



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Ciencias y Sistemas

**PROPUESTA DE PLATAFORMA PARA TRIBUNAL SUPREMO ELECTORAL  
SOFTWARE PARA ELECCIONES GENERALES**

**Sergio Antonio Avalos Esquivel**

Asesorado por el Ing. José Ricardo Morales Prado

Guatemala, agosto de 2021



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE PLATAFORMA PARA TRIBUNAL SUPREMO ELECTORAL  
SOFTWARE PARA ELECCIONES GENERALES**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**SERGIO ANTONIO AVALOS ESQUIVEL**

ASESORADO POR EL ING. JOSÉ RICARDO MORALES PRADO

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2021



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Christian Moisés de la Cruz Leal
VOCAL V	Br. Kevin Armando Cruz Lorente
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
EXAMINADOR	Ing. Marlon Francisco Orellana López
EXAMINADOR	Ing. Nefalí de Jesús Calderón Méndez
EXAMINADOR	Ing. José Alfredo González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez



## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **PROPUESTA DE PLATAFORMA PARA TRIBUNAL SUPREMO ELECTORAL SOFTWARE PARA ELECCIONES GENERALES**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, con fecha septiembre 2019.

**Sergio Antonio Avalos Esquivel**





Guatemala, 28 de octubre de 2020

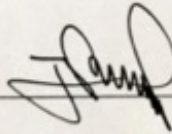
Ingeniero  
**Carlos Alfredo Azurdia**  
Coordinador de Privados y Trabajos de Tesis  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas  
Facultad de Ingeniería – USAC

Respetable Ingeniero Azurdia:

Por este medio hago de su conocimiento que en mi rol de asesor del trabajo de investigación realizado por el estudiante **Sergio Antonio Avalos Esquivel** con carné 201114339 y CUI 2162 83779 0115 titulado "PROPUESTA DE PLATAFORMA PARA TRIBUNAL SUPREMO ELECTORAL SOFTWARE PARA ELECCIONES GENERALES", lo he revisado y luego de corroborar que el mismo se encuentra concluido y que cumple con los objetivos propuestos en el respectivo protocolo, procedo a la aprobación respectiva.

Al agradecer su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para suscribirme,

Atentamente,



---

**Ing. Jose Ricardo Morales Prado**  
Colegiado No. 4746  
JRMPrado@protonmail.com





Universidad San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, 12 de noviembre de 2020

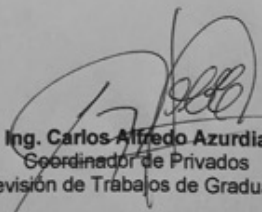
Ingeniero  
**Carlos Gustavo Alonzo**  
Director de la Escuela de Ingeniería  
En Ciencias y Sistemas

Respetable Ingeniero Alonzo:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación del estudiante **SERGIO ANTONIO AVALOS ESQUIVEL** con carné **201114339** y CUI **2162 83779 0115** titulado "**PROPUESTA DE PLATAFORMA PARA TRIBUNAL SUPREMO ELECTORAL, SOFTWARE PARA ELECCIONES GENERALES**" y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo, según el protocolo aprobado.

Al agradecer su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para suscribirme,

Atentamente,

  
**Ing. Carlos Alfredo Azurdia**  
Coordinador de Privados  
y Revisión de Trabajos de Graduación





UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN  
CIENCIAS Y SISTEMAS

*El Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor con el visto bueno del revisor y del Licenciado en Letras, del trabajo de graduación **“PROPUESTA DE PLATAFORMA PARA TRIBUNAL SUPREMO ELECTORAL SOFTWARE PARA ELECCIONES GENERALES”**, realizado por el estudiante, **SERGIO ANTONIO AVALOS ESQUIVEL** aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.*

Digitally signed by Carlos Gustavo Alonzo  
DN: 2.5.4.18=Profesional Titulado, c=GT,  
o=Guatemala / Guatemala, street=Via 5 3-65  
zona 4 Ed. El Angel 5to nivel of 52,  
2.5.4.20=22347420, ou=N/A, o=N/A,  
title=Ingeniero en Ciencias y Sistemas  
Colegiado. 6358, serialNumber=2278 03167  
0101, 2.5.4.45=29020980, 2.5.4.27=06/03/79,  
email=carlosalonzo@infoutilitygt.com,  
cn=Carlos Gustavo Alonzo  
Date: 2021.08.23 20:15:05 -06'00'

*Msc. Carlos Gustavo Alonzo*  
**Director**  
**Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas**

*Guatemala, 20 de agosto de 2021*



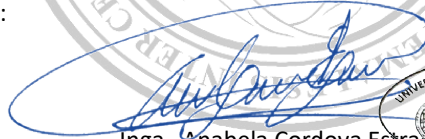



**Decanato**  
**Facultad de Ingeniería**  
**24189101- 24189102**

DTG. 369.2021

La Decana de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA DE PLATAFORMA PARA TRIBUNAL SUPREMO ELECTORAL SOFTWARE PARA ELECCIONES GENERALES**, presentado por el estudiante universitario: **Sergio Antonio Avalos Esquivel**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:

  
Inga. Anabela Cordova Estrada  
Decana

The official stamp is an oval shape containing the text 'UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA' at the top, 'DECANA' and 'FACULTAD DE INGENIERÍA' in the center, and a small star at the bottom.

Guatemala, agosto de 2021

AACE/cc





## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Principalmente por ser el creador de todo, por darme la fortaleza y luz en el camino.
<b>Mis abuelitas</b>	Elena Barillas y Gregoria Esquivel, que fueron fuente de amor, ejemplo de perseverancia y lucha.
<b>Mis padres</b>	Sergio Avalos y Angela Esquivel por todo su amor, por ser mi inspiración y fortaleza, por ser mi ejemplo de perseverancia y de humildad.
<b>Mi hermana</b>	Angela María Avalos, por ser ese amor y apoyo incondicional.
<b>Mis amigos</b>	Robinson Pérez, Rocael Isidro, Iván López, Lester Rodríguez, Julio Velásquez y Ricardo Hernández, que hemos batallado lado a lado para alcanzar esta meta.
<b>Ingeniero</b>	William Escobar, que ha sido más que un catedrático un amigo, siempre contamos con su apoyo y motivación para nuestra superación.



## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Universidad de San Carlos de Guatemala** Por ser mi casa de estudios, por abrirme las puertas y prepararme para ser un profesional de valor.
- Mis amigos** Robinson Pérez, Rocael Isidro, Iván López, Reimer Chamalé, Lester Rodríguez, Andrea Orozco, Ana Zuñiga, Rodolfo Orantes, Cristopher Pérez, Julio Velásquez, Kevin Esquivel, Ricardo Hernández, Álvaro Hernández y todos los que han sido apoyo durante en vida.
- Ingenieros** Sergio Méndez, Ricardo Morales e Ing. Azurdia, por sus consejos, conocimientos y su apoyo.
- Mi novia** Virginia Chavarria, por su apoyo y amor, por ser ejemplo de lucha y perseverancia.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	V
LISTA DE SÍMBOLOS .....	VII
GLOSARIO .....	IX
RESUMEN .....	XI
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN .....	XV
1.    IMPORTANCIA DE LA NUBE .....	1
2.    ANÁLISIS DEL PROBLEMA .....	7
2.1.    Obtención de necesidades y requerimientos .....	7
2.1.1.    Resultados preliminares.....	9
2.1.1.1.    Página de inicio.....	11
2.1.1.2.    Panel de resultados .....	12
2.1.1.3.    Imágenes de actas No. 4 por mesa .....	13
2.1.1.4.    Avance de la transmisión .....	14
2.1.2.    Resultados generales.....	15
2.1.2.1.    Reporte general .....	17
2.1.2.2.    Resultado por mesa .....	17
2.2.    Análisis de roles dentro de la aplicación .....	17
2.2.1.    Población en general.....	18
2.2.2.    Encargado del centro de votación.....	18
2.2.3.    Validadores y gestores de la información .....	18
2.2.4.    Administradores generales del sistema .....	19
2.3.    Personas y entidades interesadas .....	19

2.3.1.	Fiscales de cada partido político.....	19
2.3.2.	Entidades fiscalizadoras externas al TSE.....	20
2.3.3.	Organizaciones de las naciones unidas y entidades externas del país. ....	20
3.	ANALISIS DE PROCESOS .....	21
3.1.	Desarrollo de procesos de ingreso de información de las boletas al sistema .....	21
3.2.	Análisis de informes que se deben presentar a los interesados.....	22
3.3.	Análisis de Informes que se deben presentar a la población en general .....	23
4.	DESARROLLO GENERAL DE LA PROPUESTA.....	27
4.1.	Descripción general de la propuesta.....	29
4.2.	Desarrollo de la arquitectura .....	30
4.2.1.	Punto de vista de contexto.....	31
4.2.2.	Punto de vista de funcional .....	32
4.2.2.1.	Página de inicio.....	33
4.2.2.2.	Panel de resultados .....	33
4.2.2.3.	Imágenes de actas no. 4 por mesa.....	33
4.2.2.4.	Avance de la transmisión.....	34
4.2.2.5.	Reporte general .....	35
4.2.2.6.	Resultado por mesa.....	35
4.2.3.	Punto de vista de información.....	36
4.2.4.	Punto de vista de concurrencia.....	39
4.2.5.	Punto de vista de desarrollo.....	42
4.2.6.	Punto de vista de despliegue .....	44
4.2.7.	Punto de vista de operaciones.....	46

4.3.	Cotización del proyecto .....	48
5.	CONCLUSIONES GENERALES DE LA SOLUCIÓN .....	51
	CONCLUSIONES .....	53
	RECOMENDACIONES.....	55
	BIBLIOGRAFÍA.....	57





# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

## FIGURAS

1.	Resultados preliminares.....	10
2.	Página de inicio.....	12
3.	Panel de resultados.....	13
4.	Imágenes de actas No. 4 por mesa.....	14
5.	Avance de resultados.....	15
6.	Resultados generales.....	16
7.	Ejemplo de visualización de información.....	25
8.	Diagrama general de la solución.....	30
9.	Actuadores en el sistema.....	32
10.	Funcionalidades en resultados preliminares.....	34
11.	Funcionalidades en resultados generales.....	35
12.	Punto de vista funcional.....	36
13.	CQRS.....	37
14.	Stream Apache Kafka.....	38
15.	Diagrama de punto de vista de información.....	39
16.	Diagrama de punto de vista de concurrencia.....	41
17.	Desarrollo modulo página resultados preliminares.....	43
18.	Diagrama de despliegue.....	45
19.	Diagrama de ciclo de desarrollo.....	46
20.	Diagrama sobre DevOps.....	47



## TABLAS

I.	Costo por uso de red por día.....	48
II.	Costo por tipo de máquina virtual por día de operación.....	49
III.	Proyección de utilización en día de elecciones.....	50
IV.	Proyección de utilización después del día de elecciones.....	50



## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Gb</b>	Giga Bite
<b>Mb</b>	Mega Bite
<b>\$</b>	Dólar



## GLOSARIO

<b>GoogleCloud</b>	Se refiere al espacio virtual a través del cual se puede realizar una serie de tareas que antes requerían de hardware o software y que ahora utilizan la nube de Google como única forma de acceso, almacenamiento y gestión de datos.
<b>Nube</b>	Es un paradigma que permite ofrecer servicios de computación a través de una red, que usualmente es internet.
<b><i>Streaming</i></b>	La retransmisión en directo, retransmisión o emisión continua.
<b>TSE</b>	Institución guatemalteca que tiene la facultad de realizar la convocatoria a elecciones para el cargo de presidente de la república y vicepresidente de la república, para los cargos de diputados al Congreso de la República y al Parlamento Centroamericano.





## RESUMEN

La necesidad de tener información en tiempo real con la menor pérdida posible ha llevado a preguntarse si el sistema que provee el tribunal supremo electoral por medio de sus portales web para mostrar los resultados de las elecciones tiene alguna posibilidad de mejorar el rendimiento.

Estos sitios, principalmente el sitio de resultados preliminares, son consultados durante el día de las elecciones por una cantidad de millones de usuarios por segundo, lo que ha llevado a que los servidores no tengan la capacidad de respuesta hacia tanta demanda, lo que produce una pérdida en la calidad del servicio y hace difícil conectarse al portal.

Se presenta una propuesta de arquitectura que intenta cubrir distintas áreas, enfocado hacia las tecnologías en la nube con el fin de brindar una alta escalabilidad, alto rendimiento y tiempos de respuesta mejorados, y de igual manera busca reducir los costos pagando únicamente los recursos que son estrictamente necesarios para brindar un servicio de calidad hacia los distintos públicos que están interesados en la información.



## **OBJETIVOS**

### **General**

Proponer una plataforma basada en la nube para mostrar la información de elecciones generales en Guatemala, que permita tener una experiencia agradable al utilizarla y asegurando seguridad e integridad en los datos de manera que se realice de manera eficiente en recursos y así reduciendo costos de operación.

### **Específicos**

1. Recabar información sobre los procesos establecidos para la recolección y digitalización de los datos durante las elecciones generales en Guatemala.
2. Proponer una plataforma con la cual se pretenda utilizar los recursos de manera eficiente y a su vez se reduzcan costos en comparación con implementación actuales por parte del TSE.
3. Proponer una plataforma capaz de responder a múltiples solicitudes de conexión, mostrar información en tiempo real, seguridad e integridad en los datos ingresados, responder a una serie de informes y datos estadísticos necesarios para llevar a cabo los distintos análisis por parte de cada una de las entidades reguladoras y medios de comunicación.



## INTRODUCCIÓN

En las pasadas elecciones generales 2019 llevadas a cabo en Guatemala por parte del Tribunal Supremo Electoral, presentaron muchas fallas y un servicio de baja calidad cuando el requerimiento de información en tiempo real se incrementaba, dando como resultado el no poder acceder a las plataformas donde se distribuía la información por el exceso de tráfico que los servidores no pudieron soportar.

Tomando en consideración las nuevas tendencias de tecnología, donde por necesidad de proporcionar datos en tiempo real han llevado a empresas como Netflix, Amazon, HBO y otras grandes empresas han llevado a la implementación de distintas soluciones para proveer de un flujo de datos seguro y rápido a miles de millones de usuarios de sus plataformas, buscando reducir los costos de operación al máximo.

Se analiza el sistema desde el punto de vista técnico para diseñar una propuesta de arquitectura, tomando ejemplos de sistemas que utilizan algunas grandes empresas enfocadas en la distribución de *streaming* de datos y apoyándose en las tecnologías en la nube, para una futura implementación en los sistemas que gestionan la información de las elecciones generales en Guatemala por parte del Tribunal Supremo Electoral.

Esta propuesta busca analizar cómo se maneja el flujo de la información dentro del sistema y cómo puede ser aprovechada para mejorar el rendimiento, así reducir costos en el procesamiento y almacenamiento de la información. Otro punto que busca analizar esta propuesta es el encontrar un conjunto de

tecnologías que aplicadas puedan dar flexibilidad al servicio, en el sentido que pueda manejar desde pequeñas cantidades de solicitudes, hasta millones de solicitudes sin que el servidor se sature y manteniendo la calidad en el servicio. Todo esto en combinación con la reducción de costos y la alta disponibilidad por medio de una implementación en la nube.

## 1. IMPORTANCIA DE LA NUBE

En Guatemala existe el Tribunal Supremo Electoral, TSE que es “la máxima autoridad en materia electoral.”<sup>1</sup> Encargada de llevar a cabo las elecciones para cargo de presidente de la república, vicepresidente, los cargos para diputados al congreso de la república, al parlamento centroamericano, alcaldías y puestos públicos, que se realizan cada cuatro años. “Su organización, funcionamiento y atribuciones están determinados en la Ley Electoral y de Partidos Políticos, según el artículo 121 de la Ley Electoral y de Partidos Políticos, la que es vigente desde el 14 de enero de 1986.”<sup>2</sup>

La necesidad de obtener información sobre el proceso de las elecciones generales en tiempo real ha llevado al TSE a realizar distintas implementaciones de plataformas para mostrar esos resultados, sin embargo, la demanda de información en tiempo real ha ido en incremento y estas plataformas ha padecido de distintos inconvenientes al momento de brindar el servicio, lo que ha llevado a no poder brindar un servicio de alta disponibilidad y calidad, donde es posible realizar una implementación de los servicios en la nube para cumplir con estos objetivos.

La nube “consiste en el suministro de recursos informáticos a petición, desde aplicaciones hasta centros de datos, a través de Internet y con un modelo de pago según uso.”<sup>3</sup> donde se desglosa en diferentes capas o tipos dependiendo

---

<sup>1</sup> Tribunal Supremo Electoral. *Quienes somos. Guatemala: TSE.* <https://www.tse.org.gt/index.php/tse/quienes-somos/>. Consulta: noviembre de 2019.

<sup>2</sup> *Ibíd.*

<sup>3</sup> IBM. *cloud computing* <https://www.ibm.com/es-es/cloud/learn/cloud-computing>. Consulta: noviembre de 2019.

las necesidades del equipo de ingeniería. Donde se puede obtener infraestructura como servicio (IaaS), plataforma como servicio (PaaS) y a su vez software como servicio (SaaS).

Los siete motivos habituales por lo que las organizaciones están recurriendo a los servicios en la nube son: costo, velocidad, escala global, productividad, rendimiento, confiabilidad y seguridad. Pasar de un desarrollo de sistemas *onpremise* hacia uno en la nube se convierte en una necesidad en estos días.

El término *onpremise* se refiere al desarrollo de aplicaciones que se alojan de manera local a los servidores de la empresa, lo que requiere que la empresa tenga el equipo y la infraestructura adecuados, así como medidas de seguridad contra desastres al momento de implementar sus soluciones. Mientras que los servicios en la nube permiten responder rápidamente a los cambios y a su vez permite crecer bajo demanda de manera rápida y eficiente.

Para poder trabajar en la nube y permitir una rápida escalabilidad se debe de hablar sobre tecnologías que permiten contener aplicaciones y que a su vez pueden replicarse rápidamente en servidores, como lo son los contenedores. “Los contenedores constituyen un mecanismo de empaquetado lógico en el que las aplicaciones pueden extraerse del entorno en que realmente se ejecutan.”<sup>4</sup>

Dentro de las ventajas en la utilización de contenedores, está que se pueden realizar ejecuciones en cualquier entorno, se tiene una mejora en la utilización de los recursos y permite un escalado rápido.

---

<sup>4</sup> GoogleCloud, *Contenedores 101: ¿Qué son los contenedores?* <https://cloud.google.com/containers/?hl=es>. Consulta: noviembre de 2019.



De manera que permiten aislar aplicaciones con todos los archivos que requiere para ejecutarse, así permite mover la aplicación entre los entornos (desarrollo, prueba, producción, entre otros), sin perder ninguna de sus funciones. Dentro de estas tecnologías se encuentra a Docker, que es una tecnología de contenedores basada en Linux open-source (software libre), que ayuda a simplificar, acelerar y organizar el desarrollo y la implementación de las aplicaciones.

Los contenedores por sí solos son una herramienta que permite gran flexibilidad y agilidad en lo que concierne al desarrollo de aplicaciones, pero en combinación con otras herramientas que permiten el despliegue, mantenimiento y gestión de múltiples contenedores, provee a esta solución la capacidad de crecer bajo demanda de manera automática, rápida y segura.

A esta tecnología se le conoce como Kubernetes (k8), que es un software de código abierto enfocada para implementar y administrar contenedores a escala. “Con Kubernetes, puede crear, entregar y escalar aplicaciones en contenedores con más rapidez.”<sup>5</sup>

Kubernetes ejecuta un grupo de contenedores (pods), en función de los recursos informáticos disponibles y de los requisitos de recursos de cada contenedor, permitiendo ejecutar y ajustar la escala de uno o más contenedores como uno solo.

Este software determina donde y cuando se ejecutarán los grupos de contenedores, administra el direccionamiento del tráfico y ajusta la escala a partir de del uso, así como de las métricas que se definan, de tal manera que inicia o

---

<sup>5</sup> Microsoft Azure. *¿Qué es Kubernetes? Microsoft Azure*. <https://azure.microsoft.com/es-es/topic/what-is-kubernetes/>. Consulta: noviembre de 2019.

termina un grupo de contenedores de manera automática dada la necesidad de recursos.

Así que con Kubernetes se permite implementar una amplia variedad de aplicaciones, operando sin problemas con alta disponibilidad, permite escalar sin esfuerzo para satisfacer la demanda ejecutado de manera segura. Pero si se tiene únicamente pequeñas funciones, el uso de todo un contenedor activo todo el tiempo para pequeñas funcionalidades resulta ser trabajoso y un alto costo de inversión. Para contrarrestar esto se han creado soluciones como las funciones como servicio.

“La arquitectura serverless también conocida como FaaS (Funciones como servicio), habilita la ejecución de una aplicación mediante contenedores efímeros y sin estado; estos son creados en el momento en el que se produce un evento que dispare dicha aplicación”<sup>6</sup>, lo que propone es que el desarrollador únicamente se preocupa de la función a desarrollar mientras que el proveedor del servicio configura el ambiente de ejecución y este únicamente será creado cuando exista una solicitud, de manera que permite aún mayor agilidad y menor costo total de propiedad.

Permite que el costo de colocar una funcionalidad pequeña sea mucho menor, agregando la facilidad de implementación que provee debido a que la plataforma que provee el servicio puede auto administrar esta tecnología. Con esta arquitectura sin servidor solo se paga por el tiempo y los recursos que conlleva la ejecución del código, mediante la facturación por fracciones de segundo.

---

<sup>6</sup> BVA. *Serverless. Ingeniería Informática*. <https://www.bbva.com/es/serverless/>. Consulta: noviembre de 2019.

De manera tal, que aprovechando el auge de las tecnologías en la nube con las distintas gamas que se presentan, se desarrolla una propuesta de plataforma que busca mostrar los resultados de las elecciones generales de Guatemala, permitiendo acceder a esta información en tiempo real, con el menor coste de servicio y que a su vez permita brindar el servicio a cualquier cantidad de usuarios sin importar la cantidad de solicitudes, asegurando la seguridad, escalabilidad y un alto rendimiento.



## **2. ANÁLISIS DEL PROBLEMA**

Para poder llevar a cabo un correcto análisis, es necesario tener información respecto a la situación actual y problemas pasados, para que con esta información se pueda recrear un contexto con el cual se pueda sostener la propuesta. Se debe tomar el problema desde las distintas aristas que posea para permitir generar una verdadera propuesta de valor y de calidad. Se trata de realizar un análisis previo, donde se deben conocer las necesidades del proyecto, los requisitos que se deben cumplir y sobre que se quiere trabajar.

Para llevar a cabo el análisis fueron necesarias consultas a las distintas páginas oficiales que provee el tribunal supremo electoral actualmente, dando como un marco de referencia los portales web que ellos presentan al público en general. Se recaba la información de cada una de las páginas y de las distintas operaciones que se pueden realizar en estas, para que de esta manera se pueda tener una lista de funcionalidades que actualmente se presentan al público en general y que son foco de la investigación, debido a que son las funcionalidades que serán accedidas por miles de usuarios de manera simultánea, mientras la información es generada durante el proceso de elecciones en Guatemala.

### **2.1. Obtención de necesidades y requerimientos**

El portal web más consultado durante el proceso de las elecciones generales es el portal de resultados preliminares, dada la necesidad de conocer en tiempo real el conteo de votos de manera preliminar, donde este conteo es

llevado a cabo el mismo día que se realiza la elección general, y es el foco de atención de distintos medios de comunicación y de público en general.

Este portal tiene un crecimiento exponencial de usuarios que lo consultan, partiendo desde las primeras horas del día teniendo un punto de saturación por la tarde y la noche, que es cuando todos los interesados y la mayoría del público guatemalteco están a las expectativas de los resultados.

Durante este periodo de tiempo el servidor tiende a saturarse por la extrema cantidad de solicitudes hacia este sitio web, debido a esta saturación la mayoría de las peticiones las deniega, provocando que muchos usuarios no puedan acceder a la información. A su vez debido a que los servidores intentan atender dichas solicitudes termina algunas conexiones ya establecidas para poder atender otras, y se experimenta desconexión repentina durante este periodo.

Debido a la falta de flexibilidad en la cantidad de solicitudes simultaneas, durante este periodo es muy difícil establecer una conexión estable, por lo que se pierde la calidad en el servicio y provoca que muchos de los interesados tengan molestias debido a estos inconvenientes.

Se realizó un análisis detallado de las distintas funcionalidades encontradas en los portales web que el tribunal supremo electoral provee, esto con el fin de analizar los distintos requerimientos para mostrar documentos, imágenes, además de gráficos, debido a que también son consideraciones para el adecuado manejo de la arquitectura.

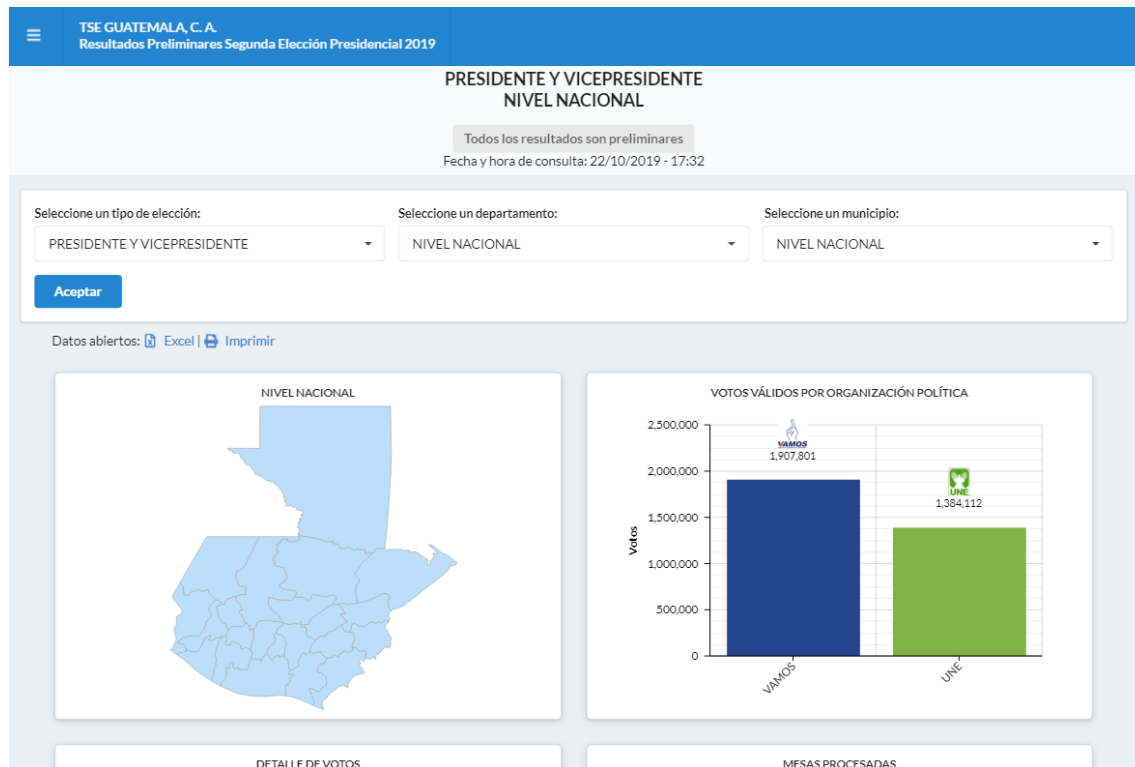
### **2.1.1. Resultados preliminares**

El portal web de los resultados preliminares provee información en tiempo real sobre el resultado de actas por parte de las distintas mesas en cada una de las sedes, de cada municipio, de cada departamento de todo el país. Este portal es el más consultado durante todo el proceso de las elecciones debido a que todo el país está a la expectativa del avance de los votos en cada uno de los centros de votación del país.

Este portal busca generalizar y mostrar información relevante para cada uno de los interesados y para cada uno de los guatemaltecos interesados en conocer los resultados de las votaciones.

Cabe resaltar que la información mostrada en este portal no es oficial y no puede tomarse como un resultado “real”, debido a que cada uno de los responsables de cada centro debe enviar las papeletas y las actas hacia el centro de datos del tribunal supremo electoral, para que luego un comité designado pueda hacer la verificación, validación y aprobación de la información de las actas para luego que sea cotejada con la información en la base de datos del sistema y de esta manera se analice si existen discrepancias entre un resultado y otro, de esta manera se deberían de evitar fraudes y acciones mal intencionadas promoviendo una transparencia durante el proceso.

Figura 1. **Resultados preliminares**



Fuente: Tribunal Supremo Electoral. *Resultados preliminares.*

<https://preliminares2019.tse.org.gt/201902/panel.html>. Consulta: noviembre de 2019.

La generación de esta información es masiva, debe permitir que muchos centros puedan ingresar la información preliminar sobre sus actas y de esta manera puedan alimentar la base de datos del sistema. Para luego que alimentado por esta base de datos se puedan dar informes y gráficos sobre el avance de los centros que han terminado de enviar su información, sobre la cantidad de votos que tiene cada partido político en cada una de sus distintas postulaciones a cargos y resúmenes en general por cada departamento de Guatemala.



La cantidad de tráfico que recibe este sitio tiene su punto más alto en el periodo donde finaliza la tarde y toda la noche, debido a que es el momento donde además de los medios de comunicación que han estado al pendiente de esta información durante todo el día, se les agrega cada vez más familias consultado los resultados preliminares.

Además, se estudia los componentes dentro de este portal web, de tal manera que se tenga una perspectiva de que funcionalidades son las que actualmente se podrían encontrar en un portal con estas características, esto para tomar en cuenta los tipos de requerimientos que se necesitan incluir dentro de la propuesta de arquitectura, y lo que dentro de la página se puede consultar.

#### **2.1.1.1. Página de inicio**

Se provee de una página de inicio donde se da la bienvenida a la persona que consulta el portal, mostrando los datos de las entidades, como por ejemplo correo electrónico, y así mismo todos los logos, imágenes y cualquier otra información que identifique a la entidad y al ciclo lectivo. Esta sección solamente muestra contenido estático.

Figura 2. **Página de inicio**



Fuente: Tribunal Supremo Electoral. *Resultados preliminares*.  
<https://preliminares2019.tse.org.gt>. Consulta: noviembre de 2019.

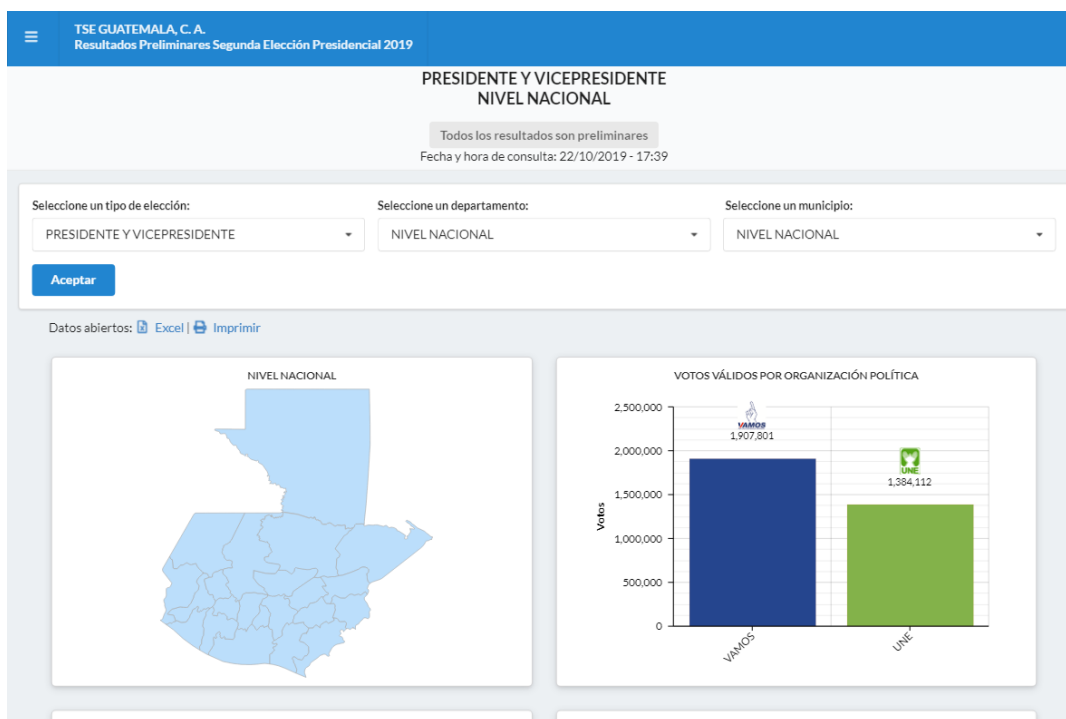
### **2.1.1.2. Panel de resultados**

En esta sección se muestra el reporte que requiere más información, ya que muestra datos generales en base a distintos tipos de búsqueda o filtros. De manera general, sobre cualquier consulta se requiere poder imprimir tanto un reporte en formato PDF así como un reporte en formato xls (hoja de Excel).

Dentro de estos filtros se requiere que la información se puede buscar por medio de tipo de elección, sobre qué departamento se realizó y el municipio de interés. Para cada cambio de búsqueda se debe mostrar ya se la imagen del país de Guatemala o la imagen del departamento respectivo sobre el cual se está

consultado, así mismo se debe mostrar los votos válidos desglosados por organización política utilizando un gráfico, además de los detalles de los votos y gráficos que muestran la información sobre el porcentaje de mesas procesadas.

Figura 3. Panel de resultados



Fuente: Tribunal Supremo Electoral. *Resultados preliminares.*

<https://preliminares2019.tse.org.gt/201902/panel.html>. Consulta: noviembre de 2019.

### 2.1.1.3. Imágenes de actas No. 4 por mesa

Dentro de esta sección se muestra las imágenes de las actas de cierre de cada mesa por medio de un filtro donde se selecciona el número de mesa, así mismo se muestra un informe de los votos que se obtuvieron por parte de esa mesa seleccionada.

Figura 4. Imágenes de actas No. 4 por mesa

TSE GUATEMALA, C. A.  
Resultados Preliminares Segunda Elección Presidencial 2019

IMÁGENES DE ACTAS No. 4 POR MESA

Todos los resultados son preliminares

Mesa 1 Aceptar

Ingrese un número de mesa entre 1 y 21,099

1 - PV  
Presidente y Vicepresidente

MESA 1 - PRESIDENTE Y VICEPRESIDENTE  
DISTRITO CENTRAL, NACIONAL

Fecha y hora de consulta: 22/10/2019 - 17:42  
Papeletas recibidas: 401

Organizaciones Políticas	Votos
VAMOS	238
UNE	32
Total votos válidos:	270
Votos nulos:	11
Votos en blanco:	0

Fuente: Tribunal Supremo Electoral. *Resultados preliminares.*

<https://preliminares2019.tse.org.gt/201902/mesa.html>. Consulta: noviembre de 2019.

#### 2.1.1.4. Avance de la transmisión

En esta última sección se utilizan gráficos para mostrar el porcentaje de actas procesadas, ayudándose de un filtro que permite seleccionar departamento y municipio de interés. Por medio de esta sección se puede conocer en tiempo real cual es el avance en la transmisión de los votos de cada mesa.

Figura 5. Avance de resultados



Fuente: Tribunal Supremo Electoral. *Resultados preliminares.*

<https://preliminares2019.tse.org.gt/201902/avance.html>. Consulta: noviembre de 2019.

### 2.1.2. Resultados generales

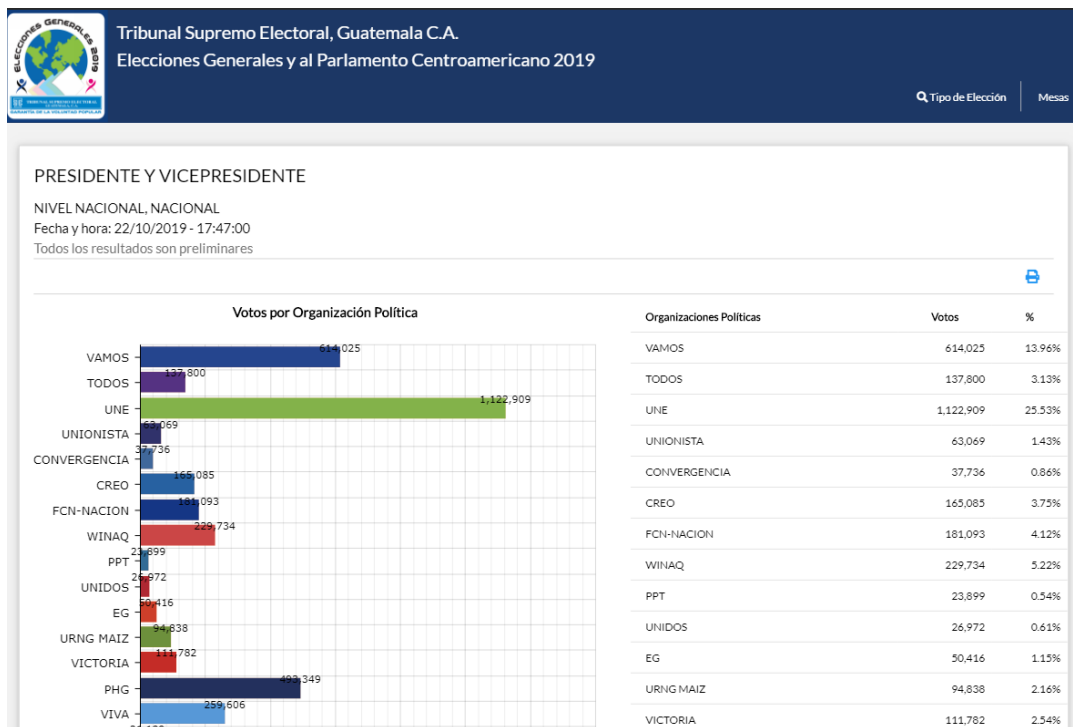
En este portal de resultados generales, se presentan los datos luego de ser verificados, validados y aprobados por parte de la comisión del tribunal supremo electoral, encargado de revisar las actas físicas de cada uno de los centros de todo el país.

Este portal es mucho menos consultado que el portal anterior debido a que en este portal se publica la información días después de haber transcurrido las votaciones generales, debido a que se tiene que recolectar toda la información

física y luego ser cotejada con la base de datos generada durante el día de las elecciones.

Este portal contiene menos funcionalidades en comparación con el anterior, puesto que este portal lo utilizan mayormente para mostrar resúmenes e informes generales, muestra información que ya no cambiara en el tiempo, a diferencia del portal anterior que la información cambia con cada segundo que pasa, y la necesidad de actualizar la información en tiempo real es nula, únicamente es necesario mostrar información estática como lo son los resultados oficiales.

Figura 6. Resultados generales



Fuente: Tribunal Supremo Electoral. *Resultados preliminares.*

<https://resultados2019.tse.org.gt/201901/>. Consulta: noviembre de 2019.

Así mismo este portal permite mostrar e imprimir reportes, que son mayormente utilizados por las asociaciones o grupos específicos que quieren analizar los datos generados durante las elecciones generales, y también debe tomarse en consideración para trabajarlo en la arquitectura a proponer. Este portal muestra una única sección que se puede describir de la siguiente manera:

#### **2.1.2.1. Reporte general**

Este elemento de la página provee de un gráfico de votos por organización política, resumen de los votos por parte de las organizaciones políticas, grafico de participación y porcentaje de mesas procesadas. A toda la información anterior se le puede aplicar un filtro que permite seleccionar un tipo de elección, el departamento que se quiere consultar y el municipio de interés. Dentro de cualquier consulta se permite generar un reporte en formato PDF.

#### **2.1.2.2. Resultado por mesa**

El elemento “resultado por mesa”, muestra un resumen de los votos y una visualización del acta final por medio de la selección de una mesa en específico. Para cada mesa, se muestra la visualización del acta de presidente y vicepresidente, diputados por listado nacional, diputados por distrito, corporación municipal y diputados al parlamento centroamericano, así como su correspondiente resumen de votos.

### **2.2. Análisis de roles dentro de la aplicación**

Dentro del análisis también es necesario definir qué personas o entidades utilizarían esta plataforma, la manera como estos interactúan y que prioridad tendrá cada uno de estos, con el fin de tomar los diferentes puntos de vista que

podieran suceder dentro del sistema. Esto ayuda a comprender las necesidades y las dificultades que pudieran encontrarse al desarrollar el sistema pensando en determinado cliente o entidad.

Dentro de las personas que podrían llegar a utilizar el sistema (ya sea como consulta, para ingreso o modificación de información), se pudieron desarrollar estos perfiles:

### **2.2.1. Población en general**

Son las personas que solamente quieren consultar la información. Estos individuos no tienen ningún permiso sobre la plataforma.

### **2.2.2. Encargado del centro de votación**

Esta persona es la que está encargada de gestionar la información para subirla al sistema, esta información esta desglosada por mesa. Se debe gestionar un sistema de permisos para cada encargado por centro de votación para ingresar información.

### **2.2.3. Validadores y gestores de la información**

Personas encargadas de gestionar la información que está ingresando al sistema, son capaces de modificar los registros de cada mesa por medio de una aprobación de sus supervisores, esto en caso de un error al envió de los datos desde el centro de votación.



#### **2.2.4. Administradores generales del sistema**

Son personas con capacidades técnicas, que son encargadas de administrar el sistema. Comprende desde administradores de base de datos hasta los ingenieros encargados de monitorear el sistema. Tienen el mayor acceso al sistema y son capaces de realizar modificaciones de cualquier tipo. Tienen ciertas restricciones debido al área de enfoque de cada especialización técnica, como por ejemplo el administrador de bases de datos no puede tener acceso al código de la página web.

### **2.3. Personas y entidades interesadas**

Dentro del marco de toda esta información generada, existen distintos intereses por parte de distintas entidades, como por ejemplo la fiscalización de la información por parte de algún partido político. Se intenta realizar un análisis sobre las personas y entidades interesadas, debido a que también es importante conocer todo lo que está en la brecha del sistema, aquellos que también buscan beneficiarse del sistema, pero no son los que crearon el sistema como tal. Dentro del análisis se debe mencionar:

#### **2.3.1. Fiscales de cada partido político**

Dentro de cada partido político existen personas que son las encargadas de verificar la información mostrada en las actas, así como en el sistema sea la misma que se generó en el centro de votación donde están ubicados.

### **2.3.2. Entidades fiscalizadoras externas al TSE**

Existen algunas otras organizaciones que se encargan de fiscalizar el proceso y analizan si existieron delitos durante este. Dentro de estas entidades se pueden mencionar: ministerio público y la fiscalía contra delitos electorales.

Dentro del país existen movimientos sociales que promueven un proceso de elecciones transparente, son personas que también analizan el proceso de elecciones y si los resultados reflejan realmente lo que se tiene en los centros de votación.

### **2.3.3. Organizaciones de las naciones unidas y entidades externas del país**

De manera externa al país, también existen interesados en analizar que le proceso de votaciones se realice de una manera transparente. Estas entidades no pueden ejercer presión alguna debido a que la ley regula que cada país tiene su propio sistema de elecciones y ningún otro país puede intervenir en él.

### **3. ANALISIS DE PROCESOS**

Dentro del análisis es importante tomar en cuenta cómo es que todo este proceso de las elecciones es llevado a cabo, conocer los distintos pasos a seguir y cuáles son sus implementaciones, para proveer de un panorama general del sistema y sus diferentes interacciones con agentes externos, tomando en cuenta que durante el proceso de elecciones generales por parte del TSE se implementan distintas capas de seguridad para resguardar la integridad de la información y buscar una transparencia en la recolección de datos.

Recolectando información de las experiencias de personas que han trabajado como observadores o directores de mesa de algún centro de votación, se resumieron los puntos de importante consideración para tomarse en cuenta al momento de desarrollar la propuesta de arquitectura.

#### **3.1. Desarrollo de procesos de ingreso de información de las boletas al sistema**

El proceso de ingreso de información de las boletas al sistema comienza cuando el centro de votación da por terminado el periodo para que personas puedan llegar a votar al establecimiento. Existen distintas personas que están presentes para el conteo de votos como lo son: personal del Ministerio Público, observadores electorales delegados por cada partido y supervisores de mesa. Al finalizar este conteo de votos y teniendo común acuerdo entre cada uno de los participantes procede a realizar las actas donde se establece la información preliminar del conteo de votos por mesa. Esta información deberá ser ingresada al sistema como también la imagen de las actas por medio de un scanner. Una

vez digitada esta información se procede a la verificación nuevamente por parte de las personas involucradas y todos en común acuerdo se procede a enviar la información al centro de datos por medio del sistema.

Cada uno de estos pasos se realiza por cada una de las mesas, por cada uno de los centros de votación que están situados en cada municipio de cada departamento de Guatemala. Existen lugares donde es difícil tener equipo de cómputo con conexión a internet, por lo que se necesita transportar las papeletas y las actas hacia otro centro cercano que si pueda actuar como facilitador para el envío de la información, de esta manera es como se alimenta en tiempo real el sistema de resultados preliminares.

Una vez terminado este proceso, se deberá enviar todos y cada una de las papeletas hacia la central del TSE por medio de cierto transporte seguro, para luego realizar una verificación de cada una de las papeletas corresponda correctamente a lo que este grabado en la base de datos, evaluando que no existan anomalías o alteraciones a las actas o papeletas, donde este proceso es realizado por una comisión especializada del TSE encargadas de la verificación, validación y aprobación, que todas las papeletas y las actas no tengan error alguno. Una vez aprobada esta información, se pasa hacia la plataforma de resultados generales donde será mostrada como información verificada y aprobada.

### **3.2. Análisis de informes que se deben presentar a los interesados**

Dentro de los interesados, se pueden definir ciertas necesidades por obtener información detallada, como lo es, por ejemplo: el total de boletas procesadas por mesa y el total de votos por cada partido para ser analizado en conjunto con el lote de boletas físicas que corresponden a esa mesa en particular,

esto con el fin de llevar a cabo una auditoria de los votos por parte del TSE en el proceso de verificación de la información.

Por lo cual se deberán entregar resúmenes, así como detalles de cada mesa, de cada centro, de cada municipio y de cada departamento, esto con la finalidad de fiscalizar el conteo de votos y asegurar que no se pierda o altere la información. Esta información deberá contener los registros detallados, así como cantidades que resumen los datos contenidos en los registros.

Estos informes deben permitirse aplicar distintos filtros para hacer flexible la búsqueda de información y a su vez ayudar a agilizar el proceso de verificación de votos, además también permite visualizar los datos por medio de la plataforma, exportar los datos a Microsoft Excel y exportar como documento PDF.

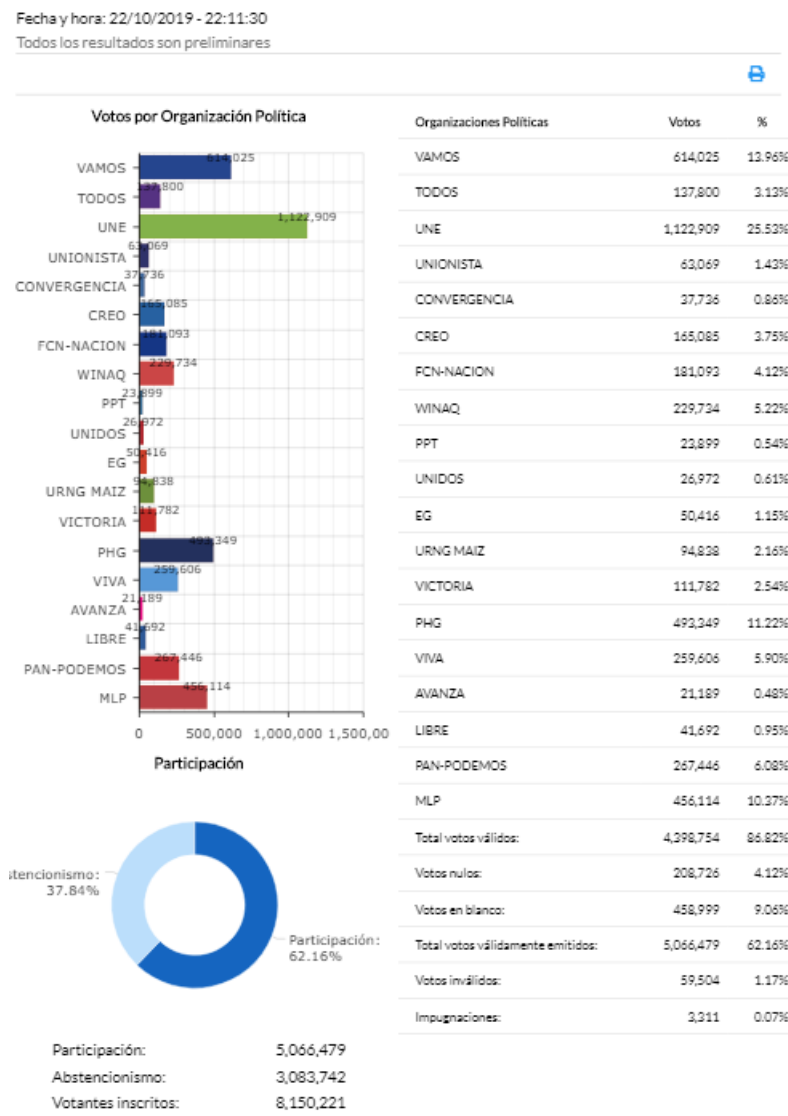
### **3.3. Análisis de Informes que se deben presentar a la población en general**

También se debe de considerar la información que será de utilidad y la manera como se mostrará para todo el público, y a su vez para todos los medios de comunicación. La información más relevante para estos interesados son los datos de resumen, que muestren el avance de como las mesas están ingresando la información al sistema y cuáles son los resultados de ese preciso momento.

Principalmente las cadenas de televisión captan esta información que se muestra por parte del TSE y la analizan para retransmitirla por medio de distintos gráficos y modelos que cada cadena televisiva utiliza. Así también se necesita observar gráficos y datos de resumen en la plataforma que provea el TSE para que pueda ser accedida en cualquier momento de cualquier lugar, dentro o fuera del país por cualquier persona, para lo que se debe gestionar gráficos que

simplifiquen la visualización de la información, acceso desde el portal y a su vez, exportar información para poder ser distribuida a los distintos medios de comunicación.

Figura 7. Ejemplo de visualización de información



Fuente: Tribunal Supremo Electoral. *Resultados preliminares.*  
<https://resultados2019.tse.org.gt/201901/#>. Consulta: noviembre de 2019.





## **4. DESARROLLO GENERAL DE LA PROPUESTA**

En el desarrollo de la propuesta de arquitectura para el sistema que muestra los resultados, resultados preliminares como los oficiales, de las elecciones generales llevadas a cabo en Guatemala por parte del TSE, se toman en consideración diferentes aspectos que proporcionan calidad al servicio como lo es el manejo adecuado de solicitudes, el tiempo de respuesta con que el servidor puede atenderlo, la distribución de la información, la tolerancia a fallos y el tiempo en el que se puede reponer de estos.

Se toman las funcionalidades del sistema actual y se busca aplicarlos a una combinación de tecnologías para proporcionar flexibilidad, alta disponibilidad, escalabilidad y buscando reducir los costos de funcionamiento. Para alcanzar estos objetivos es necesario implementar sistemas que estén en la nube, capaces de crecer de manera rápida y de manera proporcional al tráfico que en ese momento están procesando.

Del mismo modo se busca que la intervención humana disminuya lo máximo posible, esto con el objetivo que el sistema pueda detectar de manera automática la necesidad de aumentar o disminuir recursos y aplicarlo en cuestión de segundos, disminuyendo así esfuerzos y costos.

Los focos de tráfico que se encontraron son las consultas al sitio de resultados preliminares teniendo múltiples solicitudes simultáneas, y para este portal se enfocará en alta disponibilidad y en escalar de manera rápida.

El segundo foco será el portal donde se ingresan los datos por parte de cada centro, ya que se estará escribiendo información en paralelo, sin embargo, no será tanta la demanda como sucede en el primer foco. Por último, se tiene el foco de los resultados generales, que es información estática y que será consultada por muchas personas, pero no será información crítica, como en los dos últimos focos, por lo que la información puede ser manejada de manera diferente para reducir trabajo al servidor.

La población de Guatemala en el 2018 fue de aproximadamente 17 millones de personas según el TheWorldBank, de las cuales 6.2 millones de personas están conectadas a internet indica el Relato.gt, tomando en cuenta que el interés de votantes es del 60 % comenta TGWGuatemala, se puede realizar una estimación del 60 % de las 6.2 millones de personas conectadas, lo que daría un número de 3.72 millones de personas que podrían realizar consultas al sitio web de manera simultánea.

Por lo tanto la presente solución se enfoca por una parte, en brindar acceso a información que está siendo procesada en tiempo real a 3.72 millones de usuarios con capacidades de incrementar o disminuir recursos bajo demanda de manera automática, mientras que por otra parte ingresar información en paralelo por parte de múltiples centros proporcionando integridad en la información, y por último un sitio con menor afluencia pero aun con un grado considerable de tráfico en donde la información ya no está cambiando cada segundo.

#### **4.1. Descripción general de la propuesta**

Para desarrollar la propuesta la arquitectura, tomando en cuenta los dos sitios web y su conjunto de funcionalidades, se puede dividir en dos grupos: un grupo que es el sitio de resultados preliminares y un segundo grupo de resultados oficiales, debido a que el primer grupo estará en funcionamiento durante el día de las elecciones mientras que el segundo grupo estará en funcionamiento después de ese día, por lo que tienen distintas cargas de trabajo.

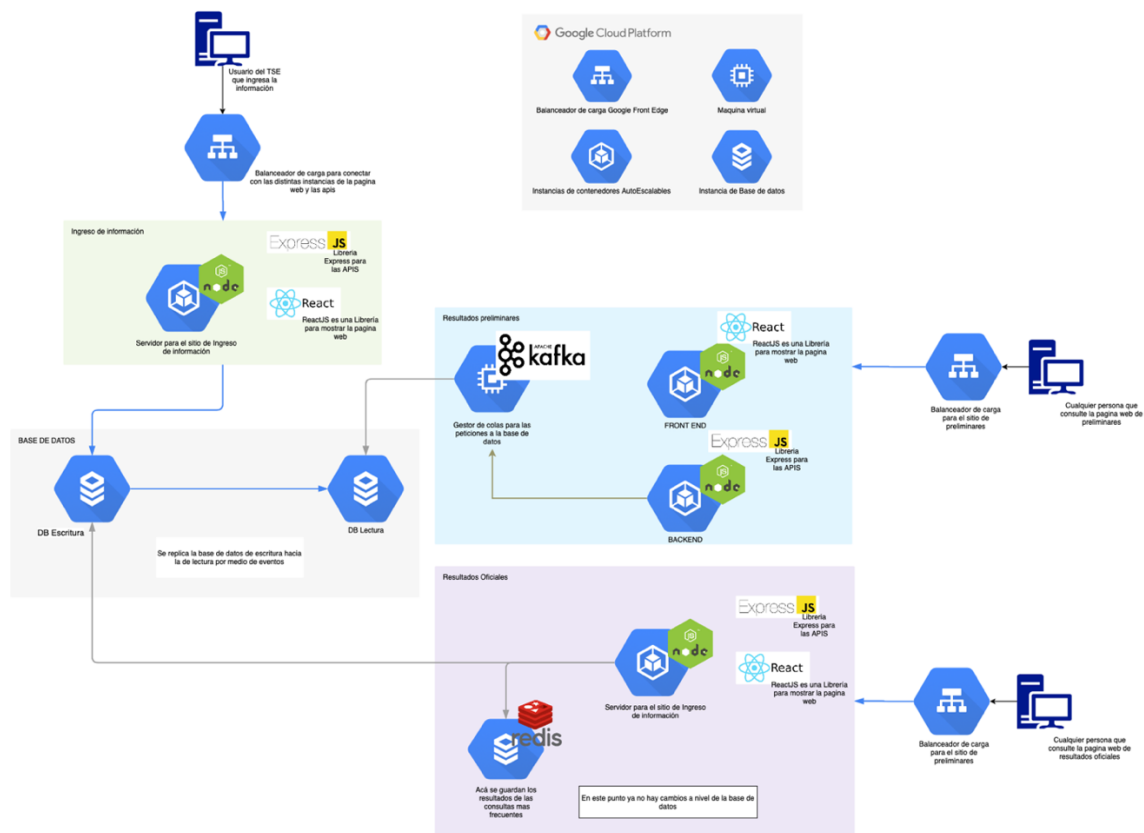
Para el grupo de resultados preliminares antes que todo se debe pensar en la manera en cómo la información será transferida desde que ingresa por parte de cada centro de votación hasta cuando los usuarios pueden verla por medio del sitio web. Así mismo se busca que el sitio mostrado a los usuarios no tenga que refrescarse por completo para actualizar la información, para esto se busca que componentes específicos se actualicen de manera automática, buscando así disminuir la carga de trabajo a los servidores que proporcionan el sitio web.

Para el grupo de resultados oficiales, debido a que son datos que no cambian de manera rápida, se propone la utilización de cache para el sitio web, esto para mejorar el rendimiento en la entrega de contenido, de este modo se puede disminuir la carga de trabajo del servidor y a su vez los costos de operación.

## 4.2. Desarrollo de la arquitectura

Para realizar un análisis se muestran distintos puntos de vista sobre la arquitectura. Un punto de vista se refiere a una colección de patrones, plantillas y convenciones para explicar desde distintos puntos de interés la solución que pretende dar la arquitectura, de esta manera se resuelve un problema a la vez y se muestra detalles para determinado grupo de interés.

Figura 8. Diagrama general de la solución



Fuente: elaboración propia, empleando Draw.io 2019.

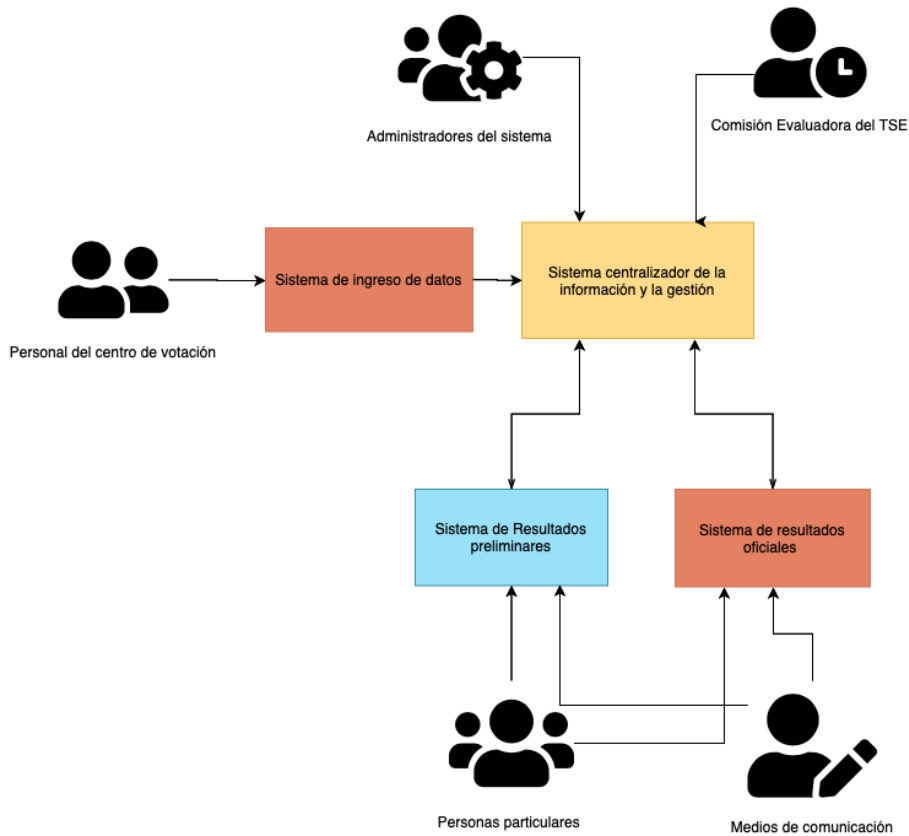
#### **4.2.1. Punto de vista de contexto**

Este punto de vista se utiliza la información recaba dentro del apartado: análisis del problema y así también de análisis de roles dentro de la aplicación, ya que con esta información se puede formar un precedente y recrear un contexto sobre el cual se está actuando.

En una primera instancia se muestra como, por centro de votación, se ingresa la información al sistema para que esta alimente la base de datos, para que luego por medio del portal web de resultados preliminares se muestra la información en tiempo real, que es consultada por medios de comunicación y público en general dentro y fuera del país. Tiene una alta demanda en la consulta de información y la información cambia rápidamente.

Cuando termina el periodo de votación y todos los centros han ingresado la información sobre sus actas y votos, se procede a verificar la información que está en la base de datos con las actas y votos que se envían a la central del TSE, esta revisión se realiza por medio de una comisión especializada. Una vez corroboran esta información se procede a dar los datos oficiales de las elecciones, que se muestran por medio de otro portal web. Durante estas revisiones es importante consultar la información y generar reportes para los integrantes del TSE.

Figura 9. **Actuadores en el sistema**



Fuente: elaboración propia, empleando Draw.io 2019.

#### 4.2.2. **Punto de vista de funcional**

Para el punto de vista funcional relaciona la información recopilada en los apartados de análisis del problema, así como del apartado de obtención de requerimientos y necesidades, donde se pueden encontrar las funciones específicas con las cuales ya cumplen dichos portales web. El foco será en los sitios web de resultados preliminares y resultados oficiales, donde se desglosarán las funcionalidades que cada uno provee.

De manera resumida se muestran los elementos que contiene el sitio de resultados preliminares:

#### **4.2.2.1. Página de inicio**

Es la encargada de dar la bienvenida al sitio web.

#### **4.2.2.2. Panel de resultados**

Muestra resultados en tiempo real de acuerdo con los votos, aplicando diversos filtros y con la opción de generar reportes.

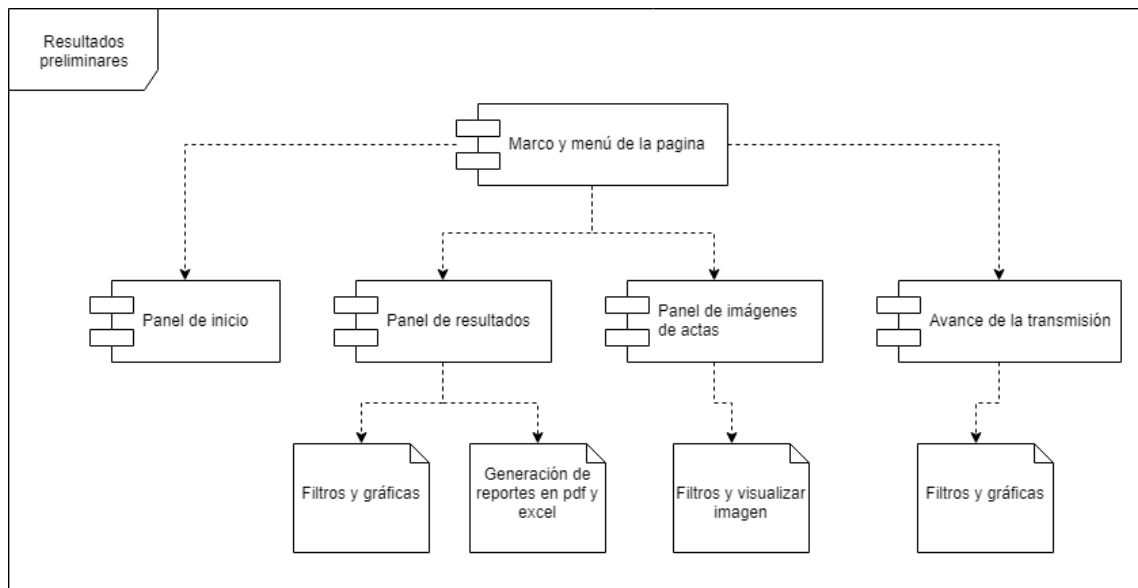
#### **4.2.2.3. Imágenes de actas no. 4 por mesa**

Encarda de visualizar la imagen digitalizada del acta emitida en terminada mesa, con la respectiva información que esta provee. Facilitando la búsqueda por distintos filtros.

#### 4.2.2.4. Avance de la transmisión

Muestra los avances en el procesamiento de la información y cuanta de esta ya se encuentra disponible en la plataforma, da una perspectiva del avance en cada centro. Provee de distintos filtros para ayudar en la búsqueda de información.

Figura 10. Funcionalidades en resultados preliminares



Fuente: elaboración propia, empleando Draw.io 2019.



De manera resumida se muestran los elementos que contiene el sitio de resultados generales:

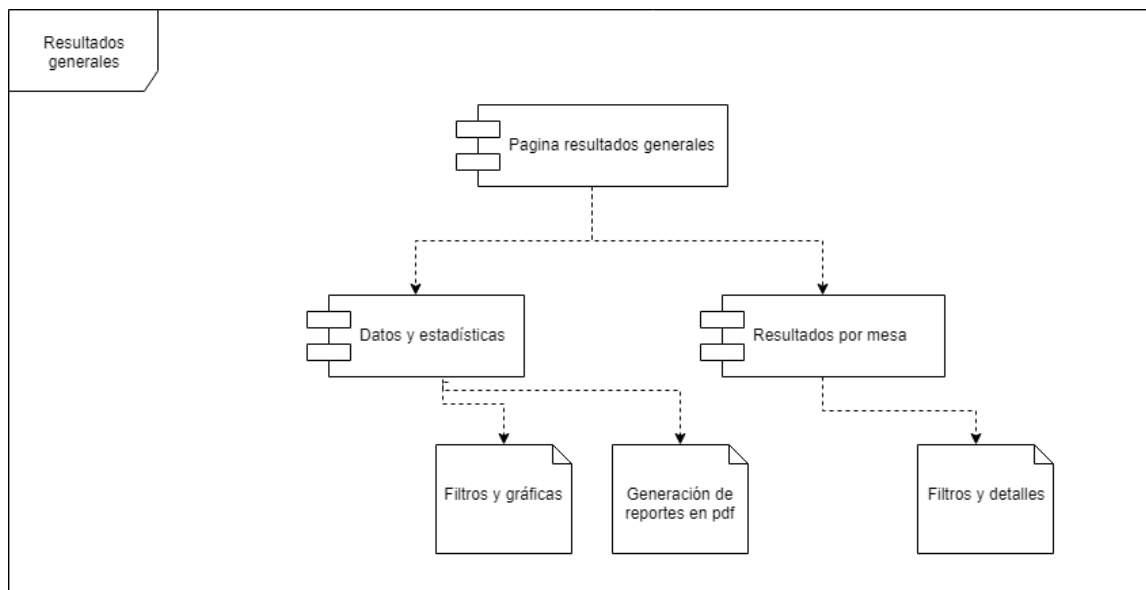
#### 4.2.2.5. Reporte general

Esta página es la encargada de mostrar todos los datos relevantes de la votación, por medio de la ayuda de distintitos filtros y gráficos, provee de una vista general de la información.

#### 4.2.2.6. Resultado por mesa

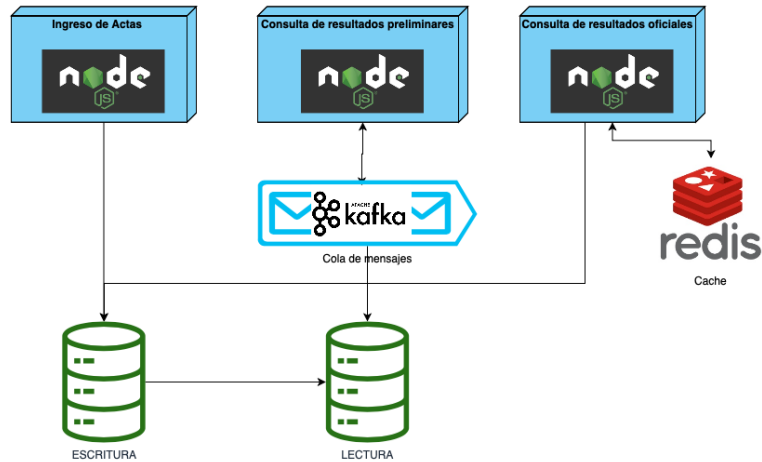
Muestra la información detallada de cada acta por cada mesa con la ayuda de filtros.

Figura 11. Funcionalidades en resultados generales



Fuente: elaboración propia, empleando Draw.io 2019.

Figura 12. **Punto de vista funcional**

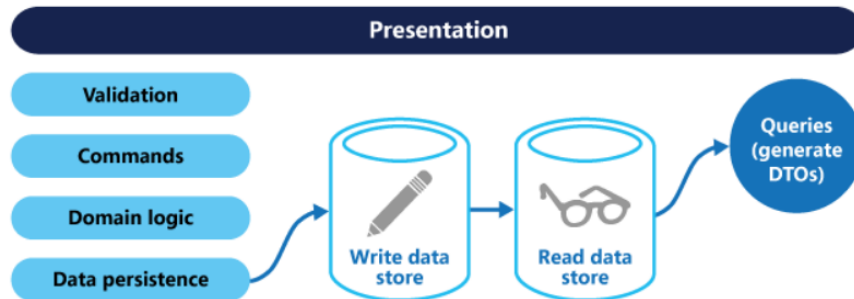


Fuente: elaboración propia, empleando Draw.io 2019.

### 4.2.3. **Punto de vista de información**

Para el manejo general de la base de datos se propone la utilización de un patrón llamado CQRS, donde se va a tomar que existen dos bases de datos, una exclusiva para escritura y una réplica de esta que funcionara exclusivamente para lectura, para la replicación de los datos se plantea que se realice por medio de eventos que son validaciones en los cambios de la información que son registrados y posteriormente replicados, de esta manera desde el sitio web de consulta no se tendrá acceso a la información realmente escrita, evitando así algún tipo de ataque que pudiera modificar la información ingresada y a su vez mejorando el rendimiento tanto en escritura como en lectura evitando bloqueos entre estos.

Figura 13. CQRS

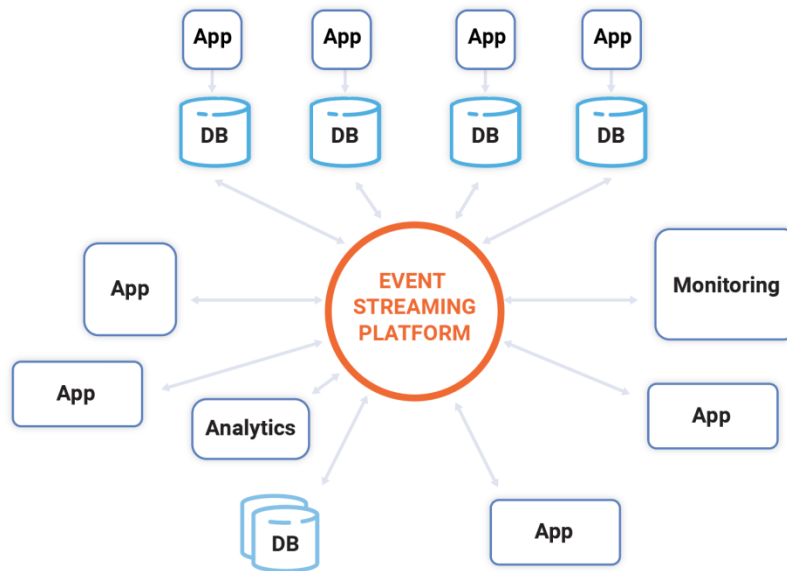


Fuente: Microsoft. *What is the CQRS pattern?* <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/architecture/patterns/cqrs>. Consulta: noviembre de 2019.

Para ayudar al manejo de la base de datos de lectura, evitando que únicamente la base de datos tenga que tratar con la inmensa cantidad de solicitudes de lectura, se propone agregar un manejador de mensajes como lo es apache Kafka debido a la necesidad de mantener en una cola todas las peticiones evitando saturar la base de datos por el manejo de múltiples consultas que de manera simultánea quieren acceder a la información.

Se ha considerado que la base de datos tanto para la escritura como para la lectura debe ser SQL debido a que se puede separar la información en distintas tablas y dejar una única tabla donde se ingrese la información de los votos, para que las tablas que se replicaran en tiempo real sea la que guarda la información de los votos, de esta manera se evita mover los datos que no son relevantes en tiempo real.

Figura 14. Stream Apache Kafka

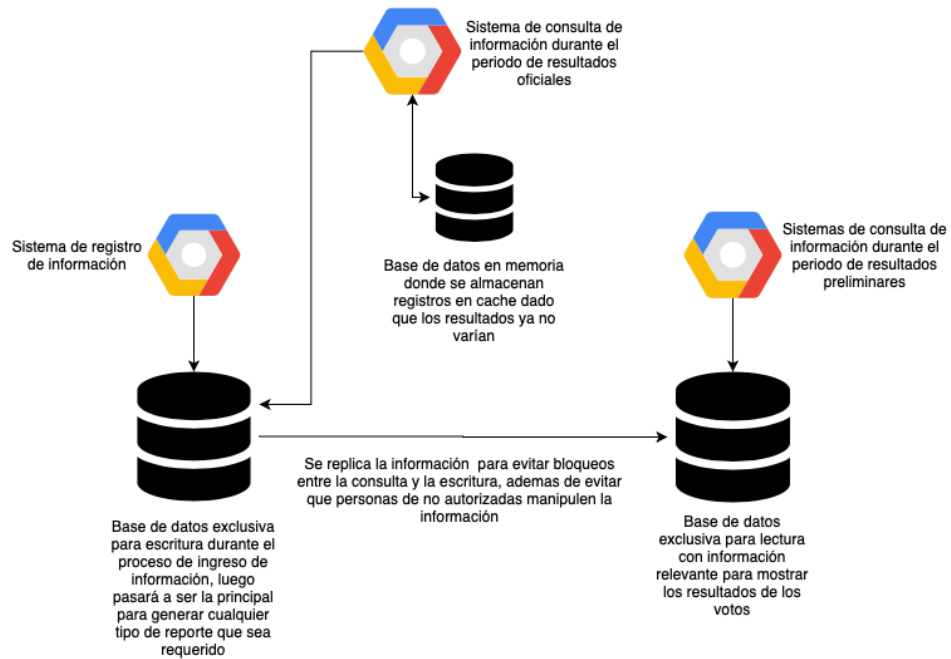


Fuente: DATANAMI, Kafka. *Transforming Into 'Event Streaming Database.'*  
<https://www.datanami.com/2019/10/01/kafka-transforming-into-event-streaming-database/>.

Consulta: noviembre de 2019.

Para lo que unificando estas tecnologías se podrá desarrollar un flujo de datos seguro y que ayudará a que el sistema responda de manera rápida a las peticiones.

Figura 15. Diagrama de punto de vista de información



Fuente: elaboración propia, empleando Draw.io 2019.

#### 4.2.4. Punto de vista de concurrencia

Dentro del manejo de concurrencia se debe establecer que los servidores que proporcionan el servicio de sitio web y lógica para el sistema de resultados preliminares serán administrados de manera automática por medio de contenedores dentro de la nube, esto para la página y los servicios de ingreso de información, *frontend* y *backend* de los resultados preliminares y el sitio de resultados oficiales, esto ayuda a incrementar o disminuir de manera automática partiendo de la necesidad de recursos por parte del sistema, creando replicas cuando sea necesario.

Los servidores que proporcionan el servicio de sitio web y lógica para el sistema de resultados oficiales no será necesaria una replicación automática debido a que no tienen necesidad de aumentar o disminuir tan rápidamente como lo necesita el sistema de resultados preliminares.

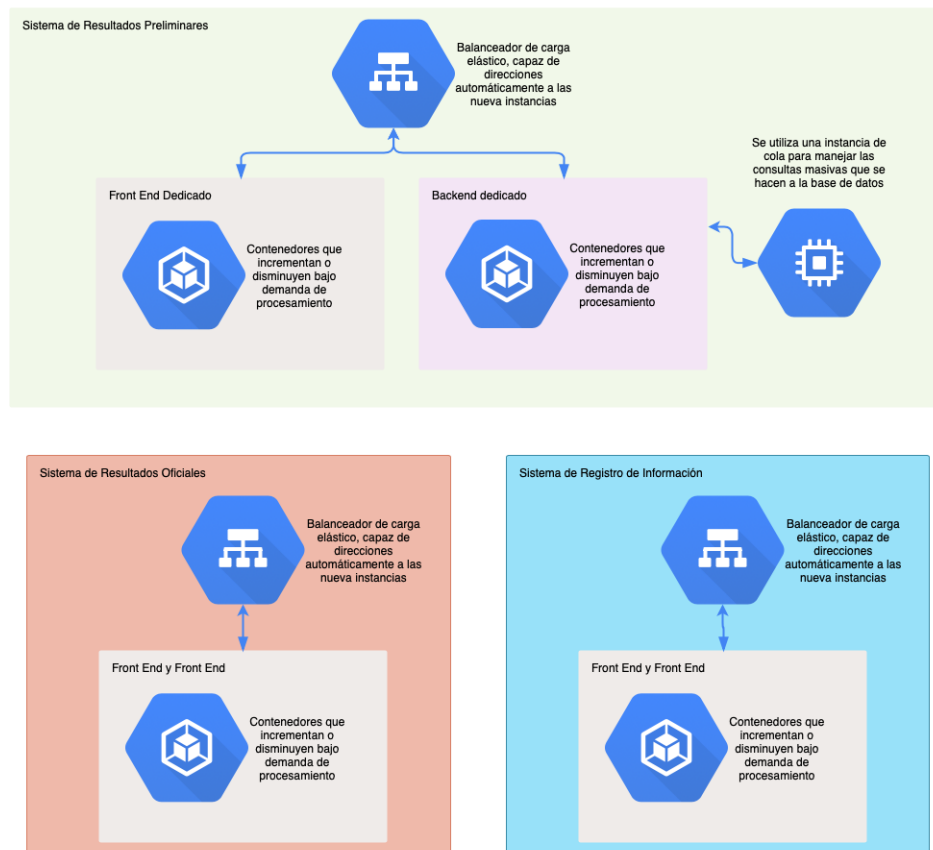
Para el manejo del tráfico concurrente se debe implementar balanceadores de carga que soporten el tráfico, Google Cloud ofrece su balanceador externo basando en software llamado Google Front Edge, y lo administran redirigiéndolo hacia cada uno de los servidores, como estos crecen de manera automática, asimismo el balanceador de carga debe administrarlo de manera automática. Este balanceador de carga lo provee Google Cloud por medio de su producto Cloud Load Balancing que es un balanceador por software, administrado por Google.

Para evitar saturación en el servidor que despliega el sitio web de resultados preliminares, se implementan dos servidores: El primero exclusivamente para mostrar el contenido como lo es la página web, mientras que se coloca otro servidor que servirá exclusivamente para realizar tareas de lógica.

Dentro de la configuración para el servidor que trabajara la lógica, como este se conectara a la base de datos de solo lectura, se utilizara un intermediario para evitar que la base de datos tenga que capturar la gran cantidad de tráfico por ella sola, ya puede llegar a saturarse y a bloquear o cancelar las peticiones, para esto se implementa apache Kafka como un intermediario que almacena las peticiones en forma de mensajes que es altamente eficiente en el manejo de colas y permite manejar de mejor manera el flujo de información entre la lógica y la base de datos.

Para ayudar al servidor que proporciona el sitio web de resultados oficiales, donde la información no cambia, se implementa Redis para guardar en cache de las consultas que son frecuentemente realizadas a la base de datos. Redis es una base de datos en memoria lo que reduce drásticamente los tiempos de carga, en comparación con el movimiento de los cabezales de un disco duro que son implementados en otros tipos de base de datos, y se puede ayudar de esto, para servir contenido y de esta manera disminuir la carga de trabajo del servidor en procesar la información.

Figura 16. Diagrama de punto de vista de concurrencia



Fuente: elaboración propia, empleando Draw.io 2019.

#### **4.2.5. Punto de vista de desarrollo**

Dentro del desarrollo de la arquitectura se propone la utilización de ReactJs como base para desarrollar las páginas web, esto a que ReactJs tiene un enfoque por componentes lo que permite crear componentes independientes uno de otro, de esta manera la actualización de información en cada componente es totalmente independiente de otros y no necesita actualizar por completo toda la página, evitando que el servidor tenga que resolver nuevamente las peticiones.

ReactJS se despliega en el servidor como HTML, CSS y archivos de JavaScript, que luego son transferidos a la computadora del cliente y son procesados por el navegador, siendo guardados en cookies y cache del propio explorador, esto permite que este código se ejecute directamente en la máquina del usuario y no en el servidor, de esta manera se puede reducir la carga de trabajo en el servidor que es transferido a la máquina de cada usuario.

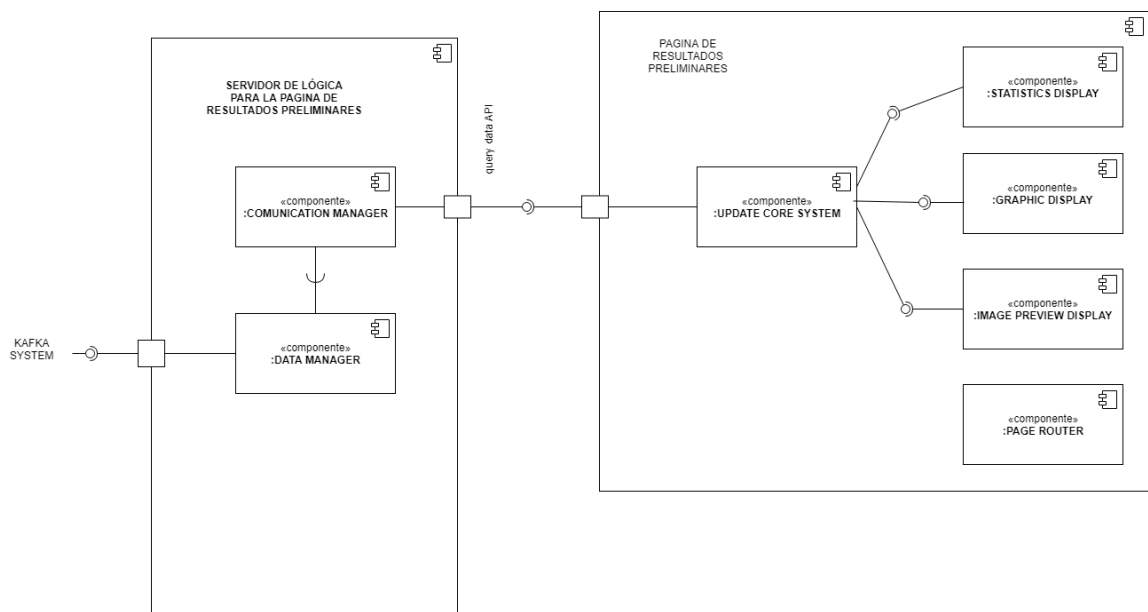
Para el manejo de la lógica se incorpora servidores que implementa NodeJs, ya que con JavaScript permite tener servidores que responden a peticiones de manera no bloqueante y a su vez permite una transmisión de datos fluida gracias a su enfoque orientado a eventos.

React es una tecnología de JavaScript basada en componentes, y cada página web está compuesta por muchos componentes, que trabajan de manera individual y pueden compartir información entre ellas. Cada componente puede ser una unidad funcional, la cual permite obtener y transformar información de alguna fuente por ella misma, y cada módulo de gráficas, reportes, o cualquier módulo desarrollado para la página podrá trabajar de manera individual dentro de la misma página web.



Esto quiere decir, por ejemplo, el módulo desarrollado para realizar la gráfica sobre el estado de las elecciones tendrá su propia lógica, su propia conexión con los datos y su propio procesamiento, ajeno a los demás módulos que pueden estar dentro de la misma página.

Figura 17. **Desarrollo modulo página resultados preliminares**



Fuente: elaboración propia, empleando Draw.io 2019.

#### **4.2.6. Punto de vista de despliegue**

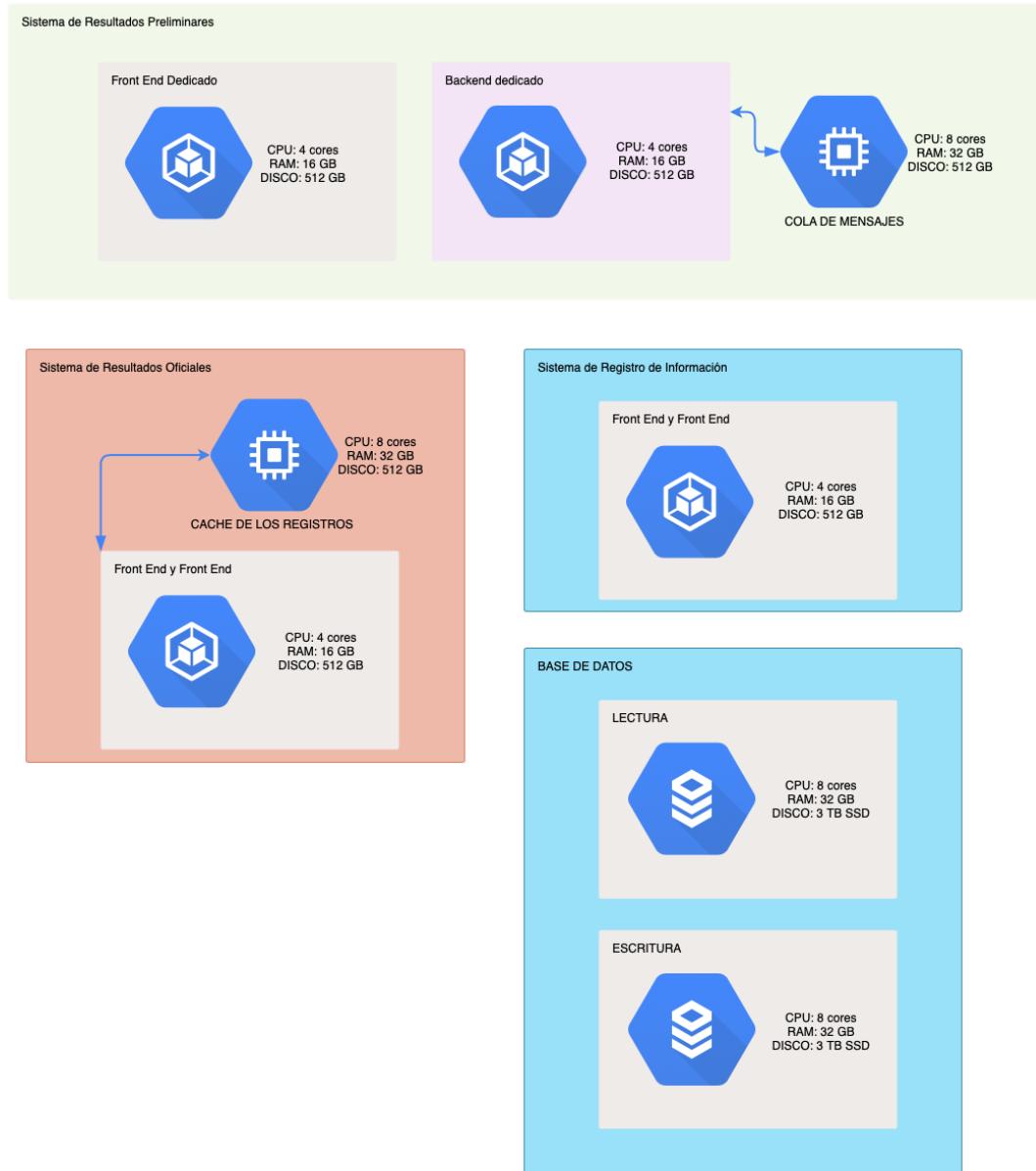
La idea principal dentro de la arquitectura es la implementación de los servidores dentro de Docker, esto permite desplegarlos dentro de cualquier proveedor de servicios en la nube. La configuración que se debe aplicar a las políticas de escalabilidad deberá de un porcentaje de utilización del CPU del 85 % deberá crear otra replica dentro del clúster de contenedores que es manejado por Kubernetes, que funciona dentro de los proveedores de servicios en la nube, y cuando presente un rendimiento menor al 25 % deberá eliminar la réplica si es posible, debe existir como mínimo una instancia.

Para el balanceo de carga se utilizará la solución del proveedor de servicios de la nube, debido a la facilidad de manejo en conjunto con la configuración de Kubernetes que maneja el clúster de contenedores, que administra cada proveedor.

Para las bases de datos se sugiere que, para el día de elecciones, cuando la página es mayormente consultada, se utilicen discos duros SSD para dar un alto rendimiento en el acceso. Al finalizar este periodo se elimine una base de datos, mientras que la réplica sea transferida a un disco duro magnético, donde se reducirán los costos debido a que ya no será necesario un alto rendimiento en las consultas.

Las políticas de escalabilidad se estableen para los servidores: servidor que provee el sitio web de resultados preliminares, servidor que provee de lógica al sitio web de resultados preliminares y por último el servidor que provee el sitio de resultados oficiales.

Figura 18. Diagrama de despliegue



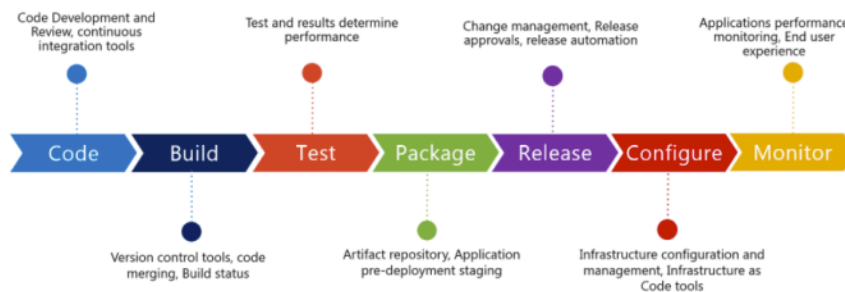
Fuente: elaboración propia, empleando Draw.io 2019.

#### 4.2.7. Punto de vista de operaciones

Se sugiere agregar un sistema de integración y despliegue continuo para la propuesta, de esta manera se puede agregar funcionalidades o responder ante fallas de manera rápida, permitiendo así tener un sistema que automatiza todo este proceso.

Este sistema de integración y despliegue abarca la funcionalidad desarrollada por el programador, por medio de la utilización de un sistema de control de versiones, realiza pruebas necesarias para lleva a cabo el control de calidad, una vez aprueba estas especificaciones el sistema genera un empaquetado del sistema nuevo en una imagen de Docker y luego es desplegada hacia el repositorio en la nube, el cual es el encargado de suministrar la base del sistema en las máquinas virtuales.

Figura 19. Diagrama de ciclo de desarrollo

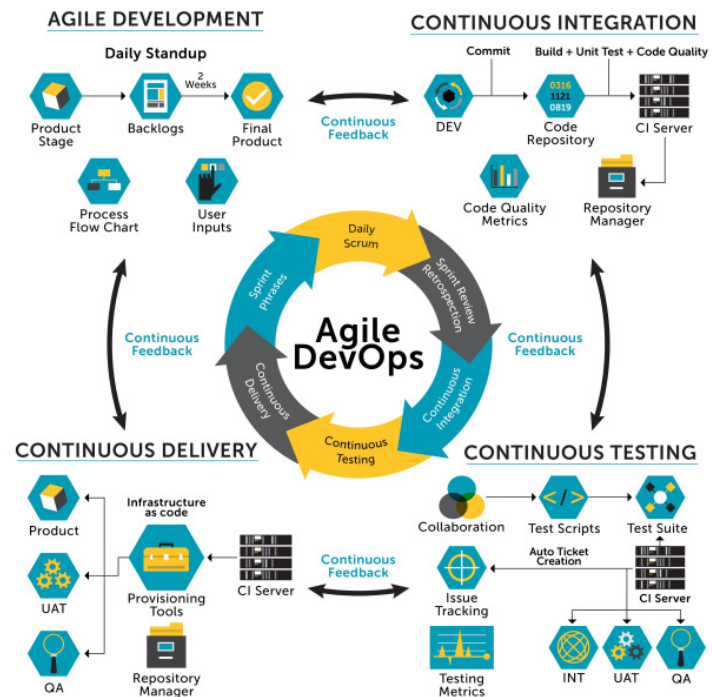


Fuente: SANTIMACNET. *DevOps*

<https://santimacnet.wordpress.com/devops/>. Consulta: noviembre de 2019.

Se sugiere la implementación metodologías ágiles dentro del desarrollo, en conjunto de los sistemas de integración y despliegue continuo, se obtiene lo que se conoce como DevOps. De esta manera se reduce la brecha entre los desarrollos y las operaciones, garantizando calidad y ciclos de mejora continua.

Figura 20. Diagrama sobre DevOps



Fuente: SANTIMACNET. *DevOps*

<https://santimacnet.wordpress.com/devops/>. Consulta: noviembre de 2019.

### 4.3. Cotización del proyecto

Existen diferentes configuraciones y proveedores de servicios posibles, para este trabajo se implementa la infraestructura en Google Cloud dividido en estimación de infraestructura que se requiere para el día de las elecciones y la estimación por mes que se muestran los resultados oficiales.

En la reducción de costos se propone que después del día de elecciones, que es cuando existe gran carga de trabajo, se elimine la base de datos de escritura y la base de datos de lectura sea migrada hacia un disco persistente magnético, que reducirá los costos en \$500 diarios.

Por parte de Google Cloud, al momento de crear varios contenedores por medio de Kubernetes, Google Cloud absorbe el costo de operación de Kubernetes, dejando pagar al usuario únicamente las instancias creadas por el tiempo establecido.

Los valores presentados a continuación han sido calculados basados en la calculadora que provee de Google Cloud y en la página de precios de esta.

Tabla I. **Costo por uso de red por día**

<b>Descripción</b>	<b>Costo</b>	<b>Información</b>
Salida de tráfico	\$0,12	Hasta 1TB
Entrada de tráfico	\$0	gratis
Balanceador de carga	\$0,008	Por GB
Telemetría de red	\$0,5	Por GB

Fuente: elaboración propia.

Tabla II. Costo por tipo de máquina virtual por día de operación

Código Maquina para referencia	Característica	Descripción	Tipo de cobro	Proyección de uso	Costo	Costo Total
<b>MV1</b>	<b>CPU:8 RAM:30GB DISCO:512GB</b>					<b>\$ 29,60</b>
		n1-standard-8	\$ 0,38/hora	x 24 horas	\$ 9,12	
		Disco almacenamiento estándar	\$ 0,04/GB	X 512GB	\$ 20,48	
<b>MV2</b>	<b>CPU:4 RAM:15GB DISCO:512GB</b>					<b>\$ 25,04</b>
		n1-standard-4	\$ 0,19/hora	x 24 horas	\$ 4,56	
		Disco almacenamiento estándar	\$ 0,04/GB	X 512GB	\$ 20,48	
<b>MV3</b>	<b>CPU:8 RAM:30 DISCO 3TB SSD:</b>					<b>\$ 531,36</b>
		n1-standard-8	\$0,38/hora	x 24 horas	\$ 9,12	
		Disco almacenamiento SSD	\$0,17/GB	X 1024GB X 3	\$ 522,24	
<b>MV4</b>	<b>CPU:8 RAM:30 DISCO: 3TB</b>					<b>\$ 132,00</b>
		n1-standard-8	\$0,38/hora	x 24 horas	\$ 9,12	
		Disco almacenamiento SSD	\$0,17/GB	X 1 024GB X 3	\$ 122,88	

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Proyección de utilización en día de elecciones**

<b>Servidor</b>	<b>Código máquina de referencia</b>	<b>Características</b>	<b>Cantidad mínima</b>	<b>Cantidad máxima</b>	<b>Costo máximo esperado</b>
Cola de mensajes	MV1	CPU:8 RAM:30GB DISCO:512GB	1	1	\$29,60
Página/Lógica grabador resultados preliminares	MV2	CPU:4 RAM:15GB DISCO:512GB	1	1	\$25,04
Lógica resultados preliminares	MV2	CPU:4 RAM:15GB DISCO:512GB	1	3	\$75,12
Página resultados preliminares	MV2	CPU:4 RAM:15GB DISCO:512GB	1	3	\$75,12
Base de datos	MV3	CPU:8 RAM:30 DISCO SSD: 3TB	2	2	\$1 062,72
<b>TOTAL</b>					\$1 267,60

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Proyección de utilización después del día de elecciones**

<b>Servidor</b>	<b>Código máquina</b>	<b>Características</b>	<b>Costo por día</b>	<b>Costo por mes</b>
Página resultados oficiales	MV2	CPU:4 RAM:15GB DISCO:512GB	\$25,04	\$751,2
Redis Cache	MV1	CPU:8 RAM:30GB DISCO:512GB	\$29,60	\$888
Base de datos	MV4	CPU:8 RAM:30 DISCO: 3TB	\$132	\$3 960,00
<b>TOTAL</b>			\$186,64	\$5 599,2

Fuente: elaboración propia.



## **5. CONCLUSIONES GENERALES DE LA SOLUCIÓN**

Se plantea una arquitectura que busca un alto rendimiento para consumir información y crecer de manera automática bajo demanda. Utilizando una configuración de replicación de base de datos, en conjunto de un sistema de colas de mensajes para evitar cuellos de botella y de esta manera evitar la interrupción del servicio que se presta a los usuarios.

El costo por un día de operación, utilizando al máximo los recursos durante todo el día, se proyecta un costo de \$1 267,60. Pero se asegura que este costo será menor debido a que realmente no se utilizaran al máximo los recursos durante las 24 horas, al contrario, los recursos serán incrementados de manera automática, hasta llegar al máximo establecido, conforme sean requeridos y serán limitados cuando ya no sean necesarios, por lo que se puede asegurar que el costo será menor a \$1 267,60 durante el día de mayor intensidad.

Pasado el día crítico, que es el día de elecciones generales, se da de baja el sistema de elecciones generales y se pone en marcha el funcionamiento el sistema de elecciones generales, para lo cual se considera un costo de \$5 599,2 al mes. Dado que se busca la reducción de costos, se puede ofrecer que la base de datos se almacene de manera local, en algún servidor existente o quede grabada la información en discos magnéticos, para evitar utilizar la base de datos.

Para la página web de resultados generales, debido a que son datos estáticos, se puede desarrollar el sitio de manera estática y luego puede ser almacenada la metadata en la base de datos de Redis, de esta manera no intenta consultar la base de datos debido a que ya tiene toda la información necesaria

en la página web, para poder así reducir los costos de operación a \$1 639,2 al mes.

## CONCLUSIONES

1. Se recabó información sobre los procesos establecidos para la recolección y digitalización de los datos durante las elecciones generales en Guatemala, dividido en recabar la información de cada mesa, las distintas validaciones, el ingreso de la información al sistema de elecciones preliminares, nuevamente validaciones entre el sistema de elecciones generales y la información física, para por último mostrar los resultados en el sitio de resultados oficiales.
2. Se propone una arquitectura del sistema que utiliza los recursos de tal manera que reduzca los costos de operación aprovechando los beneficios de la flexibilidad de la nube, de manera que reduce los cuellos de botella y la espera en la conexión, de manera que ayuda a la actual implementación por parte el TSE.
3. Se propone una arquitectura capaz de responder a múltiples solicitudes de conexión, capaz de mostrar información en tiempo real, proveer de seguridad e integridad por medio de su sistema de réplica de información en las bases de datos, capaz de responder a solicitudes de reportes y datos estadísticos necesarios para lleva a cabo los distintos análisis por parte de cada una de las entidades reguladoras y los medios de comunicación.



## RECOMENDACIONES

Este trabajo muestra solo una de las tantas combinaciones que pueden llegar a implementarse como solución para el sistema. La decisión y las prioridades depende de las necesidades del dueño del proyecto y las personas involucradas. Para este modelo se coloca como prioridad el alto flujo de información y la alta disponibilidad de los servicios evitando imponer una tecnología en concreto para implementar en la nube, de tal manera que puede ser adecuada para diferentes necesidades tecnológicas.

Para la disminución de costos, el sistema de resultados oficiales puede ser desarrollado incrustando los datos de los resultados dentro del mismo código, dado que estos datos ya no deberían de cambiar conforme el tiempo, y de esta manera ya no será necesaria la consulta a algún tipo de base de datos reduciendo en \$4,848 al mes. La información puede ser almacenada en algún servidor local del TSE como un registro, pero esto ya dejaría de lado la veracidad de la información mostrada, por lo que puede ser propuesto cuando ya haya pasado un periodo de tiempo y con la correcta verificación de los datos mostrados.



## BIBLIOGRAFÍA

1. AWS. *Contenedores*. [en línea]. <<https://aws.amazon.com/es/containers/>>. [Consulta: noviembre de 2019].
2. AWS. *Creación de aplicaciones con arquitecturas sin servidor*. [en línea]. <<https://aws.amazon.com/es/lambda/serverless-architectures-learn-more>>. [Consulta: noviembre de 2019].
3. AWS. *Kubernetes en AWS. Organización y administración de contenedores mediante software de código abierto*. [en línea]. <<https://aws.amazon.com/es/kubernetes/>>. [Consulta: noviembre de 2019].
4. BBVA. *Serverless. Ingeniería Informática*. [en línea]. <<https://www.bbva.com/es/serverless/>>. [Consulta: noviembre de 2019].
5. DZone. *Implementación de software en la nube versus en las instalaciones: ¿qué es lo adecuado para usted?* [en línea]. <<https://dzone.com/articles/cloud-vs-on-premise-software-deployment-whats-righ>>. [Consulta: noviembre de 2019].

6. El Periódico. *Director de Informática del TSE defiende sistema usado en elecciones.* [en línea]. <<https://elperiodico.com.gt/nacion/2019/07/02/director-de-informatica-del-tse-defiende-sistema-usado-en-elecciones/>>. [Consulta: noviembre de 2019].
7. GoogleCloud, *Contenedores 101: ¿Qué son los contenedores? Contenedores en Google.* [en línea]. <<https://cloud.google.com/containers/?hl=es>>. [Consulta: noviembre de 2019].
8. GoogleCloud. *Motor Kubernetes. Gestión de aplicaciones en contenedores a escala.* [en línea]. <<https://cloud.google.com/kubernetes-engine>>. [Consulta: noviembre de 2019].
9. GoogleCloud. *Todos los precios.* [en línea]. <<https://cloud.google.com/compute/all-pricing?hl=es>>. [Consulta: noviembre de 2019].
10. IBM. *cloud computing.* [en línea]. <<https://www.ibm.com/es-es/cloud/learn/cloud-computing>>. [Consulta: noviembre de 2019].
11. MicrosoftAzure. *Informática sin servidor. Microsoft Azure.* [en línea]. <<https://azure.microsoft.com/es-es/overview/serverless-computing/>>. [Consulta: noviembre de 2019].



12. MicrosoftAzure. *¿Qué es Kubernetes? Microsoft Azure*. [en línea]. <<https://azure.microsoft.com/es-es/topic/what-is-kubernetes/>>. [Consulta: noviembre de 2019].
13. MICROSOFT. *¿Qué es la informática en la nube?* [en línea]. <<https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-cloud-computing/>>. [Consulta: noviembre de 2019].
14. REDHAT. *Entendiendo las nubes*. [en línea]. <<https://www.redhat.com/en/topics/cloud>>. [Consulta: noviembre de 2019].
15. REDHAT. *Contenedores. El concepto de los contenedores de Linux*. [en línea] <<https://www.redhat.com/es/topics/containers>>. [Consulta: noviembre de 2019].
16. Relato. *Guatemala: el país con más usuarios de internet en Centroamérica*. [en línea]. <<https://www.relatogt.com/blogs/guatemala-el-pais-con-mas-usuarios-de-internet-en-centroamerica>>. [Consulta: noviembre de 2019].
17. TGWGuatemala. *Gobierno de Guatemala*. radiotgw.gob.gt. [en línea]. <<https://radiotgw.gob.gt/603-por-ciento-fue-la-participacion-ciudadana-en-elecciones-generales-2019/>>. [Consulta: 17 de junio de 2019].
18. TheWorldBank. *The World Bank Data*. [en línea]. <<https://data.worldbank.org/country/guatemala>>. [Consulta: noviembre de 2019].

19. Tribunal Supremo Electoral. *Elecciones generales 2019*. [en línea]. <<https://elecciones2019.tse.org.gt>>. [Consulta: noviembre de 2019].
  
20. Tribunal Supremo Electoral. *Quienes somos. Guatemala: TSE*. [en línea]. <<https://www.tse.org.gt/index.php/tse/quienes-somos/>>. [Consulta: noviembre de 2019].

