

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

DESARROLLO DE UN SISTEMA DE GENERACIÓN DE ÍNDICES DE  
VULNERABILIDAD SÍSMICA EN SECTORES POPULARES DE  
GUAYAQUIL

**PROYECTO INTEGRADOR**

Previo a la obtención del Título de:

**Ingeniero en Computación**

Presentado por:

Luigi Salvatore Basantes Zambrano

Juan José Crow Washbrum

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2019

## DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; Luigi Salvatore Basantes Zambrano y Juan José Crow Washbrum 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"



---

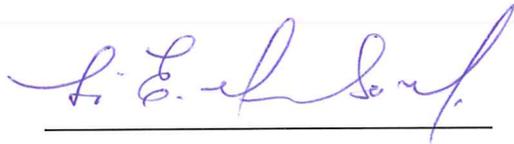
Luigi Salvatore  
Basantes Zambrano



---

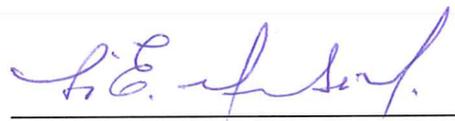
Juan José  
Crow Washbrum

## EVALUADORES



**Luis E. Mendoza, PhD.**

PROFESOR DE LA MATERIA



**Luis E. Mendoza, PhD.**

PROFESOR TUTOR

## RESUMEN

La ciudad de Guayaquil tiene una población de aproximadamente 3 millones de habitantes y está localizada en la región Costa del Ecuador, a 160 km de la zona de subducción de la placa de Nazca, lo cual ha causado una gran cantidad de sismos a lo largo de su historia. Cada año ocurren eventos que ocasionan pérdidas materiales y humanas y a su vez produciendo daños y colapso en viviendas construidas de manera informal. Debido a que un gran porcentaje de la población está asentada en áreas vulnerables a un evento sísmico se vio la necesidad de hacer un estudio de la vulnerabilidad sísmica en esas zonas. Se evaluaron parámetros relevantes, tales como: calidad de los materiales de construcción, sistemas estructurales y tipo de cimentación, susceptibilidad a licuación o deslizamientos de tierra, tipo de construcción y calidad del proceso de construcción, entre otros. Este proyecto consiste en crear un componente móvil y otro web, que soporte la recolección de la información de campo necesaria para calcular el índice de vulnerabilidad sísmica y automatice la generación de reportes de edificaciones de los sectores populares de la ciudad de Guayaquil. Para el diseño arquitectónico de estos componentes se utilizó el Modelo "4+1" propuesto por Kruchten [13], en el cual se muestran las diferentes vistas de la arquitectura del sistema y la metodología que se ha utilizado para el desarrollo de la solución es la metodología SCRUM. Como resultado se obtuvo que la solución implementada representa una gran ventaja en comparación al proceso que se llevaba a cabo manualmente para el análisis de vulnerabilidad sísmica ya que el sistema ayuda a reducir el tiempo de recolección de los datos de cada edificación y el tiempo de digitalización de dichos datos.

**Palabras Clave:** Vulnerabilidad sísmica, Licuación, Aplicación móvil, Aplicación web.

## **ABSTRACT**

*The city of Guayaquil has a population of approximately 3 million inhabitants and is located in the coastal region of Ecuador, 160 km from the subduction zone of the Nazca plate, which has caused a large number of earthquakes throughout its history. Every year events occur that cause material and human losses and in turn produce damage and collapse in houses built informally. Because a large percentage of the population is settled in areas vulnerable to a seismic event, it was necessary to study the seismic vulnerability in those areas. Relevant parameters were evaluated, such as: quality of construction materials, structural systems and type of foundation, susceptibility to liquefaction or landslides, type of construction and quality of the construction process, among others. This project consists of creating a mobile component and another web, which supports the collection of field information needed to calculate the seismic vulnerability index and automates the generation of reports of buildings in the popular sectors of the city of Guayaquil. For the architectural design of these components was used the Model "4+1" proposed by Kruchten [13], which shows the different views of the architecture of the system and the methodology that has been used for the development of the solution is the SCRUM methodology. As a result it was obtained that the implemented solution represents a great advantage in comparison to the process that was carried out manually for the analysis of seismic vulnerability since the system helps to reduce the time of collection of the data of each building and the time of digitalization of this data.*

*Keywords: Seismic vulnerability, Liquefaction, Mobile app, Web application.*

# ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i> .....	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.....	3
1.3.1    Vulnerabilidad Sísmica.....	3
1.3.2    Asistente Personal Digital .....	3
1.3.3    Computación Móvil.....	3
1.3.4    Android.....	4
1.3.5    iOS .....	4
1.3.6    Tecnología GPS.....	4
1.3.7    Aplicaciones Web.....	5
CAPÍTULO 2 .....	6
2.    Metodología .....	6
2.1    Recolección de datos.....	6
2.2    Fiabilidad de los datos .....	7
2.3    Análisis de los datos .....	8

2.4	Diseño del Sistema .....	9
2.4.1	Vista de escenarios .....	10
2.4.2	Vista Lógica.....	11
2.4.3	Vista de desarrollo.....	13
2.4.4	Vista de procesos.....	15
2.4.5	Vista física.....	17
2.5	Plan de implementación.....	17
CAPÍTULO 3.....		19
3.	Análisis de resultados .....	19
3.1	Desarrollo de sprints .....	19
3.1.1	Sprint 1 y 2: Aplicación Móvil .....	19
3.1.2	Sprint 3 y 4: Aplicación Web .....	19
3.2	Implementación de la solución.....	20
3.2.1	Prototipo de la aplicación móvil.....	20
3.2.2	Prototipo de la aplicación web.....	23
3.2.3	Tecnología utilizada .....	26
3.3	Resultados: antes y después.....	28
3.3.1	Usabilidad .....	28
3.3.2	Parámetros evaluados .....	29
3.4	Prototipo obtenido.....	31
3.5	Análisis de costos .....	32
CAPÍTULO 4.....		34
4.	Conclusiones y Recomendaciones .....	34
	Conclusiones .....	34
	Recomendaciones .....	35
BIBLIOGRAFÍA .....		36

## **ABREVIATURAS**

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
P&P	Pluma y Papel (Pen & Paper)
PDA	Asistente Digital Personal (Personal Digital Assistant)
WLAN	Red de área local inalámbrica (Wireless Local Area Network)
GPS	Sistema de Posicionamiento Global (Global Positioning System)
SO	Sistema Operativo
iOS	Sistema Operativo para Iphone (Iphone Operative System)
ER	Entidad Relación

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Ejemplo de una ficha de inspección de vivienda .....	7
Figura 2.2 Diagrama Entidad-Relación .....	12
Figura 2.3 Diagrama de componentes del sistema.....	14
Figura 2.4 Diagrama de actividades - sincronizar fichas.....	15
Figura 2.5 Diagrama de actividades - consultar vivienda.....	16
Figura 2.6 Diagrama de despliegue del sistema .....	17
Figura 3.1 Vistas de menú de la aplicación móvil (vista de menú principal y menú de fichas) .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3.2 Vista de creación de fichas de la aplicación móvil	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3.3 Vistas de consulta, edición y eliminación de fichas	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3.4 Vista de sincronización de fichas .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3.5 Vista principal de la aplicación web .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3.6 Vista de consulta de sectores .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura 3.7 Vista de información de sector escogido .....	24
Figura 3.8 Vista de Consultar Vivienda .....	25
Figura 3.9 Vista de Consultar Reportes .....	25
Figura 3.10 Ejemplo de vista de administración de entidades de la base de datos ...	26
Figura 3.11 Inspección de viviendas antes (izquierda) y después (derecha).....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Backlog de historias de usuario .....	10
Tabla 2.2 Sprints para la implementación de la solución .....	18
Tabla 3.1 Parámetros utilizados para el desarrollo del componente móvil .....	27
Tabla 3.2 Parámetros utilizados para el desarrollo del componente web .....	28
Tabla 3.3 Parámetros de evaluación .....	30
Tabla 3.4 Resultados de parámetros evaluados.....	30
Tabla 3.5 Costo mensual de uso de servicios de Microsoft Azure.....	33

# CAPÍTULO 1

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Descripción del problema

La ciudad de Guayaquil tiene una población de aproximadamente 3 millones de habitantes y está localizada en la región Costa del Ecuador, a 160 km de la zona de subducción de la placa de Nazca bajo la placa Sudamericana, lo cual ha causado una gran cantidad de sismos a lo largo de su historia.

Principalmente durante la estación lluviosa de la región, cada año ocurren eventos que ocasionan pérdidas materiales y humanas. Las lluvias generan filtración de agua en los suelos que causan una inestabilidad y producen daños en las viviendas y estructuras sobre los cerros y laderas. De manera similar, los sismos han producido daños y colapsos en viviendas construidas de manera informal en nuestra ciudad.

Como un gran porcentaje de la población de la ciudad está asentado en sectores populares, susceptibles a problemas como licuación y deslizamientos de suelos, es necesario un estudio de la vulnerabilidad sísmica en esas zonas. Para este fin, se deben evaluar parámetros relevantes, tales como: calidad de los materiales de construcción, sistemas estructurales y tipo de cimentación, susceptibilidad a licuación o deslizamientos de tierra, tipo de construcción y calidad del proceso de construcción, entre otros.

El manejo de los parámetros indicados anteriormente conlleva el tratamiento de muchos datos, los cuales, en la medida de que las áreas en estudio van creciendo, no pueden ser manejados de forma manual para la generación de índices de vulnerabilidad sísmica. Por ello, se requiere disponer de los datos de dichos parámetros en un sistema, de tal manera que los mismos se puedan

manejar y analizar para responder a las siguientes interrogantes:

- ¿Qué sectores populares son vulnerables a problemas como licuación y deslizamientos de suelos en caso de un sismo?
- ¿Cuál es la vulnerabilidad sísmica que se presenta en cada vivienda en los sectores populares escogidos?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo General**

Desarrollar un prototipo 100% funcional de un sistema, con un componente móvil y otro web, que soporte la recolección de información de campo y automatice la generación de reportes de índices de vulnerabilidad sísmica y tipos de edificaciones de los sectores populares de la ciudad de Guayaquil.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

- 1) Desarrollar una aplicación móvil que permita la digitalización de los datos a recogerse en el área específica de estudio.
- 2) Desarrollar un componente web de administración de usuarios para la base de datos del sistema.
- 3) Desarrollar un componente web que permita la visualización de los índices de vulnerabilidad basado en cálculos de métricas de los sectores escogidos, haciendo uso de recursos visuales como mapas y gráficos estadísticos.
- 4) Realizar las pruebas de software pertinentes para verificar el funcionamiento de todo el sistema.

## **1.3 Marco Teórico**

### **1.3.1 Vulnerabilidad Sísmica**

La vulnerabilidad sísmica de una construcción (casa, edificio), grupo de construcciones o de una zona urbana está definida como la predisposición intrínseca de sufrir algún tipo de daño en el caso de una ocurrencia de un movimiento sísmico [1]. La vulnerabilidad tiene relación directa con las características físicas y estructurales del diseño de la construcción.

### **1.3.2 Asistente Personal Digital**

Un Asistente Personal Digital (PDA, por las siglas en inglés de Personal Digital Assistant) es un dispositivo de pequeño tamaño que combina un ordenador, teléfono/fax, Internet y conexiones de red [2]. En la actualidad, el teléfono móvil se ha convertido en el PDA para cada miembro de nuestra sociedad. Los PDA tienen una gran ventaja sobre los métodos de recolección de datos basados en la Pluma y Papel (P&P); ventajas como la eficiencia, precisión, factibilidad y cumplimiento del protocolo [3]. Los PDA mostraron beneficios como la factibilidad de recolectar datos en grandes cantidades, lo cual no es tan factible con P&P, reducción en la cantidad de errores que se encuentran en los datos, y reducción considerable en el tiempo de recolección de datos y de manejo de datos [3]. Por lo tanto, todas estas ventajas nos llevan a la decisión de desarrollar un sistema que incluya una aplicación móvil para la recolección de datos en el campo.

### **1.3.3 Computación Móvil**

La computación móvil o *mobile computing* se refiere al uso de equipos o dispositivos que son transportables y que pueden tanto recibir como transmitir datos hacia otro dispositivo (no necesariamente móvil) por medio de tecnologías de transmisión móvil como Bluetooth, redes de área local inalámbrica (WLAN, por las siglas en inglés de Wireless Local Area Network), entre otras, por lo que no necesitan de un medio de transmisión

físico para este propósito [4]. La computación móvil está exclusivamente relacionada al uso de dispositivos móviles como teléfonos inteligentes o tabletas para realizar tareas comunes a las de la computación tradicional, así como también para realizar tareas exclusivas de estas plataformas como el uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por las siglas en inglés de Global Positioning System), acelerómetro y giroscopio, entre otras [5].

#### **1.3.4 Android**

Android es un Sistema Operativo (SO) para dispositivos móviles como los teléfonos inteligentes y las tablets desarrollado por Google y Open Handset Alliance [6]. Este SO está basado en un micro Kernel de Linux, el cual se encarga de administrar los recursos de hardware, la administración de la memoria y la creación de procesos, además de que cuenta con una capa de abstracción en la que se encuentra las librerías que permiten exponer las funcionalidades del hardware, así como la comunicación con el mismo [7].

#### **1.3.5 iOS**

iPhone OS (iOS) es un sistema operativo desarrollado por Apple Inc. exclusivamente para hardware y dispositivos propios de Apple tales como iPhone, iPod, iPad y Apple TV. iOS fue libreado en el año 2007, el mismo año en el que se lanzaron los iPhone, es de código privado o cerrado y está escrito en C, C++, Objective-C y Swift. Este sistema operativo está basado en Mac OS X, por lo que su arquitectura es similar a los sistemas operativos basados en Unix [18] [19].

#### **1.3.6 Tecnología GPS**

El Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por las siglas en inglés de Global Positioning System) es un sistema creado por el Departamento de

Defensa de Estados Unidos, el cual provee servicios de localización, detección de velocidad y hora en tiempo real, a través de una red de satélites en órbita que recogen y envían información a los usuarios [8].

Los dispositivos móviles, tales como teléfonos inteligentes y tablets, han adoptado esta tecnología con el propósito de ofrecer funcionalidades al usuario basadas en datos de geolocalización y posición en tiempo real. En los artículos [9] y [10] se ejemplifica el uso del GPS mediante los servicios basados en localización (Location Based Systems), los cuales recogen y muestran información que es relevante al usuario con respecto al entorno donde se encuentra en cada momento, permitiendo al usuario conocer, por ejemplo, qué es lo que está ocurriendo o qué lugares u objetos de interés existen a su alrededor.

### **1.3.7 Aplicaciones Web**

En el ámbito de la computación, se define como aplicación web a aquellas aplicaciones que los usuarios pueden acceder mediante un navegador web que se conecta con un servidor web [11]. Estas aplicaciones son codificadas utilizando lenguajes de programación que son soportados para diferentes tipos de navegadores web. Algunas de las ventajas de las aplicaciones web es que no generan una carga para el cliente, no dependen del sistema operativo del cliente y son de muy fácil acceso, ya que se encuentran conectadas a Internet y no es necesario ser instalado en cada uno de los usuarios a utilizar [11].

# CAPÍTULO 2

## 2. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de la solución del problema se adoptó el uso de la metodología ágil SCRUM, la cual está basada en modelos iterativos de desarrollo, de tal manera que se puedan realizar entregas y revisiones con el cliente a medida que el proyecto avanza [12]. Aplicando dicha metodología, se identificaron y analizaron los requerimientos necesarios para el desarrollo de la solución propuesta, para la cual se diseñó una arquitectura de software para satisfacer dichos requerimientos.

### 2.1 Recolección de datos

En el proceso de recolección de datos para el identificar los requerimientos de la solución del problema, se establecieron varias reuniones con el cliente para conocer los antecedentes del problema, el propósito de la solución al problema y la forma cómo el área de Ingeniería Civil realiza los procedimientos para identificar los problemas que existen en las estructuras de las viviendas; esto con el fin de identificar cuáles son los procesos involucrados en la solución del problema.

Adicional a esto, se mantuvieron reuniones con estudiantes y docentes de la carrera de Ingeniería Civil para conocer el formato de la ficha de inspección de viviendas y los aspectos que se evalúan en la misma (ver Figura 2.1). Finalmente, se realizaron varias visitas de prueba con dichos estudiantes para observar cómo se desarrollaba la inspección, de manera que se pudieran identificar procedimientos adicionales que no hubieran sido mencionados por el cliente.

The form is a detailed inspection checklist. It includes the following sections and fields:

- Header:** espol (Escuela Superior Politécnica del Litoral) and University of Colorado Boulder.
- Formal Fields:** Address (Calle Super 220), Date (19/05/20), Sector (Ejemplar), Building ID, Inspector (Freddy L. Pineda), Building age (30).
- 1. GENERAL INFORMATION:** Number of stories (1, 2, >2), Material (Steel, Concrete, Timber, Mixed), Type (Residential, Business, Emergency services, Public, Education, Other).
- 2. STRUCTURAL SYSTEM:** Type of resisting system (Frame structure, Flat slab + columns, Moment-resisting frame), Floor system (Solid, Slab), Spacing (Spaced, Continuous, Other), Spacing (Spaced, Continuous, Other), Spacing (Spaced, Continuous, Other).
- 3. IRREGULARITIES:** Height regularity, Without irregularities, Staircase offset system, Short columns, Core location (None, One side, >1 side), Building location (Open, Near, Walk on hill), Plan configuration (Rectangle shape, Non-parallel frames, L, T, and TT shape, N/A), Foundation (None, One side, Two sides, Three sides, Irregular alignment, Yes, No, It's), Openings (None, Less than 20%, 20%-40%, 40%-50%, 50%-60%, 60%-70%, 70%-80%, 80%-90%, 90%-100%), Minimum distance (Minimum distance < 40 cm, Windows and doors aligned).
- 4. CONSTRUCTION QUALITY:** Construction quality (As-is/Formal, Formal, N/A), Roofing system (Concrete slab, Light (steel structure), Light (wood structure)).

Figura 2.1 Ejemplo de una ficha de inspección de vivienda

Para establecer el mecanismo de análisis de vulnerabilidad sísmica, se mantuvieron varias reuniones con estudiantes de Ingeniería Civil de la ESPOL y la Universidad de Colorado Boulder, los cuales estaban encargados del desarrollo de las métricas para calcular los índices de vulnerabilidad sísmica. En dichas reuniones se socializó la composición de las métricas en base a la ficha de inspección, así como también se sugirieron cambios pertinentes a dichas métricas.

Finalmente, para definir las decisiones de diseño del sistema, se mantuvo una sesión con el personal encargado del Departamento de Tecnologías de la Municipalidad de Guayaquil para conocer la infraestructura de software que poseen. Esto debido a que, en reuniones previas con el cliente, se mencionó que esta Institución podría ser una de las principales interesadas del problema actual.

## 2.2 Fiabilidad de los datos

Los datos y requerimientos encontrados fueron analizados en varias reuniones

por nuestro cliente, Pedro Rojas, PhD., el cual es un docente de Ingeniería Civil, lo cual soporta la fiabilidad de los procedimientos de recolección de los datos para el desarrollo del proyecto, debido a que fueron validados directamente por el experto/cliente en el área del problema.

Adicionalmente, debido a que también se mantuvieron reuniones con otros docentes y estudiantes de la misma carrera, los datos fueron recogidos directamente de los usuarios finales de la solución propuesta.

### 2.3 Análisis de los datos

Tras recolectar los datos involucrados en la solución del problema y conocer las necesidades del cliente, se han identificado los siguientes requerimientos para el sistema:

- Soporte para ingresar datos de una ficha y almacenarlas localmente.
- Soporte para modificar datos de una ficha.
- Soporte para guardar los datos fichas de forma permanente en una base de datos.
- Soporte para varios usuarios con roles que administren la información de las fichas.
- Soporte para visualizar la información de una vivienda registrada en una ficha.
- Soporte para estimar el nivel de vulnerabilidad sísmica de una vivienda en particular.
- Soporte para estimar el nivel de vulnerabilidad sísmica de un sector que agrupa las viviendas inspeccionadas.

También se identificaron dos actores claves que hacen uso del sistema:

- **Inspector:** Es el encargado de recoger datos de variables previamente identificados de una vivienda e ingresarlos en una ficha. También se encarga de realizar modificaciones a las fichas que él mismo ha creado y de

ingresarlas a la base de datos.

- **Analista:** Es el encargado de visualizar y analizar los datos de las viviendas y sectores analizados. Además, generar los índices de vulnerabilidad sísmica de los mismos. También administra los datos de fichas que se han almacenado en la base de datos.

## 2.4 Diseño del Sistema

Como se indicó en los objetivos del capítulo anterior, la solución propuesta es un sistema compuesto por dos componentes: un componente de aplicación móvil y un componente de aplicación web.

En el componente móvil, se proveen los servicios necesarios para que los usuarios identificados como inspectores puedan utilizar sus dispositivos móviles como una interfaz de entrada de datos al sistema; es decir, para que puedan recolectar las mediciones de las variables identificadas durante las inspecciones y almacenarlas localmente, para posteriormente enviarlas a la base de datos del sistema.

En el componente web se proveen los servicios necesarios para que los usuarios identificados como analistas puedan visualizar los datos recolectados y puedan obtener información sobre los índices de vulnerabilidad, procesando dichos datos mediante modelos matemáticos previamente establecidos. Además de esto, este componente provee un módulo de administración para visualizar, editar y eliminar, los catálogos que permiten el manejo de la información estandarizada de las fichas.

Para el diseño arquitectónico de estos componentes se utilizó el Modelo “4+1” propuesto por Kruchten [13], en el cual se muestran las diferentes vistas de la arquitectura del sistema, las cuales se detallan a continuación.

## 2.4.1 Vista de escenarios

En esta vista se muestra todas las funcionalidades requeridas en base al análisis de los datos indicados con anterioridad. Ya que se escogió la metodología SCRUM como metodología de trabajo para el desarrollo de la solución propuesta, se decidió elaborar historias de usuario que especifican los escenarios por cada actor involucrado. En la Tabla 2.1 se muestra, a manera de resumen general, las 17 historias de usuario que conforman el backlog de la solución planteada. Aquí se pueden observar las funcionalidades requeridas para los dos actores que se identificaron en la sección anterior.

**Tabla 2.1 Backlog de historias de usuario**

ID	Actor			Funcionalidad	Motivo	
	Yo como	Inspector	quisiera		para	
IN-01	Yo como	Inspector	quisiera	ingresar datos en una ficha de vulnerabilidad de viviendas	para	registrar datos de variables de vulnerabilidad de una vivienda
IN-02	Yo como	Inspector	quisiera	tomar fotos de una vivienda analizada	para	adjuntarlas como evidencias a la ficha de vulnerabilidad
IN-03	Yo como	Inspector	quisiera	ingresar anotaciones adicionales en la ficha de vulnerabilidad	para	adjuntar observaciones y notas de una vivienda
IN-04	Yo como	Inspector	quisiera	visualizar los reportes que he realizado	para	verificar los datos ingresados en cada encuesta
IN-05	Yo como	Inspector	quisiera	modificar los reportes que he realizado	para	corregir datos que se han ingresado erróneamente o actualizar campos de variables
IN-06	Yo como	Inspector	quisiera	recibir actualizaciones de la ficha	para	realizar inspecciones con nuevas variables y parámetros que se hubieran definido
IN-07	Yo como	Inspector	quisiera	eliminar reportes que he realizado	para	descartar reportes que no sean de utilidad para el análisis
AN-01	Yo como	Analista	quisiera	verificar las zonas que se han analizado en un mapa	para	reconocer las zonas que son más vulnerables de manera visual
AN-02	Yo como	Analista	quisiera	visualizar la información general de una zona analizada	para	reconocer aspectos básicos de dicha zona como localización geográfica, elevación, etc.
AN-03	Yo como	Analista	quisiera	determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica media de viviendas de una zona analizada	para	conocer cuán vulnerable es dicha zona en general

AN-04	Yo como	Analista	quisiera	visualizar de forma general las viviendas de una zona que se han analizado en un mapa	para	determinar el número de viviendas analizadas y cuáles viviendas fueron analizadas en esa zona
AN-05	Yo como	Analista	quisiera	visualizar la información general de una vivienda en particular de una zona analizada	para	conocer los aspectos básicos de la estructura de la vivienda (como material de construcción, calidad de materiales, etc.)
AN-06	Yo como	Analista	quisiera	determinar el nivel de vulnerabilidad sísmica de una vivienda en particular de una zona analizada	para	conocer cuán vulnerable es dicha vivienda.
AN-07	Yo como	Analista	quisiera	visualizar los reportes de cada inspector	para	revisar la información contenida en cada encuesta
AN-08	Yo como	Analista	quisiera	modificar los reportes de cada inspector	para	actualizar o corregir datos de campos de una encuesta específica
AN-09	Yo como	Analista	quisiera	agregar o modificar variables y modelos matemáticos de la ficha	para	realizar ajustes a los parámetros de medición de la ficha
AN-10	Yo como	Analista	quisiera	eliminar reportes realizados	para	descartar información innecesaria del análisis

## 2.4.2 Vista Lógica

En esta vista se muestran los aspectos funcionales del sistema, así como los elementos que componen su estructura. Debido a que la solución propuesta está fuertemente ligada a los datos que se ingresan, además de que su funcionalidad principal recae en la gestión y procesamiento de datos de variables, se decidió elaborar en primera instancia el Diagrama de Entidad-Relación (ER) del sistema (ver Figura 2.2), el cual permite establecer la forma en que los datos son estructurados.

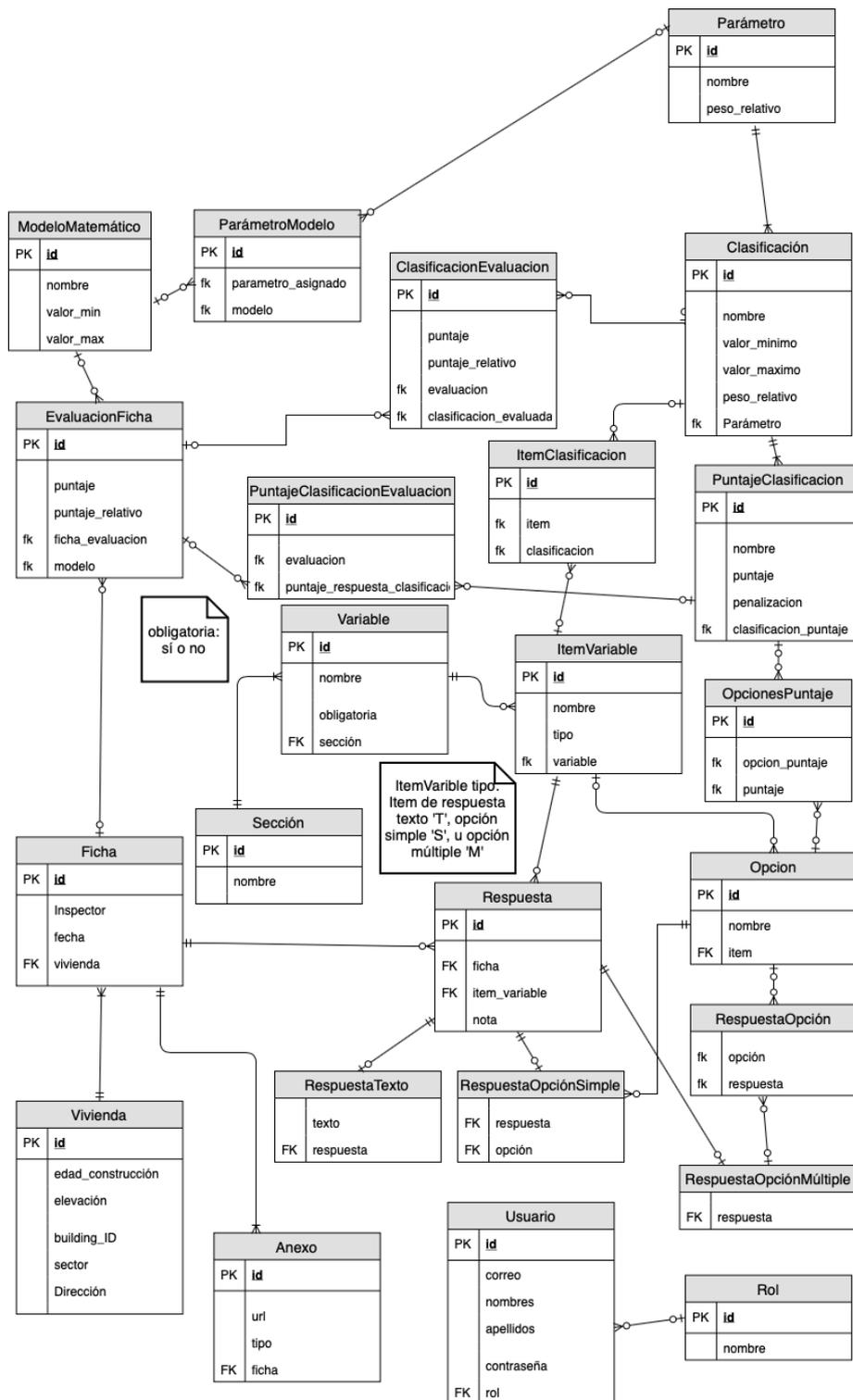


Figura 2.2 Diagrama Entidad-Relación

En el diagrama de la Figura 2.2 se han designado algunas entidades que se asemejan a la estructura de la ficha con el cual se realizan las inspecciones, como es el caso de las entidades **Ficha**, **Sección**, **Ítem**,

**Respuesta, Opción y Anexo**; esto con el fin de categorizar los datos y permitir que el sistema sea escalable; es decir, que pueda seguir soportando la gestión de datos a medida que se realizan cambios en los componentes de dicho documento.

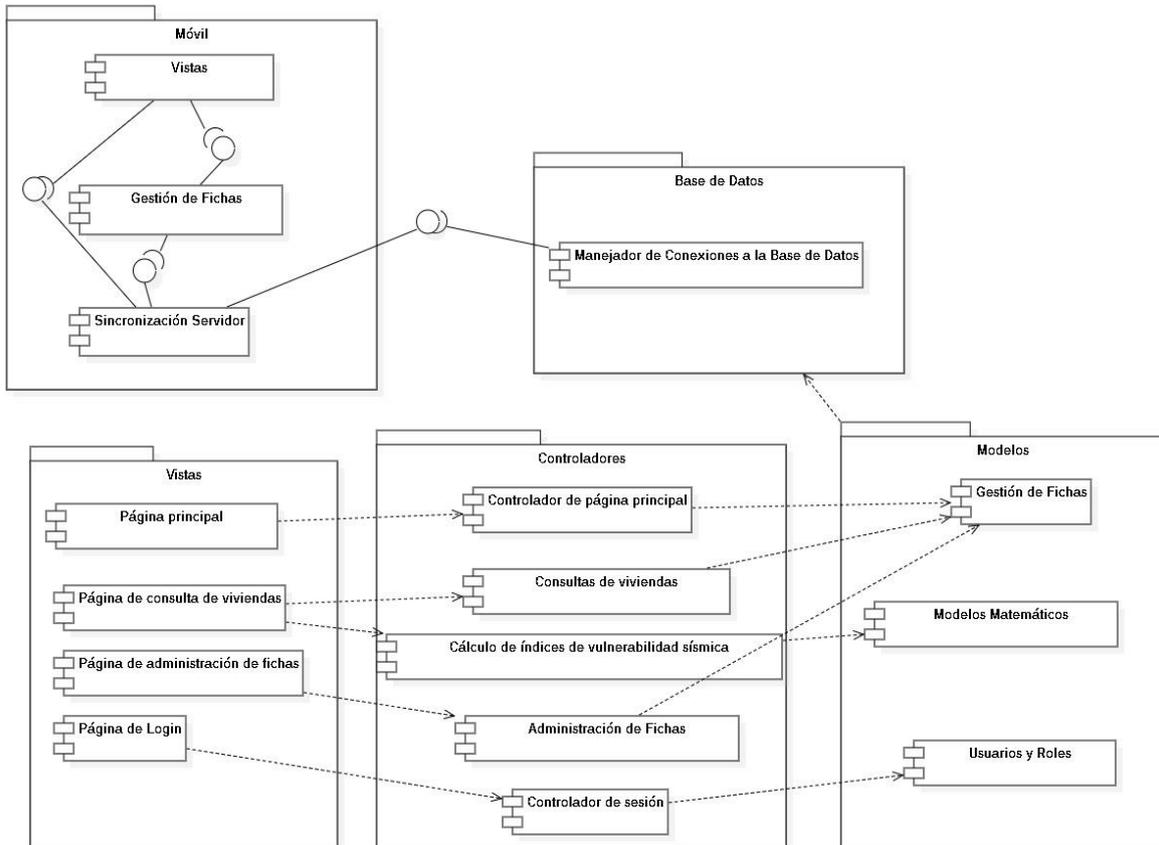
Así mismo, se han designado las entidades correspondientes para generar los modelos matemáticos que permitan realizar el cálculo de índices de vulnerabilidad, como es el caso de las entidades **Parámetro, Modelo Matemático, Categoría** y sus derivaciones.

### 2.4.3 Vista de desarrollo

En esta vista se muestra la relación que existe entre los subsistemas o componentes en un nivel alto de abstracción. Todos los componentes a su vez han sido catalogados en varios paquetes, ya que algunos de ellos tienen diferente objetivo o funcionalidad general dentro del sistema, pero algunos de ellos se relacionan entre sí debido al ámbito en el que actúan. Tal como se puede observar en la Figura 2.3, los componentes de la aplicación móvil han sido agrupados en un solo paquete en donde las clases han sido asociadas en 3 componentes: el componente **Vista**, en las cuales están las clases que trabajan sobre los componentes de Interfaz de Usuario de la aplicación; el componente **Gestión de Fichas**, en donde existen clases que administran la información de la estructura del formulario de la ficha, así como también la información de los registros de fichas y; el componente **Sincronización Servidor**, donde las clases gestionan las conexiones entre el servidor de la aplicación web así como los datos que se envían a través de dicha conexión.

Para el desarrollo del componente web del sistema, el patrón de diseño escogido fue Modelo – Vista – Controlador, debido a que este patrón nos permite separar la lógica del negocio del comportamiento y de la interfaz sistema, lo cual beneficia la escalabilidad al separar la aplicación en varias

capas; por lo cual se puede observar cómo los componentes han sido agrupados en varios paquetes en función a la capa en que actúan.



**Figura 2.3 Diagrama de componentes del sistema**

En los componentes de la aplicación móvil se puede observar que el componente **Gestión de fichas** se comunica por medio de una interfaz al componente **Sincronización Servidor**, el cual a su vez se comunica con el componente **Manejador de Conexiones a la Base de Datos** del servidor Web. En los componentes de la aplicación web se observa que existe una dependencia por capas; es decir, los componentes de la capa **Vistas** son dependientes de los componentes de la capa **Controladores**, los cuales a su vez dependen de los componentes que conforman la capa **Modelos**.

## 2.4.4 Vista de procesos

En la vista de procesos se describen los procesos o actividades del sistema que involucran aspectos de concurrencia y control de flujo de datos. Se identificaron dos actividades claves del sistema en las cuales ocurren tareas concurrentes, tal como se muestra en las Figuras 2.4 y 2.5.

En la actividad Sincronización de fichas (ver Figura 2.4) se puede observar que existe una acción de sincronización de datos de fichas con el servidor, la cual puede tomar una gran cantidad de tiempo; por lo que se decidió realizar una acción concurrente para mostrar mensajes a la interfaz de usuario, de manera que el usuario conozca lo que está sucediendo y así evitar que considere que el sistema no está respondiendo.

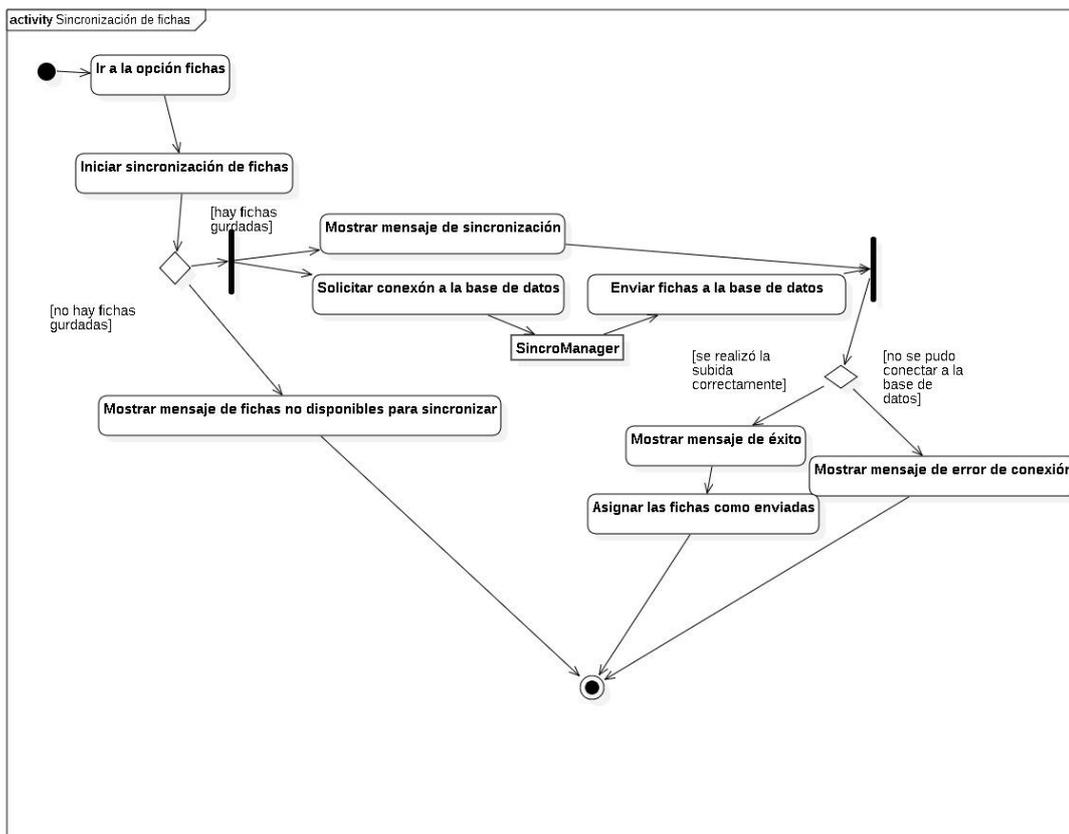
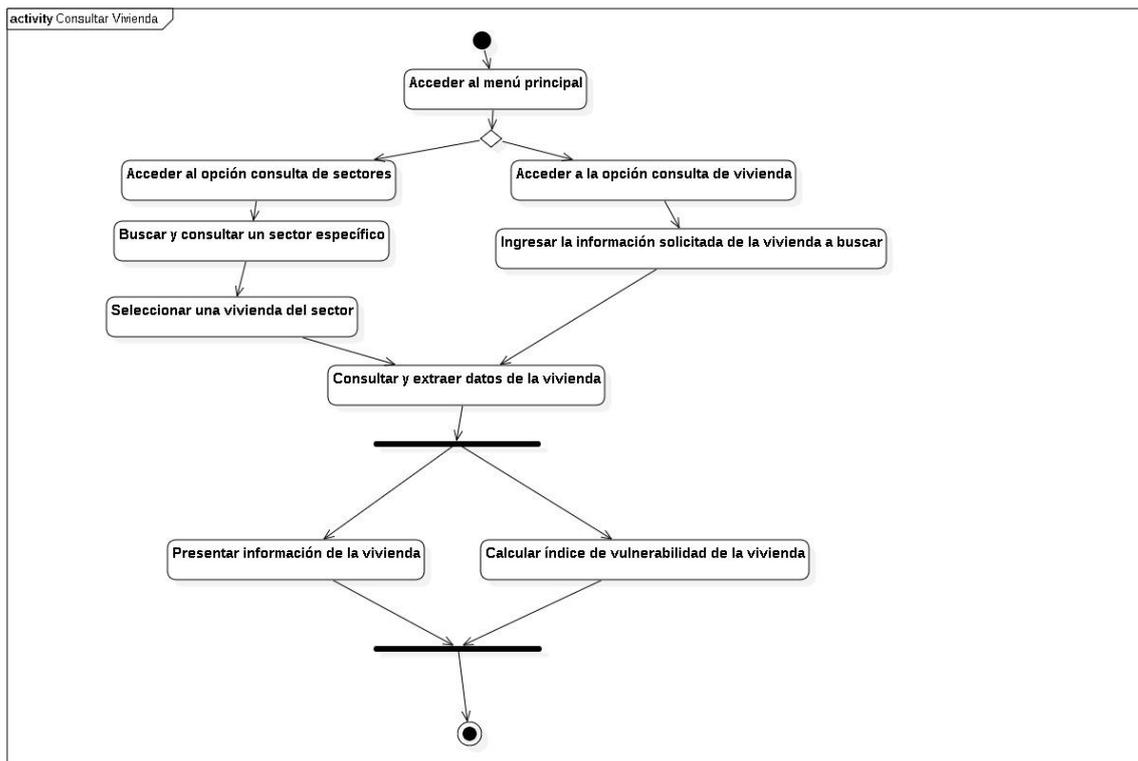


Figura 2.4 Diagrama de actividades - sincronizar fichas

En la actividad Consultar Vivienda (ver Figura 2.5) existen dos acciones que presentan datos importantes a la hora de consultar información sobre las viviendas, esto es Presentar información de la vivienda y Calcular los índices de vulnerabilidad de la vivienda. Debido a que estas acciones requieren consultas a la base de datos y devolver los resultados a interfaz gráfica, se decidió diseñarlas como acciones concurrentes, de manera que el usuario no tenga que esperar demasiado tiempo para visualizar alguno de los dos tipos de información de una vivienda. Existen otras actividades similares de consulta que siguen el mismo patrón, pero con una cantidad de datos consultados distintos (por ejemplo, existen consultas de viviendas por sector).



**Figura 2.5 Diagrama de actividades - consultar vivienda**

## 2.4.5 Vista física

En esta vista se muestran los componentes de hardware y software que forman parte del sistema. En la Figura 2.7, se puede observar que tanto el componente web como el servidor de base de datos han sido desplegados en servicios de computación de la nube. Esto se decidió debido a que se está siguiendo el estándar de la infraestructura de software de la Municipalidad de Guayaquil, en el cual todos los servicios, aplicaciones y bases de datos son desplegados de forma automática en servicios de Cloud Computing.

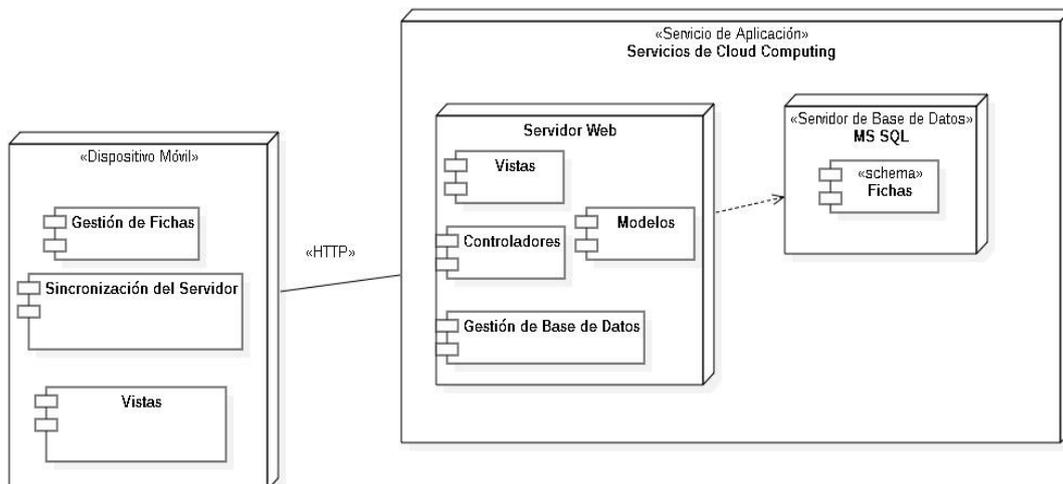


Figura 2.6 Diagrama de despliegue del sistema

## 2.5 Plan de implementación

Una vez que se ha diseñado la arquitectura del sistema, se procede a desarrollar los procedimientos para implementar dicha solución. Como ya se mencionó anteriormente, la metodología que se ha utilizado para el desarrollo de la solución es la metodología SCRUM, por lo cual se han elaborado historias de usuario. Estas están categorizadas en base a los actores identificados para el sistema y han sido agrupadas en varios sprints o iteraciones, de manera que al final de cada sprint se pueda entregar un producto relevante y estable del sistema.

Debido a que el desarrollo de esta solución fue realizado en paralelo a una investigación de vulnerabilidad sísmica en viviendas, llevada a cabo por estudiantes de Ingeniería Civil, se decidió desarrollar los sprints en función al nivel de urgencia de dicha investigación.

**Tabla 2.2 Sprints para la implementación de la solución**

No. de Sprint	Tiempo de desarrollo del Sprint	Alcance	Historias de Usuario a Implementar	Entregables
1	24/6/2019 al 8/7/2019	CRUD y almacenamiento de fichas en aplicación móvil.	IN – 01 IN – 02 IN – 03 IN – 04 IN – 05 IN – 07	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulo de fichas de aplicación móvil.</li> </ul>
2	8/7/2019 al 22/7/2019	Sincronización de fichas con el servidor de base de datos.	IN – 06 AN - 07	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulo de sincronización de la aplicación móvil.</li> <li>• Servidor de base de datos.</li> </ul>
3	22/7/2019 al 5/8/2019	Vistas de consultas de la aplicación web y cálculo de índices de vulnerabilidad.	AN – 01 AN – 02 AN – 03 AN – 04 AN – 05 AN – 06	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulo de consultas de viviendas de la aplicación web.</li> <li>• Módulo de cálculo de índices de vulnerabilidad sísmica de la aplicación web.</li> </ul>
4	5/8/2019 al 19/8/2019	Administración de fichas almacenadas en la base de datos.	AN – 08 AN – 09 AN – 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulo de administración y autenticación del servidor de base de datos.</li> </ul>

Tal como se puede observar en la Tabla 2.2, los primeros sprints corresponden al desarrollo del componente móvil. Esto debido a que este componente era necesario para la recolección y digitalización de datos por parte del equipo de investigación de ingeniería civil. Luego de las iteraciones del componente móvil, se procedió a realizar las iteraciones del componente web, debido a que en esta instancia ya existían los datos y la información requerida para realizar las pruebas pertinentes de los cálculos de índices de vulnerabilidad sísmica.

# CAPÍTULO 3

## 3. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 3.1 Desarrollo de sprints

#### 3.1.1 Sprint 1 y 2: Aplicación Móvil

Durante el sprint 1 y 2 se realizaron las historias de usuario del backlog de cada sprint, las cuales estaban orientadas al actor **Inspector**. El producto principal resultante de estos dos sprints fue la aplicación móvil para los inspectores, la cual posee las siguientes funcionalidades:

- Creación de fichas de inspección con geoposicionamiento (GPS).
- Carga de imágenes para los anexos de la ficha.
- Guardado de fichas finalizadas y por completar.
- Edición de fichas.
- Borrado de fichas.
- Sincronización de fichas al servidor.
- Actualización de versiones de ficha.

Adicional a esto, debido a las funcionalidades que se mencionaron anteriormente, se realizó una implementación parcial de la aplicación web, esto es, la implementación de la base de datos y de los servicios web que gestionan la sincronización de las fichas, con el fin de cumplir los criterios de aceptación de las historias de usuarios de estos sprints.

#### 3.1.2 Sprint 3 y 4: Aplicación Web

Durante el sprint 3 y 4 se realizaron las historias de usuario del backlog de cada sprint, las cuales estaban orientadas al actor **Analista**. En estos sprints se realizaron modificaciones al diseño lógico de la base de datos de la aplicación web, debido a que se añadieron historias de usuario en las que se requería el soporte para realizar modificaciones al modelo matemático de vulnerabilidad sísmica.

El producto resultante de estos sprints fue la aplicación web para los analistas, la cual provee las siguientes funcionalidades:

- Consulta de información estadística de sectores.
- Cálculo de vulnerabilidad sísmica promedio de sectores.
- Consulta de información de viviendas por sector.
- Consulta de información de una vivienda específica.
- Cálculo de vulnerabilidad sísmica de viviendas.
- Consulta de reportes por filtros.
- Gestión de reportes.
- Modificación de estructura y de variables de la ficha.
- Creación y modificación de modelos matemáticos de vulnerabilidad sísmica.

## **3.2 Implementación de la solución**

### **3.2.1 Prototipo de la aplicación móvil**

En la implementación del prototipo de la aplicación móvil se desarrollaron dos vistas de menú: un menú con opciones para acceder a la sección de fichas y a la sincronización de fichas con el servidor web y, otro menú para acceder a las opciones de creación y gestión de fichas, tal como se muestra en la Figura 3.1.

En la vista de menú de fichas existen 4 opciones correspondientes a la gestión de fichas, esto es, creación, edición, consulta y eliminación de fichas. En la vista de creación de fichas, la cual se visualiza en la Figura 3.2, la visualización de la ficha se divide en varias ventanas, las cuales corresponden a las distintas secciones existentes en la ficha y varían de acuerdo con la cantidad de estas. Así mismo, en esta vista existe una ventana donde se pueden adjuntar imágenes como anexo a la ficha, las cuales pueden ser elegidas desde la galería del dispositivo o ser tomadas en el instante por el inspector.

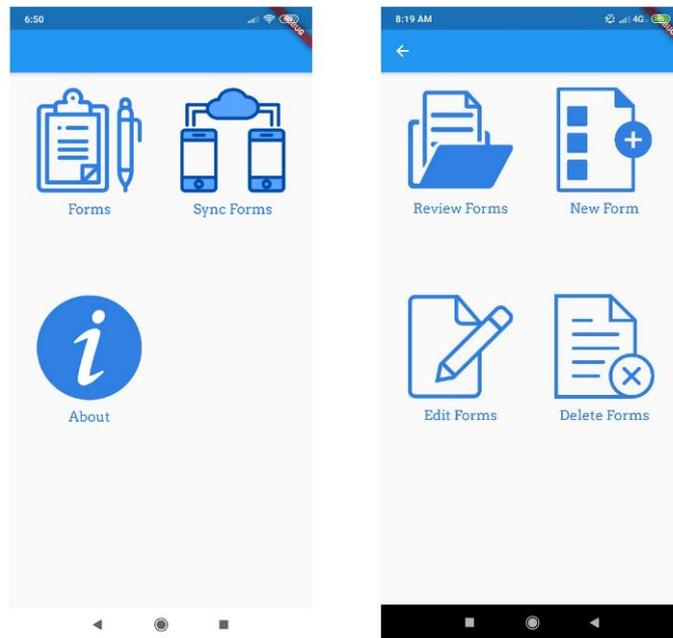


Figura 3.1 Vistas de menú de la aplicación móvil (vista de menú principal y menú de fichas)

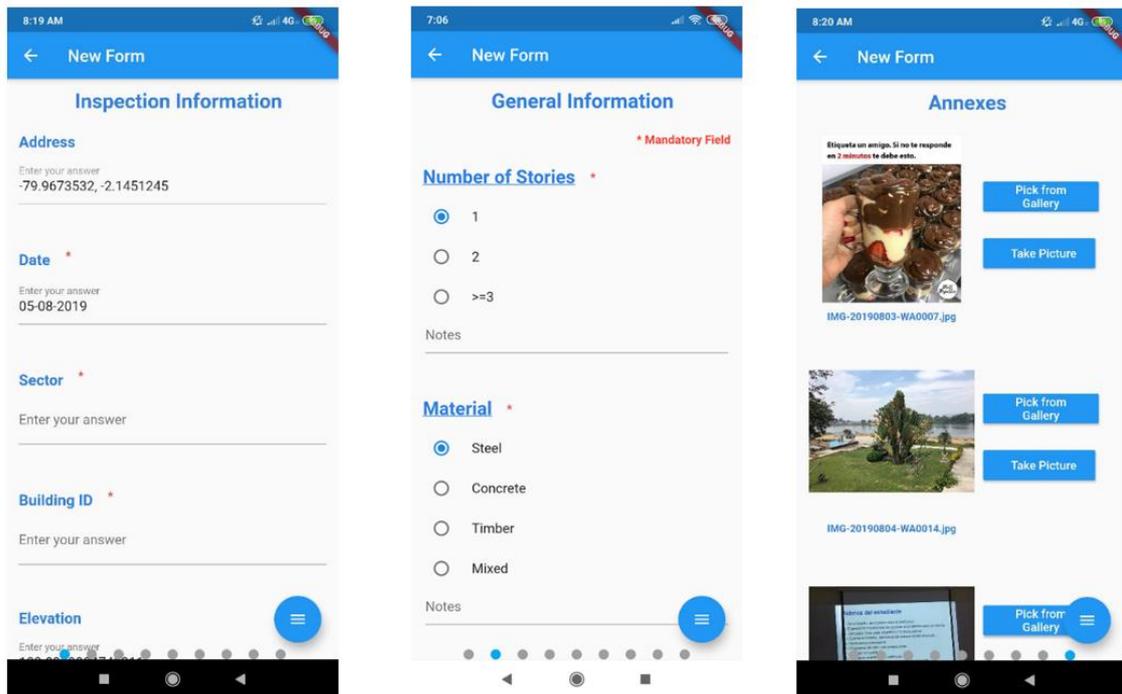
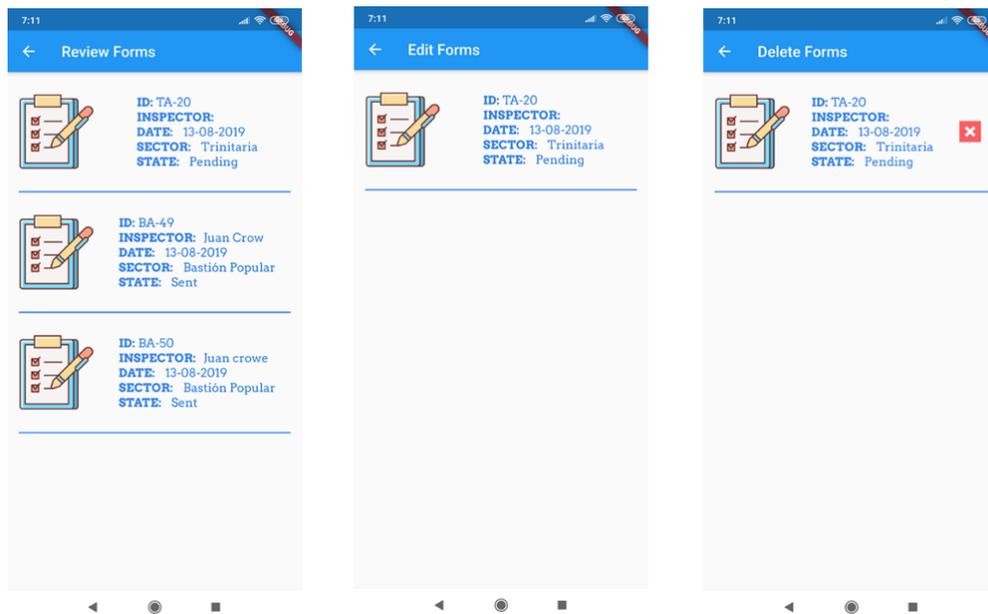


Figura 3.2 Vista de creación de fichas de la aplicación móvil

En las vistas de edición, consulta y eliminación de fichas se muestra un listado de las fichas que han sido creadas en la aplicación (ver Figura 3.3), permitiendo realizar acciones de gestión sobre ellas con base a las restricciones de cada vista.



**Figura 3.3 Vistas de consulta, edición y eliminación de fichas**

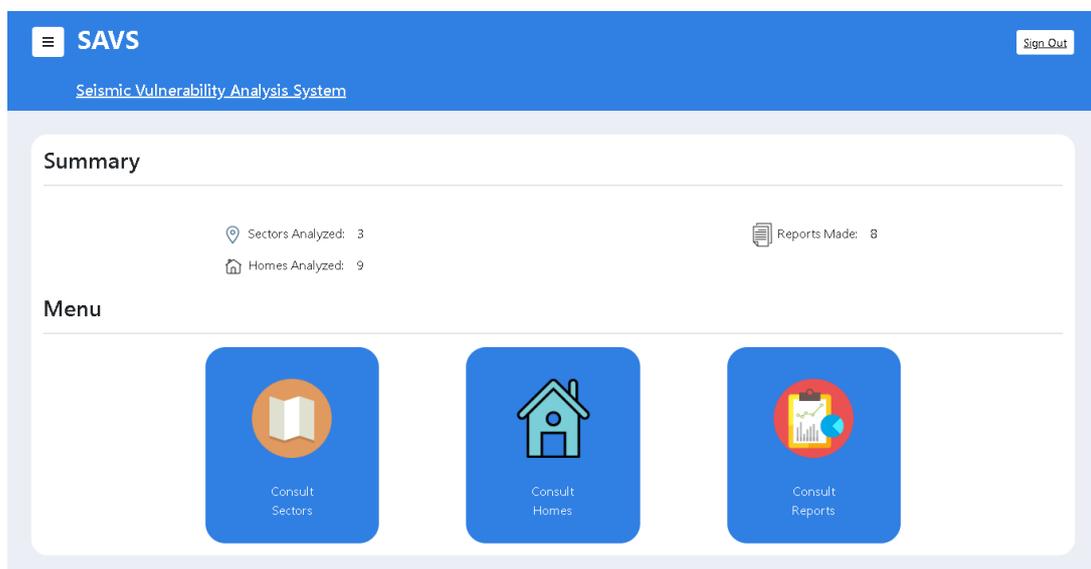


**Figura 3.4 Vista de sincronización de fichas**

Finalmente, en la vista de sincronización de la Figura 3.4 existe un único botón para realizar el proceso de envío de fichas al servidor, con el propósito de minimizar las acciones que el usuario tiene que realizar en el proceso.

### 3.2.2 Prototipo de la aplicación web

En la implementación del prototipo de la aplicación web, se diseñó una vista principal que se divide en dos secciones (ver Figura 3.5): la sección *Resumen*, en la cual se muestra un resumen estadístico relacionado a la cantidad de fichas que existen en la base de datos de la aplicación web y, la sección *Menú*, en la cual se encuentran las opciones Consultar Sectores, Consultar Vivienda y Consultar Reportes.



**Figura 3.5 Vista principal de la aplicación web**

En la vista de Consultar Sectores (ver Figura 3.6), se pueden visualizar la información de un sector seleccionado de un conjunto de sectores establecidos por las fichas. En esta vista se muestra información estadística sobre los datos de variables de fichas relacionadas a dicho sector (ver Figura 3.7); además, se muestran todas las viviendas registradas en dicho

sector.

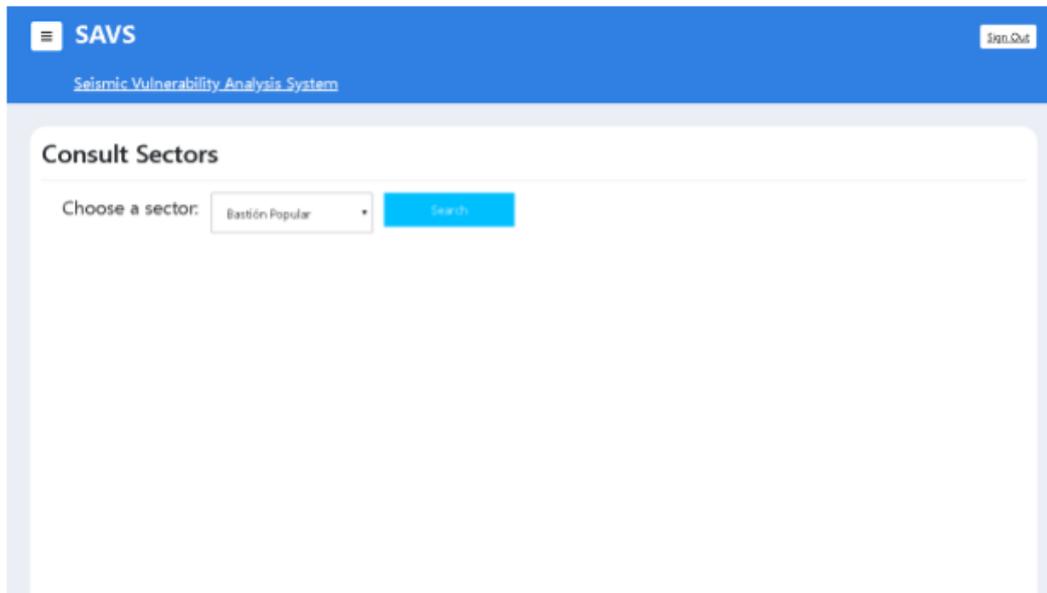


Figura 3.6 Vista de consulta de sectores

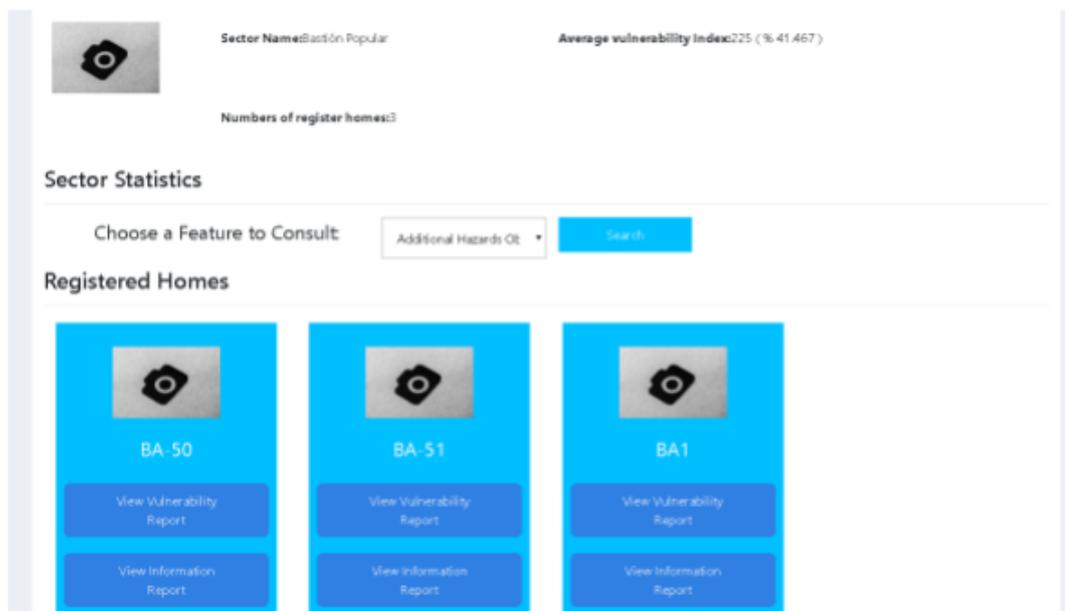


Figura 3.7 Vista de información de sector escogido

En la vista de Consultar Vivienda (ver Figura 3.8), se puede revisar tanto la información general como el análisis de vulnerabilidad sísmica de una

vivienda registrada en una ficha dado un sector y una manzana específica.

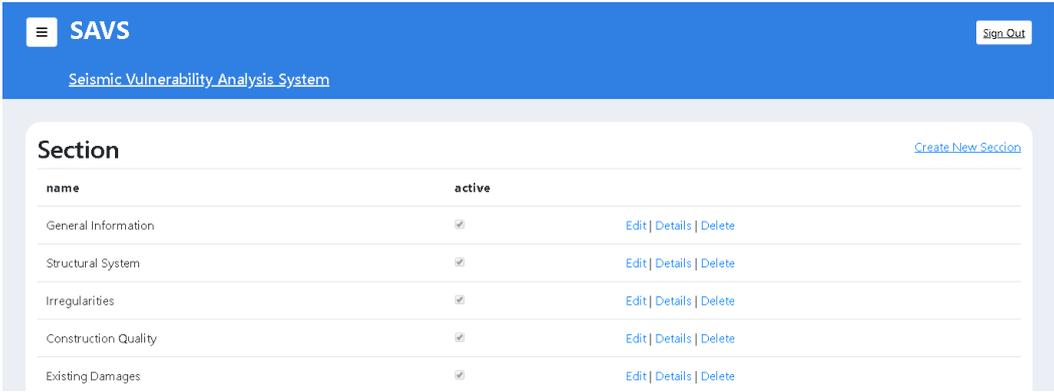
**Figura 3.8 Vista de Consultar Vivienda**

En la vista Consultar Reportes (ver Figura 3.9), se pueden visualizar las fichas que se han registrado en la base de datos del sistema, permitiendo realizar acciones de administración sobre ellas; además permite la consulta de fichas mediante parámetros previamente especificados.

Report ID	Home ID	Sector	Inspector	Actions
11	BA-51	Bastión Popular	Juan crowe	
12	BA1	Bastión Popular	William Loja	
13	S2	sur	p	
18	TA50	Trinitaria	Jhonny Walker	
19	TA51	Trinitaria	Jhonny Walker	
20	TA001	Trinitaria	Jose Rojas	
21	TA002	Trinitaria	Emma Reuter	
22	TA150	Trinitaria	Juan Crow	

**Figura 3.9 Vista de Consultar Reportes**

Finalmente, existen varias vistas con estructura similar en donde se realiza la administración de las entidades de la base de datos de la ficha, esto con el fin de poder realizar modificaciones a la estructura del modelo de la ficha y del modelo matemático de análisis de vulnerabilidad sísmica. En la Figura 3.10 se puede visualizar un ejemplo de estas vistas de la entidad *Secciones*.



Section		<a href="#">Create New Section</a>
name	active	
General Information	<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Details</a>   <a href="#">Delete</a>
Structural System	<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Details</a>   <a href="#">Delete</a>
Irregularities	<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Details</a>   <a href="#">Delete</a>
Construction Quality	<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Details</a>   <a href="#">Delete</a>
Existing Damages	<input checked="" type="checkbox"/>	<a href="#">Edit</a>   <a href="#">Details</a>   <a href="#">Delete</a>

**Figura 3.10** Ejemplo de vista de administración de entidades de la base de datos

### 3.2.3 Tecnología utilizada

Para la implementación del componente móvil del sistema, en principio se había decidido desarrollar la aplicación para la plataforma iOS, el cual es el sistema operativo utilizado por los dispositivos móviles iPhone y iPad, puesto que, durante el desarrollo de la investigación de vulnerabilidad sísmica efectuada por los estudiantes de Ingeniería Civil de ESPOL, la gran mayoría de los inspectores portaban dichos dispositivos durante la investigación. Adicional a esto, se decidió implementar dentro de la aplicación móvil una base de datos SQLite para la gestión de datos de fichas generadas en el dispositivo móvil.

Durante la implementación de este componente, se encontraron varias limitaciones de desarrollo, tales como:

- Ausencia de algunas librerías de elementos de interfaz gráfica.
- Ausencia de frameworks de SQLite con mapeo objeto-relacional (ORM)

en inglés) que soporten de relaciones de uno a muchos o muchos a muchos entre entidades.

- Implementación compleja para consultas SQL, debido a la arquitectura de los frameworks de SQLite.

Debido a que estas limitaciones requerían un mayor esfuerzo y tiempo de desarrollo, se decidió migrar la implementación a otro framework de desarrollo móvil conocido como **Flutter** [14], el cual tiene como ventaja el funcionamiento multiplataforma; es decir, que el código fuente puede ser ejecutado en los sistemas operativos Android y iOS. Además, posee un repositorio de librerías (plugins), tanto de interfaz gráfica como de frameworks de bases de datos, que permiten agilizar el desarrollo sin necesidad de implementar ciertas funcionalidades requeridas.

El desarrollo de esta aplicación se hizo bajo los parámetros especificados en la Tabla 3.1, en donde se puede denotar que las versiones mínimas de soporte de sistema son establecidas por el framework en el que se desarrolló la aplicación.

**Tabla 3.1 Parámetros utilizados para el desarrollo del componente móvil**

<b>Parámetro</b>	<b>Elección</b>
Lenguaje	Dart 2.4.0
Framework	Flutter 1.7.8
Entorno de desarrollo integrado	Android Studio utilizando Flutter plugin
Versión de sistema operativo mínima soportada	iOS 8 y Android 5.0

Para el desarrollo de la aplicación web se eligió la plataforma ASP.NET y el sistema de gestión de base de datos utilizado fue Microsoft SQL [15]. Ambos alojados en un servidor virtual en Microsoft Azure Services [16], el cual es un servicio de computación en la nube (cloud computing) que permite alojar aplicaciones web en la plataforma escogida. Los parámetros para la aplicación web están indicados en la Tabla 3.2.

**Tabla 3.2 Parámetros utilizados para el desarrollo del componente web**

<b>Parámetro</b>	<b>Elección</b>
Lenguaje	C#
Framework de desarrollo	ASP.NET MVC 5
Entorno de desarrollo integrado	Visual Studio 2017
Sistema de Gestión de Base de Datos	Microsoft SQL Server

### **3.3 Resultados: antes y después**

#### **3.3.1 Usabilidad**

Como resultado del presente proyecto, se desarrolló un sistema que se compone de dos aplicaciones, las cuales fueron especificadas en la Sección 3.2 de este documento, para el análisis de vulnerabilidad sísmica de sectores de la ciudad de Guayaquil. Con el fin de determinar el nivel de usabilidad (es decir, el nivel de facilidad con la que el usuario puede usar el sistema, además del nivel de utilidad, se realizaron varias pruebas con los estudiantes de Ingeniería Civil de ESPOL, utilizando los parámetros de evaluación definidos en la sección 3.3.2.

Como resultado de estas pruebas, se encontró que el sistema reduce de manera considerable el número de acciones que un usuario debe realizar en algunos procesos de recolección de datos en la inspección de viviendas, además de que el sistema restringe al usuario a realizar las acciones necesarias para dicho proceso, lo cual elimina en mayor parte el error humano que se pueda introducir. En la Figura 3.11 se puede ver un ejemplo de la diferencia entre la inspección manual y la inspección por aplicación móvil.

espol Escuela Superior Politécnica del Litoral  
 University of Colorado Boulder

Address: Chilo Susco #20  
 Date: 19 Jun  
 Sector: Residencial  
 Building ID: 71  
 Inspector: Prof. Juan Erazo  
 Building age: 70/80s

1. GENERAL INFORMATION  
 Number of stories: 1  2  3   
 Material: Steel  Concrete  Timber  Mixed   
 \*Use: Residential  Business  Emergency services  Public Education  Other

2. STRUCTURAL SYSTEM  
 Type of framing system: Frame structure  Flat slab + columns  Frame structure with masonry  Masonry structure without framing system   
 Footing: Isolated  Continuous  Other   
 Span Length L: Less than 5 m  More than 5 m  N/A

3. IRREGULARITIES  
 \*Height regularity: Without irregularities  Stories with different widths  Soft story  Short Column   
 Cantilever: None  One side  >1 side  Top   
 Building location: Slope  Plain  Plain on hill   
 \*Pounding: None  One side  Two sides  Three sides  Interstory alignment: Yes  No   
 \*Openings: Percent by area: <25%  25%-<50%  >50%  N/A   
 Unint. presence: Yes  No  N/A   
 Minimum distance < 40 cm   
 Windows and doors aligned

4. CONSTRUCTION QUALITY  
 Construction quality: Non-Formal  Formal  N/A   
 Roofing system: Concrete slab  Light (steel structure)  Light (wood structure)   
 Old Construction Light  
 Check Pounding?

Vulnerabilidad Sísmica en Sectores Populares asentados en los Cerros y en el Sur (Comunas) de Guayaquil  
 Form for seismic vulnerability evaluation

GENERAL ESTRUCTURAL IRREGULARIDADES  
 13:00

**Sistema Estructural**  
**Estructura**

Estructura de marco  
 Losa plana + columnas  
 Otro  
 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nam gravida venenatis accumsan. In mi massa, tempus

110/120

**Pie**

Aislada  
 Combinado  
 Continuo  
 N/A  
 Otro  
 Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nam gravida venenatis accumsan. In mi massa, tempus

110/120

Figura 3.11 Inspección de viviendas antes (izquierda) y después (derecha)

Además de lo mencionado anteriormente, el uso del sistema presenta una mejora en la precisión y en el tiempo de cálculo de los índices de vulnerabilidad sísmica, ya que estos procesos son manejados automáticamente por el mismo sistema, con la posibilidad de realizar modificaciones o mejoras si fuera el caso.

### 3.3.2 Parámetros evaluados

Para las pruebas mencionadas en la sección anterior, se definieron algunos parámetros con el fin de evaluar y comparar algunos aspectos entre el proceso manual y por sistema del análisis de vulnerabilidad sísmica, los cuales se pueden observar en la Tabla 3.3.

**Tabla 3.3 Parámetros de evaluación**

Parámetro	Descripción	Medición
Tiempo de llenado	Tiempo en que toma el inspector en llenar una ficha	Tiempo en Minutos
Tiempo de digitalización	Tiempo que toma en traspasar los datos de la ficha a un formato digital.	Tiempo en Minutos.
Persistencia de los datos	Grado en que los datos permanezcan almacenados sin sufrir alteraciones ni ser eliminados.	Escenarios de prueba.
Validez	Grado en que se pueda identificar si los datos ingresados son correctos.	Escenarios de prueba.
Exactitud y Precisión	Grado cercanía del cálculo de los índices de vulnerabilidad al valor real.	Conjunto de pruebas de datos.
Tiempo de cálculo de métrica o modelo matemático	Tiempo en que se toma generar un resultado respecto al modelo matemático seleccionado con la información de una ficha previamente llenada.	Tiempo en minutos

Los resultados de la evaluación de los parámetros mencionados anteriormente se pueden observar en la Tabla 3.4, en la cual se muestra los resultados de cada parámetro y las observaciones hechas durante la evaluación.

**Tabla 3.4 Resultados de parámetros evaluados**

Parámetro		Resultado	Observaciones
Tiempo de llenado	Manual	30 - 45 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los anexos de la ficha deben ser gestionados por el mismo inspector y son tomados aparte.</li> <li>Es menos visible para el inspector revisar cuáles campos son obligatorios.</li> <li>Mayor tiempo para buscar una ficha a corregir, pero menor tiempo en corregir.</li> </ul>
	Por sistema	10 - 20 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los anexos pueden ser tomados de la misma aplicación y se gestionan automáticamente por la misma.</li> <li>Facilidad para visualizar campos obligatorios.</li> </ul>
Tiempo de digitalización	Manual	10 - 20 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Hay que establecer y acordar un formato previo para digitalizar las fichas en hojas de cálculo.</li> <li>Posible digitalización repetida en fichas.</li> <li>Posibilidad de pérdida de información en digitalización por fallo humano.</li> </ul>
	Por sistema	2 - 5 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las fichas son digitalizadas automáticamente por la aplicación.</li> <li>Pueden existir fallos al enviar las fichas al servidor, estos son manejados automáticamente por la aplicación y notificados al usuario.</li> </ul>
Persistencia de	Manual	No aplica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Probabilidad alta de pérdida de fichas.</li> </ul>

los datos			<ul style="list-style-type: none"> <li>Inconsistencias en almacenamiento de fichas (campos únicos pueden repetirse).</li> </ul>
	Por sistema	No aplica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Las fichas son gestionadas automáticamente por la aplicación.</li> <li>Es necesario hacer respaldos de la información si se presentan problemas en la base de datos o aplicación web.</li> </ul>
Validez	Manual	No aplica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requiere una gran cantidad de tiempo verificar que todos los campos obligatorios estén llenos.</li> <li>Por error humano, pueden existir opciones elegidas excedentes en respuestas de variables con respuestas únicas.</li> </ul>
	Por sistema		<ul style="list-style-type: none"> <li>Se controla que todos los campos obligatorios estén llenos (no se permite que se finaliza el proceso de llenado de ficha si no se cumple lo mencionado anteriormente).</li> <li>Restringe al usuario a seleccionar una sola opción como respuesta en variables con respuestas únicas.</li> </ul>
Tiempo de cálculo de métrica o modelo matemático (por ficha)	Manual	10 – 30 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>El tiempo de cálculo depende de la experticia del analista.</li> </ul>
	Por sistema	0.1 – 0.5 minutos	<ul style="list-style-type: none"> <li>El cálculo es realizado automáticamente mediante un modelo matemático previamente creado en el sistema.</li> <li>Para el enfoque actual, el Sistema también permite calcular el índice promedio de vulnerabilidad en un sector específico.</li> </ul>
Exactitud y Precisión	Manual	No aplica	<ul style="list-style-type: none"> <li>Posibilidad de introducir error humano durante el cálculo de la métrica, lo cual disminuye el grado de exactitud de los resultados.</li> </ul>
	Por sistema		<ul style="list-style-type: none"> <li>Debido a las características de la plataforma donde se implementó el Sistema, el resultado de la métrica es redondeado a 3 decimales, y en algunos valores, el resultado se redondea a valores enteros.</li> </ul>

### 3.4 Prototipo obtenido

Como se indicó anteriormente, el prototipo desarrollado consta de dos aplicaciones. La aplicación móvil soporta la creación y gestión de fichas de inspección de vulnerabilidad sísmica, permitiendo el envío de fichas a un servidor de base de datos para el almacenamiento y persistencia de los datos de cada ficha realizada por cada inspector. Además de esto, la aplicación cuenta con otras características como geolocalización de fichas y actualización automática de campos de la ficha, lo cual permite que la aplicación pueda evolucionar y adaptarse a futuros cambios en la recolección de datos del problema, en este caso el análisis de vulnerabilidad sísmica.

De la misma manera, se desarrolló un componente web para el sistema propuesto como solución, en el cual se presenta tanto de manera resumida como de manera detallada la información que ha sido almacenada en el servidor de base de datos del sistema, la cual es producto del proceso de recolección de datos de los inspectores. Esta aplicación posee un módulo de cálculo matemático basado en parámetros con pesos que permite generar utilizando la información recolectada y almacenada como datos de entrada. Para el presente trabajo, se utilizaron los datos recolectados de las fichas para generar índices de vulnerabilidad sísmica de cada vivienda inspeccionada. Sin embargo, debido a limitaciones de información presentes en el desarrollo de la solución, dichos resultados no muestran alguna interpretación específica, por lo cual las conclusiones de dichos resultados están sujetos al usuario de esta aplicación web. Además, esta aplicación web cuenta con una administración de usuarios y de los datos, tanto del modelo de las fichas como del cálculo matemático, lo cual permite redefinir el análisis de los problemas a criterio del usuario.

Las pruebas que se realizaron en el sistema desarrollado para verificar su funcionamiento reflejaron que representa una gran ventaja en comparación al proceso que se llevaba a cabo manualmente para el análisis de vulnerabilidad sísmica, puesto que el sistema ofrece prestaciones adicionales a las que se pueden hacer manualmente, además de que la probabilidad de error en el sistema en los procesos es considerablemente menor debido a que provee las limitaciones necesarias para evitar que el usuario realice acciones más allá de lo solicitado en dichos procesos. Por otra parte, debido a limitaciones de tiempo, no se pudieron digitalizar todos los datos de las fichas recolectados por los estudiantes de Ingeniería Civil de ESPOC durante su investigación, por lo tanto, todas las pruebas realizadas en el sistema se basaron en un muestreo de sus fichas, las cuales fueron seleccionadas aleatoriamente.

### **3.5 Análisis de costos**

Para el desarrollo de la aplicación móvil del sistema se utilizaron herramientas de

software libre, las cuales no tienen ningún costo por su uso. Para el alojamiento de la aplicación web y la base de datos en los servicios de Microsoft Azure, en la Tabla 3.5 se detalla el costo mensual en dólares por el uso de los servicios necesarios para el funcionamiento de la aplicación web, los cuales fueron consultados en la página de cálculo de costos de Azure [17].

**Tabla 3.5 Costo mensual de uso de servicios de Microsoft Azure**

<b>Servicio</b>	<b>Descripción del servicio</b>	<b>Costo</b>
Instancia de aplicación web	Instancia de aplicación con máquina virtual de un solo núcleo, 1.75 GB de memoria RAM y 10 GB de almacenamiento (soporte para almacenar 2500 fotos de anexo).	\$54,75
Alojamiento de la base de datos en un servidor MSQL	Servidor de base de datos con 250 GB de almacenamiento.	\$14,72
<b>Total por mes</b>		<b>\$ 69,47</b>

# CAPÍTULO 4

## 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

En la actualidad existen problemas sociales como la vulnerabilidad sísmica de viviendas, cuyo análisis requiere la ejecución de procesos de recolección, digitalización y procesamiento de datos para poder encontrar posibles soluciones. Dichos requerimientos demandan una gran cantidad de tiempo, recursos humanos y recursos económicos, los cuales suponen un obstáculo para la resolución de dichos problemas, además de que se requiere minimizar el error inmerso en cada proceso. Como resultado del presente trabajo se desarrolló un prototipo 100% funcional de un sistema que automatiza cada uno de los procesos inmersos en el análisis de los datos de los problemas.

La metodología utilizada en el desarrollo de la solución permitió identificar todos los requerimientos inmersos en cada proceso que realiza cada actor involucrado, así como también permitió obtener un producto que es escalable, es decir, que se puede adaptar si ocurren cambios en la estructura de la ficha, sin tener que modificar la implementación de este. En el ámbito de la tecnología utilizada, la plataforma escogida para el desarrollo móvil permitió disminuir el tiempo desarrollo de la solución gracias a su soporte multiplataforma, mientras que la plataforma escogida para el desarrollo web supuso inicialmente un desafío debido a que presentó problemas al implementar el modelo lógico de la solución planteada.

El desarrollo de este trabajo supone una iniciativa para las Entidades Públicas en el análisis de riesgos y problemas de vulnerabilidad por medio de sistemas de automatización del manejo de la información. El sistema desarrollado provee todas las herramientas necesarias para realizar cada proceso que engloba el análisis de vulnerabilidad. No obstante, el diseño del sistema permite que a futuro éste pueda extenderse para dar soporte a otras áreas en las cuales se requiera de procedimientos similares de análisis de datos, y se adapte a las condiciones que cada problema a

resolver conlleva en cada ámbito.

## **Recomendaciones**

Se podrían realizar modificaciones al sistema implementado para soportar el análisis de respuestas de texto, haciendo uso de herramientas de inteligencia artificial y análisis de sentimientos, con el fin de agregar algún valor, positivo o negativo, que permita complementar el cálculo de índices de vulnerabilidad sísmica.

En caso de que se requiera analizar problemas en los que se necesiten más de una encuesta o ficha, se puede extender las funcionalidades del sistema para que el usuario inspector pueda escoger que tipo de ficha desea llenar.

Para tener un nivel alto de certeza en las pruebas de usabilidad, se recomienda el ingreso de todos los datos de fichas recogidos durante la investigación que se realizó en conjunto con los estudiantes de Ingeniería Civil de ESPOL y el cliente, con el fin de verificar el rendimiento del sistema en ambiente de producción.

Se recomienda que, en caso de ser posible y para ahorrar costos de mantenimiento en la nube, se integre este sistema a un servidor propio que sea gestionado por la institución que adquiera esta solución.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Alex H. BARBAT. (2004). EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y DEL RIESGO SÍSMICO EN ZONAS URBANAS. APLICACIÓN A BARCELONA. Universidad Politécnica de Cataluña Barcelona España: Congreso Nacional de Sismología e Engenharia Sísmica.
- [2] MasAdelante.com. (s.f.-a). ¿Qué es un PDA? - Definición y explicación del término PDA. Recuperado 2 junio, 2019, de <https://www.masadelante.com/faqs/que-es-un-pda>
- [3] O. Dale, K. B. Hagen (2007). Despite technical problems personal digital assistants outperform pen and paper when collecting patient diary data. *Journal of clinical epidemiology*, 60(1), 8-17.
- [4] J. Jhonson, N. Twilley, T. Zhang, Z. Zhou y W. Suijun. (1996). [Online]. Disponible en: [https://www.academia.edu/17307730/Mobile\\_Computing](https://www.academia.edu/17307730/Mobile_Computing).
- [5] A. Silberschatz, "Introduction" en *Operating System Concepts*, 9na ed. New Jersey: Wiley, 2012, pp. 36-37.
- [6] M. Nosrati, R. Karimi, H. A. Hasanvand, "Mobile Computing: Principles, Devices and Operating Systems," *W. Applied Programming*, vol. 2, no. 7, pp. 399-408, Jul. 2012.
- [7] Arquitectura de la plataforma Android [Online]. Disponible en: <https://developer.android.com/guide/platform>
- [8] E. Kaplan, C. Hegarty, "Introduction" en *Understanding GPS: principles and applications*. Artech house, 2da ed. Norwood, MA: Artech House, 2005, pp. 1-4.
- [9] J. Whipple et al, "A Public Safety Application of GPS-Enabled Smartphones and the Android Operating System," en *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, 2009. © IEEE. doi: 10.1109/ICSMC.2009.5346390
- [10] K. Petrova y B. Wang, "Location-based services deployment and demand: a roadmap model," *E. Commerce Research* vol. 11, no. 1, pp. 5-29, Jan. 2011.
- [11] Ecured.cu. (2019). Aplicación web - EcuRed. [Online] Available at: [https://www.ecured.cu/Aplicaci%C3%B3n\\_web](https://www.ecured.cu/Aplicaci%C3%B3n_web) [Accessed 3 Jun. 2019].

- [12] J. Sing, "U-SCRUM: An agile methodology for promoting usability," en Agile 2008 Conference, 2008. doi: 10.1109/Agile.2008.33
- [13] P.Kruchten, "The 4+ 1 view model of architecture," IEEE software vol. 12, no. 6, pp. 42-50, 1995.
- [14] Flutter [Online]. Disponible en: <https://flutter.dev/>
- [15] SQL Server 2019 [Online]. Disponible en: <https://www.microsoft.com/es-es/sql-server/sql-server-2019>
- [16] Microsoft Azure App Services [Online]. Disponible en: <https://azure.microsoft.com/es-es/services/app-service/>
- [17] Microsoft Azure Price Calculator [Online]. Disponible en: <https://azure.microsoft.com/es-es/pricing/calculator/>
- [18] (2019, Agosto 26). What is iOS [Online]. Disponible en <https://www.cbronline.com/what-is/what-is-ios-4899783/>
- [19] iOS [Online]. Disponible en <https://www.techopedia.com/definition/25206/ios>