes y los candidatos pueden enviar sugerencias o quejas acerca de la elección en la que están participando.

C14) Confirmación del voto. Se refiere a que el sistema proporciona una notificación al votante de que su voto ha sido emitido. Esta característica puede ser realizada por el sistema a través de diversos mecanismos.

C15) Seguridad. Se refiere a que el sistema ha implementado algún protocolo de seguridad para proteger su información y para la comunicación entre el cliente y el servidor web.

C16) Creación de categorías (votantes). Se refiere a que el sistema puede identificar qué usuarios pueden votar en qué elección determinada; esto lo hace mediante una clasificación de votantes de acuerdo a la elección en la que pueden participar.

Tabla 1 Comparación de características de los sistemas analizados.

Característica	S1	S2	S3	S4	S5
C1	✓	✓	✓	✓	✓
C2	✗	✗	✗	✗	✗
C3	✓	✗	✓	✗	✗
C4	✓	✓	✗	✗	✗
C5	✓	✓	✓	✓	✓
C6	✓	✗	✗	✗	✓
C7	✓	✓	✓	✓	✓
C8	✗	✗	✗	✗	✗
C9	✓	✓	✓	✓	✓
C10	✓	✓	✗	✗	✓
C11	✓	✓	✓	✓	✓
C12	✓	✓	✓	✓	✓
C13	✓	✗	✗	✗	✗
C14	✓	✗	✓	✓	✗
C15	✓	✓	✓	✓	✓
C16	✗	✗	✗	✗	✗

5 PROCESO ACTUAL DE ELECCIÓN

En esta sección se presenta el proceso actual de elección de representantes de profesores, alumnos y personal administrativo, el cual se lleva a cabo en diferentes etapas que se describen a continuación.

Primera etapa: publicación de convocatoria. En esta etapa se publica la convocatoria para registro de candidatos para la elección de profesores, alumnos y personal administrativo, para cada uno de los departamentos que correspondan. Para poder realizar las etapas posteriores del proceso debe haber una convocatoria publicada.

Segunda etapa: registro de candidatos. En esta etapa se ven involucrados los profesores, los alumnos y los miembros del personal administrativo. Cualquier persona puede registrarse, pero la jefa de la oficina técnica es quien decide si cumple con los requisitos para ser candidato. Posteriormente se publica una lista con los candidatos registrados para cada departamento.

Tercera etapa: votación. En esta etapa participan profesores, alumnos y personal administrativo, quienes emiten su voto por un candidato en particular de su departamento. Esto se realiza en un día en particular, en el cual se instalan urnas para que se lleve a cabo la elección para cada departamento.

Cuarta etapa: publicación de resultados. En esta etapa se presentan los resultados de forma escrita a toda la comunidad. Es importante mencionar que en esta

etapa se involucra al comité electoral (miembros del consejo), quien se encarga del conteo de votos y posteriormente emite un informe con los resultados de la elección. En esta etapa también se publica un informe con las inconformidades o anomalías que se encontraron en el proceso electoral, en caso de que las hubiera.

La Fig. 5 muestra el proceso completo gráficamente, con cada una de las etapas para la elección de representantes de profesores, alumnos y personal administrativo ante los órganos colegiados de la UAM-C. En cada una de las etapas se ilustra también a las personas involucradas.

6 LEVANTAMIENTO DE REQUERIMIENTOS

Para desarrollar el sistema de votación electrónica se utilizó una metodología iterativa e incremental con varias etapas que se llevaron a cabo en cada iteración: levantamiento de requerimientos, análisis, diseño, implementación y pruebas [11, 12, 13].

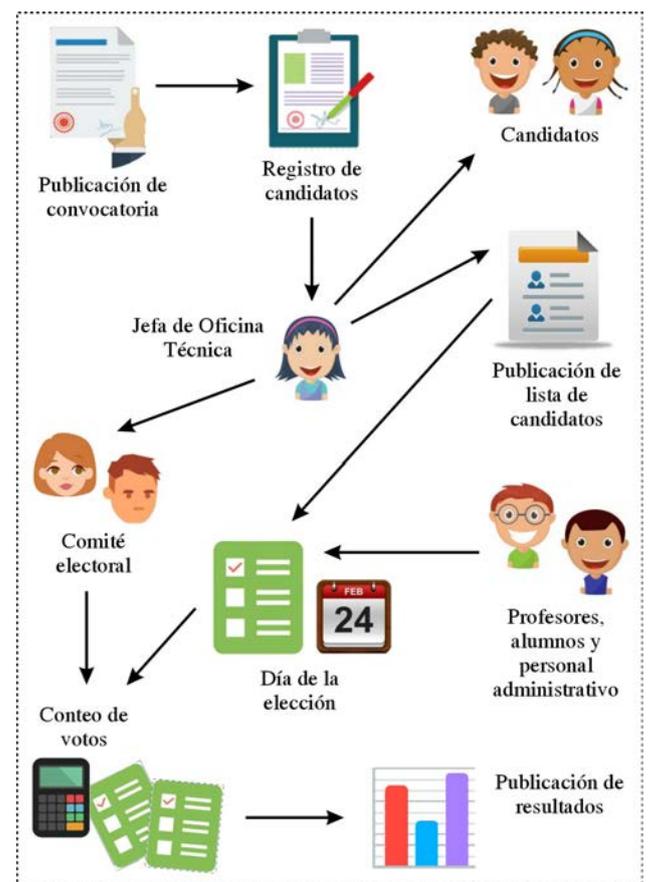


Figura 5 Proceso de elección de representantes en la UAM-C.

En esta sección se presenta el levantamiento de requerimientos que se realizó, para lo cual se decidió acudir con la Jefa de la Oficina Técnica del Consejo Académico de la UAM-C, ya que es la persona que conoce todo el proceso de elección de representantes a nivel de la unidad. Se realizaron varias entrevistas y se obtuvo la información

necesaria para conocer en detalle cada una de las etapas de las elecciones. A continuación se presentan algunos ejemplos de los requerimientos, clasificados en requerimientos de usuario y de sistema, obtenidos a partir de las entrevistas y los documentos recabados.

Dentro de los requerimientos de usuario, se solicitó que el sistema debe proporcionar acceso a cuatro tipos diferentes de usuarios: administrador, profesor, alumno y miembro del personal administrativo.

6.1 Requerimientos de usuario Administrador

Algunos de los requerimientos del usuario administrador son los siguientes:

Creación de una nueva convocatoria, en la cual se especifiquen las fechas y horas importantes del proceso de elección, tales como fecha y hora de publicación de convocatoria, fecha y hora de registro de candidatos tanto inicial como final, así como las fechas para el día de la votación y la publicación de resultados.

Calendario de convocatoria, en el cual sea posible visualizar las fechas importantes de una convocatoria que ha sido publicada, tales como las fechas de registro de candidatos, de la votación y de publicación de resultados.

Modificación y eliminación de una convocatoria, en las cuales sea posible modificar o eliminar una convocatoria que haya sido creada, pero no publicada. Esto es debido a que las convocatorias que ya hayan sido publicadas no aceptan modificaciones ni tampoco es posible borrarlas.

Visualización de aspirantes, en la cual sea posible consultar los aspirantes que se hayan registrado en cada departamento, tanto para profesores, alumnos y personal administrativo. También se debe permitir indicar si un aspirante se convierte en candidato si cumple los requisitos especificados en la convocatoria.

Visualización de resultados, en la cual se mostrarán los resultados obtenidos en las elecciones por departamento. La visualización debe ser textual y a través de gráficas para su mejor interpretación.

6.2 Requerimientos de usuario Profesor, Alumno y miembro del Personal Administrativo

Algunos de los requerimientos del usuario profesor, alumno y miembro del personal administrativo, son los siguientes:

Registro de aspirante, en el cual el profesor, alumno o miembro del personal administrativo pueda registrar su información y los documentos que sustenten su solicitud, para que posteriormente sean evaluados por la Jefa de la Oficina Técnica (administrador) y se determine si puede ser candidato.

Notificación de aceptación, la cual se utilizará para informar a un aspirante si cumplió los requisitos para ser considerado como candidato en una elección.

Boleta de votación, la cual será utilizada para que los miembros de la comunidad emitan su voto. En ella deben aparecer las fotos de los candidatos, sus nombres y debe poder elegirse un candidato únicamente (en el caso de profesores y alumnos), o dos candidatos (en el caso del personal administrativo).

Visualización de voto, la cual permitirá al usuario ver por quién voto, únicamente una vez que el usuario haya emitido su voto.

Visualización de resultados, la cual estará disponible una vez finalizada la votación. Los resultados deben ser públicos, por lo que un usuario puede consultar los resultados de cualquier departamento que haya estado en elección, independientemente de su adscripción.

6.3 Requerimientos de sistema

Los requerimientos del sistema fueron clasificados en funcionales y no funcionales.

6.3.1 Requerimientos funcionales

Algunos de los requerimientos funcionales que se identificaron son los siguientes:

Al crear una convocatoria, el sistema debe verificar que todos los campos hayan sido llenados correctamente, así como hacer una validación de las fechas que se ingresan en una convocatoria. Por ejemplo, no debe ser posible crear una convocatoria con una fecha de votación posterior a la fecha de publicación de resultados.

Al hacer una solicitud de registro como aspirante, el sistema debe verificar que todos los campos hayan sido llenados correctamente, así como notificar al aspirante si ha sido aceptado como candidato, una vez que el administrador ha validado su información.

Al hacer una solicitud para emitir un voto, el sistema debe verificar si el usuario ya ha votado. En caso de no ser así, deberá visualizar la boleta con las fotos y nombres de los candidatos registrados en su departamento. En caso de haber votado, el sistema mostrará los detalles de su voto.

Al hacer una petición para visualizar los resultados de una elección, el sistema deberá mostrar los resultados en texto y gráficamente, independientemente de la adscripción del usuario que haya hecho la solicitud.

El sistema debe respetar las fechas para cada una de las etapas de una elección. Por ejemplo, el sistema no debe permitir el registro de candidatos si no se ha publicado una convocatoria; no puede permitir la votación si es el momento del registro o publicación de resultados; no puede visualizar los resultados si es el momento del registro o de la votación; etc. Cada una de las etapas de las elecciones

tiene una fecha y hora, y éstos deben ser verificados por el sistema.

6.3.2 Requerimientos no funcionales

Algunos de los requerimientos no funcionales que se identificaron son los siguientes:

- El sistema debe tener una interfaz amigable para cada uno de sus usuarios.
- El sistema debe adaptar su visualización a diferentes resoluciones, principalmente para dispositivos móviles como tabletas y teléfonos inteligentes.
- El sistema no debe revelar la relación entre el usuario alumno, profesor o miembro del personal administrativo y el candidato por quién se votó.
- El sistema no debe permitir más de un voto y más de una elección por candidato en caso de alumnos y profesores; para miembros del personal administrativo se permite votar por dos candidatos solamente una vez.

7 ANÁLISIS Y DISEÑO DEL SISTEMA

El análisis y diseño del sistema de votación electrónica se llevó a cabo una vez que se tenían los requerimientos establecidos. Se generaron diversos artefactos para ayudar en la implementación del sistema, entre ellos destacan los siguientes: 1) casos de uso para especificar la interacción de los usuarios con el sistema a través de listas de pasos, en los cuales se establece cómo los usuarios se comunican con el sistema; 2) diagrama de clases para especificar las clases persistentes que tendrá el sistema, es decir, las clases que servirán para almacenar información; 3) diagramas de colaboración y de secuencia, para especificar la interacción interna entre objetos de la aplicación, ya que con estos diagramas se puede observar el paso de mensajes entre objetos; 4) diagramas de entidad-relación y relacional, para especificar las tablas donde se almacenará la información relevante del sistema; 5) interfaces para especificar cómo se visualizará la información en el sistema, entre otros. En esta sección se muestran ejemplos de algunos de los artefactos generados en el análisis y diseño del sistema.

En la Fig. 6 se muestra un diagrama con algunos casos de uso, con los que interactúan un administrador del sistema y un profesor. Cabe señalar que este diagrama solamente muestra dos de los cuatro actores del sistema: al administrador y el profesor. Como se observa en el diagrama, un administrador puede realizar los siguientes casos de uso: a) Crear convocatoria, b) Consultar aspirantes, c) Consultar resultados y d) Consultar convocatorias. Por otro lado, un profesor puede realizar los siguientes casos de uso: a) Registrar aspirante, b) Votar por candidato, c) Consultar resultados y d) Consultar convocatorias.

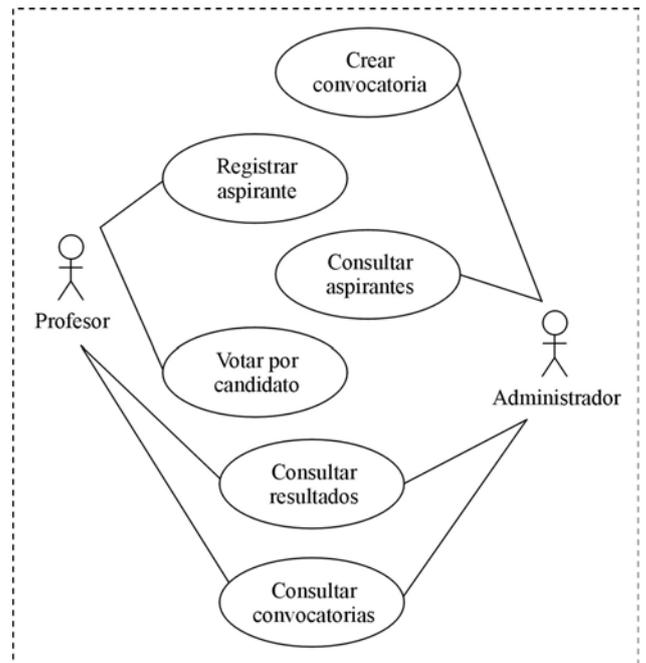


Figura 6 Diagrama de casos de uso.

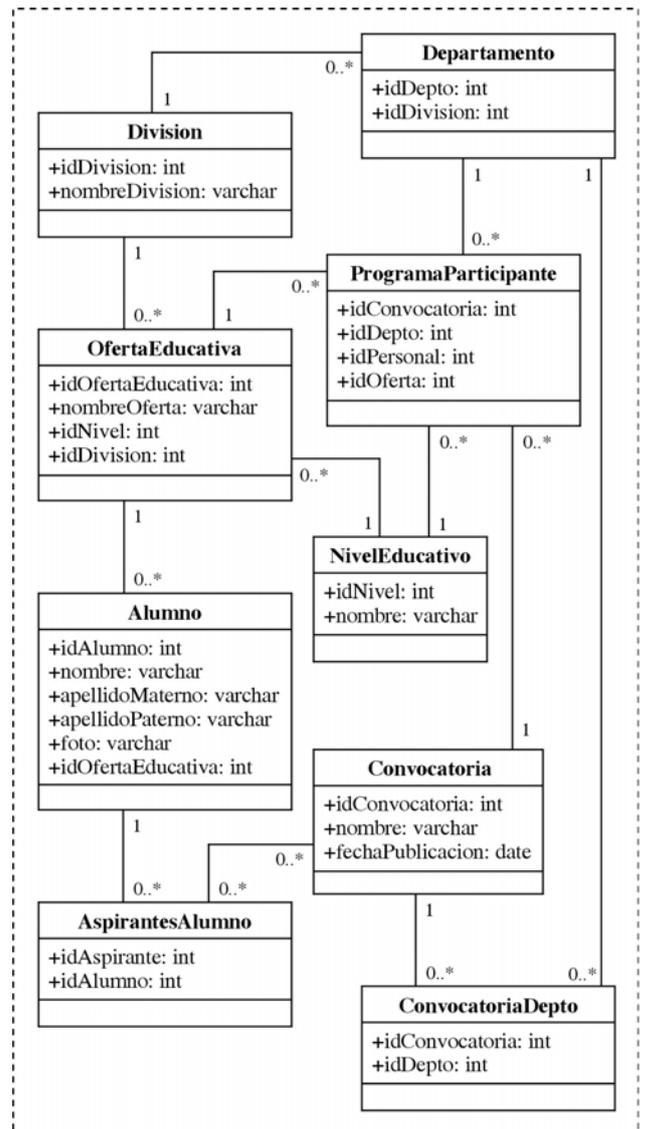


Figura 7 Diagrama de clases del sistema.

En la Fig. 7 se muestra el diagrama de clases del sistema, cada clase con sus respectivos atributos: *Division*, *Departamento*, *Alumno*, *ProgramaParticipante*, *OfertaEducativa*, *ConvocatoriaDepto*, *AspirantesAlumno*, *NivelEducativo*, *Convocatoria*.

En la Fig. 8 se muestra una de las interfaces que es parte del modelo de interfaz, la cual permite visualizar gráficamente el resultado de una elección, ya que indica cuántos votos obtuvo cada candidato. Estas interfaces son de baja fidelidad, y su único objetivo es ubicar los elementos que se tendrán en el sistema.

8 IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

En esta sección se presenta la implementación del sistema de votación electrónica. Primeramente, se describen las tecnologías y herramientas que se utilizaron para su desarrollo; posteriormente, se proporciona el mapa de navegación del sistema, en donde se visualizan las secciones que contiene el sistema; después se muestra la estructura de archivos del sistema; y finalmente, se muestran algunas capturas de pantalla del sistema en funcionamiento.

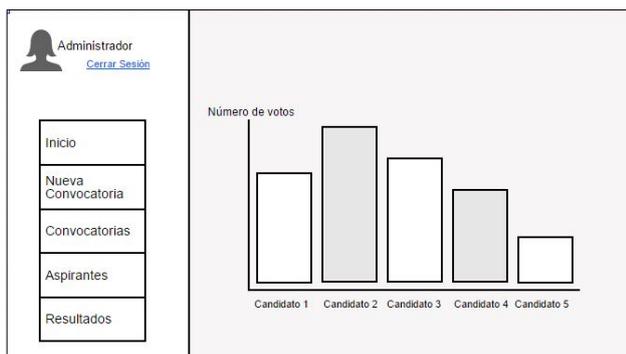


Figura 8 Interfaz para la visualización de los resultados.

8.1 Tecnologías y herramientas utilizadas

A continuación se describen brevemente las tecnologías y herramientas utilizadas para el desarrollo del sistema.

Java. Es un lenguaje de programación orientado a objetos, multiplataforma, el cual permite la creación de clases de propósito general para la lógica de negocios del sistema, para la creación de Java Beans para transportar información (objetos), así como clases para manipulación de datos provenientes de la base de datos.

Java Server Pages (JSP). Es la tecnología Java que permite el desarrollo de páginas web dinámicas del lado del servidor. Esta tecnología permite la utilización de código Java mediante *scriptlets*, y las páginas web son convertidas en *servlets*, los cuales a su vez son compilados y ejecutados por el servidor web.

MySQL. Es un sistema de administración de bases de datos relacionales, que utiliza el lenguaje de consulta estructurado (*Structured Query Language*, SQL por sus

siglas en inglés). Es a través de este sistema de administración que los datos serán almacenados, de donde se pueden extraer, modificar o eliminar.

Hypertext Markup Language (HTML). Es un lenguaje de marcado de hipertexto, el cual es utilizado para la creación de la estructura y contenido de las páginas web del sistema de votación electrónica. Cabe señalar que HTML es usado en combinación con JSP para la generación de páginas web dinámicas.

Cascading Style Sheets (CSS). Es un lenguaje de estilos usado para la presentación de documentos HTML. A través de estilos se puede mejorar la visualización de una página web, ya que es posible modificar el color de la fuente, la tipografía, el tamaño de la fuente, el color, el color de fondo, el ancho de los bordes, la ubicación de los elementos en una página web, los márgenes, entre otros.

JavaScript. Es un lenguaje de programación interpretado, el cual se utiliza para la creación de páginas web dinámicas e interactivas del lado del cliente, es decir, páginas web que se visualizan en un navegador web. El lenguaje JavaScript es interpretado por los navegadores web a través de funciones que son ejecutadas en respuesta a algún evento disparado en el navegador web.

Asynchronous JavaScript and XML (AJAX). Es un conjunto de tecnologías que permiten ejecutar llamadas a páginas web de manera asíncrona desde un navegador web, lo cual proporciona la posibilidad de actualizar solo una sección o parte de la página web que lo invoca. Las llamadas asíncronas evitan que la página web se bloquee esperando a que la petición sea atendida, resultando en una mejor interacción del usuario con el sitio web.

Apache Tomcat. Es un servidor web y contenedor de *servlets* y JSP. Permite alojar sitios web que utilizan la tecnología Java, ya que es capaz de convertir archivos JSP en *servlets* y compilarlos para que puedan ser ejecutados y generar el HTML necesario para el cliente.

NetBeans. Es un entorno de desarrollo integrado (*Integrated Development Environment*, IDE por sus siglas en inglés) para crear, compilar y ejecutar archivos de diversos tipos. Para este proyecto se utilizó este IDE para la creación y modificación de los archivos HTML, JSP, JavaScript y CSS.

8.2 Mapa de navegación

En la Fig. 9 se muestra el mapa de navegación del sistema, en el cual se ilustra la interacción de los usuarios dentro del sistema. Hay dos tipos de usuarios principalmente: el administrador, el cual puede crear convocatorias, ver aspirantes y resultados por departamento o bien, las convocatorias creadas con anterioridad, así como las demás acciones que fueron identificadas en el análisis y diseño del sistema; el profesor, alumno o miembro del personal administrativo, los cuales pueden registrarse como aspirantes en la convocatoria activa, emitir su voto,

ver los resultados obtenidos de las elecciones, entre otras acciones.

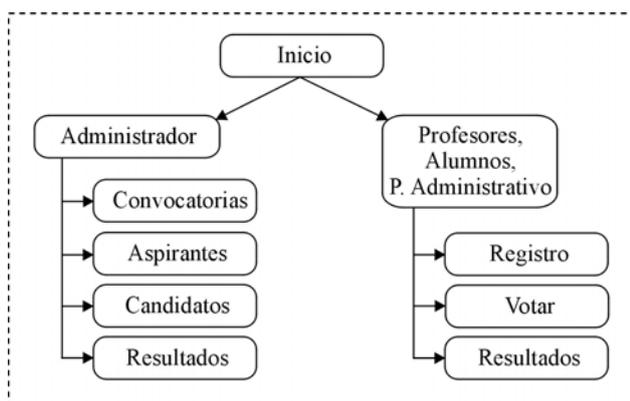


Figura 9 Mapa de navegación del sistema.

8.3 Estructura de archivos

La estructura de archivos del sistema de votación se ilustra en la Fig. 10, y a continuación se da una breve explicación del contenido de cada uno de los directorios.

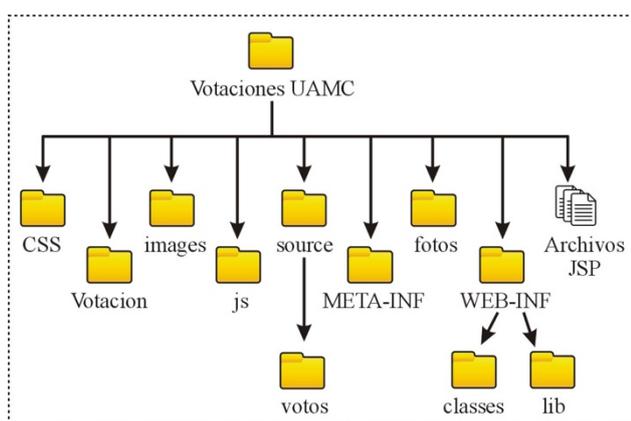


Figura 10 Estructura de archivos del sistema.

CSS. Esta carpeta contiene los archivos con extensión .css para el estilo y presentación del sistema de votación.

Votacion. Este directorio es utilizado por el IDE para la creación de todos los archivos, contiene las clases compiladas y las bibliotecas utilizadas para el sistema.

Images. Esta carpeta contiene todas las imágenes utilizadas en el sistema. Dentro de esta carpeta hay subcarpetas para almacenar las imágenes que corresponden a cada sección del sistema.

Js. Este directorio contiene los archivos JavaScript y los archivos que contienen las funciones AJAX para el funcionamiento del sistema.

Source. Esta carpeta contiene los archivos .java, los cuales representan a las clases JavaBean y las clases de acceso a la base de datos.

Fotos. Este directorio contiene todas las fotos de los usuarios del sistema, así como las de los aspirantes y candidatos registrados.

WEB-INF. Esta carpeta contiene dos directorios, el primero es *classes*, en el cual se almacenan los archivos compilados (.class) de los archivos .java; el segundo es *lib*, en el cual se almacenan las bibliotecas externas utilizadas en el sistema.

Archivos JSP. Son los archivos JSP, que permiten el funcionamiento del sistema, los cuales a su vez contienen los vínculos con los archivos JavaScript y CSS.

8.4 Sistema en funcionamiento

En este apartado se presentan algunas capturas de pantalla del sistema de votación electrónica que se desarrolló. En la Fig. 11 se muestra la página web que permite al administrador crear una nueva convocatoria de elección, en la cual debe proporcionarse toda la información necesaria, tal como: nombre de la convocatoria, fecha y hora de publicación de la convocatoria, fechas y horas iniciales y finales para el registro de candidatos, fecha y hora de publicación de los candidatos aceptados, fecha y hora en que se llevará a cabo la votación, entre otros. En el panel del lado izquierdo se cuenta con un menú para navegar entre las distintas secciones a las que tiene acceso un administrador, tal como se mostró en el mapa de navegación que se presentó en un apartado previo: convocatorias, aspirantes y resultados.



Figura 11 Creación de una nueva convocatoria.

Una vez que se ha creado la convocatoria exitosamente, el sistema muestra el calendario con todos los eventos importantes relacionados con la convocatoria, tal como: publicación de la convocatoria, registro de candidatos, publicación de la lista de candidatos, votación, publicación de resultados, etc. La Fig. 12 muestra una captura de pantalla con el calendario que se generó a partir de la creación de una nueva convocatoria.

Para el caso de un usuario profesor, alumno o miembro del personal administrativo, se tiene acceso a las convocatorias publicadas. La Fig. 13 muestra una captura de pantalla con las convocatorias que han sido publicadas en el sistema. El usuario que está utilizando el sistema en este caso es una alumna.

La Fig. 14 muestra una captura de pantalla con la página web para registrarse como aspirante en una convocatoria para elección de alumnos.

El alumno que desea registrarse debe proporcionar toda la información que se le solicita: nombre completo, nacionalidad, domicilio, correo electrónico, teléfonos, división académica a la que pertenece, departamento o licenciatura en la que se encuentra inscrito, matrícula, trimestre de ingreso, etc. El registro para aspirantes profesores y miembros del personal administrativo se lleva a cabo en el sistema de manera similar.

Figura 12 Calendario para una convocatoria recién creada.

Figura 13 Convocatorias de elecciones.

Figura 14 Registro de aspirante alumno.

9 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este artículo se presentó un sistema de votación para la elección de representantes de los órganos colegiados que pertenecen a la UAM-C. El objetivo de este sistema es incentivar la participación de la comunidad universitaria en este tipo de procesos electorales, ya que se ha observado que existen diversas razones por las que la votación presencial no ha sido muy concurrida.

Se mostró una comparación de sistemas de votación electrónica existentes y se describió el proceso actual de elección de representantes para los órganos colegiados

universitarios. Se presentó la metodología que se utilizó para desarrollar el sistema, la cual incluyó el levantamiento de requerimientos, el análisis y diseño, y la implementación del sistema. Para el análisis y el diseño se presentaron algunos de los artefactos generados. También se proporcionaron detalles de la implementación del sistema, donde se presentaron las tecnologías y herramientas utilizadas, el mapa de navegación, la estructura del sistema y algunas capturas de pantalla del sistema en funcionamiento.

Como trabajo futuro, es necesario que el sistema sea evaluado por un grupo de usuarios de cada sector involucrado (profesores, alumnos y miembros del personal administrativo), para probar su correcta funcionalidad; su usabilidad al realizar tareas específicas dentro del sistema; y la percepción de su uso para llevar a cabo votaciones electrónicas. De acuerdo a los resultados de estas evaluaciones el sistema será ajustado, para posteriormente probarlo en elecciones de representantes futuras de Consejo Divisional o Académico.

6 REFERENCIAS

- [1] Téllez Valdés, J. (2010). El voto electrónico. México: Tribunal Electoral del Poder Judicial de la Federación. Recuperado de: http://www.te.gob.mx/documentacion/publicaciones/Temas_selectos/14_voto.pdf
- [2] Red de Conocimientos Electorales ACE. (2018). Elecciones y Tecnología. Recuperado de: <http://aceproject.org/ace-es/topics/et/default>
- [3] Cáceres Rincón, D. (2011). Modelo de arquitectura de sistema para la implementación del voto electrónico en el municipio de Choachi. Recuperado de: <http://pegasus.javeriana.edu.co/~PA111-01-eVoto/docs/documento%20final%20de%20arquitectura%20empresarial%20con%20validacion.pdf>
- [4] Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa. (2018). Consejo Divisional de Ciencias de la Comunicación y Diseño. Recuperado de: http://hermes.cua.uam.mx/Nuestra_Division/consejo_divisional
- [5] Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Cuajimalpa. (2018). Consejo Académico. Recuperado de: <http://www.cua.uam.mx/conoce-la-uam-unidad-cuajimalpa/informacion-institucional/consejo-academico>
- [6] Simply Voting, Inc. (2018). Simply Voting Online Election System. Recuperado de: <https://www.simplyvoting.com/>
- [7] Nzoka, J. M., Muthama, N. M., Mung'ithya, N. M. (2013). Taita Taveta University College E-Voting System: A Web Based Approach to Elections Management. *International Journal of Intelligent Information Systems*, 2 (5), 70-76.
- [8] BallotBin. (2018). BallotBin, democracy just got easier (2018). Recuperado de: <http://ballotbin.com/>
- [9] Gallegos-García, G., Ruiz-Venegas V., Molina-Silva, A., Aguirre-Anaya, E. (2011). *Design and implementation of an electronic voting system for choosing the position of advisor student in a*

- university*. Proceedings of the 2011 Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference, Cuernava, Morelos, México (pp. 455-460). doi: 10.1109/CERMA.2011.79
- [10] Omid, A., Moradi, S. (2012). *Modeling and quantitative evaluation of an internet voting system based on dependable web services*. Proceedings of the 2012 International Conference on Computer and Communication Engineering (ICCCE), Kuala Lumpur, Malaysia (pp.825-829). doi: <https://doi.org/10.1109/ICCCE.2012.6271332>
- [11] Jacobson, I., Booch, G., Rumbaugh, J. (1999). *The Unified Software Development Process*. Boston, Massachusetts, USA: Addison-Wesley Professional.
- [12] Booch, G., Rumbaugh, J., Jacobson, I. (2005). *The Unified Modelling Language User Guide*. Boston, Massachusetts, USA: Addison-Wesley Professional.
- [13] Sommerville, I. (2015). *Software Engineering*. Essex, England: Pearson Education Limited.