

**ARQUITECTURA SOFTWARE PARA EL DESARROLLO DE LA CONCIENCIA
SÍSMICA CIUDADANA**

DANIEL JOSÉ VILLAMIZAR BOHÓRQUEZ

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA**

2017

**ARQUITECTURA SOFTWARE PARA EL DESARROLLO DE LA CONCIENCIA
SÍSMICA CIUDADANA**

DANIEL JOSÉ VILLAMIZAR BOHÓRQUEZ

Proyecto de grado para optar al título de Ingeniero de Sistemas

DIRECTOR:

CARLOS JAIME BARRIOS HERNANDEZ

CODIRECTOR:

GABRIEL RODRIGO PEDRAZA FERREIRA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA**

2017

AGRADECIMIENTOS

A los profesores Carlos Jaime Barrios, mi director de proyecto, y Gabriel Rodrigo Pedraza, mi codirector, por su dedicación y paciencia conmigo.

DEDICATORIA

A mi madre, a Laura, que sin su ayuda este proyecto no hubiera podido completarse.
A los de siempre: ¡lo logramos compañeros!

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	12
1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2. OBJETIVOS	18
2.1 OBJETIVO GENERAL	18
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
3. JUSTIFICACIÓN	19
4.MARCO TEÓRICO	23
SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA	26
DIAGRAMAS UML	28
5.ANTECEDENTES	30
6.METODOLOGÍA	33
7.DESARROLLO METODOLÓGICO	34
7.AJUSTES	58
8. RECOMENDACIONES	59
9.RESULTADOS	60
10. CONCLUSIONES	61
BIBLIOGRAFÍA	62

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Distribución de las placas en la corteza terrestre. 2017	24
Ilustración 2. Flujo de un sistema de alerta temprana para sismos .2017	27
Ilustración 3.Diagrama de Casos de uso de la arquitectura. 2017	36
Ilustración 4.Diagrama de componentes.2017	43
Ilustración 5.Clasificación requerimientos no funcionales.2017	46
Ilustración 6. Clasificación grado de daños, EMS98. 2017	49
Ilustración 7.Diagrama físico del prototipo.2017	51
Ilustración 8. Tabla marcadores de la base de datos - Primera versión .2017	52
Ilustración 9.Página principal - index.html.2017	53
Ilustración 10.Página clasificación grados de daño - ems98.html.2017	54
Ilustración 11.Antes de implementar la librería MarkerClusterer.2017	55
Ilustración 12.Después de implementar la librería MarkerClusterer.2017	56
Ilustración 13.Base de datos de la versión 3.0. 2017	57
Ilustración 14.Ventana de información de marcador de prueba con fotografía de la vivienda. 2017	57

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.Etapas del sismo.	35
Tabla 3. Simular sismo	37
Tabla 4. Visualizar información educativa.	38
Tabla 5. Crear inventario sísmico.	38
Tabla 6.Crear inventario post-sismo.	39
Tabla 7. Recibir alerta por sismo.	39
Tabla 8. Desplegar inventario sísmico.	39
Tabla 9.Desplegar mapas de zonas de evacuación.	40
Tabla 10.Desplegar inventario de daños.	40
Tabla 11.Analizar registro de sismos.	41
Tabla 12.Detectar y ubicar personas.	41
Tabla 13.Creador de inventarios.	43
Tabla 14.Simulador de sismo.	43
Tabla 15.Emisor de alerta.	44
Tabla 16.Visualizador de mapas.	44
Tabla 17.Receptor de información sismográfica.	44
Tabla 18.Gestión de información educativa.	44
Tabla 19.Registro de sismo.	45
Tabla 20.Gestor de información sísmica.	45

RESUMEN

TÍTULO: ARQUITECTURA SOFTWARE PARA EL DESARROLLO DE LA CONCIENCIA SÍSMICA CIUDADANA*

AUTOR: DANIEL JOSÉ VILLAMIZAR BOHÓRQUEZ**

PALABRAS CLAVES: Arquitectura Software, Conciencia Sísmica, Terremotos.

DESCRIPCIÓN:

De acuerdo con estudios de amenaza sísmica realizados a nivel nacional por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica –AIS–, cerca del 40% de los colombianos se encuentra en zonas de amenaza sísmica alta y 47% de la población del país está ubicada en zonas de amenaza sísmica intermedia, es decir, el 87% de la población colombiana se encuentra bajo un nivel de riesgo sísmico considerable.

El presente trabajo de grado propone el diseño de una arquitectura software de base para promover la conciencia sísmica ciudadana, la arquitectura está diseñada para prestar servicios a entes gubernamentales o tomadores de decisiones, socorristas y ciudadanos, con el fin de contribuir a la disminución de pérdidas humanas y materiales en cada de uno de los tres momentos que se identificaron en un sismo: antes, durante y después. El proyecto se llevó a cabo en cuatro fases: identificación de los requerimientos y necesidades de la arquitectura, diseño y especificación, implementación y evaluación de la misma y por último ajustes a la arquitectura con base a los hallazgos realizados en la implementación; con sus respectivas recomendaciones para trabajos a futuro sobre el tema.

Como resultados se logró el diseño de los componentes y sus relaciones que se plasmaron en el diagrama UML de componentes, donde se incluyó como eje central el componente denominado Gestión de Información Sísmica que tiene como objetivo principal el centralizar todas las operaciones y módulos del sistema.

Además, el prototipo realizado confirmó que las relaciones existentes entre los módulos utilizados y su diseño fue el correcto, lo cual permitiría conjeturar que los demás componentes de la arquitectura se encuentren correctamente diseñados.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas. Escuela de Sistemas. Director, Carlos Jaime Barrios Hernandez, Codirector, Gabriel Rodrigo Pedraza Ferreira.

ABSTRACT

TITLE: SOFTWARE ARCHITECTURE FOR THE DEVELOPMENT OF THE CITIZEN SEISMIC AWARENESS*

AUTHOR: DANIEL JOSE VILLAMIZAR BOHORQUEZ**

KEYWORDS: Earthquakes, Seismic awareness, Software architecture.

DESCRIPTION:

According to some seismic hazard studies carried out at a national level by the Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica-AIS- about 40% of the Colombian people are living in zones of high seismic threat and 47% of the population of the country are located in zones of intermediate seismic threat meaning that 87% of the Colombian population are living under a considerable level of seismic threat.

This thesis proposes the design of a basic software architecture to promote citizen seismic awareness, the architecture is designed to provide services to the government or decision maker, first responders and citizens so that it can contribute to the reduction of human and material loss in each the 3 stages of an earthquake: before, during and after. This thesis was carried through 4 phases: requirement and necessity identification for the architecture, specification and design, implementation and test of the architecture and finally, adjustments to the architecture based on the discoveries found in the implementation phase with its corresponding recommendations for future works in the same topic.

As results, the design of the components and their interrelationships captured in the UML Component Diagram was fully accomplished where it was included as the main axis the component named Seismic Information Management which has the objective of centralize all system operations and modules.

Moreover, the prototype made probed that the relations between modules used and their design was correct which would allow to conjecture that the other components of the architecture are designed in a correct way.

* Bachelor thesis

** Faculty of Engineering. System Engineering Department. Director, Carlos Jaime Barrios Hernandez, Codirector, Gabriel Rodrigo Pedraza Ferreira.

INTRODUCCIÓN

¿Por qué la comunidad del departamento de Santander está desinformada acerca del riesgo sísmico que los rodea? En primer lugar, se evidencia la falta de interés por parte de la ciudadanía en conocer el riesgo sísmico que se presenta en el día a día. Ocurren sismos cada tanto, sin embargo, su intensidad muy rara vez sobrepasa la barrera de los 5 Mv en la escala de Richter creando así una falsa seguridad en el sentido de que es muy poco probable que tiemble más fuerte. Por otro lado, se puede apreciar una falla de las autoridades por no tomar acciones preventivas con más cobertura o énfasis: La cantidad de simulacros puede que no sea suficiente, las zonas donde se realizan no son siempre las más vulnerables y la divulgación para una participación masiva no es la adecuada. Y, por último, puede que la ciudadanía esté acostumbrada al hecho de que siempre tiembla en la ciudad por la falla geológica en la que se encuentra: es muy normal escuchar la palabra sismo ente los ciudadanos y es muy normal sentirlos.

Así pues, el trabajo que queda es plantear una solución adecuada que beneficie a la ciudadanía y a los gobernantes y que tenga como principal objetivo concientizar y sensibilizar y ayudar a la toma de decisiones. Para esto, primero hay que observar las consecuencias catastróficas en los sismos ocurridos en los últimos años, como el que sufrió Japón en el año 2011, ocurrió en la Costa del Pacífico en la región de Tōhoku y tuvo una magnitud de 9,0 en la escala de Richter, el grado y extensión del daño causado por el terremoto fue enorme, con la mayor parte del daño producido por el tsunami que se produjo a causa del movimiento, se estima, además, que los costos del daño alcanzaron la cifra de los diez billones de dólares.

Por fortuna para los ciudadanos de todo el territorio nipón el sistema de alerta temprana de sismos y maremotos tuvo suficiente tiempo transmitir la información dado que el movimiento telúrico ocurrió unos 100 kilómetros más adentro, le tomó

aproximadamente 8 segundos para que todo el país conociera del terremoto a punto de ocurrir.

Por otra parte, recientemente en México se presentaron tres grandes sismos en menos de un mes: el primero ocurrió el 7 de septiembre con epicentro en el golfo de Tehuantepec y una magnitud de 8.2 y a una profundidad de 19 kilómetros en donde los sensores sísmicos del Sistema de Alerta Sísmica Mexicano detectaron el movimiento telúrico a las 23:49:54 horas (hora de la Ciudad de México) y emitieron alertas tempranas a las ciudades de Oaxaca (13 segundos antes), Puebla (63), Chilpancingo (66), Acapulco (70), Ciudad de México (96), Colima (181) y Guadalajara (191).²⁵ La señal se difundió a través de los altavoces públicos del Programa Ciudad Segura en la capital mexicana y en los medios de comunicación. El segundo, sacudió el centro y sur de México, el día 19 septiembre con una magnitud Mw de 7.1. Su epicentro se localizó 12 kilómetros al sureste de Axochiapan, en el estado de Morelos y muy cerca de la frontera de este estado con el estado de Puebla. Según el último balance oficial el número de víctimas ascendió a 324. Y el tercero de 6.1 grados Richter se registró a las 7:52 horas del sábado 23 de septiembre con epicentro a 7 Kilómetros al oeste de Unión Hidalgo, Oaxaca.

En estos casos, los dos países contaron con sistemas de alerta temprana que permitieron la rápida difusión de información dando como resultado un número de víctimas mucho menor al que se hubiera presentado si dicha alerta no se hubiera emitido. Es por esto que hoy en día es necesario integrar la tecnología y sus avances con los métodos tradicionales para, en este caso, prever desastres. La última meta es diseñar, elaborar y poner en funcionamiento un sistema que cubra las tres etapas de un desastre natural: el antes, donde se integrarían métodos de evaluación de riesgo de las zonas de la ciudad, el durante, donde actuarían dichos sistemas de alerta temprana, y por último, el después, en el cual se buscarían métodos eficientes de rescate, ubicación de personas y evaluación estructural.

Ahora bien, en el caso de los municipios del área metropolitana en donde se encuentra una de las fallas sísmicas más activas del mundo y en donde aproximadamente la mitad de los sismos que ocurren en el país tienen como epicentro dicha falla, en el municipio de la Mesa de los Santos. Se genera una incertidumbre constante en los ciudadanos sobre cuándo va a ocurrir un terremoto de gran magnitud, y si se está preparado para afrontarlo en términos de saber cómo actuar o incluso si existen mecanismos para mitigar la pérdida de vidas humanas.

Así pues, el presente trabajo de grado propone el uso de las tecnologías TIC para la promoción de la conciencia sísmica en los ciudadanos, definida por la Real Academia española (RAE) como la capacidad de reconocimiento de la realidad circundante y la forma en cómo se debe afrontar los cambios que se presenten en ella, mediante diseño de una arquitectura software de base. Esta arquitectura está diseñada para prestar servicios a entes gubernamentales, socorristas y ciudadanos, con el fin de contribuir a la disminución de pérdidas humanas y materiales en cada uno de los tres momentos de un sismo (antes, durante y después).

El siguiente documento está estructurado de la siguiente manera. Se encuentra el planteamiento del problema en donde se cuestiona y discute la situación actual por la cual se formuló la propuesta, seguido de la justificación que pretende mostrar el cómo, el para qué y el por qué se llevó a cabo la ejecución de la propuesta, en tercer lugar encontrará la formulación del objetivo general y los objetivos específicos seguido del marco teórico en donde se hace una revisión teórica de los conceptos a trabajar en el desarrollo de la propuesta, luego, se encuentra el proceso metodológico en donde se expresa el desarrollo de las cuatro fases (Identificación, Diseño, Implementación de la arquitectura y Ajustes a la arquitectura) también se agrega recomendaciones, resultados y las conclusiones, para finalizar se incluyen dos anexos, soportes para el desarrollo del proceso.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La Unidad Nacional para la Gestión de Riesgo de desastres – Colombia¹, se encarga de registrar y generar un histórico de los sismos que ocurren y han ocurrido en el país, como Tumaco 1979, Manizales 1979 y Popayán 1983, acontecimientos que no solo causan daños materiales sino también personas damnificadas y pérdidas humanas, es por ello que se han puesto en marcha mecanismos para la mitigación de daños y estudio de la sismicidad, como el Sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres, definido como “ un conjunto de entidades públicas, privadas y comunitarias integradas, con el objeto de dar soluciones a los problemas de seguridad de la población que se presenten en su entorno físico por la eventual ocurrencia de fenómenos naturales o antrópicos.”²

También se encuentra, entre esos mecanismos gubernamentales, La Red Sismológica Nacional de Colombia³ que proporciona de manera rápida información correspondiente a los sismos que ocurren día a día en el país: magnitud, localización, profundidad, entre otros datos. Cabe resaltar que es el único método de detección sismológico en el país. Sin embargo, la rapidez con que dicha información se presenta no es la ideal para poder soportar un sistema de alerta temprana que pudiera proporcionar de segundos valiosos de demás a los ciudadanos para evacuar o ponerse a salvo antes de que el movimiento telúrico ocurra.

El municipio de Bucaramanga capital del departamento de Santander, Colombia, y

¹ GOBIERNO DE COLOMBIA. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de desastres-Colombia. [en línea]. < http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/old_noticias/733.aspx > [citado en 7 de enero de 2017]

² Ibid., p. 13

³ SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Red Sismológica Nacional de Colombia. [en línea]. < <http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/index.php/joomla-overview/red-sismologica-nacional-de-colombia> > [citado en 10 de enero de 2017]

su área metropolitana (Floridablanca, Piedecuesta y Girón), se encuentran ubicados, como se menciona en el artículo del periódico El Colombiano⁴, junto a uno de los nidos más activos y por ende de mayor sismicidad del mundo, como lo es el de La mesa de los Santos, Santander. Donde se presentan gran cantidad de sismos diariamente, los cuales ocurren a una profundidad considerable (70-200 km) haciéndolos casi imperceptibles para las personas. No obstante, se hace necesaria la concientización y preparación tanto de los ciudadanos como de los mecanismos de socorro sobre el riesgo latente en esas ciudades, para que en el momento en el que ocurra algún movimiento telúrico de magnitud se tengan estrategias efectivas tanto para actuar en el instante previo al sismo, como mecanismos de alertas y evacuación durante el mismo.

Ahora, considerando la poca participación y bajo interés del estado colombiano en programas de concientización, capacitación y prevención para la preparación del saber qué hacer y cómo actuar frente a una emergencia de tipo sísmico, surge la necesidad de crear mecanismos que contribuyan al fortalecimiento de los aspectos mencionados anteriormente.

El presente trabajo de grado propone el diseño de una arquitectura software de base para promover la conciencia sísmica ciudadana, definida por la Real Academia española (RAE)⁵ como la capacidad de reconocimiento de la realidad circundante y la forma en cómo se debe afrontar los cambios que se presenten en ella. La arquitectura está diseñada para prestar servicios a entes gubernamentales o tomadores de decisiones, socorristas y ciudadanos, con el fin de contribuir a la disminución de pérdidas humanas y materiales en cada de uno de los tres momentos que se identificaron en un sismo (antes, durante y después) expresados a continuación.

⁴ EL COLOMBIANO. Bogotá D.C. 11, marzo, 2015. 1p. ISSN 890901352-3.

⁵ REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Def. Conciencia. [en línea]. < <http://dle.rae.es/?id=A8k1FxD> > [citado en 10 de enero de 2017]

Antes: Período previo al sismo. Busca el reconocimiento de las zonas vulnerables de la ciudad y la concientización de los ciudadanos ante el riesgo al que están expuestos.

Durante: Período mientras ocurre el sismo. Busca emitir alertas y proporcionar zonas de evacuación para la ciudadanía.

Después: Período posterior al sismo. Busca identificar las zonas afectadas y la optimización de rescate y/o ayuda; además de proporcionar a los tomadores de decisiones herramientas para el mejoramiento de la infraestructura de la ciudad teniendo como referencia el comportamiento histórico de los sismos y su impacto.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer una arquitectura software de base para promover la conciencia sísmica ciudadana.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar el estado del arte de plataformas y herramientas que promuevan la conciencia sísmica para documentar y establecer criterios de comparación.
- Identificar el conjunto de servicios funcionales y no funcionales de una plataforma software de promoción de conciencia sísmica.
- Diseñar el conjunto de componentes, sus relaciones y definir mecanismos de extensión de la arquitectura.
- Validar la arquitectura a través del desarrollo de un prototipo funcional.

3. JUSTIFICACIÓN

“De acuerdo con estudios de amenaza sísmica realizados a nivel nacional por la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica –AIS–, cerca del 40% de los colombianos se encuentra en zonas de amenaza sísmica alta y 47% de la población del país está ubicada en zonas de amenaza sísmica intermedia, es decir, el 87% de la población colombiana se encuentra bajo un nivel de riesgo sísmico considerable”⁶ La ciudad de Bucaramanga se encuentra en la zona de mayor actividad sísmica del país⁷ por la cercanía al nido de la Mesa de los Santos, en el departamento de Santander, motivo por el que demanda una atención especial por parte del estado. A pesar de los intentos por implementar mecanismos de gestión de riesgo, adecuación estructural y capacitación de los ciudadanos no se han logrado los resultados necesarios para que las herramientas sean efectivas; entre las posibles causas se pueden encontrar las siguientes:

Bajo interés ciudadano: el actuar de las personas se presenta luego de que suceden los desastres; sin embargo, esas decisiones pueden generar finales devastadores. Y no solo se aplica al riesgo por terremotos sino a cualquiera de los demás peligros con los que conviven los ciudadanos (desplazamiento, inundaciones, olas de calor, etc.), así pues, cuando el estado decide realizar una campaña de concientización, los interesados, es decir, las personas simplemente o no asisten o asisten y no toma en cuenta ninguna de las recomendaciones dadas.

Campañas insuficientes: En el año 2016 solo se realizó un simulacro de sismo en la ciudad de Bucaramanga y en todo el país donde, a pesar de haber sido un éxito por su masiva participación, según se publicó en la página de la Alcaldía⁸, no estuvo presente en la zona de mayor riesgo del área metropolitana como lo es el barrio

⁶ EL TIEMPO. Bogotá D.C. 23, abril, 2016. 3p.

⁷ Ibid., p. 4p

⁸ ALCALDÍA DE BUCARAMANGA. Redes Sociales. [en línea]. < <http://www.bucaramanga.gov.co/noticias/asi-se-desarrollo-la-jornada-de-simulacro-por-sismo-en-bucaramanga/> > [citado en 2 de febrero de 2017]

Morrórico y los asentamientos clandestinos que existen en diversas zonas de la ciudad, entre otros. Eso conlleva a que solo ese puñado de asistentes se concienticen del proceder ante una emergencia de ese tipo y la otra mayoría se mantengan igual de desinformados.

Insuficiencia de herramientas: Para informar a una comunidad, el gobierno solo utiliza mecanismos como simulacros y divulgación en medios de comunicación como la radio o televisión, no obstante, hoy en día existe versatilidad a la hora de atacar una problemática de ese tipo gracias a la evolución tecnológica.

En el mundo existen sistemas de alertas tempranas, simuladores de sismos e incluso software para crear inventarios sísmicos de los edificios o casas de las ciudades en donde se desarrollaron, un ejemplo claro es HAZUS que “en los años 90 se concibió como herramienta software gratis de estimación de pérdidas para ser usado por un amplio rango de personas y agencias interesadas en la mitigación y toma de decisiones acerca de riesgo natural existente”⁹ idea generada por los Estados Unidos, para la implementación de la técnica de los métodos de estimación de pérdida de terremoto.

Por otra parte, en Taiwan se creó el Taiwan Earthquake Loss Estimation System (TELES). Sistema que permite la estimación de la intensidad del movimiento del suelo, el estado de daño de las infraestructuras e incluso del sistema de tuberías de una ciudad, pérdidas socioeconómicas ocasionadas, etc.” es un sistema basado en HAZUS, que además de incluir similares funcionalidades, a través del uso de módulos y mejoramiento incremental, el sistema ha añadido una nueva característica para la estimación automática de la escala del desastre y su distribución tan pronto como ocurran terremotos de gran magnitud. Incluso, se

⁹ SCHNEIDER, Philip J.; SCHAUER, Barbara. HAZUS—its development and its future. En: Natural Hazards Review, 2006, vol. 7, no 2, p. 40-44.

planea a futuro la integración de un módulo para el análisis probabilístico del riesgo sísmico.”¹⁰

Otra funcionalidad que ofrece TELES es la información sobre registros anteriores de movimientos telúricos con el objetivo de preparar un plan de mitigación de desastres para el gobierno. Provee además información de utilidad para las respuestas de emergencia justo después de la ocurrencia de sismos de gran magnitud.

Ahora, teniendo en cuenta los antecedentes nombrados, el presente proyecto de grado, buscó cubrir la necesidad sobre la falta de herramientas de apoyo, tomando como referencia los mecanismos, las funcionalidades y servicios, evaluando factibilidad e impacto social para prestar servicios útiles tanto a los ciudadanos como a los tomadores de decisiones con el fin de generar conciencia ciudadana respecto al riesgo sísmico, utilizando las ventajas que la tecnología ofrece actualmente y en caso de emergencia a gran escala, las personas sepan cómo actuar, a dónde acudir y los gobernantes se den a la tarea de preparar a la ciudad desde un ámbito administrativo en los tres momentos del sismo: antes, durante y después, dando un buen manejo a los recursos departamentales, mejorando el estado de las zonas más vulnerables y haciendo uso adecuado de herramientas como la que se propuso en el presente proyecto.

En primer lugar, el diseño de la arquitectura se logró mediante la investigación de las características de los antecedentes relacionados con la parte sísmica, posterior a eso se llevó a cabo una clasificación y selección de los servicios de acuerdo a su viabilidad y utilidad; En segundo lugar, se pasó al diseño que tuvo como fin la definición de cada una de las características, interrelaciones y la correspondiente evaluación para concluir con la elaboración de un prototipo funcional de una de las

¹⁰ YEH, Chin-Hsun; LOH, Chin-Hsiung; TSAI, Keh-Chyuan. En: Overview of Taiwan earthquake loss estimation system. *Natural Hazards*, 2006, vol. 37, no 1-2, p. 23-37.

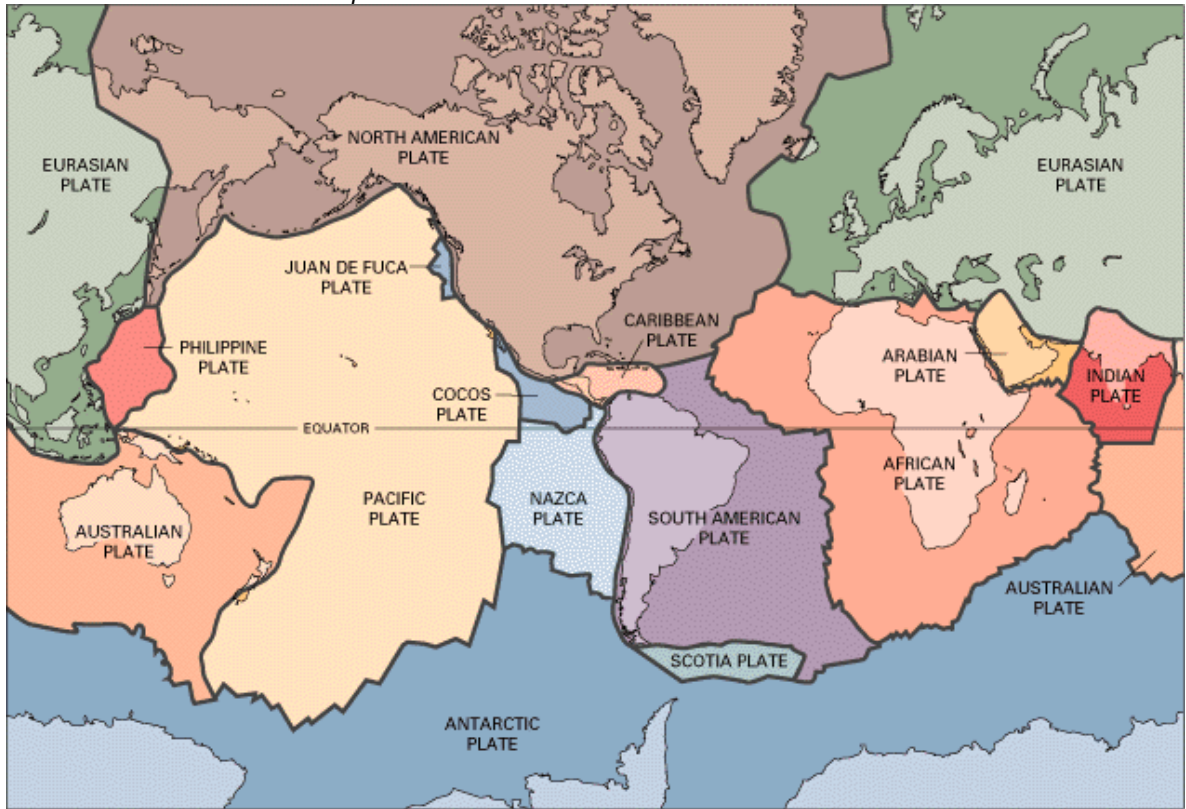
características: la meta es comprobar la adaptabilidad y escalabilidad del sistema y con base a eso, realizar ajustes para asegurar la efectividad de la arquitectura.

4.MARCO TEÓRICO

La tierra está compuesta por distintas capas entre ellas se destacan las siguientes: internas, la corteza, el manto y el núcleo. Según UPSeis ¹¹ la corteza por su parte está dividida en grandes piezas llamadas placas tectónicas (Fig. 1) que están moviéndose continuamente, a diferentes velocidades y direcciones, chocando unas con otras, separándose o simplemente rozándose entre sí. El terremoto ocurrirá cuando las rocas en una de estas placas ceden y se quiebra ante la gran cantidad presión y fricción generado por la interacción con otra. Durante y después del sismo los bloques de roca comienzan a moverse hasta que logran estancarse de nuevo. Los movimientos telúricos también pueden ocurrir en un lugar distinto al borde de las placas tectónicas en sitios conocidos como fallas. Las fallas son quiebres en secciones de una placa o placas que se mueven en sentidos diferentes. El punto debajo del suelo en donde se produce la ruptura se llama el **foco** del sismo y el punto sobre el suelo ubicado justo por encima del foco se denomina **epicentro**.

¹¹ UPSEIS. Where Do Earthquakes Happen. [en línea]. < <http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/where.html> > [citado en 20 de enero de 2017]

Ilustración 1. Distribución de las placas en la corteza terrestre. 2017



Según UPSe, el movimiento telúrico se transmite en forma de ondas sísmicas que no son otra cosa que las ondas energéticas producidas por el quiebre repentino entre capas, como se explicó anteriormente. Hay dos tipos de ondas, el primero de ellos llamado ONDAS DE VOLUMEN las cuales viajan dentro del interior de la tierra y son las primeras en ser detectadas; en donde se destacan las siguientes:

ONDAS P (Primary Wave):

Es la más rápida de todas y por ende la primera onda en ser detectada en una estación sismográfica. Esta característica es el artífice de que puedan existir los sistemas de alerta temprana. Algunas veces, los animales pueden detectar este tipo de ondas y es por eso que, antes de que el “sismo ocurra”, muchos perros

comienzan a ladrar históricamente.

ONDAS S (Secondary Wave):

Es la segunda onda que se percibe en un sismo. Estas ondas son mucho más lentas que las P y su característica principal es que sólo pueden moverse a través de roca sólida.

Otro tipo de ondas son las ONDAS SUPERFICIALES que, como su nombre lo dice, solo viajan a través de la corteza terrestre. Tiene una frecuencia más baja que las ondas de volumen, ocurren después de ellas y son las responsables de la destrucción y los daños que pueden llegar a ocurrir en un terremoto.¹²

ARQUITECTURA SOFTWARE

Las necesidades de las empresas actualmente que buscan el cumplimiento de sus objetivos demandan el diseño y desarrollo de complejos y bien estructurados sistemas de software que requieren un minucioso análisis antes de su concepción; lo cual exige a los desarrolladores y expertos en el tema a tener gran precaución a la hora de describir, diseñar y exponer los requerimientos del sistema, con el fin de asegurar que la arquitectura que lo soporta, esté bien fundamentada y encierre las necesidades de los interesados en su totalidad.

Si esto se pasa por alto, el sistema estará incompleto en cuestiones de funcionalidades y demás factores que cada requisito envuelve, lo cual repercute negativamente a los desarrolladores y a la empresa como tal. Para evitar recaer en este error, se necesita conocer y comprender todos los elementos que se deben tener en cuenta a la hora de llevar a cabo el diseño arquitectónico que es no otra cosa sino, analógicamente hablando, el plano de una edificación, donde está contemplada toda su infraestructura y los servicios que este ofrecerá. Para esto, se

¹² Ibid., p. 3

necesita también, la participación de los interesados que brindarán los requerimientos iniciales sobre los cuales se cernirá el diseño.

Una definición formal única no existe, en cambio, el concepto de arquitectura de software varía dependiendo del contexto y de los expertos que la utilicen, para este trabajo de grado se tomó como base en la definición del Engineering Institute (SEI): *“las estructuras de un sistema, compuestas de elementos con propiedades visibles de forma externa y las relaciones que existen entre ellos”*¹³. A grandes rasgos, una arquitectura se encarga de temas como la descomposición y composición, estilos y estéticas dentro del sistema. Para esto, esta misma debe:

- Exponer la estructura del sistema, pero ocultar los detalles de implementación.
- Presentar todos los casos de uso y escenarios.
- Tratar de hacer frente a las exigencias de las distintas partes interesadas.
- Manejar tanto los requerimientos funcionales como los de calidad o no funcionales.

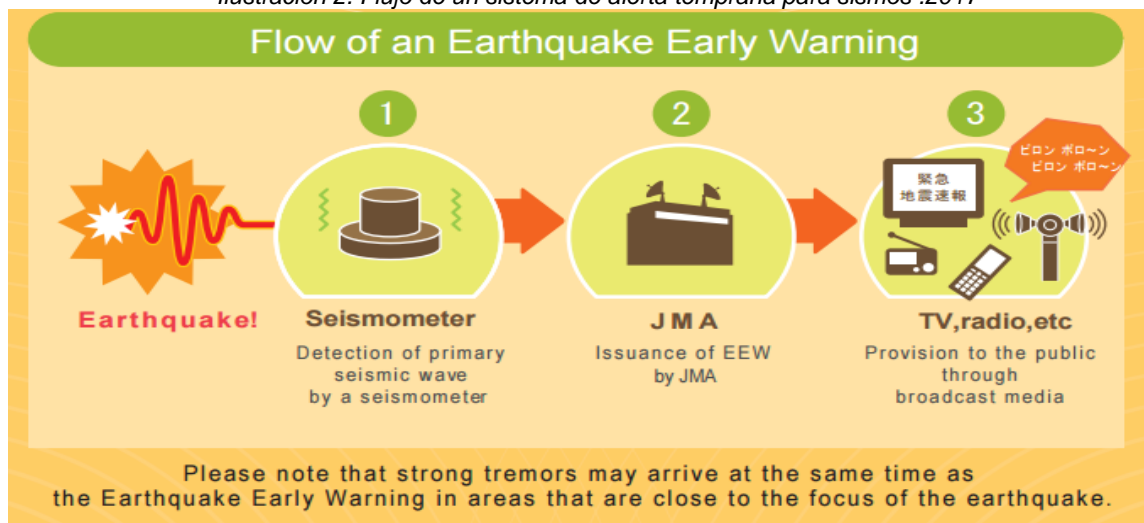
SISTEMAS DE ALERTA TEMPRANA

La alerta temprana es un elemento importante en la reducción del riesgo de desastre: previene pérdidas de vida y reduce los impactos económicos y materiales. Para ser efectivo, los sistemas de alerta temprana necesitan envolver activamente las comunidades en riesgo, facilitar la educación y conciencia del riesgo, diseminar eficientemente mensajes y alarmas para asegurar un estado constante de preparación.

¹³ LEN, Paul. Clements, Rick. Software Architecture in Practice, 2nd Edition, Addison Wesley, 2003. ISBN 0321154959.

Como es el caso del sistema de alerta temprana en Japón¹⁴ que permite emitir un anuncio anticipado de la intensidad y del tiempo de llegada estimado del sismo. Esto con el propósito de mitigar los daños ocasionados por una emergencia de ese tipo por medio de contramedidas como reducir la velocidad de los trenes, controlar los elevadores e incluso cortar el servicio de gas u otros servicios con el fin de que las personas puedan protegerse rápidamente y no se expongan a situaciones de riesgo. A continuación, se presenta una visión general del sistema:

Ilustración 2. Flujo de un sistema de alerta temprana para sismos .2017



- 1) El sismo es percibido por uno de los sismómetros.
- 2) Una vez calculadas la magnitud, la intensidad y el foco del movimiento telúrico se envía la alerta a la Agencia Meteorológica de Japón (JMA por sus siglas en inglés).
- 3) Una vez recibida la alerta, la JMA la difunde por todos los medios disponibles para que la ciudadanía se entere y pueda actuar adecuadamente.

¹⁴ JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY. What is an Earthquakes Early warning. [en línea]. < <http://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/eew1.html> > [citado en 3 de febrero de 2017]

“Hasta el momento el modelo cuenta con más de mil sismómetros a lo largo del país nipón se puso a prueba en el terremoto de Mw 9 de 2011, enviando señales automáticamente por medio de mensajes de texto a los celulares de los ciudadanos segundos después de detectado el movimiento telúrico previniendo así la pérdida de muchas más vidas al dar alrededor un minuto de aviso anticipado a la ciudadanía”¹⁵

En Colombia, por su parte, el ente encargado de estas temáticas es “La Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) de **SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO**, que hace parte del Sistema Nacional para la Atención y Prevención de Desastres (SNAPD), donde su trabajo es dar una alerta temprana a la ocurrencia de un evento sísmico en el territorio nacional, además de liderar las investigaciones sismológicas en el país. Actualmente la RSNC cuenta con 50 estaciones sismológicas, las cuales transmiten datos en tiempo real vía satelital y LAN.” ¹⁶

DIAGRAMAS UML

Para expresar ideas y que éstas sean comprendidas en su totalidad se usan herramientas o mecanismos, en general estandarizados, que permiten plasmar los aspectos de las mismas de una manera estructurada, clara y simplificada, como es el caso del Canvas Business Model para ideas de negocios y análogamente, como un plano para los arquitectos e ingenieros civiles. En este caso, para visualizar la arquitectura software se recurre a los diagramas UML que no son más que un modelo de lenguaje visual estándar diseñado para ser usado en:

- Modelado de procesos de negocios y similares.
- Análisis, diseño e implementación de sistemas software.

¹⁵ TORO, Tamara. El Complejo Sistema de alerta temprana de terremotos y Tsunamis de Japón. Diseño & Desarrollo. Japón: Aetchno, 2011.p. 2.

¹⁶ SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Op. Cit., p. 2.

Estos diagramas se realizan con el propósito de entender mejor el sistema. Un solo diagrama no es suficiente para cubrir todos los aspectos del mismo, para esto UML define varias clases de diagramas, como se enunció anteriormente en cada una de las vistas de la arquitectura. Estos diagramas son generalmente hechos en una forma incremental e iterativa. Existen dos grandes categorías:

DIAGRAMAS DE ESTRUCTURA

Son la parte más importante y más usada del UML. Representan el aspecto estático del sistema. Estos diagramas reflejan las relaciones estáticas de la estructura.

DIAGRAMAS DE COMPORTAMIENTO

Cualquier sistema puede tener dos aspectos, estático y dinámico, por tanto, un modelo se considera completo cuando ambos aspectos se cubren completamente. Los diagramas de comportamiento capturan estos aspectos dinámicos; los cuales pueden ser descritos también como las partes móviles o cambiantes de un sistema.

5.ANTECEDENTES

IERREWS

“Sistema de monitoreo instaurado en Estambul conformado por una densa red de acelerógrafos: 100 de estos están ubicados en asentamientos de mayor población en el área metropolitana utilizados para la generación de la información necesaria para la respuesta rápida. 10 de los acelerógrafos están situados en las zonas más próximas a la falla de “The Great Marmara” para generar la alerta temprana.”¹⁷

SEISMIC UN*X

Desarrollado en el “Center for Wave Phenomena” de la escuela de minas de Colorado.

“Es un paquete que permite a cualquier usuario con un sistema operativo UNIX instalar un campo educacional, de investigación y de procesamiento sísmico instantáneo. El paquete se distribuye con todo su código fuente bajo una licencia de software libre, permitiéndole a los usuarios utilizarlo en la manera que ellos escojan, con la condición de que no sea directamente revendido o que no se intente negar el acceso al paquete de ninguna manera.”¹⁸

OPENQUAKE

“Es una plataforma web para la evaluación del riesgo, que ofrecerá un ambiente integrado para el modelamiento, visualización, exploración y administración del riesgo sísmico. El motor detrás de la plataforma tiene actualmente cinco

¹⁷ ERDIKY, Fahjano. Istanbul Earthquake Rapid Response and the Early Warning System. Estambul: Bulletin of Earthquake Engineering, 2003. p. 157.

¹⁸ STOCKWELL, John. Free software in education: A case study of CWP/SU: Seismic Un. The leading edge. Colorado School of Mines, Golden, Colorado. 1997. p. 1045.

calculadores principales, cada una contribuyendo únicamente en el área de mitigación y evaluación del riesgo sísmico.”¹⁹

MICROWAVE LIFE-DETECTION SYSTEMS FOR SEARCHING HUMAN SUBJECTS UNDER EARTHQUAKE RUBBLE OR BEHIND BARRIER

“Un nuevo sistema de microondas para la detección de vida ha sido diseñado y construido el cual puede ser utilizado para localizar cuerpos humanos sepultados debajo de escombros a causa de un terremoto o escondidos debajo de varios obstáculos. El sistema operando a 1150 MHz o 450 MHz puede detectar la respiración y los latidos del corazón de personas a través de escombros de diez pies de espesor.”²⁰

ISIBAT

Aplicación que recolecta datos sísmicos del casco urbano gracias a la Geoweb, que ofrece oportunidades únicas para reunir datos in-situ, aprovechando la tecnología que poseen los nuevos smartphones o tabletas, tales como el GPS y algunas funcionalidades de geolocalización. Este proyecto se fundamenta en dos ámbitos: una aplicación móvil y una aplicación web, la primera para reunir los datos y la última para almacenarlos y visualizarlos:

ISIBAT Móvil (Cliente): La aplicación IsibatMobile puede ser descargada gratis desde la Apple Store. Funciona en dos modos: Vulnerabilidad y Daño. Cualquier edificio inventariado puede ser editado alternativamente en uno de los dos modos. Cada uno de estos ofrece funcionalidades para el ingreso, eliminación y

¹⁹ SILVA, Vitor. Development of the OpenQuake engine, the Global Earthquake Model's open-source software for seismic risk assessment. *Natural Hazards*, 72(3), 1409-1427.

²⁰ IEEE, Engineering in Medicine and Biology Society. Microwave Life-Detection Systems For Searching Human Subjects Under Earthquake Rubble Or Behind Barrier. Jan, 2000. p. 47.

modificación de los parámetros obligatorios para las evaluaciones de riesgo y daño. Los datos son ingresados usando listas donde el usuario puede ir escogiendo opciones de acuerdo al modo en el que se encuentre. El investigador puede, usando su teléfono celular, tomar fotografías o grabar comentarios en audio que actuarán como metadatos para la información previamente recolectada.

ISIBAT Online (Servidor): En la parte del servidor, Isibat Online es una aplicación web que proporciona funcionalidades de almacenamiento, visualización y divulgación para los datos recolectados. Varios módulos están disponibles, entre los que se encuentran: administración, permite el registro o descarga de los datos; base de datos, para su almacenamiento; validación, verifica los datos ingresados, un módulo para publicar la información usando servicios web y un módulo de visualización que se encarga de dar acceso a los datos.

6.METODOLOGÍA

El proyecto de grado se llevó a cabo en cuatro fases:

FASE 1: Identificación de los requerimientos y necesidades de la arquitectura por medio de la revisión del estado de arte sobre plataformas que ofrecen información y servicios acerca de riesgos que puedan afectar a los ciudadanos.

FASE 2: Diseño y especificación de la arquitectura con sus componentes y las relaciones existentes entre los mismos.

FASE 3: Implementación de la arquitectura y evaluación de la misma por medio de un prototipo funcional.

FASE 4: Ajustes a la arquitectura con base a los hallazgos realizados en la implementación; con sus respectivas recomendaciones para trabajos a futuro sobre el tema.

7.DESARROLLO METODOLÓGICO

FASE 1: Identificación de los requerimientos y necesidades de la arquitectura por medio de la revisión del estado de arte sobre plataformas que ofrezcan información y servicios acerca de riesgos que puedan afectar a los ciudadanos.

Se realizó la investigación en distintas bases de datos de artículos académicos como Google Scholar, IEEE; en las cuales se encontraron herramientas como ISIBAT, HAZUS, entre otras explicadas anteriormente en los antecedentes, con características similares que proporcionan servicios para ayudar a la comunidad o a los gobernantes sobre algún aspecto del riesgo sísmico en cualquiera de las etapas del mismo: antes, durante y después.

Una vez identificadas y teniendo en cuenta la clasificación dada se procedió a abstraer los servicios que pudieran ser implementados en la arquitectura con base en características como la utilidad y factibilidad. De este paso se obtuvieron como resultado los siguientes:

- Simular sismo.
- Recibir alerta por sismo.
- Visualizar información educativa.
- Crear inventario sísmico.
- Crear inventario post-sismo.
- Analizar registro de sismos.
- Desplegar mapa de zonas de evacuación.
- Desplegar inventario de daños.
- Visualizar estimación de pérdidas.
- Detectar y ubicar personas.

- Desplegar inventario sísmico.

Clasificados de la siguiente manera:

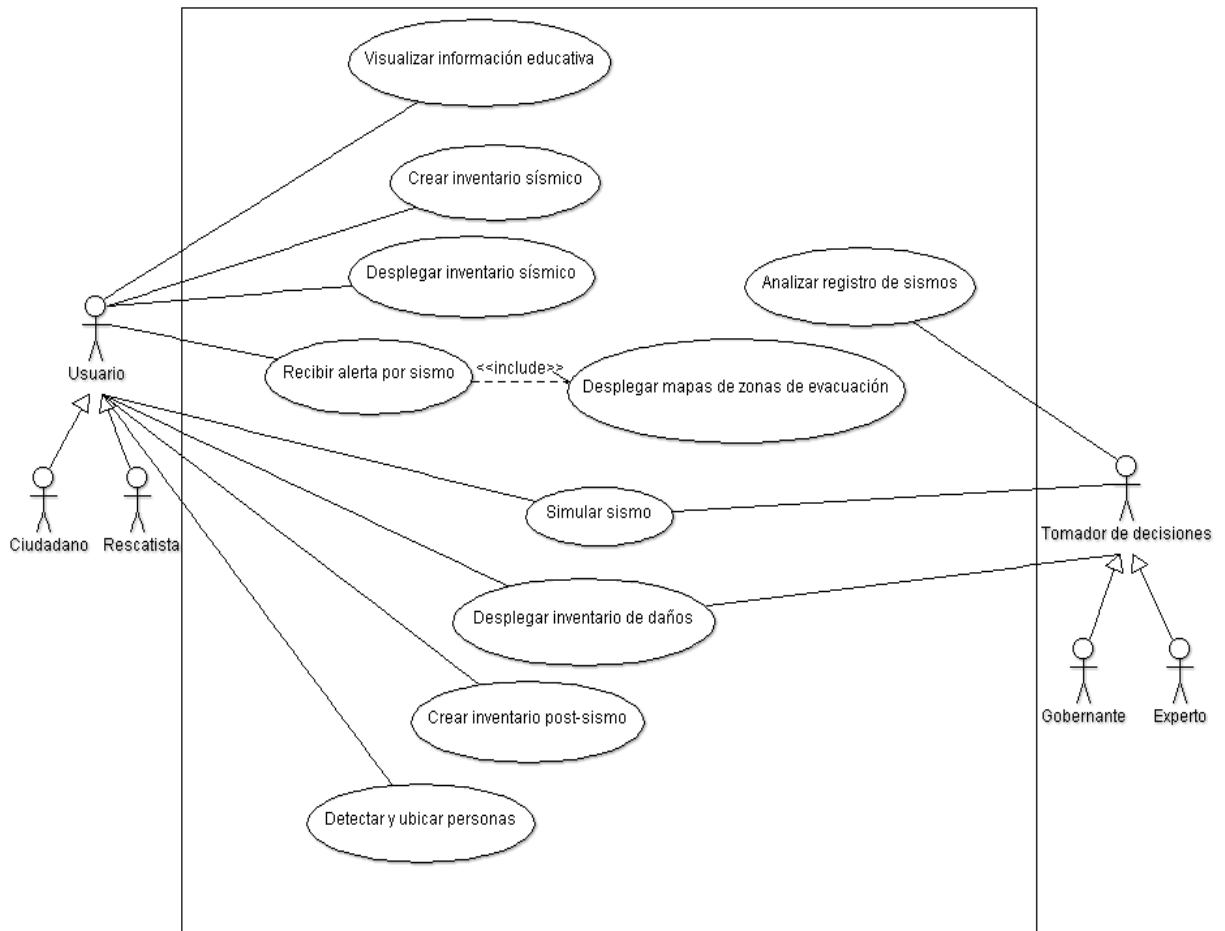
Tabla 1. Etapas del sismo.

ANTES	Visualizar estimación de pérdidas
	Desplegar inventario sísmico
	Visualizar información educativa
	Crear inventario sísmico
	Analizar registro de sismos
	Simular sismo
DURANTE	Detectar y ubicar personas
	Desplegar mapa de zonas de evacuación
	Recibir alerta por sismo
DESPUÉS	Crear inventario post-sismo
	Desplegar inventario de daños

Asimismo, se identificaron los usuarios del sistema: inicialmente se estableció como únicos actores al ciudadano y al tomador de decisiones, es decir, el gobernante. Sin embargo, a medida que se llevó a cabo la especificación de los servicios y las necesidades de la arquitectura surgió la necesidad de incluir a otros, como el rescatista y el experto en temáticas sismológicas. De esta manera se concretó una

visión general del sistema que se contempla en el siguiente diagrama de casos de uso:

Ilustración 3. Diagrama de Casos de uso de la arquitectura. 2017



USUARIOS:

Ciudadano: persona residente en la ciudad que pueda, por medio del sistema, prepararse y saber cómo actuar cuando un sismo ocurra.

Rescatista: entidad encargada de la atención de emergencias que por medio del sistema puedan tener una mejor organización, preparación y control de la situación a la hora de socorrer a las víctimas.

Investigador: persona encargada de hacer el registro sísmico y post-sísmico de las edificaciones de la ciudad. Es un rol opcional. El objetivo es delegar estas acciones a una sola persona que pueda contar con herramientas adicionales para una mejor recolección de los datos in-situ.

Tomador de decisiones: entidades encargadas del mejoramiento estructural de la ciudad y expertos en sismología, que por medio del sistema puedan tomar decisiones que ayuden a prevenir o mitigar pérdidas humanas en caso de una emergencia sísmica, con el fin de asegurar el bienestar y la calidad de vida de todos los ciudadanos

DESCRIPCIONES:

Tabla 2. Simular sismo

Caso de uso	Simular sismo
Resumen	El sistema deberá permitir al usuario simular un sismo en la ciudad donde se encuentra dada una magnitud que él mismo ingrese.
Actor(es)	Ciudadano, rescatista
Precondición	El usuario debe haber ingresado una magnitud.
Flujo de eventos	<p>Simular sismo INICIA CUANDO el usuario ingresa una magnitud.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema valida la magnitud. 2. El sistema despliega el mapa con la simulación del sismo.

Tabla 3. Visualizar información educativa.

Caso de uso	Visualizar información educativa
Resumen	El sistema deberá permitir al usuario visualizar información respecto a los sismos como: ¿Qué son? ¿Cómo prepararse para una emergencia? ¿Qué hacer en caso de sismo?, entre otras.
Actor(es)	Ciudadano
Precondición	Ninguna
Flujo de eventos	Visualizar información educativa INICIA CUANDO el usuario selecciona ese componente: <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema despliega la información. 2. El usuario puede navegar por las distintas categorías y seleccionar una de acuerdo a su gusto. 3. El sistema despliega el contenido de la sección seleccionada.

Tabla 4. Crear inventario sísmico.

Caso de uso	Crear inventario sísmico
Resumen	El sistema deberá permitir al usuario ayudar a la creación del inventario sísmico de la ciudad. Que se entiende como el inventario de las edificaciones de la ciudad con su respectivo grado de vulnerabilidad.
Actor(es)	Ciudadano, Investigador
Precondición	Ninguna
Flujo de eventos	Crear inventario sísmico INICIA CUANDO el usuario selecciona ese componente: <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la edificación a inventariar. 2. El sistema despliega listado de preguntas. 3. El usuario responde a ellas. 4. El sistema determina el grado de vulnerabilidad de acuerdo a las respuestas dadas. 5. El sistema añade la estructura al inventario.

Tabla 5. Crear inventario post-sismo.

Caso de uso	Crear inventario post-sismo
Resumen	El sistema deberá permitir al usuario ayudar a la creación del inventario de daños de la ciudad. Que se entiende como el registro de las edificaciones de la ciudad con su respectivo grado de daño.
Actor(es)	Ciudadano, Investigador
Precondición	Ninguna
Flujo de eventos	<p>Crear inventario sísmico INICIA CUANDO el usuario selecciona ese componente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona la edificación a inventariar. 2. El sistema despliega el listado de grados de daño. 3. El usuario selecciona el que corresponda según el estado de la vivienda. 4. El sistema añade la estructura al inventario.

Tabla 6. Recibir alerta por sismo.

Caso de uso	Recibir alerta por sismo
Resumen	El sistema deberá emitir una alerta a los usuarios tan pronto como un sismo ocurra.
Actor(es)	Ciudadano, Rescatista
Precondición	Ninguna
Flujo de eventos	<p>Recibir alerta por sismo INICIA CUANDO se reciben los datos de la Red Sismológica Nacional de Colombia.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Emite una alerta con la información recibida a cada usuario del sistema.

Tabla 7. Desplegar inventario sísmico.

Caso de uso	Desplegar inventario sísmico
Resumen	El sistema deberá permitir al usuario visualizar el mapa del inventario sísmico.
Actor(es)	Ciudadano, Rescatista, Investigador
Precondición	Ninguna

Flujo de eventos	<p>Desplegar inventario sísmico INICIA CUANDO el usuario selecciona ese componente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema despliega el mapa junto con las edificaciones ya inventariadas y un filtro para tener vistas sobre un grado de vulnerabilidad en particular.
------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Tabla 8.Desplegar mapas de zonas de evacuación.

Caso de uso	Desplegar mapas de zonas de evacuación
Resumen	El sistema deberá desplegar un mapa con las zonas de evacuación cercanas una vez se emita la alerta por sismo.
Actor(es)	Ciudadano, Rescatista
Precondición	Recibir alerta por sismo se ejecute.
Flujo de eventos	<p>Desplegar mapa de zonas de evacuación se INICIA CUANDO el sistema ejecuta Recibir alerta por sismo.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema despliega, de acuerdo a la ubicación del usuario, el mapa de las zonas de evacuación más cercanas.

Tabla 9.Desplegar inventario de daños.

Caso de uso	Desplegar inventario de daños
Resumen	El sistema deberá permitir al usuario visualizar el mapa de daños de la ciudad
Actor(es)	Ciudadano, Rescatista, Investigador
Precondición	Ninguna
Flujo de eventos	<p>Desplegar inventario de daños se INICIA CUANDO el usuario seleccione ese componente:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema despliega el mapa con los edificios que ya han sido evaluados, junto con filtros para obtener vistas particulares de acuerdo al grado de daño que se seleccione.

Tabla 10. Analizar registro de sismos.

Caso de uso	Analizar registro de sismos
Resumen	El sistema deberá almacenar y desplegar la información de los sismos ocurridos en la ciudad.
Actor(es)	Tomador de decisiones
Precondición	Ninguna
Flujo de eventos	Analizar registro de sismos se INICIA CUANDO el usuario selecciona ese componente: <ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona cuales sismos visualizar. 2. El sistema muestra la información correspondiente.

Tabla 11. Detectar y ubicar personas.

Caso de uso	Detectar y ubicar personas
Resumen	El sistema deberá permitir a los usuarios mostrar la ubicación de las personas para socorrerlas en caso de que se encuentren atrapadas o debajo de escombros después de ocurrido un terremoto.
Actor(es)	Usuario
Precondición	Tener el sistema instalado en su dispositivo
Flujo de eventos	Detectar y ubicar personas INICIA CUANDO el usuario selecciona dicho componente <ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema mostrará qué personas están cerca y en qué localización aproximada se encuentran.

FASE 2: Diseño y especificación de la arquitectura con sus componentes y las relaciones existentes entre los mismos.

Una vez definidos los servicios y usuarios, el siguiente paso fue generar el diagrama de componentes, el cual describe los componentes usados para hacer dichas funcionalidades, con el objetivo de tener una visión de más alto nivel de la arquitectura para determinar qué relaciones existen entre ellos y de qué manera lo

hacen.

Para diseñar este diagrama se siguieron los pasos presentados a continuación:

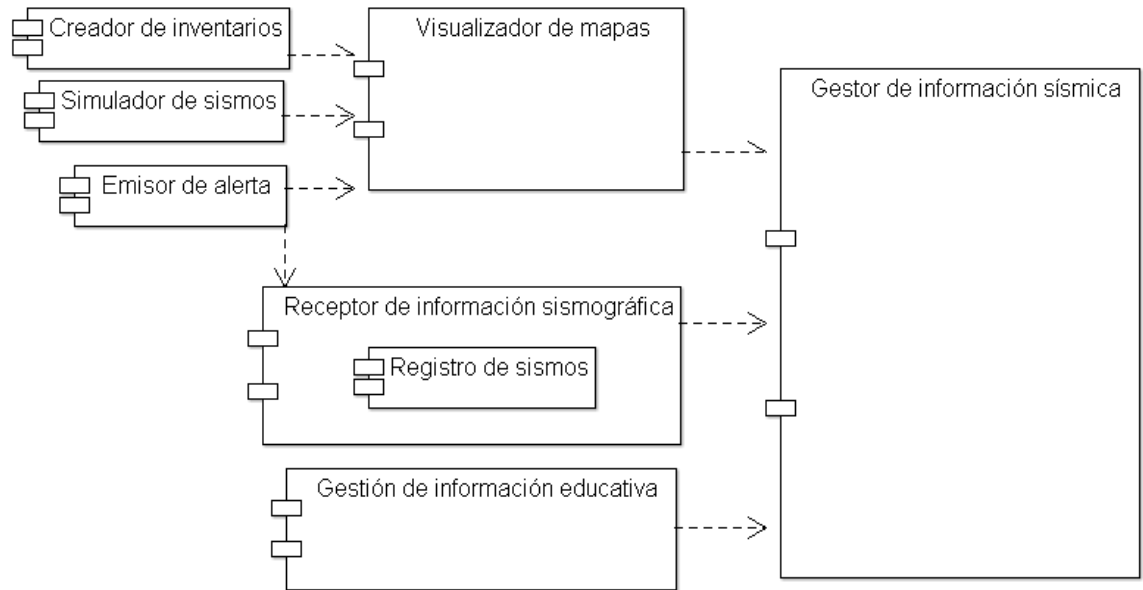
1. Definir todos los componentes que fuesen necesarios para prestar cada uno de los servicios de la arquitectura: Se generó una imagen preliminar del diagrama donde el punto central era clarificar qué tipo de componentes podrían aparecer.

2. Unificar aquellos que estuvieran prestando una misma funcionalidad y eliminar los innecesarios: Se refinó el diagrama dándole una forma más condensada.

3. Mapear el diagrama resultante con cada uno de los casos de uso: Al hacer esto, se corroboró que cada uno de los servicios estuviera incluido en algún componente y de no ser así, se incluiría uno nuevo para el servicio faltante y se comprobaría su ambigüedad respecto a los demás, tal como se hizo en el PASO 2.

Lo anterior dio como resultado el siguiente diagrama:

Ilustración 4. Diagrama de componentes.2017



DESCRIPCIONES

Tabla 12. Creador de inventarios.

Componente	Creador de inventarios
Descripción	Encargado de la recepción de los datos ingresados por los ciudadanos o el rescatista. Permite la comprobación y validación de los mismos. Encargado de persistir dicha información. Encargado de generar cada uno de los mapas de inventarios.
Relaciones	

Tabla 13. Simulador de sismo.

Componente	Simulador de sismo
Descripción	Encargado de la recepción de los datos ingresados por los ciudadanos o el rescatista. Encargado de la validación de la información suministrada. Encargado de generar el mapa con la simulación de cualquier

	sismo.
Relaciones	Visualizador de mapas

Tabla 14. Emisor de alerta.

Componente	Emisor de alerta
Descripción	Encargado de emitir la alerta a los usuarios del sistema una vez ocurra un sismo. Encargado del despliegue del mapa de rutas de evacuación
Relaciones	Receptor de información sismográfica Visualizador de mapas

Tabla 15. Visualizador de mapas.

Componente	Visualizador de mapas
Descripción	Encargado de prestar los servicios necesarios para generar cada uno de los mapas que el sistema solicite.
Relaciones	

Tabla 16. Receptor de información sismográfica.

Componente	Receptor de información sismográfica
Descripción	Encargado de recibir y administrar la información recibida por parte de la Red Sismológica Nacional de Colombia.
Relaciones	

Tabla 17. Gestión de información educativa.

Componente	Gestión de información educativa
Descripción	Permite la visualización de la información de carácter educativo, su edición y administración.
Relaciones	

Tabla 18.Registro de sismo.

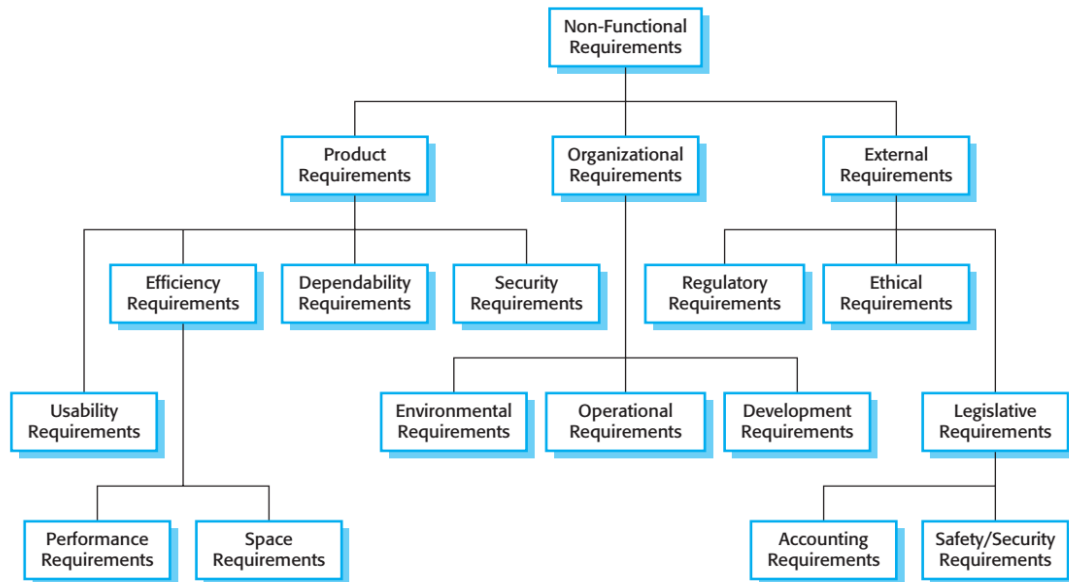
Componente	Registro de sismo
Descripción	Encargado de hacer persistir la información sismográfica. Permite el análisis de dichos datos.
Relaciones	

Tabla 19.Gestor de información sísmica.

Componente	Gestor de información sísmica
Descripción	Componente base de toda la arquitectura. Encargado de la correcta correlación y administración de los componentes y de la extensibilidad del sistema.
Relaciones	

Ahora, ya concretados los REQUERIMIENTOS FUNCIONALES (RF) de la arquitectura que hacen referencia a **lo que debe hacer el sistema**, se dio paso a la especificación de los REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES (RNF) que describen **cómo debe ser el sistema**: La mejor forma de definirlos fue tomando como referencia los antecedentes encontrados y sus características para tener un panorama claro sobre lo que el sistema debe soportar y cómo debe comportarse en las distintas situaciones que lleguen a presentarse, con base en lo anterior se llevó a cabo la estimación de dichos requerimientos que dio como resultado lo siguiente:

Ilustración 5. Clasificación requerimientos no funcionales. 2017



Se hizo uso de la clasificación de los requerimientos no funcionales propuesta por Ian Sommerville en su libro *Software Engineering*, específicamente los RNF de Producto y Externos para organizarlos de una manera más concreta.

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES DE PRODUCTO

Estos requerimientos especifican o limitan el comportamiento del software.

1. Requerimientos de usabilidad:
 - a. El tiempo de aprendizaje del sistema por un usuario deberá ser menor a 1 hora.
 - b. El sistema debe contar con interfaces gráficas concretas y bien formadas.
 - c. El sistema debe suministrar mensajes de error que sean informativos y orientados al usuario final.
2. Requerimientos de eficiencia:
 - a. El tiempo de respuesta del sistema debe ser inferior a los 5 segundos.

- b. El sistema debe ser capaz de operar adecuadamente con hasta 100.000 usuarios en uso simultáneo.
 - c. Los datos modificados en la base de datos deben ser actualizados para todos los usuarios que acceden en menos de 1 segundo.
- 3. Requerimientos de dependibilidad:
 - a. El sistema debe tener una disponibilidad del 99% de las veces en que un usuario intente accederlo.
 - b. La probabilidad de falla del sistema no podrá ser mayor al 5%.
 - c. El promedio de duración de fallas no podrá ser mayor a 5 minutos.
- 4. Requerimiento de escalabilidad:
 - a. El sistema debe estar basar su diseño en una manera evolutiva e incremental para soportar la inclusión y desacople de más módulos y requerimientos evitando que el código existente se vea afectado.

REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES EXTERNOS

Esta clasificación cubre todos los requerimientos que derivan de factores externos al sistema y de su proceso de desarrollo.

- 1. Las interfaces por desarrollar deben cumplir con la ley de tratamiento en condiciones de igualdad para personas con discapacidad.
- 2. El sistema no revelará a sus operadores otros datos personales de los clientes distintos a nombres.

FASE 3: Implementación de la arquitectura y evaluación de la misma por medio de un prototipo funcional.

En esta fase, se usó el modelo de prototipos evolutivos de la ingeniería del software que se basa en la creación de una implementación parcial de un sistema, para el propósito explícito de aprender sobre sus requerimientos. Un prototipo es construido

de una manera rápida tal como sea posible. Esto es dado a los usuarios, clientes o representantes de ellos, posibilitando que ellos experimenten con el prototipo. Estos individuos luego proveen la retroalimentación sobre lo que a ellos les gustó y no les gustó acerca del prototipo proporcionado.




El paradigma de construcción de prototipos consta de distintas fases:

- Fase de investigación preliminar: determinar el problema y su solución general.
- Fase de definición de los requerimientos del sistema: registrar requerimientos de los usuarios, realizar la primera versión del prototipo y la retroalimentación por parte de los interesados.
- Fase de diseño técnico: Documentar la implementación final del prototipo.
- Fase de desarrollo y pruebas: Probar los cambios realizados para asegurar corrección y completitud de los mismos con respecto a los requerimientos.
- Fase de operación y mantenimiento: Instalar y poner el sistema en marcha

El primer paso para la realización del modelo fue escoger cuál componente de la arquitectura diseñar; para tomar esta decisión se tuvo en cuenta la utilidad de la funcionalidad escogida y el tiempo que requeriría su implementación. Así pues, el componente seleccionado fue **CREAR INVENTARIOS** y en específico el servicio **CREAR INVENTARIO POST-SISMO**: el cual permite la evaluación de los daños a las viviendas de la ciudad después de un terremoto o sismo por medio de la escala EMS98²¹, estas evaluaciones plasmadas en un mapa se encuentran catalogadas por su grado de daño.

²¹ MARTINEZ, José. El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Instituto Geográfico Nacional. Madrid, Universidad Complutense de Madrid, 2012. p. 19.

Ilustración 6. Clasificación grado de daños, EMS98. 2017

<p>Grado 1: Daños de despreciables a ligeros <i>(ningún daño estructural, daños no-estructurales ligeros)</i></p> <p>Fisuras en muy pocos muros. Caída sólo de pequeños trozos de revestimiento. Caída de piedras sueltas de las partes altas de los edificios en muy pocos casos.</p>	
<p>Grado 2: Daños moderados <i>(daños estructurales ligeros, daños no-estructurales moderados)</i></p> <p>Grietas en muchos muros. Caída de trozos bastante grandes de revestimiento. Colapso parcial de chimeneas.</p>	
<p>Grado 3: Daños de importantes a graves <i>(daños estructurales moderados, daños no-estructurales graves)</i></p> <p>Grietas grandes y generalizadas en la mayoría de los muros. Se sueltan tejas del tejado. Rotura de chimeneas por la línea del tejado. Se dañan elementos individuales no-estructurales (tabiques, hastiales y tejados).</p>	
<p>Grado 4: Daños muy graves <i>(daños estructurales graves, daños no-estructurales muy graves)</i></p> <p>Se dañan seriamente los muros. Se dañan parcialmente los tejados y forjados.</p>	
<p>Grado 5: Destrucción <i>(daños estructurales muy graves)</i></p> <p>Colapso total o casi total.</p>	

El siguiente paso fue determinar qué tecnologías podrían intervenir en el desarrollo, entre las cuales se encontraron:

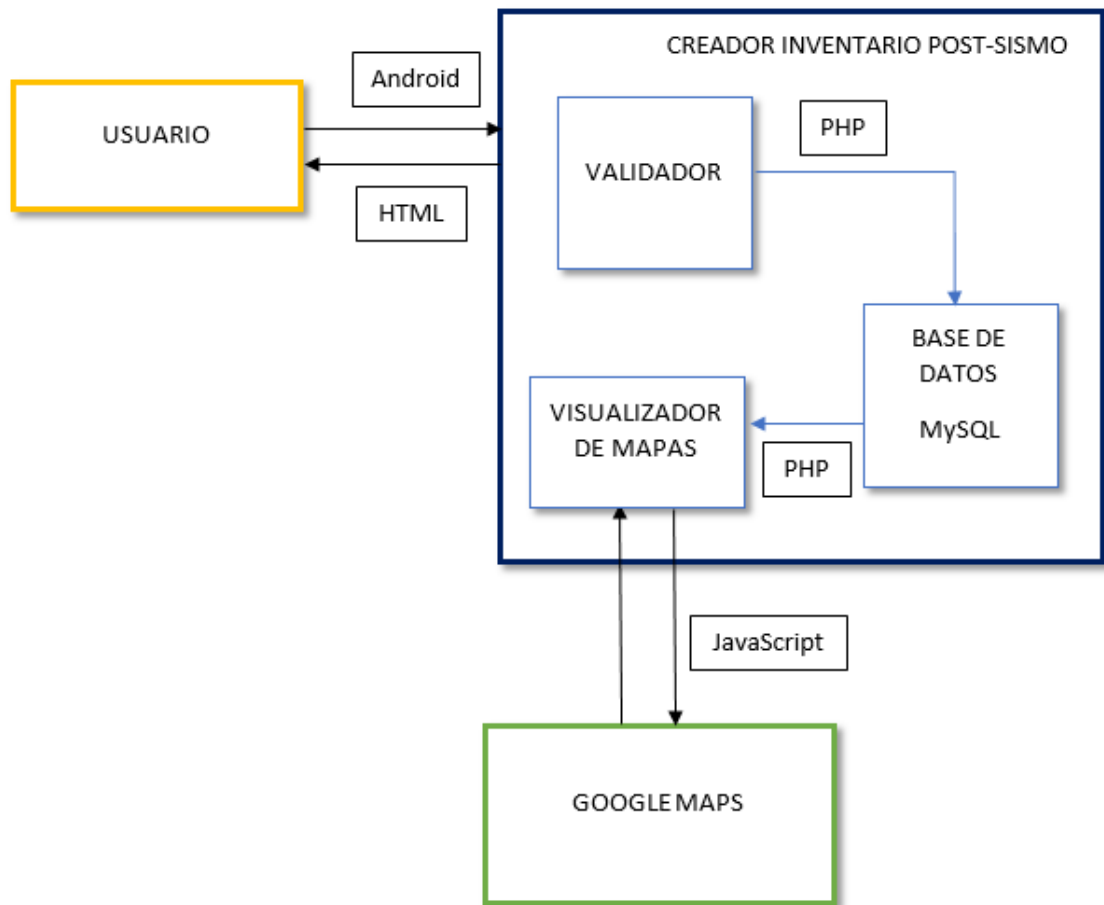
1. **Mapas:** OpenLayers, Google Maps, OpenStreetMaps, entre otras. Al final se decantó por el uso de Google Maps dada su fácil implementación y su rápida curva de aprendizaje, además del soporte para cualquier plataforma.

2. **Interfaz de visualización de mapas:** Móvil, Escritorio o Web. Se decidió usar una interfaz Web por la integración existente entre JavaScript y Google Maps haciendo que el tiempo de implementación se redujera considerablemente.

3. **Base de datos:** Online o Local. Al ser un prototipo se prefirió trabajar en un entorno local usando XAMPP y PHPMyAdmin para el manejo del servidor de Base de datos y ejecución de los archivos PHP.


Teniendo claras las bases del desarrollo, se procedió a diseñar el diagrama físico del prototipo en donde se pudieran apreciar las tecnologías y protocolos utilizados y la relación entre estos subcomponentes:

Ilustración 7. Diagrama físico del prototipo.2017



Como parte del desarrollo, se inició por el diseño de la Base de Datos para la cual, como se mencionó anteriormente, se utilizó MySQL como herramienta y dado que el componente no requiere manejo de usuarios; únicamente almacenamiento de las viviendas inventariadas, se propuso la tabla mostrada a continuación:

Ilustración 8. Tabla marcadores de la base de datos - Primera versión .2017

#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Extra
1	id 	int(11)			No	Ninguna	AUTO_INCREMENT
2	name	varchar(60)			No	Ninguna	
3	address	varchar(80)			No	Ninguna	
4	lat	float(10,6)			No	Ninguna	
5	lng	float(10,6)			No	Ninguna	
6	type	int(2)			No	Ninguna	

Base de datos: puntos_mapa. **Tabla:** marcadores.

Base de datos de la versión 1.0 - PHPMYAdmin

La base de datos se encarga del almacenamiento de los datos de cada uno de los marcadores o viviendas que los usuarios envíen para añadir al inventario de daños.

Sus campos son los siguientes:

- id: identificador único y auto incremental para cada registro creado (clave primaria).
- name: nombre de la vivienda.
- address: dirección de la vivienda.
- lat: latitud.
- lng: longitud.
- type: grado de daño de la vivienda (según EMS98).

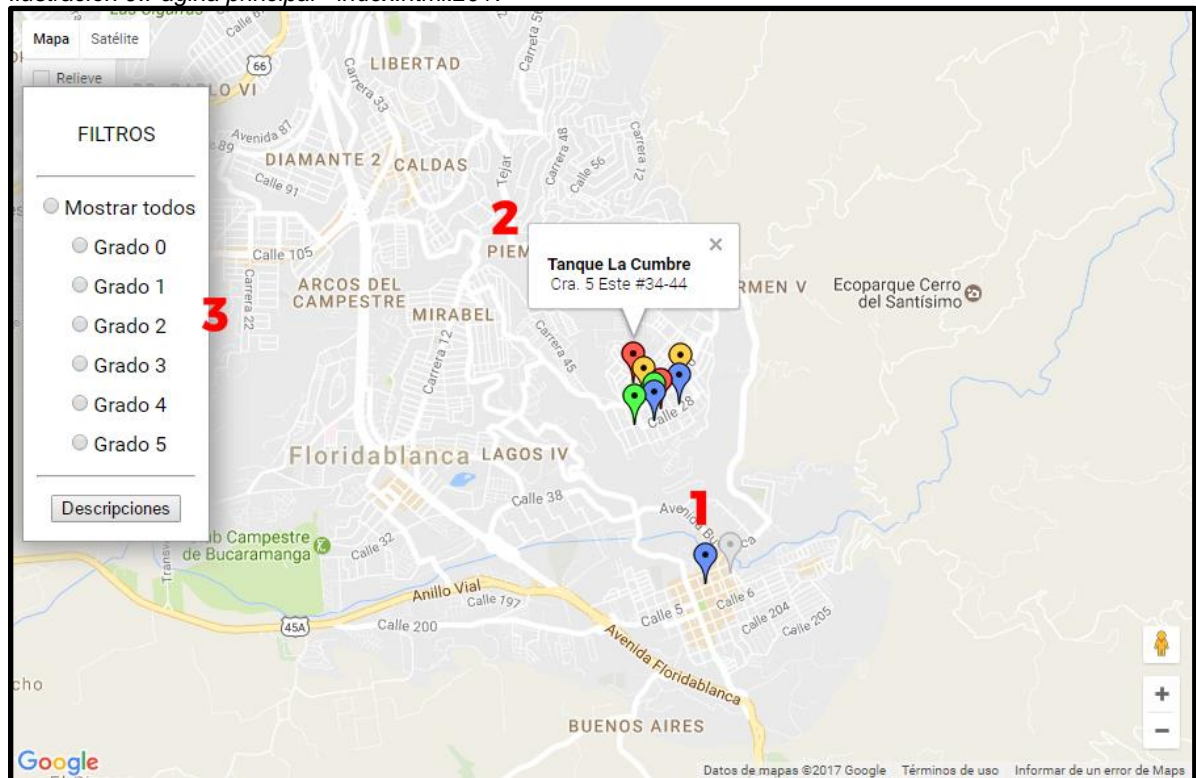
Después de definir la base de datos, se comenzó con el diseño de la interfaz para visualizar dichos marcadores. Usando HTML y JavaScript para la vista y la funcionalidad y PHP para la conexión con la base de datos, se desarrollaron las siguientes versiones del prototipo:

VERSIÓN 1.0 - FUNCIONALIDAD: VISUALIZAR EN EL MAPA MARCADORES ALMACENADOS EN LA BASE DE DATOS AÑADIDO.

VERSIÓN 1.1 - FUNCIONALIDAD: FILTRAR POR GRADO DE DAÑO AÑADIDO.

VERSIÓN 1.1.1 - INCLUSIÓN DE PÁGINA HTML ACERCA DE LAS DESCRIPCIONES DE LOS GRADOS.

Ilustración 9. Página principal - index.html.2017



1. **Marcador:** usando la longitud y latitud en la base de datos, se ubican en el mapa. El color está dado por el grado de daño que haya sido estipulado a la vivienda.

2. **Ventana de información:** muestra el nombre, dirección de la vivienda.

3. **Filtros:** permite filtrar los marcadores (viviendas) de acuerdo al grado de daño.

Ilustración 10. Página clasificación grados de daño - ems98.html.2017

Grado 0: Ningún tipo de daño
Grado 1: Daños de despreciables a ligeros <i>(ningún daño estructural, daños no estructurales ligeros)</i> Fisuras en muy pocos muros. Caída sólo de pequeños trozos de revestimiento. Caída de piedras sueltas de las partes altas de los edificios en muy pocos casos.
Grado 2: Daños moderados <i>(daños estructurales ligeros, daños no-estructurales moderados)</i> Grietas en muchos muros. Caída de trozos bastante grandes de revestimiento. Colapso parcial de chimeneas.
Grado 3: Daños de importantes a graves <i>(daños estructurales moderados, daños no-estructurales graves)</i> Grietas grandes y generalizadas en la mayoría de los muros. Se sueltan tejas del tejado. Rotura de chimeneas por la línea del tejado. Se dañan elementos individuales no-estructurales (tabiques, hastiales y tejados).
Grado 4: Daños muy graves <i>(daños estructurales graves, daños no-estructurales muy graves)</i> Se dañan seriamente los muros. Se dañan parcialmente los tejados y forjados.
Grado 5: Destrucción <i>(daños estructurales muy graves)</i> Colapso total o casi total.

VERSIÓN 2.0 - FUNCIONALIDAD: MARKER CLUSTERER AÑADIDO.

VERSIÓN 2.0.1 - MARKER CLUSTERER FUNCIONAL PARA CADA FILTRO.

AGRUPACIÓN DE MARCADORES

La librería MarkerClusterer de Google Maps se encarga de agrupar marcadores que estén cercanos en uno solo cuando se aleja la vista del mapa (zoom out) con el fin de evitar la sobrecarga de elementos visuales para el usuario.

Ilustración 11. Antes de implementar la librería MarkerClusterer.2017

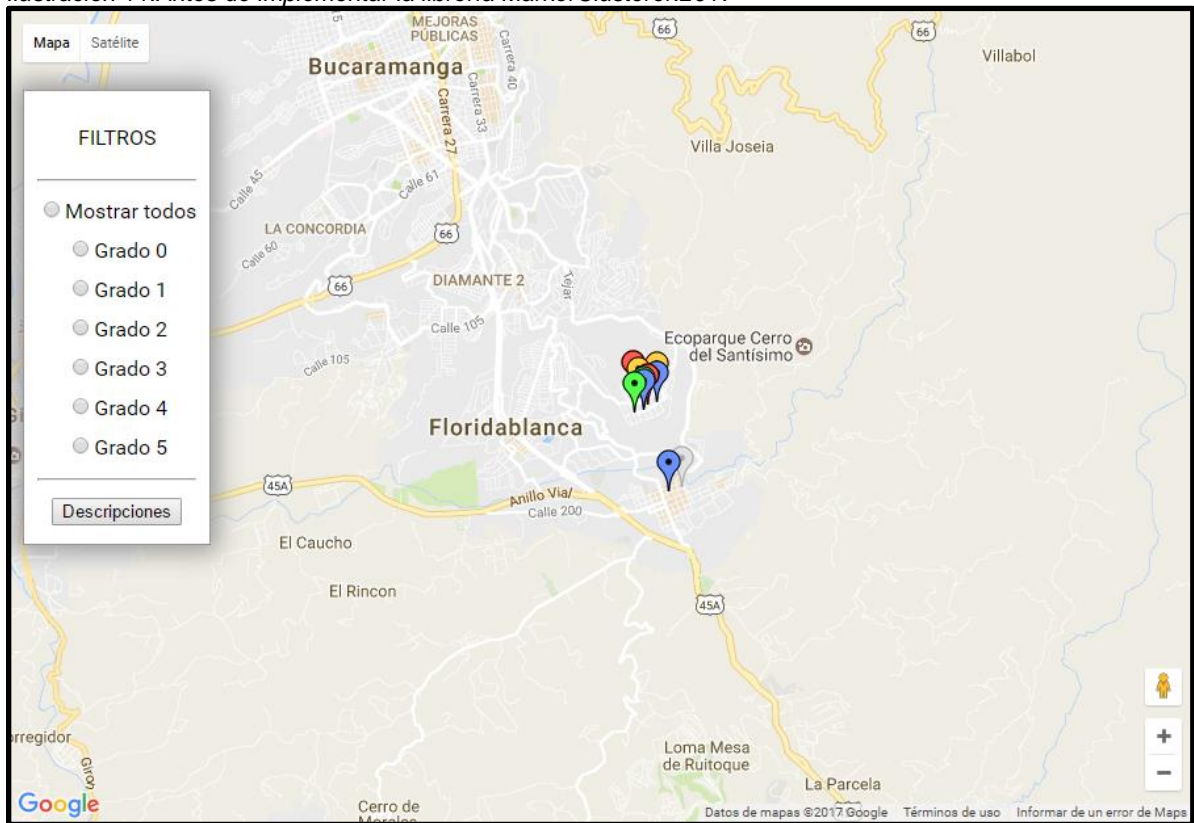
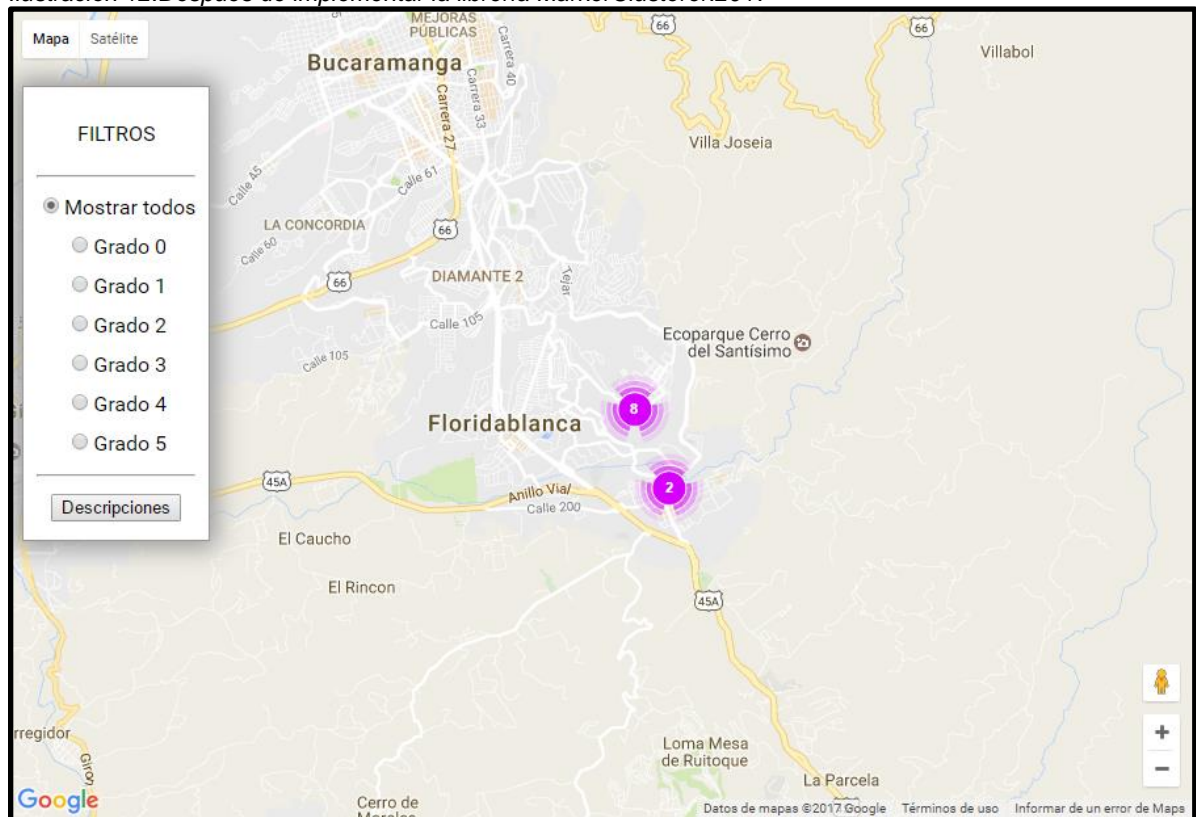


Ilustración 12. Después de implementar la librería MarkerClusterer.2017



VERSIÓN 3.0 - **FUNCIONALIDAD: MOSTRAR IMAGEN EN INFOWINDOW (VENTANA DE INFORMACIÓN DEL MARCADOR) AÑADIDO.**

Como dato de apoyo se decidió incluir una imagen/fotografía de la vivienda para ser mostrada en el mapa. Esto hizo necesaria la inclusión de un campo más en la tabla *marcadores* de la base de datos para almacenar las imágenes. La estructura final quedó de la siguiente manera:

Ilustración 13. Base de datos de la versión 3.0. 2017


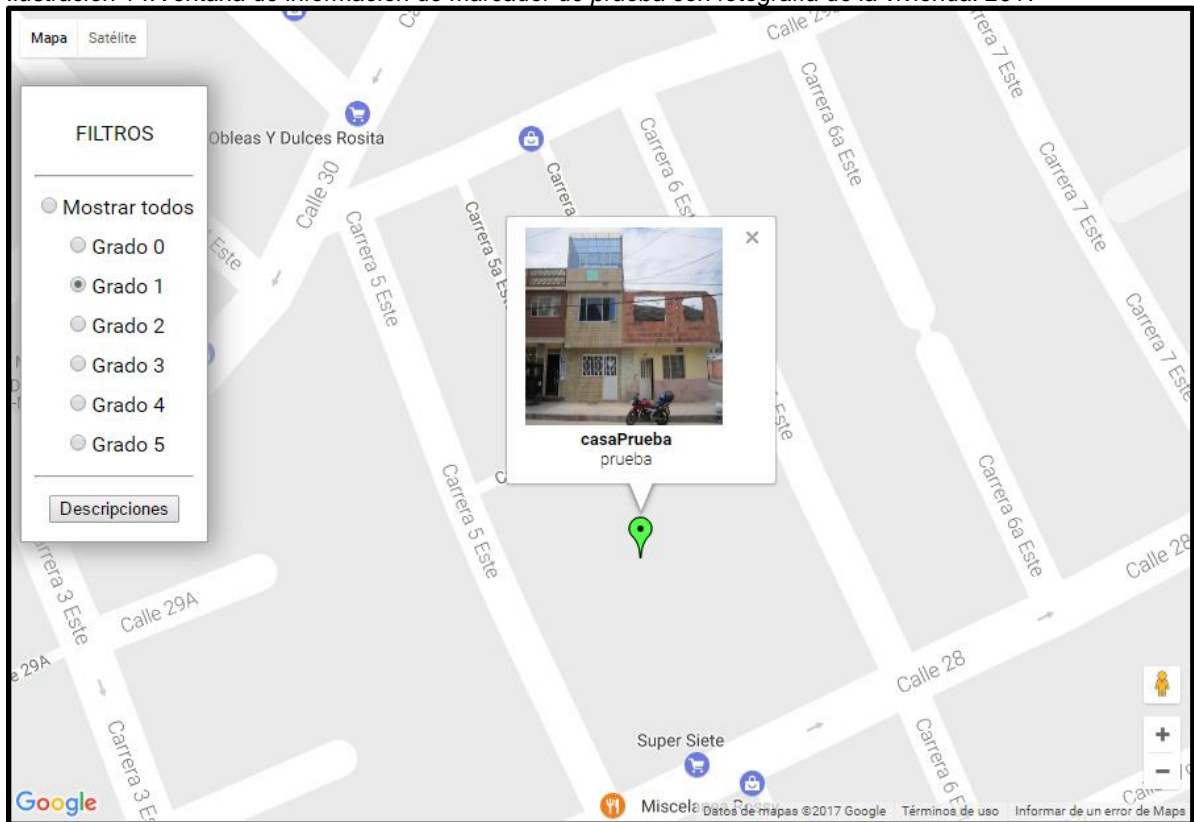
#	Nombre	Tipo	Cotejamiento	Atributos	Nulo	Predeterminado	Extra
1	id 	int(11)			No	Ninguna	AUTO_INCREMENT
2	name	varchar(60)			No	Ninguna	
3	address	varchar(80)			No	Ninguna	
4	lat	float(10,6)			No	Ninguna	
5	lng	float(10,6)			No	Ninguna	
6	type	int(2)			No	Ninguna	
7	image	longblob			Sí	NULL	

Ilustración 14. Ventana de información de marcador de prueba con fotografía de la vivienda. 2017



Una vez finalizadas las anteriores iteraciones de inclusión y mejoramiento del prototipo funcional; se presentó de nuevo al director y codirector del proyecto con el propósito de dar un veredicto sobre la funcionalidad del servicio implementado y

concretar opiniones sobre la visión de la arquitectura en base a lo diseñado.

La respuesta que se dio fue positiva y se dio luz verde para publicar el código en el repositorio FORGE del grupo SC3 (Supercomputación y Cálculo Científico de la Universidad Industrial de Santander).

FASE 4: Ajustes a la arquitectura con base a los hallazgos realizados en la implementación; con sus respectivas recomendaciones para trabajos a futuro sobre el tema.

7.AJUSTES

En primer lugar, se sugiere evaluar las tecnologías seleccionadas en la FASE 3 del desarrollo metodológico (base de datos, gestor de mapas e interfaces, entre otras). Lo anterior con el propósito de tener certeza que dichas tecnologías sean las más eficientes en miras a lo que el sistema puede llegar a ser y así evitar problemas de rendimiento o escalabilidad en el futuro.

El prototipo se desarrolló en un ambiente local, por tanto, antes de proceder a diseñar los demás componentes de la arquitectura se sugiere el uso de servidores web y de base de datos para alojar el sistema, de esta manera se pueden llevar a cabo pruebas de rendimiento y con usuarios en tiempo real.

Conforme el desarrollo de la plataforma avance se hace necesaria la revisión de los valores estipulados para los requerimientos no funcionales, como el tiempo de respuesta, la cantidad máxima de usuarios simultáneos, etc. La primera estimación se realizó mediante la investigación de plataformas que prestaban funcionalidades o servicios semejantes y que a su vez se ejecutaban en ambientes totalmente diferentes, esta revisión permitirá ajustar los objetivos de la arquitectura en términos

de su cómo debe comportarse para hacerlos más realistas y ceñirse a metas más claras.

8. RECOMENDACIONES

Como primera medida y para comprobar el óptimo funcionamiento de la arquitectura se debe asegurar que los requerimientos no funcionales expuestos en la FASE 2 del presente proyecto se cumplan en su totalidad, además de su persistencia a medida que el sistema vaya creciendo. Lo anterior se puede lograr si dichas variables se toman en cuenta desde una fase temprana del desarrollo de cada componente o módulo la cuales se irán probando y arreglando conforme avance su diseño. Un punto que vale la pena resaltar es la disponibilidad de la plataforma cuando un número considerable de personas hacen uso simultáneo de la misma, es decir, que el servidor de la plataforma no colapse y deje sin servicio a un grupo o a todos los ciudadanos, como puede llegar a pasar cuando un sismo ocurra y se necesite que estos ciudadanos reciban información de primera mano y con urgencia. Un fallo en esos momentos puede derivar en algo catastrófico y en contra de los principios fundamentales de la arquitectura.

Siguiendo con el tema de los requerimientos no funcionales se requiere del módulo de Gestión de información sísmica para asegurar la centralización y escalabilidad del sistema. Se recomienda diseñar dicho componente e ir acoplando los demás a él a medida que se desarrollen con el fin de estructurar la plataforma de manera correcta.

Por último, se recomienda hacer una segunda revisión del estado del arte y Revisar estado de arte más profunda.

9.RESULTADOS

Se determinaron los criterios de comparación para el diseño de la arquitectura a través de la revisión documental, estos fueron los servicios que las plataformas prestaban y los requerimientos no funcionales bajo los cuales funcionaban.

Los requerimientos funcionales de la arquitectura se lograron identificar mediante la indagación de las herramientas seleccionadas y, teniendo en cuenta la acepción de conciencia usada en el proyecto, se escogieron aquellos que ayuden a los ciudadanos a cumplir esa finalidad: “capacidad de reconocer la realidad circundante.”²². Por otra parte, los requerimientos no funcionales se seleccionaron observando el comportamiento de dichas plataformas para luego dar un acercamiento del contexto en que el sistema debería operar.

Se logró el diseño de los componentes y sus relaciones que se plasmaron en el diagrama UML de componentes, donde se incluyó como eje central el componente denominado Gestión de Información Sísmica que tiene como objetivo principal el centralizar todas las operaciones y módulos del sistema.

El prototipo realizado confirmó que las relaciones existentes entre los módulos utilizados y su diseño fue el correcto, lo cual permitiría conjeturar que los demás componentes de la arquitectura se encuentren correctamente diseñados

²² RAE. Op. Cit., p.

10. CONCLUSIONES

En el mundo existen gran cantidad de herramientas software que tienen como objetivo ayudar a la sociedad usando tecnologías de vanguardia para el mejoramiento de la calidad de vida y disminuir el riesgo de pérdidas humanas y material frente a un desastre natural de cualquier tipo.

Es importante destacar que Colombia a pesar de que se encuentra en un auge tecnológico no haya puesto en marcha la implementación o el diseño de alguna herramienta software para la mitigación de daños. Esto reafirma la utilidad de la arquitectura propuesta en el presente proyecto que busca no solo mitigar las pérdidas sino generar una conciencia entorno al riesgo sísmico al que se ven expuestos los colombianos.

Los usuarios juegan un papel importante en la elaboración de cualquier software, por tanto, se concluyó que en la arquitectura propuesta se hace necesaria la inclusión y participación activa de los mismos, con el fin de acatar los requerimientos o necesidades que estos demanden y que no hayan sido consideradas anteriormente.

La validación correcta de la arquitectura requiere de la implementación de todos los componentes.

BIBLIOGRAFÍA

ALCALDIA DE BUCARAMANGA. Redes Sociales. [en línea]. <
<http://www.bucaramanga.gov.co/noticias/asi-se-desarrollo-la-jornada-de-simulacro-por-sismo-en-bucaramanga/> > [citado en 2 de febrero de 2017]

EL COLOMBIANO. Bogotá D.C. 11, marzo, 2015. 1p. ISSN 890901352-3.

EL TIEMPO. Bogotá D.C. 23, abril, 2016. 3p.

ERDIKY, Fahjano. Istanbul Earthquake Rapid Response and the Early Warning System. Estambul: Bulletin of Earthquake Engineering, 2003. 157p.

GOBIERNO DE COLOMBIA. Unidad Nacional para la Gestión del Riesgo de desastres-Colombia. [en línea]. <
http://portal.gestiondelriesgo.gov.co/Paginas/old_noticias/733.aspx > [citado en 7 de enero de 2017]

IEEE, Engineering in Medicine and Biology Society. Microwave Life-Detection Systems For Searching Human Subjects Under Earthquake Rubble Or Behind Barrier. Jan, 2000. 47p.

JAPAN METEOROLOGICAL AGENCY. What is an Earthquakes Early warning?. [en línea]. <
<http://www.jma.go.jp/jma/en/Activities/eew1.html>> [citado en 3 de febrero de 2017]

LEN, Paul. Clements, Rick. Software Architecture in Practice, 2nd Edition, Addison Wesley, 2003. ISBN 0321154959

MARTINEZ, José. El terremoto de Lorca de 11 de mayo de 2011 y la sismicidad de la región. Instituto Geográfico Nacional. Madrid, Universidad Complutense de Madrid, 2012. 58p.

Metodologías y procesos de análisis de software. [en línea]
<<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/175/A5%20Cap%C3%ADtulo02.pdf?sequence=5>> [citado 3 de febrero de 2017]

Pfoser, D., & Li, K. J. (2014). Web and Wireless Geographical Information Systems 13th International Symposium, W2GIS 2014, Seoul, South Korea, May 29-30, 2014. Proceedings. In *Conference proceedings W2GIS*. 256p.

REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Def. Conciencia. [en línea]. <
<http://dle.rae.es/?id=A8k1FxD> > [citado en 10 de enero de 2017]

SCHNEIDER, Philip J.; SCHAUER, Barbara. HAZUS—its development and its future. En: Natural Hazards Review, 2006, vol. 7, no 2. 152p.

SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO. Red Sismológica Nacional de Colombia. [en línea]. < <http://seisan.sgc.gov.co/RSNC/index.php/joomla-overview/red-sismologica-nacional-de-colombia> > [citado en 10 de enero de 2017]

Silva, V., Crowley, H., Pagani, M., Monelli, D., & Pinho, R. (2014). Development of the OpenQuake engine, the Global Earthquake Model's open-source software for seismic risk assessment. *Natural Hazards*, 72(3), 1427 p.

Stockwell Jr, J. W. (1997). Free software in education: A case study of CWP/SU: Seismic Un*x. *The Leading Edge*, 16(7), 1050 p.

TORO, Tamara. El Complejo Sistema de alerta temprana de terremotos y Tsunamis de Japón. Diseño & Desarrollo. Japón: Aetchno, 2011. 89 p.

UPSEIS. Where Do Earthquakes Happen?. [en línea]. < <http://www.geo.mtu.edu/UPSeis/where.html> > [citado en 20 de enero de 2017]

YEH, Chin-Hsun; LOH, Chin-Hsiung; TSAI, Keh-Chyuan. En: Overview of Taiwan earthquake loss estimation system. *Natural Hazards*, 2006, vol. 37, no 1-2, 37 p.