

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA LA UBICACIÓN DE
ESPACIOS FÍSICOS DEL CAMPUS GUSTAVO GALINDO VELASCO DE
LA ESPOL

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

Ingeniero/a en Ciencias de la Computación

Presentado por:

María Belén Guaranda Cabezas

Galo Daniel Castillo López

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2019

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedicamos a nuestras familias, profesores y amigos, quienes nos apoyaron en todo momento para crecer profesionalmente y como personas.

AGRADECIMIENTOS

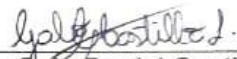
Agradecemos profundamente a la doctora Carmen Vaca, por su apoyo incondicional en el transcurso de nuestras carreras universitarias. A Fabricio y Marmando.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, nos corresponde exclusivamente; María Belén Guaranda Cabezas y Galo Daniel Castillo López damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"

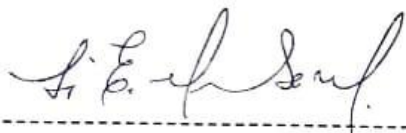


María Belén
Guaranda Cabezas



Galo Daniel Castillo
López

EVALUADORES



Luis Eduardo Mendoza Morales

PROFESOR DE LA MATERIA



Mónica Katiuska Villavicencio Cabezas

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El Campus “Gustavo Galindo Velasco” (Prosperina) de la ESPOL está caracterizado por ser de gran extensión. Es por ello que un problema común en las personas que lo visitan, es desorientarse fácilmente dentro de él al intentar encontrar algún sitio. Aunque existe señalética y los bloques están etiquetados, el problema persiste debido al tamaño del campus, causando que aún las personas que laboran o estudian en él les sea complicado ubicar un aula o bloque que no frecuentan. Aplicaciones tecnológicas que busquen solucionar dicho problema han sido implementadas en el pasado, pero la falta de estudios de usabilidad ha causado que estas caigan en desuso. Diseñar e implementar una aplicación tecnológica que les permita a los visitantes del Campus Gustavo Galindo Velasco encontrar el sitio al cual se dirigen, siguiendo un estudio de usabilidad y que cuente con funcionalidades que cause en sus usuarios la necesidad de utilizarlo constantemente, permitiría mitigar los problemas de desorientación descritos anteriormente. En el presente proyecto, proponemos ESPOLGuide, una aplicación móvil desarrollada para Android con Java y utiliza el SDK de Mapbox para ubicar sitios dentro del Campus Gustavo Galindo Velasco de la ESPOL, así como notificar y guiar a sus usuarios hacia los sitios en los que ocurren eventos dentro del campus en tiempo real.

Palabras Clave: Aplicación móvil, Mapeo de campus, Geolocalización, Android.

ABSTRACT

Campus “Gustavo Galindo Velasco” (Prosperina) of ESPOL is characterized by the large size it covers. For that reason, a very common problem that suffer people that visit it, is getting easily disorientated in it when trying to find any place. Although it already exists buildings signage and buildings are labeled by their names psychically, the problem persists because of the huge size of the campus, making difficult to find buildings or classrooms for people who work or study at ESPOL do not visit them frequently. Some technological applications that seek to solve this problem have already been developed in the past; however, the lack of usability tests has caused they die out. Designing and implementing a technological application that permits Campus Gustavo Galindo Velasco visitors to find the place where they want to go, carrying out usability test and including functionalities that generate the users need of using constantly the application, would allow to mitigate the problem previously described. In this project, we propose ESPOLGuide, an Android mobile application developed with Java and that uses the Mapbox SDK to locate sites inside ESPOL’s Campus Gustavo Galindo Velasco, as well as to notify and guide its users to places where events are taking place in real time.

Keywords: Mobile application, Campus mapping, Geolocation, Android.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
CAPÍTULO 1.....	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Descripción del problema	1
1.2. Objetivos.....	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos Específicos.....	2
1.3. Marco Teórico.....	2
CAPÍTULO 2.....	5
2. METODOLOGÍA	5
2.1. Datos del sistema	5
2.1.1. Adquisición de datos	5
2.1.2. Descripción de los datos	5
2.1.3. Levantamiento y depuración de datos	7
2.1.4. Ingreso de datos	9
2.1.5. Visualización de datos (mapa)	9
2.2. Arquitectura del sistema	10
2.3. Casos de uso.....	11
2.3.1. Módulo móvil.....	11
2.3.2. Módulo web.....	14
2.4. Diagrama de casos de uso	17

2.5. Diagrama Entidad-Relación	18
2.6. Tecnologías y Herramientas usadas	19
2.7. Prototipo de baja fidelidad	19
2.8. Consideraciones Éticas y Legales	21
2.8.1. Consideraciones Éticas.....	21
2.8.2. Consideraciones Legales	22
CAPÍTULO 3.....	23
3. RESULTADOS Y ANÁLISIS.	23
3.1. Generalidades	23
3.2. Descripción del sistema	23
3.2.1. Aplicación móvil.....	24
3.2.2. Aplicación web.....	29
3.3. Análisis del rendimiento del sistema.....	32
3.3.1. Pruebas de Estrés.....	32
3.3.2. Pruebas de usabilidad.....	36
3.3.3. Seguridad.....	39
3.4. Análisis de Costos	39
3.4.1. Etapa Pre-operativa	40
3.4.2. Costos de Diseño y Desarrollo.....	40
3.4.3. Etapa Operativa	41
3.4.3.1. Costos de Gestión del Sistema	41
3.4.3.2. Costos de Alojamiento y Licencias.....	41
3.4.3.3. Costos de Mantenimiento.....	41
CAPÍTULO 4.....	43
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	43
BIBLIOGRAFÍA.....	45

ABREVIATURAS

ESPOL Escuela Superior Politécnica del Litoral

FIEC Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación

POI Point of Interest (Punto de Interés)

GTSI Gerencia de Tecnologías y Sistemas de Información - ESPOL

AaaS Application as a Service (Aplicación como servicio)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Jerarquía espacial ESPOL.	6
Figura 2.2 Arquitectura del sistema.	11
Figura 2.3 Diagrama de Casos de Uso, UML 2.5.	18
Figura 2.4 Diagrama entidad-relación del sistema, en formato Barker's.	19
Figura 2.5 Prototipo de baja fidelidad, pantalla de lista de eventos.	20
Figura 2.6 Prototipo de baja fidelidad, pantalla de información de un evento.	20
Figura 2.7 Prototipo de baja fidelidad, pantalla de crear recordatorio de un evento.	21
Figura 3.1 Pantalla de inicio de sesión, aplicación móvil.	24
Figura 3.2 Ubicar un POI dentro del campus.	25
Figura 3.3 Trazar ruta a un POI dentro del campus.	26
Figura 3.4 Lista de eventos próximos a ocurrir en ESPOL. Cada evento tiene su propio menú de opciones (denotado con los 3 puntos)	27
Figura 3.5 Pantallas para configurar un recordatorio a un evento.	28
Figura 3.6 Lista de recordatorios de eventos agendados.	28
Figura 3.7 Pantalla de información de un evento.	29
Figura 3.8 Inicio de sesión aplicación web.	30
Figura 3.9 Página de inicio.	30
Figura 3.10 Crear un POI.	31
Figura 3.11 Listar POIs.	31
Figura 3.12 Resultados de pruebas de carga de /alternativeNames, con 500 usuarios concurrentes.	33
Figura 3.13 Resultados de pruebas de carga de /alternativeNames, con 1000 usuarios concurrentes.	34
Figura 3.14 Resultados de pruebas de carga de /alternativeNames, con 2000 usuarios concurrentes.	34
Figura 3.15 Resultados de pruebas de carga de /alternativeNames, con 3000 usuarios concurrentes.	35

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Diccionario de tipos de salones.	7
Tabla 2.2 Caso de Uso ‘Ver eventos’	11
Tabla 2.3 Caso de Uso ‘Ver ubicación de evento’	12
Tabla 2.4 Caso de Uso ‘Planificar recordatorio de evento’	12
Tabla 2.5 Caso de Uso ‘Ver recordatorios de evento’	13
Tabla 2.6 Caso de Uso ‘Modificar un recordatorio’	13
Tabla 2.7 Caso de Uso ‘Eliminar un recordatorio’	14
Tabla 2.8 Caso de Uso ‘Ver información de evento’	14
Tabla 2.9 Caso de Uso ‘Administrar POI’	14
Tabla 2.10 Caso de Uso ‘Listar POI’	15
Tabla 2.11 Caso de Uso ‘Crear POI’	15
Tabla 2.12 Caso de Uso ‘Ver POI’	16
Tabla 2.13 Caso de Uso ‘Editar POI’	16
Tabla 2.14 Caso de Uso ‘Eliminar POI’	17
Tabla 3.1 Servicios consultados para las pruebas de carga.	32
Tabla 3.2 Resultados de pruebas de carga, para todas las configuraciones.	35
Tabla 3.3 Resultados de pruebas del usuario 1.	36
Tabla 3.4 Resultados de pruebas del usuario 2.	37
Tabla 3.5 Resultados de pruebas del usuario 3.	37
Tabla 3.6 Resultados de pruebas del usuario 4.	37
Tabla 3.7 Resultados de pruebas del usuario 5.	38
Tabla 3.8 Resultados de pruebas del usuario 6.	38
Tabla 3.9 Datos que maneja el sistema ESPOLGuide.	39
Tabla 3.10 Costos de etapa operativa.	40
Tabla 3.11 Costos de licencia de Mapbox.	41
Tabla 3.12 Costos de mantenimiento.	42

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

El Campus “Gustavo Galindo Velasco” (Prosperina) de la ESPOL está caracterizado por ser de gran extensión. Encontrar puntos de interés como edificios, aulas, auditorios, laboratorios, etc., es una tarea que demanda bastante tiempo, especialmente para personas que no frecuentan dichos espacios. Este problema se extiende hacia cualquier otra universidad o infraestructura física que cuente con distintas edificaciones y espacios físicos dentro de ellas que sean complicados de encontrar. Aplicaciones tecnológicas que busquen solucionar dicho problema han sido implementadas en el pasado por distintas universidades tales como la Universidad de Alberta, la Universidad de Massachusetts, entre otras. La Escuela Superior Politécnica del Litoral, ESPOL, no es la excepción; sin embargo, la falta de estudios de usabilidad de las aplicaciones desarrolladas para resolver dicho problema en ESPOL ha causado que estas soluciones caigan en desuso. Diseñar e implementar una aplicación tecnológica que le permita a los visitantes del Campus Gustavo Galindo Velasco encontrar el sitio al cual se dirigen, siguiendo un estudio de usabilidad y que cuente con funcionalidades que cause en sus usuarios la necesidad de utilizarlo constantemente, permitiría mitigar problemas de desorientación dentro del Campus Gustavo Galindo. El presente documento se encuentra organizado de la siguiente manera: el Capítulo 1 muestra un repaso de las soluciones tecnológicas implementadas en otras universidades, al igual que los objetivos del proyecto; el Capítulo 2 muestra la metodología utilizada para el desarrollo de la propuesta planteada.

1.1 Descripción del problema

El Campus Gustavo Galindo Velasco de la ESPOL está caracterizado por ser de gran extensión y se encuentra en constante crecimiento. Es por ello que un problema común en las personas que visitan ocasionalmente o de manera frecuente el Campus, es no poder ubicar rápidamente sitios como aulas, bloques, auditorios, laboratorios, etc., que forman parte de él. Esto ocurre,

especialmente si son sitios que no se frecuentan. Aunque existe señalética y los edificios que conforman el Campus están etiquetados, no ha sido una solución efectiva para mejorar la ubicación de puntos de interés dentro de él. Aunque varias iniciativas tecnológicas han sido implementadas en el pasado, estas han caído en desuso y por ello el problema persiste.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un prototipo funcional de un sistema para dispositivos móviles que le permita a visitantes frecuentes (estudiantes, profesores y personal administrativo) y ocasionales de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación de ESPOL ubicar distintos sitios dentro de ésta.

1.2.2 Objetivos Específicos

- 1) Desarrollar un prototipo funcional de un módulo de Eventos de una aplicación móvil que permita notificar al usuario sobre los eventos existentes dentro del Campus Gustavo Galindo Velasco de ESPOL, y localizar los sitios en los que se efectúan.
- 2) Desarrollar un prototipo funcional de un módulo de Administración de POIs de una aplicación web que permita administrar (crear, modificar, leer y eliminar) la información de puntos de interés como aulas, auditorios, laboratorios o bloques, en la base de datos que utiliza la aplicación móvil.

1.3 Marco Teórico

El desarrollo de las aplicaciones móviles basadas en ubicación (*location-based mobile applications*), han venido creciendo exponencialmente, desde la acuñación de este término en el 2009. Lo básico que permiten realizar a sus usuarios es buscar lugares como tiendas, hoteles, restaurantes [1]. Las PYMEs no se han quedado atrás y están adoptando el desarrollo de este tipo

de aplicaciones para ofrecer a sus consumidores acceso inmediato a sus productos o información de sus servicios (eventos, reseñas, sucursales, entre otros) [2]. Con esto, pueden acercarse más a sus clientes potenciales, y a la vez mantener satisfechos a sus clientes con un servicio personalizado. Las instituciones de enseñanza superior, también se están sumando a la ola de las aplicaciones móviles. Éstas buscan que sus estudiantes estén más conectados con su lugar de estudio, así como entre ellos [3].

Actualmente existen distintas aplicaciones similares a ESPOLGuide, que permiten a visitantes de campus de universidades encontrar sitios dentro de estos. Un ejemplo de estas es AnyPlace. Anyplace es un servicio de información interior, desarrollado por la Universidad de Cyprus que ofrece localización, navegación y búsqueda optimizada sin el uso de GPS en el interior de edificios que se encuentran ubicados dentro del campus de dicha universidad. Esta aplicación permite también identificar POI's (Points of Interest) dentro de los edificios, de tal manera que te permita llegar al sitio exacto al cual deseas visitar.

El listado de aplicaciones móviles similares a ESPOLGuide, incluye a **Living at UMass**. Esta aplicación móvil desarrollada para Android, contiene distintos servicios ofrecidos por la Universidad de Massachussets, entre los cuales se encuentran servicios relacionados a la alimentación dentro de la universidad, ubicación dentro de su campus, entre otros.

GeoCampus (<http://geocampus.espol.edu.ec/>) es otro ejemplo de aplicación tecnológica que persigue ayudar a los visitantes de una universidad encontrar sitios dentro de esta. Esta aplicación web de *outdoor mapping* permite identificar sitios de interés dentro de la Escuela Superior Politécnica del Litoral. Además, esta aplicación permite conocer el recorrido de los buses de ESPOL que ingresan centenas de estudiantes al Campus Gustavo Galindo Velasco de la ESPOL día a día.

Finalmente, **Campus Alberta Map** (<https://www.ualberta.ca/maps>), es una aplicación web desarrollada por la Universidad de Alberta, que similar a GeoCampus, permite localizar sitios ubicados en el campus de dicha universidad. Esta última, también le permite a sus usuarios identificar edificios de acuerdo a un conjunto de categorías a las cuales estos podrían pertenecer.

Ninguna de las aplicaciones tecnológicas mencionadas anteriormente es *open source*; por lo tanto, el código fuente de estas no es público.

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Datos del sistema

2.1.1 Adquisición de datos

ESPOLGuide es un sistema cuyo componente principal es la búsqueda de lugares dentro del Campus Gustavo Galindo. Estos lugares son mostrados a través de un mapa interactivo. Por tanto, se necesita información geo referenciada de todas las zonas, bloques, aulas y espacios que existen dentro del campus. Estos datos fueron pedidos a Gerencia de Comunicación, entidad responsable de la nueva denominación de los espacios del campus del año 2019, período 1S. En conjunto con la Gerencia de Infraestructura Física, ambas entidades trabajaron en el levantamiento y etiquetación de los datos. Finalmente, la Gerencia de Infraestructura Física nos proveyó de una hoja de cálculo (formato .xls) con todos los datos, separados por pestañas y siguiendo una nueva jerarquía espacial. Además, nos entregaron los planos de los espacios (archivos en formato .dwg).

El Ing. Juan Carlos Pindo, profesor de FICT hasta el año 2018, es uno de los autores del sistema existente de geo referenciación dentro del campus, llamado GeoEspol. Dicho profesor nos entregó archivos en formato de *shapefiles* de la información espacial que constituía su sistema. Esta información fue levantada manualmente por el en conjunto con sus estudiantes (con una gran precisión espacial), y plasmada en un mapa, usando el programa ArcGIS. Complementando con estos datos, podemos finalmente crear el mapa interactivo para ESPOLGuide.

2.1.2 Descripción de los datos

La nueva denominación espacial del Campus Gustavo Galindo sigue la jerarquía que se muestra en la Figura 2.1.

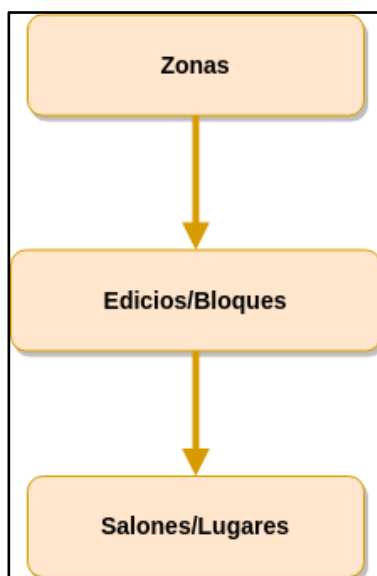


Figura 2.1 Jerarquía espacial ESPOL.

Zona es una parte del territorio del campus Gustavo Galindo. No corresponde necesariamente a una facultad; una zona puede contener varias facultades. La zona está representada por un número, que va del 1 al 14.

Un bloque o edificio, como su nombre lo indica, corresponde con una edificación de cualquier zona. A un edificio se lo identifica por un número (correspondiente a la zona en la que se encuentra) y una letra. La letra es asignada de la siguiente forma: dentro de una zona, se empieza por el edificio más relevante (administrativo por lo general), y se le adjudica la primera letra del abecedario, A. Se recorre la zona en el sentido contrario a las manecillas del reloj para la asignación de letras.

Un salón puede ser: un laboratorio, auditorio, oficina, aula de clases, etc. Es la denominación espacial más pequeña. Cada salón está etiquetado de la siguiente forma:

- Código de edificio.
- Etiqueta corta: compuesta de una letra y un secuencial numérico.

La letra simboliza el tipo de salón. La convención que se siguió para la

asignación de letras es la que se muestra en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1 Diccionario de tipos de salones.

TIPO DE ÁREA	LETRA
Edificios	A, B, D, E...
Parqueadero	P
Área verde	AV
Garita	GT
Kiosko de Servicio	KS
Puntos de encuentro	PE
Áreas deportivas	AD
Antenas	AT
Cuarto de Transformadores	CT
Sistemas de purificación de agua	SP
Subestación	SE
Planta envasadora	PEA
Planta de tratamiento de aguas residuales	PT
Sistema de bombeo	SB
Transformadores	TF
Reservorio de agua	RA
Casa de guardia	CG
Hidrantes	HD
Monumento	MT

2.1.3 Levantamiento y depuración de datos

Cada entidad en la jerarquía de denominación espacial, tiene, además de sus datos de texto, propiedades geográficas. Cada edificio es un polígono. Un polígono es una forma cerrada y con n número de lados. Un polígono georreferenciado consiste en una lista de pares de coordenadas, unidas entre ellas por una línea recta. Parte de este trazado de polígonos fue realizado por Geocampus, y entregado a nosotros. Para continuar con el levantamiento de los polígonos, nos valimos de una herramienta *open source* llamada QGIS. En QGIS, colocamos como mapa base el de *Open Street Map* satelital. Sobre este, se efectuó el trazado de los polígonos, siguiendo la silueta de los edificios del campus Gustavo Galindo. Así mismo, se corrigieron y perfeccionaron los trazos de los polígonos y existentes El sistema de coordenadas geográficas usado es el WSG:4326.

Para la realización de este prototipo, se escogieron todos los edificios y salones de la zona 11, correspondiente a FIEC, y los edificios en donde hay auditorios y decanatos.

A la vez que se traza un polígono, se completa una tabla de atributos de este. Los atributos de cada polígono son los siguientes:

- `unity`: zona.
- `code_gtsi`: código asignado al edificio.
- `name`: nombre del edificio (o el código en su defecto).
- `description`: breve descripción del edificio.

Cabe recalcar que, durante este proceso de levantamiento de datos, con la antigua denominación, se encontraron algunas inconsistencias en la codificación de bloques:

- Había códigos repetidos para distintos bloques.
- Los códigos de infraestructura no concordaban con los del sistema académico.

Estos problemas ya no ocurren con la nueva denominación descrita en la sección anterior, a excepción de un bloque, el *10AD3*, que corresponde tanto al coliseo viejo como a la cancha de césped sintético.

Para los salones, en los documentos provistos por ESPOL se encontraban 2 campos, *detalle de espacio* y *etiqueta*. En general, el nombre del salón se encontraba en el *detalle*. Sin embargo, para espacios como las aulas de clases, el *detalle* “Aula” no era factible de guardar como nombre del espacio, pues no es descriptivo. Se optó entonces por otorgar como nombre del salón al campo *etiqueta*, para los espacios tipo *aula* y *oficina*. Adicionalmente, se editó el contenido del campo *detalle* a los salones en donde el nombre estaba mal escrito, erróneo o no era lo suficientemente descriptivo.

2.1.4 Ingreso de datos

Los polígonos dibujados en QGIS se almacenan en *shapefiles*, formato que está compuesto por 5 archivos de distintas extensiones. Con la información provista por ESPOL, se crearon:

- Para las zonas, se creó un archivo CSV.
- Para los salones, se creó un archivo CSV por cada zona, con los siguientes atributos:
 - zona.
 - edificio.
 - tipo de espacio.
 - nivel.
 - detalle de espacio.
 - etiqueta.

Estos datos luego tienen que ser cargados en la base de datos. Para esto, se programó un script en Django, que recibe como entrada estos archivos, y guarda los datos en la base de la plataforma, siguiendo el diagrama de clases descrito en la sección 2.5. El script está documentado y forma parte del repositorio en donde está todo el código fuente.

Una vez que la base fue poblada, se ingresó nombres alternativos para cada uno de los edificios. Un nombre alternativo es un nombre con el cual las personas llaman a un edificio, y que no es su código. Por ejemplo, al edificio 11A se lo conoce en la jerga estudiantil como *FIEC Nueva*.

2.1.5 Visualización de datos (mapa)

Los polígonos dibujados, junto con la información de los bloques, no se encuentran subidos ni en Google Maps ni en Open Street Maps, los 2 servicios más famosos y grandes a nivel mundial de mapas. Por esto, se debe generar un mapa propio. El servicio GIS en la nube que se usa para la publicación del mapa del campus es Mapbox. Mapbox cuenta con una sección llamada *Studio*, en la cual se debe subir los polígonos con su

información en un archivo de formato *GeoJSON*. *Studio* también permite subir las capas de información espacial que requiera el usuario, así como distintas funcionalidades que dan estilo a un mapa. Finalmente, se genera una URL para que la aplicación móvil pueda acceder al mapa.

2.2 Arquitectura del sistema

ESPOLGuide es un sistema con un componente web y otro móvil. Para los mismos, se necesita un servidor web y base de datos propios del sistema. El sistema también se comunica con un API provisto por GTSI, para servicios propios de ESPOL.

La aplicación móvil consta de un archivo con extensión *.apk*, el cual se instala en los dispositivos móviles Android, y se comunica con servidores de Mapbox. Mapbox es una aplicación GIS, de modelo *AaaS*, que hace las veces de *tile-server* (servidor de mapas) y *routing-machine* (ruteo entre lugares). Esta arquitectura puede verse en la Figura 2.3.

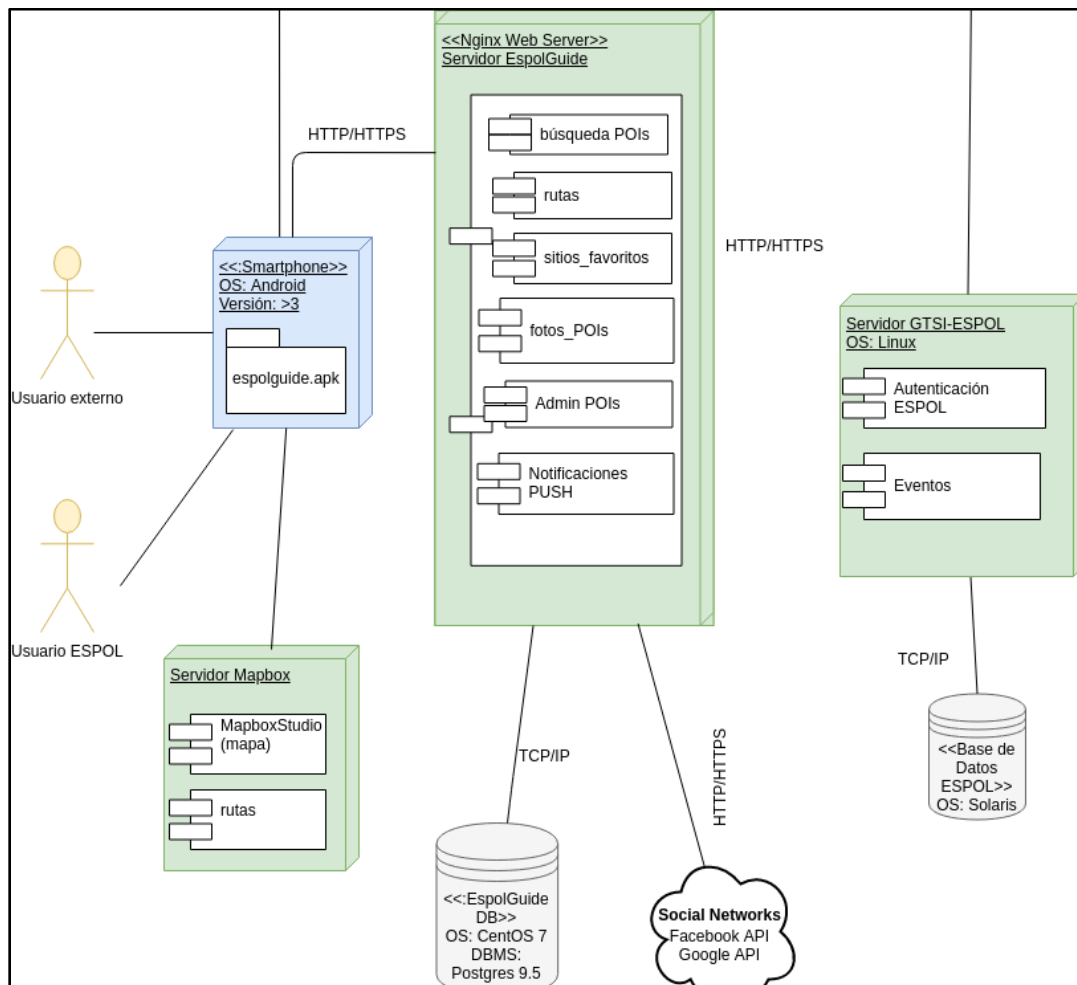


Figura 2.2 Arquitectura del sistema.

2.3 Casos de Uso

Los módulos móvil y web implementados de ESPOLGuide incluyen los siguientes casos de uso:

2.3.1 Módulo Móvil

En las Tablas 2.2 a 2.8 se presentan los Casos de Uso que corresponden a la aplicación móvil.

Tabla 2.2 Caso de Uso ‘Ver eventos’

CASO DE USO	
ID	CDU-015
Título	Ver eventos
Autor	Galo Castillo
Actor Principal	Usuario externo, Usuario ESPOL

Actor Secundario	-
Usa	-Autenticarse en el sistema
Extiende	-
Descripción	Un usuario podrá ver un listado de los eventos que se llevarán a cabo en los próximos 7 días.
Precondición	-Debe estar conectado a internet
Secuencia Normal	1.El usuario entra al menú.
	2.El usuario escoge la opción de <i>Eventos</i> .
	3.Selecciona un evento.
Postcondición	
Secuencia alternativa	-

Tabla 2.3 Caso de Uso ‘Ver ubicación de evento’

CASO DE USO	
ID	CDU-016
Título	Ver ubicación de evento
Autor	Galo Castillo
Actor Principal	Usuario externo, Usuario ESPOL
Actor Secundario	-
Usa	-
Extiende	-Ver eventos -Ver información de evento
Descripción	Un usuario podrá ver la ubicación de los POIs en donde se llevarán a cabo eventos en los próximos 7 días.
Precondición	-Debe estar conectado a internet -Debe tener activado el location
Secuencia Normal	1.El usuario entra al menú.
	2.El usuario escoge la opción de <i>Eventos</i> .
	3.Selecciona un evento.
Postcondición	Se muestra el mapa centrado en el bloque en el que se encuentra el POI en el que se llevará a cabo el evento seleccionado.
Secuencia alternativa	-

Tabla 2.4 Caso de Uso ‘Planificar recordatorio de evento’

CASO DE USO	
ID	CDU-017
Título	Planificar recordatorio de evento
Autor	Galo Castillo
Actor Principal	Usuario externo, Usuario ESPOL
Actor Secundario	-
Usa	-
Extiende	-Ver eventos -Ver información de evento
Descripción	Un usuario podrá planificar recordatorios de eventos que se vayan a llevar a cabo en los próximos 7 días. La notificación del recordatorio se la podrá ejecutar entre 1 y 24 horas antes de los eventos.
Precondición	-Debe estar conectado a internet
Secuencia Normal	1.El usuario selecciona las opciones de un evento.
	2.El usuario selecciona la opción <i>Activar recordatorio</i> .

	3. Selecciona cuántas horas antes al evento requieren la notificación del recordatorio.
	4. El usuario confirma la acción.
Postcondición	El usuario recibe una notificación del recordatorio previo al evento de acuerdo a las horas que seleccionó.
Secuencia alternativa	-

Tabla 2.5 Caso de Uso ‘Ver recordatorios de evento’

CASO DE USO	
ID	CDU-018
Título	Ver recordatorios de eventos
Autor	Galo Castillo
Actor Principal	Usuario externo, Usuario ESPOL
Actor Secundario	-
Usa	-
Extiende	-Ver eventos
Descripción	Un usuario podrá ver una lista de todos los recordatorios que ha agendado.
Precondición	-Debe estar conectado a internet
Secuencia Normal	1.El usuario abre el menú desplegable.
	2.El usuario selecciona la opción <i>Eventos en el Campus</i> .
	3.El usuario se desliza a la pestaña <i>Recordatorios</i> .
Postcondición	El usuario visualiza una lista de todos los recordatorios que ha agendado.
Secuencia alternativa	-

Tabla 2.6 Caso de Uso ‘Modificar un recordatorio’

CASO DE USO	
ID	CDU-019
Título	Modificar un recordatorio
Autor	Galo Castillo
Actor Principal	Usuario externo, Usuario ESPOL
Actor Secundario	-
Usa	-Planificar recordatorio de evento
Extiende	-Ver recordatorios de eventos
Descripción	Un usuario podrá modificar el tiempo de anticipación en el cual se va a ejecutar un recordatorio.
Precondición	-Debe estar conectado a internet
Secuencia Normal	1.El usuario abre el menú desplegable.
	2.El usuario selecciona la opción <i>Eventos en el Campus</i> .
	3.El usuario se desliza a la pestaña <i>Recordatorios</i> .
	4.El usuario presiona el botón de menú(3 puntos).
	5.El usuario selecciona la opción <i>modificar</i> .
	6.Se muestra una ventana con un campo numérico, para digitar un valor, y un campo de opciones, para seleccionar la unidad de tiempo.
	7.El usuario presiona <i>aceptar</i> .
Postcondición	1.Se muestra la lista de recordatorios actualizada.
Secuencia alternativa	-

Tabla 2.7 Caso de Uso ‘Eliminar un recordatorio’

CASO DE USO	
ID	CDU-020
Título	Eliminar un recordatorio
Autor	Galo Castillo
Actor Principal	Usuario externo, Usuario ESPOL
Actor Secundario	-
Usa	-Planificar recordatorio de evento
Extiende	-Ver eventos
Descripción	Un usuario podrá eliminar un recordatorio.
Precondición	-Debe estar conectado a internet
Secuencia Normal	1.El usuario abre el menú desplegable.
	2.El usuario selecciona la opción <i>Eventos en el Campus</i> .
	3.El usuario se desliza a la pestaña <i>Recordatorios</i> .
	4.El usuario presiona el botón de menú(3 puntos).
	5.El usuario selecciona la opción <i>eliminar</i> .
Postcondición	1.Se muestra la lista de recordatorios actualizada.
Secuencia alternativa	-

Tabla 2.8 Caso de Uso ‘Ver información de evento’

CASO DE USO	
ID	CDU-021
Título	Ver información de evento
Autor	Galo Castillo
Actor Principal	Usuario externo, Usuario ESPOL
Actor Secundario	-
Usa	-
Extiende	Ver ubicación de evento Planificar recordatorio de evento
Descripción	Un usuario podrá ver la información de un evento: nombre, descripción, fecha, hora, lugar, información de contacto.
Precondición	-Debe estar conectado a internet
Secuencia Normal	1.El usuario abre el menú desplegable.
	2.El usuario selecciona la opción <i>Eventos en el Campus</i> .
	3.El usuario presiona el botón de menú(3 puntos).
	4.El usuario selecciona la opción <i>Ver información</i> .
Postcondición	1.Se muestra la información del evento.
Secuencia alternativa	1.El usuario abre el menú desplegable.
	2.El usuario selecciona la opción <i>Eventos en el Campus</i> .
	3.El usuario selecciona un ítem de la lista de eventos.

2.3.2 Módulo Web

En las Tablas 2.9 a 2.14 se presentan los Casos de Uso que corresponden a la aplicación web.

Tabla 2.9 Caso de Uso ‘Administrar POI’

CASO DE USO	
ID	CDU-01
Título	Administrar POI

Autor	María Belén Guaranda
Actor principal	Usuario administrativo ESPOL
Actor secundario	
Usa	Autenticarse en el sistema CDU-02
Extiende	-
Descripción	Un usuario administrativo designado por ESPOL puede administrar (CRUD) todos los sitios de interés del sistema.
Pre condición	-Debe estar conectado a internet. -Debe haberse autenticado en el sistema.
Secuencia normal	1.El usuario inicia sesión.
Postcondición	Se muestra un listado de todas las tablas existentes en la base de datos del sistema (modelos).
Secuencia alternativa	-

Tabla 2.10 Caso de Uso 'Listar POI'

CASO DE USO	
ID	CDU-02
Título	Listar POI
Autor	María Belén Guaranda
Actor Principal	Usuario administrativo ESPOL
Actor Secundario	-
Usa	-
Extiende	-
Descripción	Un usuario administrativo designado por ESPOL puede listar todos los sitios de interés del sistema.
Precondición	-Debe estar conectado a internet. -Debe haberse autenticado en el sistema. -Debe haberse ejecutado CDU-01
Secuencia Normal	1.El usuario selecciona uno de los modelos geográficos existentes (Zonas, Edificios o Salones)
Postcondición	Se muestra un listado de todos los objetos guardados en la base que corresponden al modelo que el usuario seleccionó.
Secuencia alternativa	-

Tabla 2.11 Caso de Uso 'Crear POI'

CASO DE USO	
ID	CDU-03
Título	Crear POI
Autor	María Belén Guaranda
Actor Principal	Usuario administrativo ESPOL
Actor Secundario	-
Usa	Administrar POI
Extiende	CDU-01
Descripción	Un usuario administrativo designado por ESPOL puede crear un sitio de interés en el sistema.
Precondición	-Debe estar conectado a internet. -Debe haberse autenticado en el sistema.
Secuencia Normal	1.El usuario está en la página de inicio y selecciona POIs.

	2.El usuario selecciona “agregar POIs”.
	3.El usuario llena los campos del formulario.
	4.El usuario selecciona “guardar”.
Postcondición	Se muestra un listado de sitios de interés con el nuevo elemento que se acaba de crear.
Secuencia alternativa	-

Tabla 2.12 Caso de Uso ‘Ver POI’

CASO DE USO	
ID	CDU-04
Título	Ver POI
Autor	María Belén Guaranda
Actor Principal	Usuario administrativo ESPOL
Actor Secundario	-
Usa	Autenticarse en el sistema
Extiende	CDU-02
Descripción	Un usuario administrativo designado por ESPOL puede editar un sitio de interés en el sistema.
Precondición	-Debe estar conectado a internet. -Debe haberse autenticado en el sistema. -Elemento a editar debe de existir dentro de la base de datos del sistema.
Secuencia Normal	1.El usuario está en la página de inicio y selecciona POIs. 2.El usuario selecciona un elemento de la lista.
Postcondición	Se muestra la información de
Secuencia alternativa	-

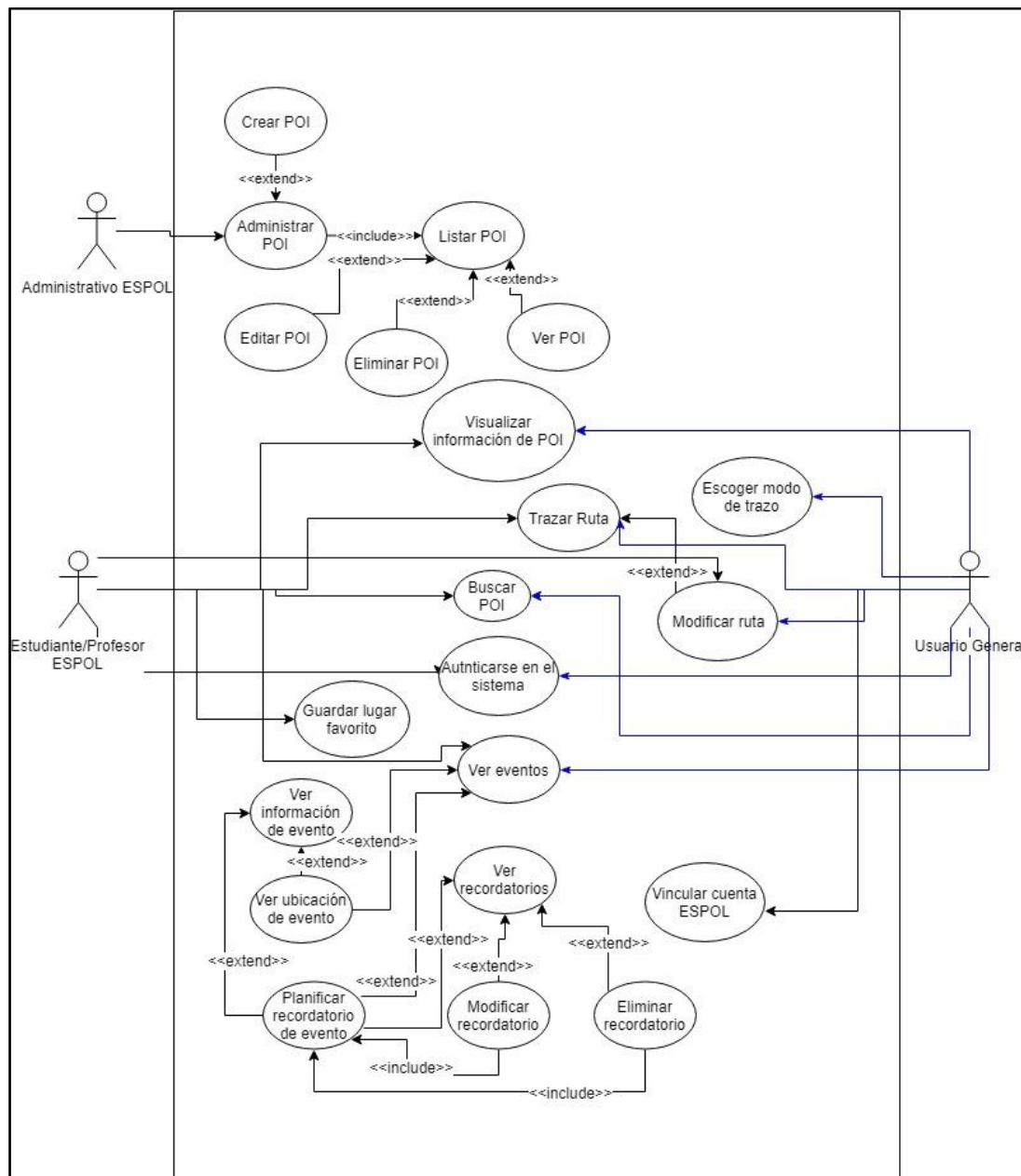
Tabla 2.13 Caso de Uso ‘Editar POI’

CASO DE USO	
ID	CDU-05
Título	Editar POI
Autor	María Belén Guaranda
Actor Principal	Usuario administrativo ESPOL
Actor Secundario	-
Usa	CDU-04
Extiende	CDU-02
Descripción	Un usuario administrativo designado por ESPOL puede editar un sitio de interés en el sistema.
Precondición	-Debe estar conectado a internet. -Debe haberse autenticado en el sistema. -Elemento a editar debe de existir dentro de la base de datos del sistema. -Debe haberse ejecutado CDU-05
Secuencia Normal	3.El usuario modifica los campos del formulario. 4.El usuario selecciona “guardar”.
Postcondición	Se muestra un listado de sitios de interés que existen dentro de la base, y un mensaje que dice “El <nombre del modelo> fue cambiado exitosamente”.
Secuencia alternativa	-

Tabla 2.14 Caso de Uso ‘Eliminar POI’

CASO DE USO	
ID	CDU-06
Título	Eliminar POI
Autor	María Belén Guaranda
Actor Principal	Usuario administrativo ESPOL
Actor Secundario	-
Usa	Autenticarse en el sistema
Extiende	CDU-02
Descripción	Un usuario administrativo designado por ESPOL puede eliminar un sitio de interés en el sistema.
Precondición	-Debe estar conectado a internet. -Debe haberse autenticado en el sistema. -Elemento a eliminar debe de existir dentro de la base de datos del sistema.
Secuencia Normal	1.El usuario está en la página de inicio y selecciona POIs.
	2.El usuario marca un checkbox del lado izquierdo del elemento (o elementos) de la lista a borrar.
	3.El usuario escoge la acción “borrar POIs seleccionados” dentro de un combobox de acciones, y presiona el botón “ir”.
	4.El usuario selecciona que está seguro de la eliminación.
Postcondición	Se muestra un listado de sitios de interés que existen dentro de la base, y un mensaje que dice “<nombre del modelo> eliminados exitosamente”.
Secuencia alternativa	-

2.4 Diagrama de Casos de Uso



2.5 Diagrama Entidad-Relación

En el diagrama mostrado en la Figura 2.5, se muestran los modelos que corresponden a la denominación espacial descritas en la sección 2.1. El modelo *Notifications* corresponde a los recordatorios que los usuarios guardan sobre los eventos que se dan en el campus.

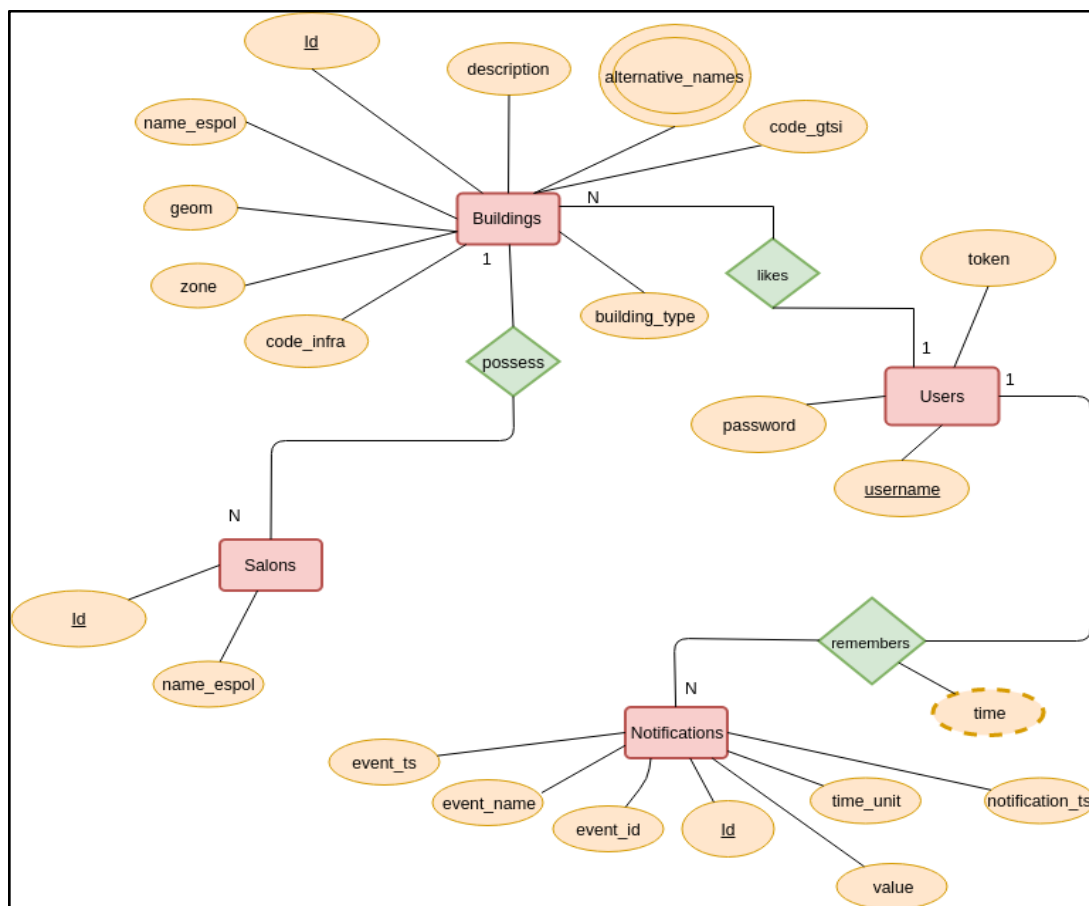


Figura. 2.4 Diagrama entidad-relación del sistema, en formato Barker's.

2.6 Tecnologías y Herramientas usadas

Para el desarrollo de los prototipos de módulos funcionales web y móviles de ESPOLGuide, se seleccionaron las siguientes herramientas y tecnologías de desarrollo: Java (v 9.x.x), Mapbox Android SDK v 4.8, Django (v 2.1.x), PostgreSQL (v 10.x.x). Para el levantamiento y depuración de datos, se usó el programa QGIS v 3.4, Open Street Map, Open Calc y Mapbox Studio.

2.7 Prototipo de Baja Fidelidad

Previo a la implementación del módulo de eventos de la aplicación móvil, desarrollamos un prototipo de baja fidelidad para guiar los lineamientos bases del diseño de las pantallas y su flujo, con el fin de validar los casos de uso de la aplicación móvil. Las Figuras 2.6 a 2.8 corresponden a las pantallas que se utilizarán para listar eventos, ver información de un evento y planificar un recordatorio, respectivamente.



Figura 2.5 Prototipo de baja fidelidad, pantalla de lista de eventos.



Figura 2.6 Prototipo de baja fidelidad, pantalla de información de un evento.



Figura 2.7 Prototipo de baja fidelidad, pantalla de crear recordatorio de un evento.

2.8 Consideraciones Éticas y Legales

2.8.1 Consideraciones Éticas

Entre las consideraciones éticas del presente proyecto integrador, la persona designada por Gerencia de Comunicación encargada de la publicación de eventos es responsable de la información provista acerca de cada evento y bajo esta recae la responsabilidad de proveer información verificada sobre tales eventos; el Gerente de Comunicación Social y Asuntos Públicos de la Escuela Superior Politécnica del Litoral tiene la responsabilidad de dar a conocer las responsabilidades que asume la persona designada en su gerencia al momento de que esta publique o modifique la información de un evento.

Además, el individuo designado por la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación de ESPOL, encargado del manejo de

la información georreferenciada de sitios de FIEC, es responsable de la

información provista acerca de los sitios y bajo este recae la responsabilidad de proveer información verificada.

Así mismo, el Decano de la FIEC tiene la responsabilidad de dar a conocer las responsabilidades que asume la persona designada en su facultad al momento de que esta modifique la información de un sitio.

2.8.2 Consideraciones Legales

A excepción del API de Mapbox, todas las herramientas son de uso libre. El servicio de Mapbox es de modo *fremium*. Mapbox SDK ofrece planes dependiendo de la cantidad de usuarios mensuales activos. Su plan gratuito (*free tier*) acapara hasta 25 mil usuarios activos al mes. Si se sobrepasa esta cantidad, se debe revisar la tabla de precios en su página web.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El presente proyecto integrador, tiene como resultado el diseño e implementación de los prototipos funcionales del módulo web para la administración de POIs y del módulo móvil para la ubicación georeferenciada y planificación de recordatorios de eventos del Campus Gustavo Galindo Velasco. Además, el desarrollo de un sistema que soporta un gran número de conexiones simultáneas, respaldado con un análisis cualitativo de pruebas de estrés, descritas en el capítulo 2.

3.1 Generalidades

Cantidad de requerimientos: 16

Cantidad de sprints: 5

Duración mínima y máxima de sprints:

Mínima: 4 días

Máxima: 10 días

Versiones: 1

El desarrollo del sistema se ve reflejado en su repositorio privado en Github.

3.2 Descripción del Sistema

Los prototipos funcionales de módulos web y móviles desarrollados de ESPOLGuide permiten: 1) identificar sitios ubicados en la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación del Campus Gustavo Galindo Velasco de ESPOL, así como los sitios ubicados en dicho campus en los que usualmente se desarrollan eventos, utilizando un mapa interactivo; 2) manejar (crear, modificar, ver y eliminar) la información georreferenciada de sitios ubicados en el campus; 3) mostrar la información de eventos que se desarrollan en el Campus; 4) planificar recordatorios de los eventos a los que un usuario desea asistir y 5) promover eventos de ESPOL a través de una aplicación móvil pública, que puede llegar a personas que se encuentren fuera

del campus Gustavo Galindo. El logo y la paleta de colores de la plataforma son de autoría de estudiantes de FIEC. ESPOLguide cuenta con 2 clientes, móvil y web, que se detallan a continuación.

3.2.1 Aplicación móvil

Dirigida a estudiantes novatos, antiguos, profesores y administrativos de ESPOL y visitantes. Cualquier persona puede descargarse la aplicación desde la tienda oficial de Google, la *Play Store*. Las funcionalidades están descritas en la sección 2.3.1. La vista de inicio de sesión es la que se muestra en la Figura 3.1.

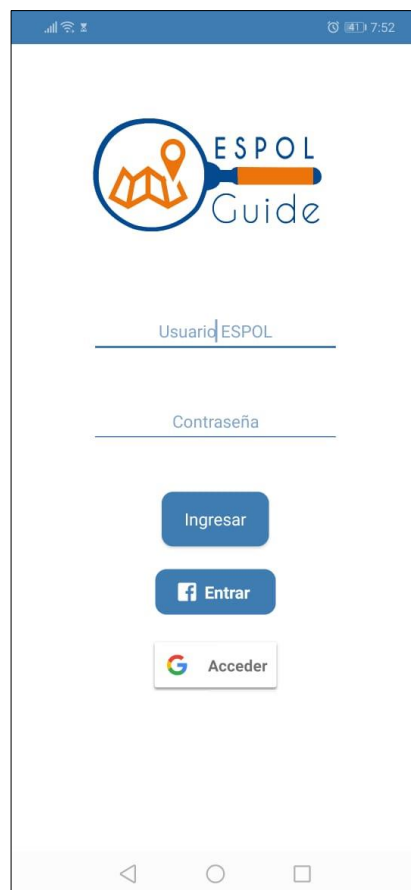


Figura 3.1 Pantalla de inicio de sesión, aplicación móvil.

Luego de haber iniciado sesión, el usuario podrá buscar cualquier lugar dentro del campus Gustavo Galindo. Suponiendo que el usuario busca el

bloque 14A, la aplicación colocará un marcador en la posición de dicho POI, como se muestra en la Figura 3.2. Si el usuario presiona el botón *Ver Ruta*, se le mostrará una pantalla similar a la Figura 3.3.

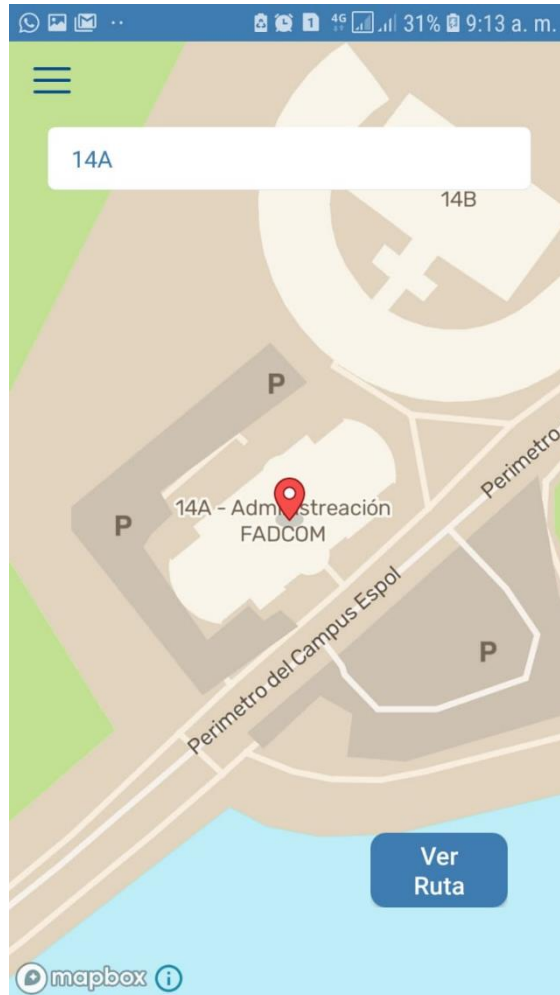


Figura 3.2 Ubicar un POI dentro del campus.

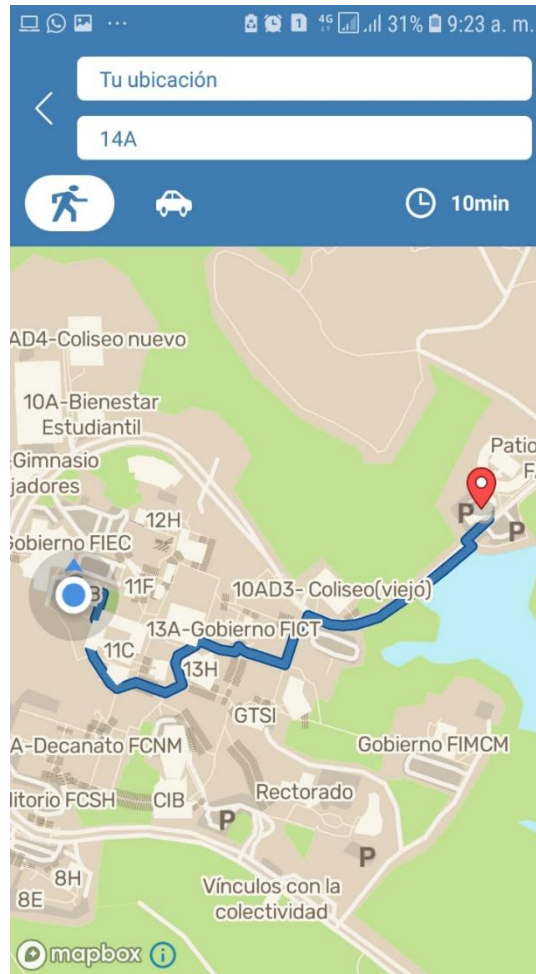


Figura 3.3 Trazar ruta a un POI dentro del campus.

La funcionalidad *Ver eventos en el campus* consiste en mostrarle al usuario una lista de los eventos a realizarse próximamente. Cada ítem de la lista tiene su propio menú, que le permite al usuario, entre otras opciones, agendar un recordatorio, como se puede apreciar en la Figura 3.4.



Figura 3.4 Lista de eventos próximos a ocurrir en ESPOL. Cada evento tiene su propio menú de opciones (denotado con los 3 puntos).

Las Figuras 3.5 y 3.6 muestran la secuencia de pantallas de la funcionalidad *agendar recordatorio*. La Figura 3.7 muestra la pantalla que aparece cuando el usuario escoge la opción *Ver información*.

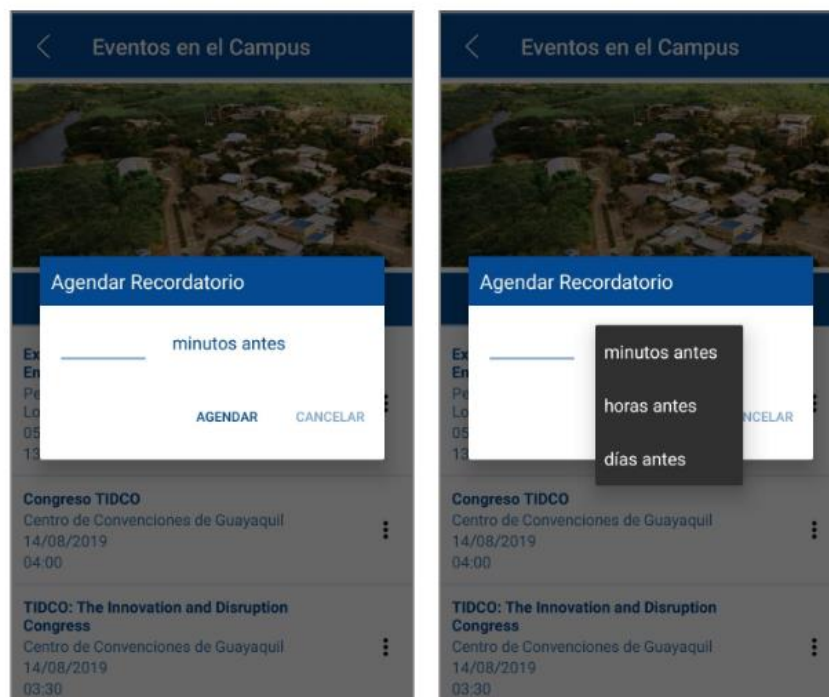


Figura 3.5 Pantallas para configurar un recordatorio a un evento.



Figura 3.6 Lista de recordatorios de eventos agendados.



Figura 3.7 Pantalla de información de un evento.

3.2.2 Aplicación web

Dirigida a administrativos de ESPOL. Aquí se podrá dar mantenimiento a la aplicación. Las funcionalidades están descritas en la sección 2.3.2, y permiten a los administrativos tener una vista en macro de lo que está pasando con la aplicación: cuántos usuarios la usan, los eventos más agendados y las rutas más trazadas. Tiene su propio dominio, el cual es *www.espol-guide.espol.edu.ec*. La pantalla de inicio de sesión es la que se muestra en la Figura 3.8.

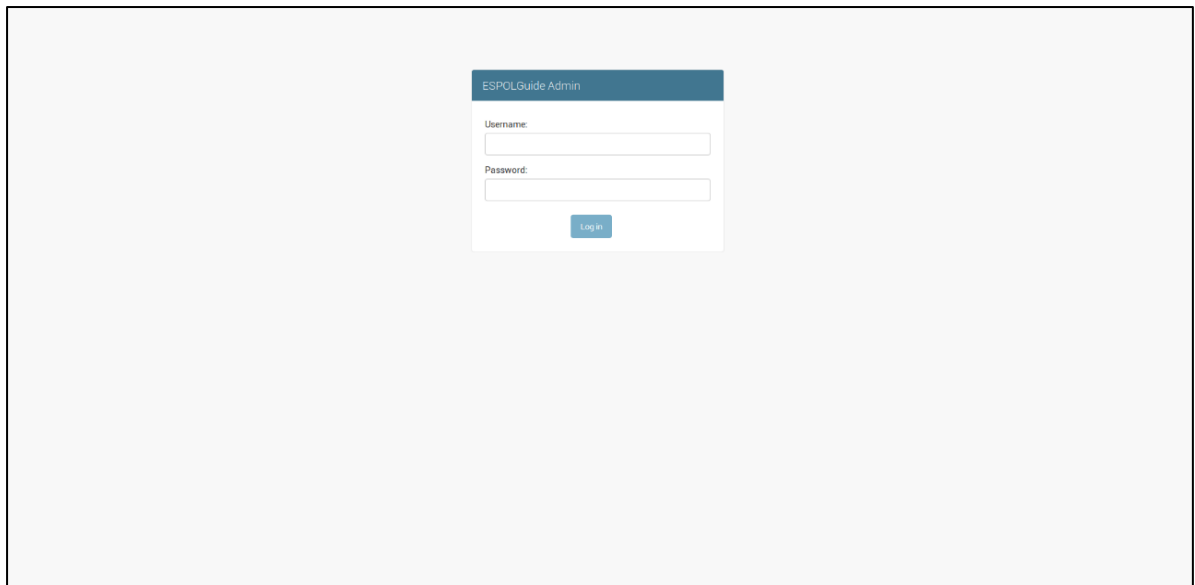


Figura 3.8 Inicio de sesión aplicación web.

Luego de haber iniciado sesión, se muestra la página de inicio (ver Figura 3.9). Aquí se listan todos los modelos o tablas de la base de datos de la plataforma. A partir de aquí se pueden realizar las distintas funcionalidades, como *Crear un POI* (ver Figura 3.10) y *Listar POIs* (ver Figura 3.11).

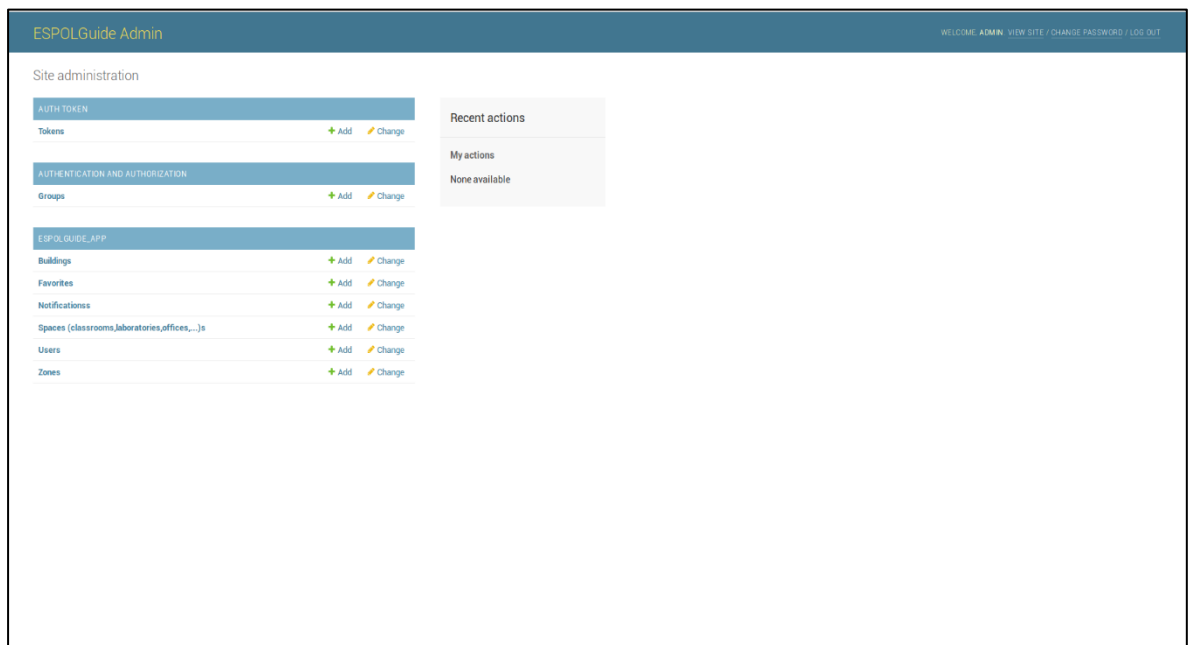


Figura 3.9 Página de inicio.

ESPOLGuide Admin

Inicio · Espolguide_App · Buildings · Parque AJA

Modificar buildings

Code intro: 8

Code gtsi:

Name espol: Parque AJA

Name infra: Parque AJA

Building type:

Type: Parque

Unity name: AJA

Geom:

Map showing the location of the building (Parque AJA) on a map of the ESPOL campus.

Figura 3.10 Crear un POI.

ESPOLGuide Admin

WELCOME ADMIN · [VIEW SITE](#) / [CHANGE PASSWORD](#) / [LOG OUT](#)

Home · Espolguide_App · Buildings

Select Building to change

Action:

 Go 0 of 44 selected

<input type="checkbox"/>	ZONE	NAME	CODE
<input type="checkbox"/>	6	Área Administrativa	6B
<input type="checkbox"/>	8	Vínculos con la colectividad	8J
<input type="checkbox"/>	12	Postgrados Área STEM	12L
<input type="checkbox"/>	3	3M- LABET	3M
<input type="checkbox"/>	12	Decanato FIMCP	BLOQUE 17 FIMCP
<input type="checkbox"/>	13	13i FEPOL	13i
<input type="checkbox"/>	7	Teatro/Asiri Lab	7B
<input type="checkbox"/>	2	2A- Admisiones	2A
<input type="checkbox"/>	2	Centro de Educación Continua(CISE)	2C
<input type="checkbox"/>	3	FCV/Transespol	3B
<input type="checkbox"/>	3	SEBIOCA	3C
<input type="checkbox"/>	3	3K	3K
<input type="checkbox"/>	6	Rectorado	6A
<input type="checkbox"/>	7	OIB	7A
<input type="checkbox"/>	10	Cancha de fútbol	10AD3- CANCHA DE FUTBOL
<input type="checkbox"/>	10	10AD3- Códice(viejo)	10AD3
<input type="checkbox"/>	12	12H	12H
<input type="checkbox"/>	9	Sweet&Coffee	9J
<input type="checkbox"/>	11	11B	11B
<input type="checkbox"/>	11	11D	11D
<input type="checkbox"/>	11	11C	11C

FILTER

By zone

All

1

10

11

12

13

14

2

3

5

6

7

8

9

Figura 3.11 Listar POIs.

Las pantallas de edición son casi idénticas a las de creación, con la diferencia de que los campos que se muestran ya están llenados con los datos del objeto que se quiere editar.

3.3 Análisis del Rendimiento del Sistema

De acuerdo con los requerimientos no funcionales especificados para el sistema ESPOLGuide, se espera que en una hora pico promedio se atienda a máximo 5,000 usuarios. Además, hemos considerado que -en el peor de los casos- deben atenderse, aproximadamente, 83 usuarios durante un minuto. Por lo tanto, nuestras pruebas de rendimiento del sistema consisten en el envío de un requerimiento realizado por 83 usuarios distintos a lo largo de 60 segundos. Para la ejecución de las pruebas, utilizamos la herramienta Apache JMeter (<https://jmeter.apache.org/>). Con esta herramienta, es posible definir una cantidad N de usuarios que realicen -cada uno- una cantidad M de requerimientos hacia un endpoint específico de la plataforma. Con ello, realizamos 10 pruebas de rendimiento en las cuales medimos el tiempo de respuesta y el *throughput*. Finalmente, realizamos un análisis cualitativo de los resultados.

3.3.1 Pruebas de Estrés

Fueron desarrolladas para el servidor web, ya que es este componente el que recibe, procesa y sirve los requerimientos de los usuarios. Las pruebas de estrés someten al sistema a distintos niveles de cargas (número de requerimientos concurrentes/paralelos), con el objetivo de identificar los límites y cuellos de botella.

Para la implementación de estas pruebas, se usó Apache JMeter, una aplicación de Java 100% *open source*. Se sometió al sistema a 500, 1000, 2000 y 3000 requerimientos concurrentes, con un lapso de 1 segundo entre los mismos. Los servicios escogidos para las pruebas fueron los indicados en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Servicios consultados para las pruebas de carga.

Endpoint	Descripción
GET /alternativeNames	Devuelve lista con todos los bloques, aulas y sus nombres alternativos.
GET /photoBlock/<codigo_bloque>	Devuelve la imagen del bloque solicitado

La métrica que más nos importa es el *throughput* o tasa de rendimiento efectiva. Throughput es definido como el número de mensajes que fueron recibidos de manera exitosa, por unidad de tiempo. Se cuenta desde el primer bit recibido del lado del receptor (diferente a la *latencia*). Las unidades para esta métrica en nuestras pruebas es número de requerimientos por minuto. Los resultados obtenidos se muestran los gráficos que se presentan en las Figuras 3.1 a 3.4.

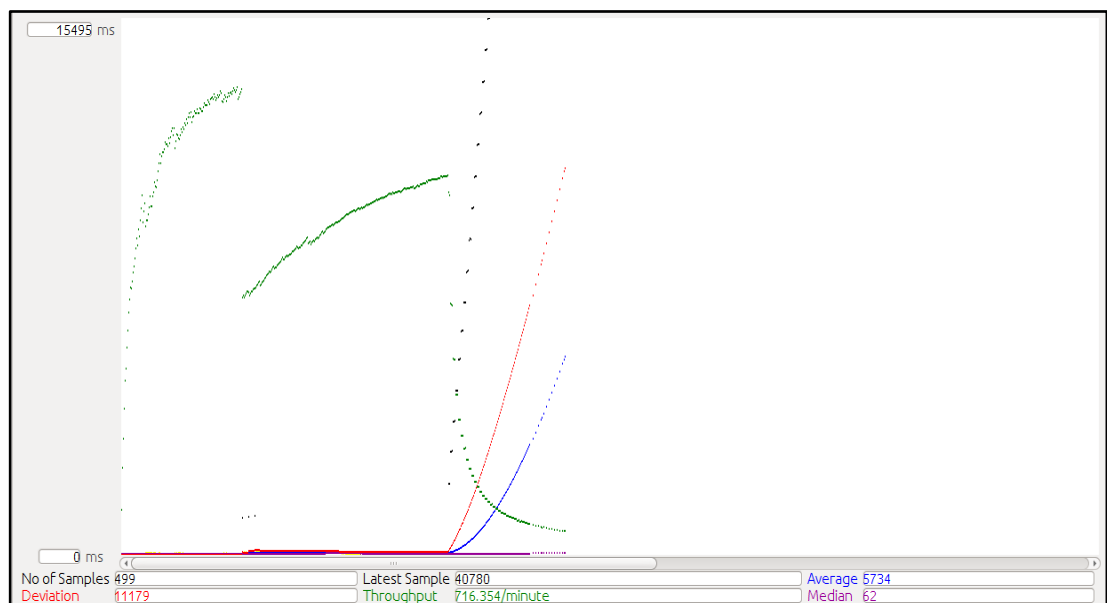


Figura 3.12 Resultados de pruebas de carga de /alternativeNames, con 500 usuarios concurrentes.

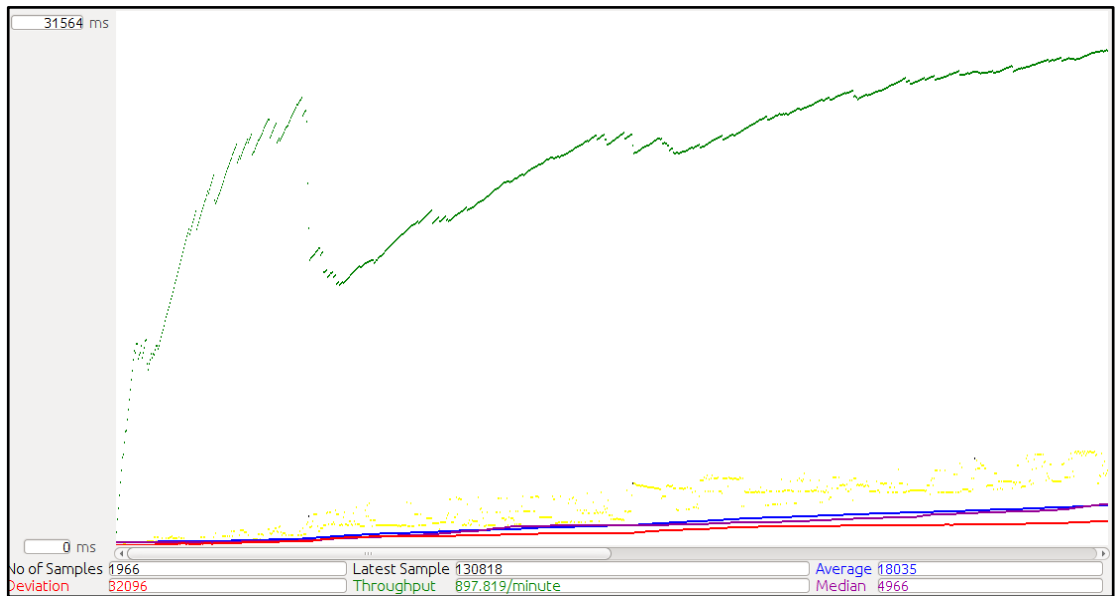


Figura 3.13 Resultados de pruebas de carga de /alternativeNames, con 1000 usuarios concurrentes.

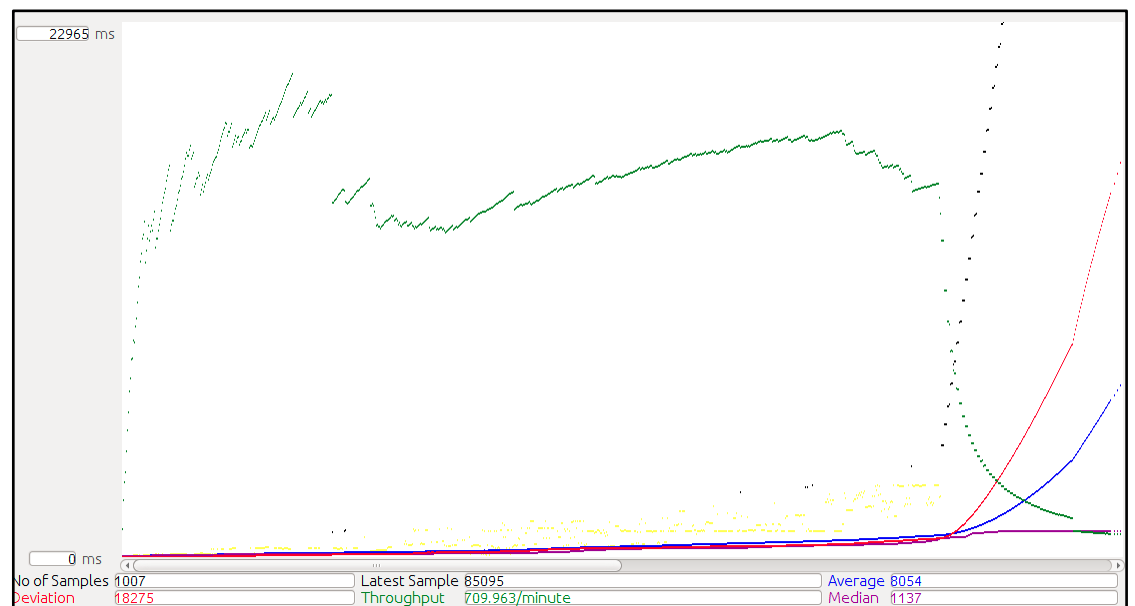


Figura 3.14 Resultados de pruebas de carga de /alternativeNames, con 2000 usuarios concurrentes.

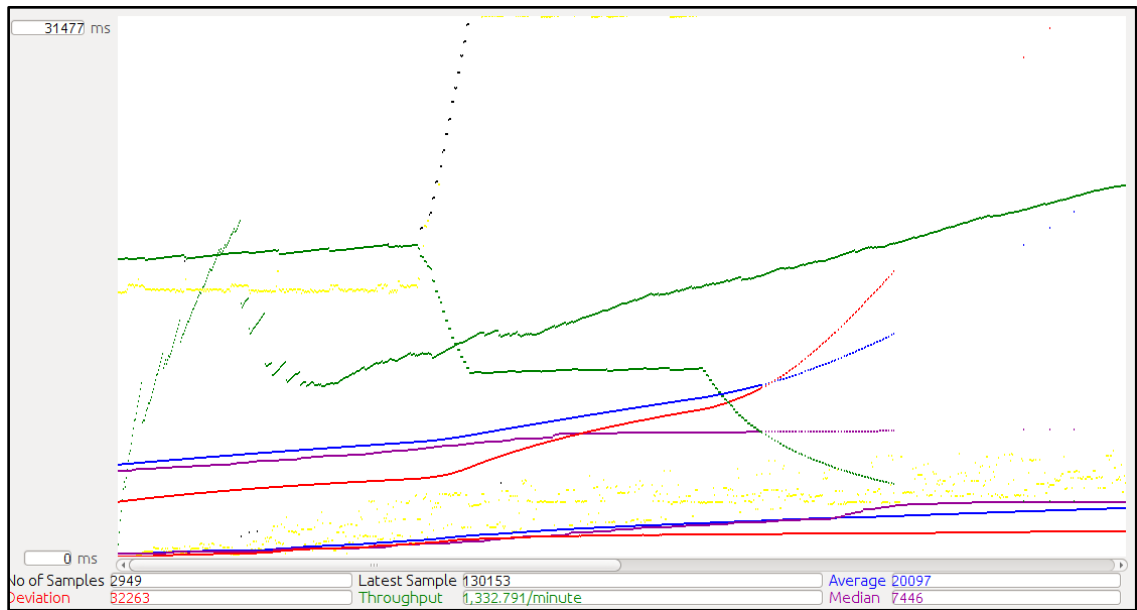


Figura 3.15 Resultados de pruebas de carga de /alternativeNames, con 3000 usuarios concurrentes.

A continuación, en la Tabla 3.2, se detalla el throughput para cada configuración de pruebas.

Tabla 3.2 Resultados de pruebas de carga, para todas las configuraciones.

Servicio	Cantidad de usuarios	Throughput (reqs/min)
/photoBlock	500	716.354
	1000	709.963
	2000	897.819
	3000	1332.791
/alternativeNames	500	726.114
	1000	699.695
	2000	900.724
	3000	1258.661

Cabe mencionar que, en los requerimientos efectuados, una cantidad considerable (un 5% por cada prueba) se encontraban con respuestas no deseadas, en específico, 502 Bad Gateway. Esto se debe a bloqueos por firewall del servidor, por la forma en como JMeter efectúa las pruebas por detrás. De la tabla 2, podemos obtener un *throughput* en promedio de 905.265 reqs/min. Como marco de referencia, tenemos que google.com tiene un throughput de 1491.193 reqs/min, con una desviación de 577.

Teniendo esto en cuenta, junto con el hardware que disponemos, podemos concluir que el rendimiento de nuestro servidor es bueno.

Estimamos que nuestro sistema recibirá, en el peor de los casos, 1000 usuarios concurrentes, por tanto el estado actual del sistema podrá manejarlos, aunque con un poco de dificultad. Se recomienda aumentar la memoria RAM y verificar la latencia, throughput y ancho de banda de la red interna de ESPOL.

3.3.2 Pruebas de usabilidad

Las pruebas de usabilidad se realizaron sobre 6 usuarios, que corresponden a los siguientes roles:

- Estudiante novato ESPOL
- Estudiante antiguo ESPOL
- Profesor (administrativo)
- Visitante

Como instrumentos de medición, usamos un cronómetro (para la estimación de duración de las tareas), o por medición directa (contar el número de pasos que le toma realizar una tarea a un usuario).

Los resultados obtenidos fueron los que se presentan en las Tablas 3.3 a 3.8.

Tabla 3.3 Resultados de pruebas del usuario 1.

Tarea	Medición	Valor a medir	Instrumento de medición	Valor actual	Valor medido	Valor objetivo	Mejor valor posible
Búsqueda de Eventos dentro del Campus	Efectividad	Número de pasos para ejecutar operación	Tarea en prueba de usuario	3-10	8	6	4
	Eficiencia	Tiempo	Cronómetro	5-10min	20 seg	40 seg	5 seg
Guardar recordatorio de evento de	Eficiencia	Tiempo	Cronómetro	No es posible actualmente	14 seg	30 seg	9 seg

ESPOL							
-------	--	--	--	--	--	--	--

Tabla 3.4 Resultados de pruebas del usuario 2.

Tarea	Medición	Valor a medir	Instrumento de medición	Valor actual	Valor medido	Valor objetivo	Mejor valor posible
Búsqueda de Eventos dentro del Campus	Efectividad	Número de pasos para ejecutar operación	Tarea en prueba de usuario	3-10	5	6	4
	Eficiencia	Tiempo	Cronómetro	5-10min	25.57 seg	40 seg	5 seg
Guardar recordatorio de evento de ESPOL	Eficiencia	Tiempo	Cronómetro	No es posible actualmente	35 seg	30 seg	9 seg

Tabla 3.5 Resultados de pruebas del usuario 3.

Tarea	Medición	Valor a medir	Instrumento de medición	Valor actual	Valor medido	Valor objetivo	Mejor valor posible
Búsqueda de Eventos dentro del Campus	Efectividad	Número de pasos para ejecutar operación	Tarea en prueba de usuario	3-10	6	6	4
	Eficiencia	Tiempo	Cronómetro	5-10min	24.62 seg	40 seg	5 seg
Guardar recordatorio de evento de ESPOL	Eficiencia	Tiempo	Cronómetro	No es posible actualmente	11.49 seg	30 seg	9 seg

Tabla 3.6 Resultados de pruebas del usuario 4.

Tarea	Medición	Valor a medir	Instrumento de medición	Valor actual	Valor medido	Valor objetivo	Mejor valor posible
Búsqueda de Eventos dentro del Campus	Efectividad	Número de pasos para ejecutar operación	Tarea en prueba de usuario	3-10	10	6	4
	Eficiencia	Tiempo	Cronómetro	5-10min	36.30 seg	40 seg	5 seg
Guardar recordatorio de evento de ESPOL	Eficiencia	Tiempo	Cronómetro	No es posible actualmente	12.51 seg	30 seg	9 seg

Tabla 3.7 Resultados de pruebas del usuario 5.

Tarea	Medición	Valor a medir	Instrumento de medición	Valor actual	Valor medido	Valor objetivo	Mejor valor posible
Búsqueda de Eventos dentro del Campus	Efectividad	Número de pasos para ejecutar operación	Tarea en prueba de usuario	3-10	10	6	4
	Eficiencia	Tiempo	Cronómetro	5-10min	37.69 seg	40 seg	5 seg
Guardar recordatorio de evento de ESPOL	Eficiencia	Tiempo	Cronómetro	No es posible actualmente	10.81 seg	30 seg	9 seg

Tabla 3.8 Resultados de pruebas del usuario 6.

Tarea	Medición	Valor a medir	Instrumento de medición	Valor actual	Valor medido	Valor objetivo	Mejor valor posible
Búsqueda de Eventos dentro del Campus	Efectividad	Número de pasos para ejecutar operación	Tarea en prueba de usuario	3-10	4	6	4
	Eficiencia	Tiempo	Cronómetro	5-10min	26 seg	40 seg	5 seg
Guardar recordatorio de evento de ESPOL	Eficiencia	Tiempo	Cronómetro	No es posible actualmente	15 seg	30 seg	9 seg

Las dificultades que encontraron los usuarios al momento de usar la aplicación fueron las siguientes:

- Para algunos es más intuitivo buscar eventos en la barra de búsqueda de lugares.
- Presionar sobre un elemento de la lista es más intuitivo que presionar sobre el botón del menú (los 3 puntos), dentro de la vista de eventos.

Todos los usuarios presentaron una mejora en la duración de la segunda tarea que les haya sido asignada (sea ver eventos o agendar un recordatorio). Sólo uno de los usuarios agendó un recordatorio desde la actividad de información del evento (el resto lo hizo al presionar el botón de los 3 puntos). Ninguno de los usuarios se demoró más de un minuto en culminar todas las tareas. Además, recibimos comentarios positivos con

respecto al diseño (fachada) de la aplicación. En general, los usuarios se acercaron a los mejores valores posibles de cada tarea. Las pruebas de usabilidad nos mostraron qué botones quitar, qué elementos hacer interactivos y qué colores o íconos cambiar para que sea de uso intuitivo.

3.3.3 Seguridad

Los datos sensibles que maneja, o el usuario tiene que ingresar en el sistema son los que se presentan en la Tabla 3.9.

Tabla 3.9 Datos que maneja el sistema ESPOLGuide.

Datos	Descripción
Credenciales de cuenta ESPOL	Correo y contraseña para el acceso a la aplicación móvil. Esta información no es almacenada en el sistema. La información es validada por GTSI.
Credenciales aplicación web	Correo y contraseña para el acceso a la aplicación web (administración). No están ligadas con cuentas de ESPOL. La contraseña se almacena con encriptación SHA256.

Como se pudo apreciar en la tabla 3, la única información sensible que maneja el sistema, las credenciales de inicio de sesión, han sido aseguradas con encriptación. Adicionalmente, todos los servicios del API de ESPOLGuide están protegidos contra requerimientos *CSRF* (*Cross-site request forgery*).

Estos requerimientos consisten en que un usuario validado por el sistema envía requerimientos con comandos que explotan las vulnerabilidades del servidor en cuestión.

3.4 Análisis de Costos

Se realizó un análisis de costos, para el desarrollo del presente proyecto, considerando los 4 meses que duró la etapa pre-operativa y el tiempo de 1 año como período inicial para la etapa operativa de la aplicación web.

3.4.1 Etapa Pre-operativa

Como etapa inicial para el desarrollo de la plataforma, se definieron los costos de la toma y levantamiento de los datos necesarios para que funcione el sistema. Estos costos están dados por las horas-hombre invertidas en el reconocimiento espacial de todas las zonas, bloques y lugares del campus Gustavo Galindo. La entidad encargada de esto fue Gerencia de Comunicación.

3.4.2 Costos de Diseño y Desarrollo

El sistema requiere de 3 desarrolladores trabajando a 8 horas diarias por 8 meses. Esto da un total de 1280 horas hombre aproximadamente. Entre el equipo de desarrolladores, se debe tener un miembro con conocimientos de back-end y otro con experiencia en front-end. Otro miembro del equipo debe liderar el proyecto, y bajo la metodología *Scrum*, debe de contar con conocimientos y aptitudes para tener el rol de *scrum master*.

De acuerdo a la arquitectura del sistema (fig 2.3 de la sección 2.2 Arquitectura del sistema), se requieren:

- Un servidor 3 GB RAM, 40 GB HDD
- Un servidor 2GB RAM, 250 GB HDD

El primer servidor contiene la aplicación, y el segundo, la base de datos. Para la estimación de costos del hardware, se usó la calculadora de costos mensuales de AWS. El resumen de costos se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 3.10 Costos de etapa operativa.

Detalle	Costo
Servidor para aplicación	\$10.77
Servidor para base de datos	\$31.47
Hosting	-
Free tier de mapbox	\$0.00
Sistema Operativo CentOS	\$0.00
Total	\$42.24

3.4.3 Etapa Operativa

3.4.3.1 Costos de Gestión del Sistema

En esta etapa, los costos consisten en horas hombre de los usuarios administradores que se encarguen de usar la aplicación web de administración de POIs (5 horas a la semana), y del usuario que se encargue de subir eventos desde Gerencia de Comunicación (5 horas a la semana).

3.4.3.2 Costos de Alojamiento y Licencias

Mapbox es la única librería por la cual se debe pagar, si se sobrepasa el número de requerimientos que contempla el plan gratuito. La tabla de precios que se muestra en su página web (<https://www.mapbox.com/pricing/>) es la que se presenta en la Tabla 3.11.

Tabla 3.11 Costos de licencia de Mapbox.

Detalle	Costo
25001-125 mil usuarios activos	\$4.00 c/mil
125,00 -250 mil usuarios activos	\$3.20 c/mil

3.4.3.3 Costos de Mantenimiento

Se debe pagar a un desarrollador por mantenimiento correctivo de hasta 6 meses luego de que el sistema haya sido puesto en producción. Asimismo, entre cada semestre, se debe de hacer un mantenimiento a la base de datos. Esto consiste en actualizar la información y curar los datos existentes, de ser necesario, y hacer un respaldo de la base. Mensualmente, se debe de verificar actualizaciones de las librerías y dependencias de las que hace uso la plataforma web y móvil.

El mantenimiento web debe incluir:

- Detección de caídas de la página
- Revisión y respaldo de historial de visitas/logs de la aplicación
- Verificaciones de seguridad/desinfecciones.
- Copias de seguridad y snapshots.
- Actualizaciones (librerías, paquetes del sistema operativo)

- Reporte de las anomalías encontradas, así como detalles de todas las operaciones realizadas sobre los servidores.
- De ser necesario, cambios de credenciales.

El mantenimiento móvil debe incluir:

- Actualizaciones de dependencias
- Pruebas con celulares de distintas versiones del SDK de Android
- Reporte y documentación de los cambios realizados

Tabla 3.12 Costos de mantenimiento.

Detalle	Costo
Mantenimiento web mensual	\$150.00/mes
Mantenimiento móvil mensual	\$50.00/mes
Total anual	\$2400.00

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El presente trabajo resulta de gran importancia para la Comunidad Politécnica y sus visitantes ocasionales, ya que ESPOLGuide permite que la movilidad interna, en particular cuando se buscan sitios dentro del Campus Gustavo Galindo Velasco, sea más eficiente. Además, la aplicación web de administración de POIs, junto con las pruebas de usabilidad realizadas, aseguran que el sistema no caiga en desuso como ha ocurrido con sistemas previamente implementados para el Campus de ESPOL.

Actualmente, una de las debilidades que presenta ESPOLGuide, es que sólo contiene información sobre los POIs de la Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC) y determinados sitios del resto del Campus en donde generalmente se desarrollan eventos. Esto implica que el sistema podrá satisfacer las necesidades de usuarios que deseen acudir a FIEC o a eventos. No obstante, esta debilidad se puede superar alimentando la base de datos con información de los demás sitios del Campus que restan por incluir en ESPOLGuide.

Un trabajo a futuro que se puede incluir para mejorar el sistema de ESPOLGuide es la implementación de un sistema de recomendación de eventos. El sistema de recomendación se lo podría construir inicialmente para usuarios con cuenta ESPOL, utilizando los datos de profesores o estudiantes tales como: materias tomadas/dictadas; eventos para los que se han creado notificaciones; avance de carrera; facultad a la que pertenece.

Conclusiones

ESPOLGuide es una buena alternativa para orientar espacialmente a personas que visitan el Campus ocasionalmente o de forma regular, ya que de acuerdo a nuestro estudio de usabilidad, los usuarios pueden ubicar sitios dentro del Campus en donde se desarrollarán eventos en menos de 1 minuto.

Finalmente, considerando que la temporada en la que más se requiere ubicar sitios dentro del Campus es en los inicios de clases de cada semestre, y que en ESPOL ingresan aproximadamente 1000 estudiantes cada semestre, hemos definido que la cantidad máxima de usuarios que el sistema atenderá concurrentemente es de 1000. Las pruebas de rendimiento realizadas revelan que el rendimiento del sistema es aceptable, puesto que al atender a 1000 usuarios concurrentemente se obtuvo un throughput de 709 req./min; lo cual está dentro del rango de valores aceptados.

ESPOLGuide es un sistema que no solo resuelve problemas para Campus universitarios; su software está diseñado para que pueda adaptarse como solución a problemas de ubicación de sitios en otros contextos como parques temáticos de gran extensión o compañías con infraestructuras extensas, entre otros.

Recomendaciones

Recomendamos que al crear sistemas sencillos en los que no se requieren optimizar sistemas de enrutamiento en mapas geográficos, no se utilicen directamente librerías que trabajen con OpenStreetMap, sino herramientas como Mapbox que resuelve varios problemas, entre estos la optimización de rutas. Además, crear un *tile server* podría ser de utilidad para no depender de la información que se sube a OpenStreetMap o Google Maps como, por ejemplo, las rutas; disminuyendo los tiempos para realizar pruebas de campo o de implementación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Harnil, O. (2017, junio 8). The relevance of geolocation based mobile app development. Recuperado de <https://www.hyperlinkinfosystem.com/blog/the-relevance-of-geolocation-based-mobile-app-development>.
- [2] Mahipal, J. (2018, junio 21). Recuperado de <https://yourstory.com/mystory/7186358bb3-location-based-mobile>.
- [3] Wu, F., Clarke, D., Jiang, J., Baba, A., & Buford, S. (2016). The Digital Age of Campus Maps on Mobile Devices. *Journal of Computer and Communications*, 4(07), 22.