

# **TRABAJO DE FIN DE MÁSTER**

## **DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN WEBMAPPING PARA LA ATENCIÓN DE INCIDENCIAS EN ENTORNOS RURALES.**

**Autora: Yineth Alexandra Castiblanco Rojas.**

**Director: Dr. Marcos Rodrigues Mimbreno**

**Máster Universitario en Tecnologías de la información geográfica para la ordenación  
del territorio: sistemas de información geográfica y teledetección.**

**Noviembre de 2017**



**Universidad  
Zaragoza**

**Departamento de Geografía  
y Ordenación del Territorio**



## RESUMEN

Gracias al creciente y masivo uso de las tecnologías móviles, se ha desarrollado alrededor de ellas un sinnúmero de elementos de software que dan solución o apoyan las tareas que las personas realizan a diario. En el contexto del uso de los datos geográficos, que en últimas se transforma en información geográfica a través del análisis y procesamiento informático, resulta de gran interés, hacer uso tanto de las tecnologías, como, del software para dar valor agregado a tareas cotidianas en relación a la geolocalización.

Disponer de herramientas tecnológicas que permitan la ubicación y trazabilidad de eventos ocurridos sobre el territorio, tales como incendios o emergencias, hace que su gestión por parte de las entidades o gestores a cargo, pueda ser medida y valorada con el fin de optimizar los planes de mitigación, así como evaluar su impacto. El presente trabajo pretende suministrar una herramienta de software que sirva como apoyo a la gestión de emergencias o de eventos en particular ocurridos sobre el territorio, especialmente sobre áreas rurales. El presente Trabajo de Fin de Máster presenta el resultado del esfuerzo de integrar conocimientos de análisis de información geográfica, cartografía, ingeniería informática, diseño de interfaces, matemáticas y algoritmia para construir una solución adecuada.

**Palabras clave:** SIG, web mapping, análisis de redes, PostGIS, ruta más corta, geolocalización.

## ABSTRACT

Due to the growing and widespread use of mobile technologies, a large amount of software elements have been developed providing a wide range of solutions to assist people on their day-by-day tasks. In the context of geographic data, which is transformed into geographic information through computer analysis and processing, it is of paramount interest of these technologies and software to add value to those daily tasks in relation to geolocation.

Having adequate tools that allow the location and traceability of a given event taken place somewhere in space such as forest fires or emergencies, facilitates their management. In this way, management procedures from entities or stakeholders can be measured and valued in order to optimize mitigation plans, as well as assess their impact. This work provides a software tool to support the management of emergencies or related events occurring on the territory focusing on rural areas. The present Master's thesis presents the result of the effort to integrate knowledge of geographic information analysis, cartography, computer engineering, interface design, mathematics and algorithms to build an optimal solution.

**Key words:** GIS, web mapping, network analysis, PostGIS, shortest path, geolocation.

## CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	OBJETIVOS.....	6
2.1	Objetivo General. ....	6
2.2	Objetivos Específicos.....	6
3.	METODOLOGÍA.....	7
3.1	INICIO. ....	7
3.1.1	Análisis de Requisitos.....	7
3.2	ELABORACIÓN. ....	12
3.2.1	Esquema de comportamiento del sistema.....	12
3.2.2	Diagrama de Casos de Uso.....	13
3.2.3	Despliegue y arquitectura física.....	14
3.2.4	Análisis de las herramientas tecnológicas. ....	15
3.3	CONSTRUCCIÓN.....	19
3.3.1	Etapa de Análisis.....	19
3.3.2	Etapa de Diseño.....	23
3.3.3	Etapa de Implementación .....	27
4.	RESULTADOS .....	33
4.1	Esquema principal de la aplicación. Acceso web .....	33
4.2	Registro de incidencia. Usuario en entorno rural.....	35
4.3	Atención de la incidencia. El gestor registrado en el sistema.....	35
4.4	Cálculo de ruta de acceso .....	37

4.5	Uso de capas auxiliares .....	38
4.6	Resolver el caso o incidencia .....	39
5.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....	40
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS. ....	43
	ANEXOS. ....	48

## TABLA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama de Casos de Uso Sistema de Atención de emergencias.....	13
<b>Figura 2.</b> Diagrama de Componentes del sistema.....	14
<b>Figura 3.</b> Diagrama de arquitectura física y tecnológica. ....	18
<b>Figura 4.</b> Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica. Municipio La Almunia. ....	20
<b>Figura 5.</b> Flujo de trabajo de geoprocesamiento . ....	23
<b>Figura 6.</b> Uso de la aplicación <i>PostGIS ShapeFile Import/Export Manager</i> para importación de capas a la base de datos.....	24
<b>Figura 7.</b> Esquema básico de tablas de datos elaboradas en postgresQL 9.6. ....	26
<b>Figura 8.</b> Resultado en base de datos del cálculo del algoritmo Dijkstra.....	27
<b>Figura 9.</b> Importación de tabla de segmentos de la red en GeoServer.....	30
<b>Figura 10:</b> Visualización de la tabla importada, a través del concepto de capa de datos geográficos.....	30
<b>Figura 11.</b> Creación de la vista de datos y sus parámetros. ....	31
<b>Figura 12.</b> Visualización de una de las de capas Auxiliares con SLD definido. ....	32
<b>Figura 13:</b> Página principal de la aplicación en un navegador web .....	33
<b>Figura 14.</b> Página principal de la aplicación en un navegador web. Fotografía Aérea del PNOA. ....	34
<b>Figura 15.</b> Página principal de la aplicación en un navegador web a través de un dispositivo móvil. ....	34

<b>Figura 16.</b> Página de registro de incidencia a través de un dispositivo móvil. ....	35
<b>Figura 17.</b> Inicio de sesión del gestor en la aplicación.....	36
<b>Figura 18.</b> Ventana principal del Gestor una vez ha iniciado sesión.....	36
<b>Figura 19.</b> Descripción de cada incidencia reportada por los usuarios y sus opciones. ....	36
<b>Figura 20.</b> Opciones de origen para el cálculo de la ruta de acceso a la incidencia reportada .....	37
<b>Figura 21.</b> Ruta de Acceso más corta a la incidencia desde la estación de origen elegida..	37
<b>Figura 22.</b> Uso de capas auxiliares para la visualización de la ruta de acceso más corta....	38
<b>Figura 23.</b> Mensaje de confirmación para resolver el caso o incidencia. ....	39
<b>Figura 24.</b> Mensaje final del caso o incidencia resuelta.....	39

## **1. INTRODUCCIÓN.**

De acuerdo al objetivo principal de la Dirección General de Protección Civil y Emergencias (Dirección General de Protección Civil y Emergencias, 2017), donde se establece la protección de personas y bienes como servicio público y respaldado por la Ley 17/2015 de 10 de Julio del Sistema Nacional de Protección Civil, donde se definen las disposiciones y directrices generales para garantizar la protección de los ciudadanos y bienes de la nación, las administraciones locales o regionales diseñan planes estratégicos para dar solución a incidencias ocurridas a ciudadanos o bienes públicos sobre el territorio.

Como parte del apoyo a la realización exitosa de los planes estratégicos se plantea el uso de herramientas tecnológicas que sirvan de respaldo al cumplimiento de este objetivo, garantizando el cumplimiento de las disposiciones legales para este fin y obteniendo un respaldo de datos históricos que permitan evaluar la ejecución de esos planes posteriormente.

Por los motivos anteriormente citados se considera que el acceso físico a las incidencias ocurridas en lugares del territorio donde se presentan accidentes, incendios, daños en las vías, infraestructura a ser reparada, entre otros, debe realizarse de manera óptima ya sea, evitando rutas innecesarias de llegada o permitiendo el acceso a estos lugares de la forma más rápida posible.

Generalmente, este tipo de acciones sobre eventos ocurridos en el territorio implica la realización de un plan predefinido de accesos a ciertos puntos que depende en gran parte del conocimiento empírico de la zona por parte de los gestores o de las personas a cargo para atender este tipo de situaciones con apoyo de herramientas de comunicación como radio-comunicadores o teléfonos móviles.

Cuando los eventos se presentan en zonas en las que, ya sea por la dificultad de acceso o están fuera del alcance de los planes predefinidos, se presenta un escenario donde el acceso a estas zonas está basado casi exclusivamente en el conocimiento previo de la zona;

depender exclusivamente de ello implica incrementar innecesariamente en un alto porcentaje el riesgo en la exitosa atención del evento que se desea atender y se presenta en el territorio; esto pone de manifiesto la necesidad de encontrar soluciones, que apoyadas por tecnologías de geolocalización y el acceso a la web permitan acceder a estos lugares de manera ágil y oportuna.

La solución para hallar rutas óptimas de acceso a un punto determinado del espacio, ha sido estudiada a nivel de investigación de operaciones o de modelos matemáticos para lograr comprender la naturaleza del problema que supone abstraer un punto del espacio y los caminos que los conectan; cada modelo intenta resolver esta abstracción desde su perspectiva académica, ya sea formulando modelos matemáticos o definiendo estructuras de datos que serán procesadas por ordenadores o programas informáticos en particular.

Los modelos que ha utilizado la investigación de operaciones son: el modelo de transporte donde hay  $m$  orígenes y  $n$  destinos, cada uno representado por un nodo; los arcos representan las rutas que unen los orígenes con los destinos, y el modelo de redes, en donde se define la existencia de nodos conectados por ramas (Taha, 2011).

Para el caso de la definición de estructuras de datos, el modelo matemático se basa en la creación de grafos; un grafo es un conjunto de puntos denominados vértices junto con una colección de líneas, que son las aristas, cada una uniendo a un par de puntos (vértices) o al vértice con él mismo (Aguado, et al., 2014).

Estos modelos, a partir de la definición de operaciones y atributos, permiten visualizar a partir de unas reglas como lo son costes o valores especiales para aristas (arcos) o vértices (nodos) o características de direccionalidad, cual es la ruta óptima de acuerdo a la necesidad del problema.

Se formulan entonces algoritmos<sup>1</sup> que permiten de acuerdo a cada caso y condiciones en particular encontrar diversas soluciones con diferentes grados de complejidad.

---

<sup>1</sup> Un algoritmo se define como la ejecución secuencial de un conjunto de procesos finitos, es decir con un inicio y cierre o terminación definida, que con una cantidad de pasos finitos, al igual que los procesos conducen a un resultado. (Martínez y Martín, 2003)



Estos algoritmos son usados con apoyo de infraestructura informática predefinida por un proceso de análisis y planeación de software para dar solución ya sea industrial, comercial o pública a problemas cotidianos como lo son encontrar rutas más cortas o rutas más rápidas de acceso a ciertos lugares del espacio, por ejemplo, la logística de envíos de productos por ciertas rutas o la ubicación de la tienda de comidas más próxima a la estación de bus, o la búsqueda de la forma de acceder a un punto de información ciudadano desde un punto de encuentro.

Un ejemplo de las entidades comerciales que hacen uso de este tipo de algoritmos implementados a través de un sistema informático es Google Maps<sup>2</sup>, el cual, basado en la potente infraestructura de servidores y ordenadores a nivel mundial suministra información ágil y oportuna para el cálculo de rutas óptimas y alternas, basadas en el suministro por parte del usuario final de datos bastante sencillos de origen y destino para mostrar al usuario la ruta óptima.

Algunas de las desventajas de este sistema, para el cubrimiento de la necesidad de calcular rutas de acceso a zonas de eventos reportados por usuarios en entornos rurales, sería en primer lugar, la de no contar con acceso a caminos y vías rurales, ya que esta tecnología como varias disponibles a nivel mundial, están basados en vías urbanas y carreteras o autopistas principales; en segundo lugar, su uso implica un coste de administración por licenciamiento, que muchas veces supone un aumento de presupuesto de las administraciones para este fin y en algunas ocasiones no puede ser cubierto de la forma que se espera.

Por otro lado, incluyendo en las alternativas comerciales aquellas que no impliquen un uso de licenciamiento de software y se pueda utilizar libremente, se encuentra Open Street Map<sup>3</sup>, la cual dispone de una poderosa infraestructura de servidores y ordenadores a nivel mundial,

---

<sup>2</sup> Google Maps es un servidor de mapas que se publican vía web, propiedad de Google. Permite ver y usar contenido como mapas, imágenes, fotografías, entre otros, que se encuentran disponibles alrededor del mundo a través de la compleja red ordenadores que facilitan el acceso desde diversas plataformas tecnológicas. (Google Maps, 2015).

<sup>3</sup> OMS Open Street Map es un proyecto de libre distribución y de código abierto construido por una comunidad de personas interesadas en el tema de datos geográficos alrededor del mundo, allí se aportan y mantienen datos sobre calles, vías, sitios de interés, entre otros. Es accesible vía web y está disponible para diversas plataformas tecnológicas. (Open Street Map, 2017)

además de contar con la mayor red de colaboración por parte de usuarios en cuanto a tratamiento de información geográfica, sin embargo, este sistema informático no cuenta con acceso a caminos y vías rurales a muchas zonas donde se desea acceder, esto teniendo en cuenta que debe ser usado directamente desde un sitio web para el cálculo de rutas más cortas a un punto dado.

A modo de experiencia nacional y como muestra de la efectividad del apoyo tecnológico para la gestión de incidencias sobre el territorio, surge una solución que se planteó en el Ayuntamiento de Lorca a raíz del terremoto en la región en 2011 (Bolaños, 2013).

Esta solución fue la creación de la aplicación SGE 2.0 (Martínez, 2017), quien con el respaldo de diversas instituciones públicas y entidades nacionales, lograron el desarrollo de una herramienta de software de código abierto, que además de gestionar el equipo humano que atiende una emergencia, permite a las administraciones conocer el estado de la infraestructura, recursos, evaluación de daños, costes generados, entre otros.

En el actual escenario, dando respuesta a la necesidad de calcular rutas de acceso a zonas de eventos reportados por usuarios en entornos rurales, con el fin de mitigar los riesgos en cuanto a la no atención de las incidencias o el de no contar con un registro histórico de su atención y habiendo evaluado alternativas comerciales, se plantea la creación de una solución informática basada en Web que permita a los gestores de estos eventos contar con los medios tecnológicos que le permitan visualizar las rutas de acceso más cortas a determinados puntos de incidencia localizados sobre el territorio, en particular en las zonas rurales en las que usuarios las han reportado y de las cuales los gestores dispondrán de sus registros de atención en el tiempo. Para esto se hace énfasis en la utilización de información pública, disponible y legal.

Una vez evaluadas las posibles soluciones a nivel comercial que se encuentran disponibles en la web, se considera que el libre acceso de la plataforma Open Street Map, a través de sus servicios web abiertos, pueda ser usado como apoyo a la visualización del territorio y para la construcción de la solución informática. Para el cálculo de la ruta se plantea

considerar diversos algoritmos que facilitan el cálculo de las rutas más cortas basadas en diversos parámetros y con diversos resultados.

El principal reto de la solución informática planteada, además de permitir la gestión de emergencias, es la de garantizar el acceso a los lugares de incidencias de manera óptima, utilizando como base las experiencias, servicios web abiertos, avances académicos y demás fuentes de información abierta y pública.

La solución informática planteada, se desarrolló en las instalaciones de remOT Technologies<sup>4</sup> en la modalidad de práctica en empresa, con una duración de 400 horas las cuales se detallan en el cronograma de actividades que se relaciona en el ANEXO F.

---

<sup>4</sup> remOT Technologies es una empresa que con el apoyo de la Universidad de Zaragoza surge con el objetivo de poner en práctica en el mercado los conocimientos de teledetección que son resultado de investigaciones y proyectos del grupo Geoforest que pertenece al Instituto Universitario de Ciencias aplicadas (IUCA) del Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio de Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Zaragoza. (El Periódico de Aragón, 2017)

## **2. OBJETIVOS.**

### **2.1 Objetivo General.**

Diseñar y construir una herramienta informática que sirva de apoyo a la gestión de incidencias en entornos rurales que permita reportar incidentes a los usuarios afectados y permitir a los gestores atenderlas, garantizando su accesibilidad a partir del cálculo de rutas.

### **2.2 Objetivos Específicos.**

- [1] Realizar el análisis de información que se encuentra disponible en las administraciones públicas para obtener un modelo de comportamiento del sistema a construir.
- [2] Diseñar y crear la presentación de datos en forma visual a través de herramientas web para los usuarios de la aplicación.
- [3] Presentar a los usuarios interesados la ruta más corta de acceso a las incidencias a través del uso del algoritmo Dijkstra.
- [4] Implementar un caso de prueba con información real y disponible de manera legal y gratuita.
- [5] Hacer uso de tecnologías basadas en software de libre distribución.

### **3. METODOLOGÍA.**

La ejecución de este proyecto se ha desarrollado siguiendo la metodología de desarrollo de software RUP *Rational Unified Process* (Jacobson. Rumbaugh. Booch, 2000) que define los pasos o fases para alcanzar el objetivo principal en cuanto al diseño y construcción de una herramienta informática; para este caso, en el ámbito empresarial, puntualmente para remOT Technologies, se considera esta metodología, como aquella que se ajusta al resultado esperado como lo es un producto de software. Las fases que componen la metodología citada son Inicio, Elaboración y Construcción las cuales se basan en, el análisis previo de las necesidades, el diseño de software necesario para cubrir esas necesidades y la implementación o construcción del producto que dará solución a las necesidades encontradas en la fase de Inicio.

A continuación se describen los procesos ejecutados en cada una de las fases.

#### **3.1 INICIO.**

En esta fase se definen los requisitos de las necesidades que se desean solucionar basado en documentos y listas de requerimientos.

##### **3.1.1 Análisis de Requisitos.**

Para dar solución al cálculo de rutas más cortas de acceso a incidencias registradas en entornos rurales, se establece la necesidad de crear una herramienta informática que sirva de apoyo a la gestión de atención de incidencias en entornos rurales. Para esto debe definirse un grupo de actores del sistema y una serie de análisis de requisitos o requerimientos base para dar comienzo a las primeras etapas de las fases de la construcción del sistema informático. A continuación se describen los pasos de este subcapítulo de análisis de requisitos.

## Actores del Sistema

Los actores del sistema, son aquellos que interactúan con el sistema para lograr un flujo de información coherente entre usuarios y plataformas tecnológicas. A continuación se lista el grupo de actores que interactúan directamente con el sistema:

- a. Ciudadano: persona que reporta una incidencia en el territorio
- b. Gestor de incidencia: persona que atiende la incidencia sobre el territorio
- c. Administrador de la aplicación: entidad a cargo de la gestión y administración del sistema, usuarios y funcionalidades.

## Requisitos

El resumen de los requisitos y los flujos de trabajo de la aplicación se resumen en la siguiente tabla:

**Tabla 1.** Descripción de requisitos funcionales y no funcionales.  
(Elaboración propia 2017)

Descripción requisitos Funcionales
Registrar incidencia en mapa
Visualizar ubicación de incidencias
Ver ruta óptima
Actualizar estado de incidencia
Descripción requisitos No Funcionales
La aplicación debe poder visualizarse en cualquier dispositivo, <i>responsive</i> <sup>5</sup> .
La aplicación debe estar desarrollada bajo el marco de tecnologías de libre acceso y distribución.

---

<sup>5</sup> Conjunto de técnicas de diseño y desarrollo de software que permiten adaptar la apariencia de las páginas web al dispositivo que se utilice para acceder a ellas.

## Requisitos Funcionales

Los requerimientos funcionales o condiciones fundamentales del sistema representan las características o funciones necesarias o deseadas por el cliente para que el sistema lleve a cabo su objetivo. A continuación, en las tablas 2, 3, 4 y 5 se muestra la definición de los requisitos funcionales y su descripción.

**Tabla 2.** Descripción de requisito funcional RF01.

(Elaboración propia 2017)

Número de requisito	<b>RF01</b>
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Alta/Esencial
Descripción del requisito	Se debe permitir el registro de incidencia en un mapa que previamente se ha cargado al acceder al sitio web de la aplicación. El mapa se cargará utilizando la ubicación geográfica obtenida a partir del dispositivo GPS del usuario.  El registro de la incidencia debe realizarse a través del diligenciamiento de un formulario que el sistema suministrará.

**Tabla 3.** Descripción de requisito funcional RF02.

(Elaboración propia 2017)

Número de requisito	<b>RF02</b>
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Alta/Esencial
Descripción del requisito	El sistema debe permitir al usuario visualizar las incidencias abiertas en el mapa previo inicio de sesión de administrador. Se cargará un mapa de ubicación de los caminos a monitorear donde se visualizarán las incidencias que aún no han sido resueltas.

**Tabla 4.** Descripción de requisito funcional RF03.  
(Elaboración propia 2017)

Número de requisito	<b>RF03</b>
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Alta/Esencial
Descripción del requisito	El sistema permitirá realizar el cálculo de la ruta más corta para el acceso a partir de la elección de un punto de destino (lugar de la incidencia) y del punto origen que debe elegirse una vez se ha seleccionado el punto destino. Una vez se ha calculado la ruta, esta debe mostrarse al usuario en el mapa.

## Requerimientos No Funcionales

Aquellos requisitos que de no cumplirse no comprometen el correcto funcionamiento del sistema pero son importantes para considerarse en la elaboración del proyecto. A continuación, en las tablas 5 y 6 se detallan los requisitos no funcionales.

**Tabla 5.** Descripción de requisito no funcional RNF01.  
(Elaboración propia 2017)

Número de requisito	<b>RNF01</b>
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Media/Deseado
Descripción del requisito	Una vez se ha atendido la emergencia/incidencia, se podrá actualizar su estado como resuelto.



**Tabla 6.** Descripción de requisito no funcional RNF02.

(Elaboración propia 2017)

Número de requisito	<b>RNF02</b>
Tipo	Requisito
Prioridad del requisito	Baja/Opcional
Descripción del requisito	La aplicación debe poder visualizarse en cualquier dispositivo, es decir, esta debe ser tipo <i>responsive</i> (adaptable)

Dentro de las restricciones, hay que considerar aquellas relacionadas con las telecomunicaciones en la zona, es decir, una vez el sistema web esté disponible, este dependerá del acceso web en las zonas rurales del lugar donde se reporte la incidencia.

Finalmente, se estableció como limitación dentro de la descripción de los requisitos que la herramienta informática se desarrollaría sobre los caminos del municipio de La Almunia, Provincia de Zaragoza, España.

### **3.2 ELABORACIÓN.**

Esta fase detalla el comportamiento y la arquitectura que tendrá el proyecto de software que dará solución a las necesidades descritas anteriormente, esto, a través de modelos representados en diagramas de usuario y de sistema.

#### **3.2.1 Esquema de comportamiento del sistema.**

Este punto se centra en obtener una visión más amplia de los objetivos y requisitos del proyecto y de las capacidades de respuesta del sistema frente a ellos.

Su representación se basa en la abstracción de elementos del mundo real para transformarlos en modelos.

Tomando como base el concepto de abstracción del mundo real transformado en modelos (o modelado conceptual), se hizo uso del Lenguaje Unificado de Modelado (UML)<sup>6</sup> para representar el análisis funcional, el comportamiento dinámico del sistema y la arquitectura física.

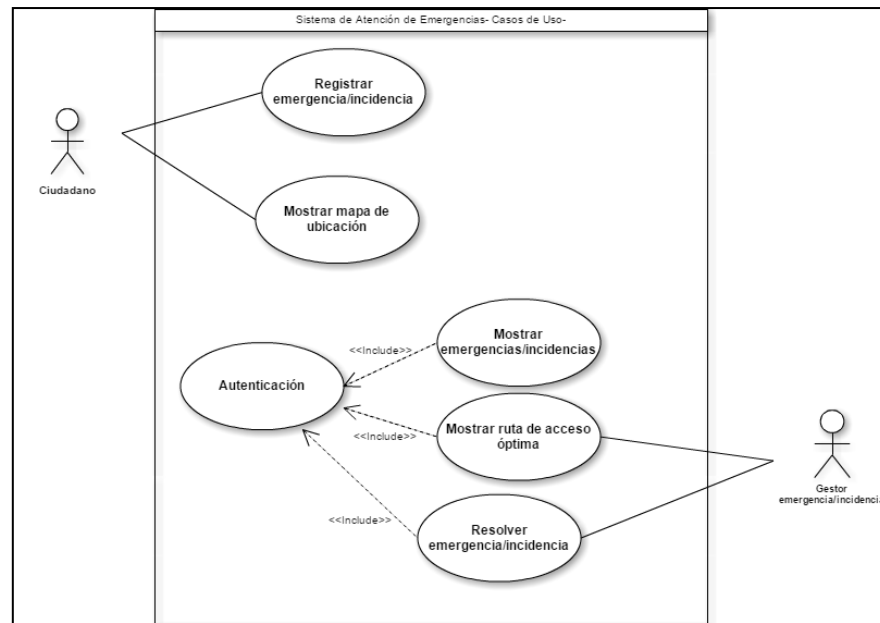
A continuación se describen los principales diagramas de abstracción de las necesidades descritas en los requisitos y la forma como se representan en un sistema informático.

---

<sup>6</sup> El Lenguaje de Modelamiento Unificado (UML - Unified Modeling Language) es un lenguaje gráfico para visualizar, especificar y documentar cada una de las partes que comprende el desarrollo de software. UML entrega una forma de modelar cosas conceptuales como lo son procesos de negocio y funciones de sistema, además de cosas concretas como lo son escribir clases en un lenguaje determinado, esquemas de base de datos y componentes de software reusables. (Salinas y Hirschfeld, 2017)

### 3.2.2 Diagrama de Casos de Uso.

El diagrama de casos de uso representa el análisis funcional de la aplicación, es decir, la interacción del usuario con el sistema o cómo estos usuarios llamados actores perciben el sistema (Jacobson. Rumbaugh. Booch, 1999).

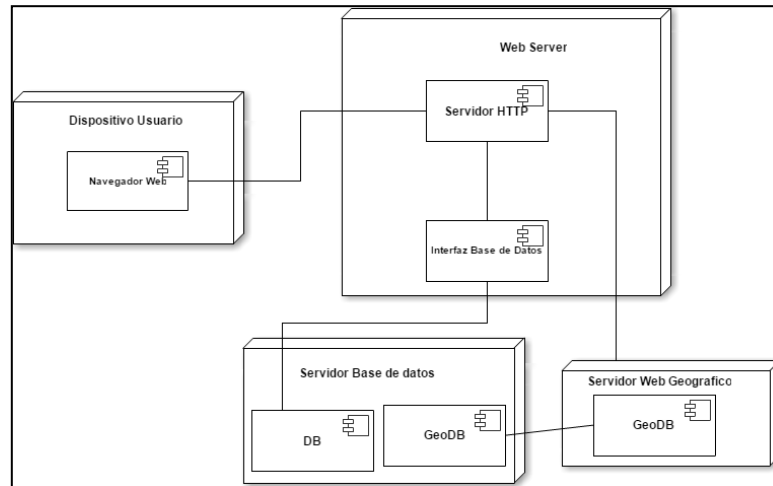


**Figura 1.** Diagrama de Casos de Uso Sistema de Atención de emergencias.  
(Elaboración propia 2017)

La figura 1 muestra una secuencia de actividades donde se puede apreciar cómo el usuario o actor percibe el sistema. El Ciudadano que en este caso es el usuario principal, ve que el sistema registra una incidencia y que le muestra un mapa de ubicación, a su vez, el Gestor de dicha incidencia que es el otro usuario o actor involucrado con la ejecución del sistema, ve que el sistema las muestra junto a las rutas de acceso óptimas y le da la opción de resolverlas, todas las anteriores actividades basadas en una relación *<<include>>* que significa que es obligatorio el cumplimiento del caso de uso “Autenticación” para que los otros casos de uso sean mostrados a este usuario en particular, es decir, el Gestor debe Autenticarse en el sistema para poder acceder a estas opciones, de lo contrario , se convertiría en un Ciudadano, el otro actor. Para ampliar el tema a nivel de descripción de diagramas y especificación ver ANEXOS A y B.

### 3.2.3 Despliegue y arquitectura física.

Buscando modelar la disposición lógica y física de los elementos de software que componen el sistema, se utilizó en primera instancia el diagrama de componentes representado en la figura 2.



**Figura 2.** Diagrama de Componentes del sistema.  
(Elaboración propia 2017)

Aquí se describe en términos generales la estructura de la implementación de la aplicación de software en sí misma y los componentes requeridos para poder funcionar de acuerdo a los objetivos y requisitos planteados.

En la figura 2 se puede apreciar que el dispositivo del usuario requiere un navegador web para acceder a los componentes que harán que la aplicación de software se ejecute.

El Web Server es el servidor web que permitirá albergar las funcionalidades principales para la ejecución de la aplicación y que pueda ser usada vía web; este servidor a su vez se conectará con un Servidor de Base de datos que otorgará la conexión respectiva a la base de datos (DB) de la aplicación (quien proveerá los datos respectivos de la ejecución del software de la aplicación) y también otorgará la conexión a la base de datos geográfica (GeoDB) (quien proveerá la información geográfica).

Este servidor de base de datos y el servidor web estarán en constante comunicación con el Servidor web geográfico que soportará el acceso de la aplicación a los datos geográficos almacenados en la respectiva base de datos geográfica.

### **3.2.4 Análisis de las herramientas tecnológicas.**

Para la implementación de los componentes y sus relaciones es importante considerar la tecnología a utilizar en el sistema.

Por otro lado para que la aplicación de software pudiese ser ejecutada de acuerdo a los requisitos y necesidades descritas en la fase de análisis, se tomaron en cuenta los siguientes puntos y su descripción:

#### **a. El lenguaje de programación:**

El lenguaje de la aplicación debía ser interpretado por el servidor y debía articular extensiones disponibles en la web para implementar las utilidades geográficas y de visualización y también debía articular las extensiones para la implementación de la característica *responsive* o adaptabilidad desde el dispositivo de acceso.

Se utilizó el lenguaje de programación PHP (Hypertext Preprocesor) por su facilidad de conexión con extensiones para visualización interactiva de mapas y de adaptabilidad de pantallas móviles y web.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Para dar mayor profundidad al tema se recomienda al lector remitirse al ANEXO E. Glosario técnico

## b. Base de datos

Debía implementarse una base de datos que permitiera la utilización de extensiones para el uso de datos geográficos.

Las principales extensiones existentes para la utilización de datos e información geográfica en una base de datos, disponibles en el mercado se describen a continuación:

**Tabla 7.** Extensiones de base de datos geográficos.

(Elaboración propia 2017)

Extensiones	Características	
	Open Source	Función cálculo de rutas
PostGIS	✓	✓
Oracle Spatial	✗	✓
Spatial Extension MySQL	✓	✗

De acuerdo a los resultados de la sencilla comparación se decidió optar por la extensión PostGIS (PostGIS, v. 2.3.2) que gestiona datos de origen geográficos, que hace parte del motor de base de datos PostgreSQL (PostgreSQL, v. 9.6).

## c. Servidor de aplicaciones

Debía existir un servidor de aplicaciones que pudiese ser usado vía web y utilizara un sitio virtual local para poder ejecutar la aplicación. El servidor de aplicaciones a utilizar es Apache Tomcat® (Apache Tomcat, v. 5.4.3). Es de anotar que este servidor de aplicaciones está enlazado a un contenedor llamado *integrador* descrito en la figura 3. Este contenedor es WAMPServer (WampServer v. 2.2), este a su vez permitirá la unión entre la administración de la base datos, el procesamiento de las instrucciones descritas en el lenguaje PHP y el despliegue de la aplicación en un entorno web local.

#### d. Software de edición de información geográfica

La elección de software de edición de información geográfica estuvo basada en la premisa de trabajo de software libre. Se eligió Quantum GIS v2.18.0 (Quantum GIS v. 2.18.0) más conocido como QGIS debido a su reconocimiento y soporte técnico de funcionalidades ampliamente difundido por la red.

#### e. Servicio de implementación web de información geográfica

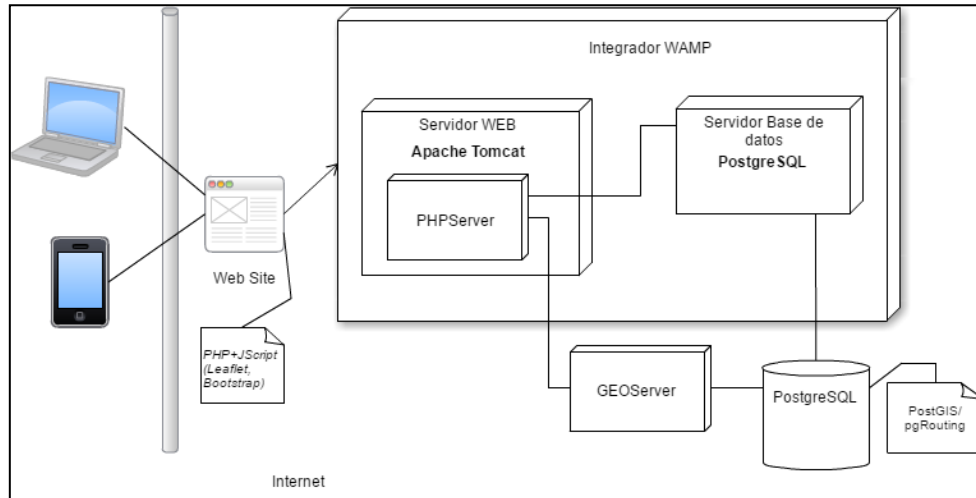
Haciendo referencia a la disponibilidad de software que cumpla estándares de servicios de datos, es decir, que tuviera soporte para servicios web mapping (WMS), que fuera de libre distribución y demás características que se detallan a continuación:

**Tabla 8.** Servidores de información geográfica: Geo Servidores  
(Elaboración propia 2017)

Geo Servidores	Características				
	Open Source	Estándar del OGC® WMS	Soporte de estilos CSS	Facilidad de configuración de múltiples orígenes de datos	Conocimiento previo de la herramienta
MapServer	✓	✓	✗	✗	✗
GeoServer	✓	✓	✓	✓	✓
GeoNetwork	✓	✓	✗	✗	✗

De acuerdo a la tabla anterior, se elige la herramienta GeoServer (GeoServer v. 2.11.1) como servidor web de información geográfica debido a su robustez y facilidad de uso e integración con origen de datos externos como los que se tienen en la base de datos de PostgreSQL.

Para facilitar la comprensión de la lógica de uso e implementación a nivel de tecnologías soportadas para la ejecución de la aplicación de software, basado en la figura 2 se elaboró el diagrama representado en la figura 3 donde se describen las herramientas tecnológicas utilizadas en el presente proyecto.



**Figura 3.** Diagrama de arquitectura física y tecnológica.  
(Elaboración propia 2017)



### **3.3 CONSTRUCCIÓN.**

La fase de construcción se encarga de que una vez definida la fase de elaboración se proceda a la creación de una la línea base de construcción de software.

Para este proyecto, esta línea base se ha subdivido en etapas, la cuales corresponden a los flujos de trabajo que se definen para conseguir los objetivos planteados.

#### **3.3.1 Etapa de Análisis.**

En esta etapa se describe la investigación, obtención y edición de datos geográficos con los que se desea trabajar. De acuerdo a los requisitos definidos en la Fase de Inicio, la zona de trabajo se establece para el municipio de La Almunia, provincia de Zaragoza, España.

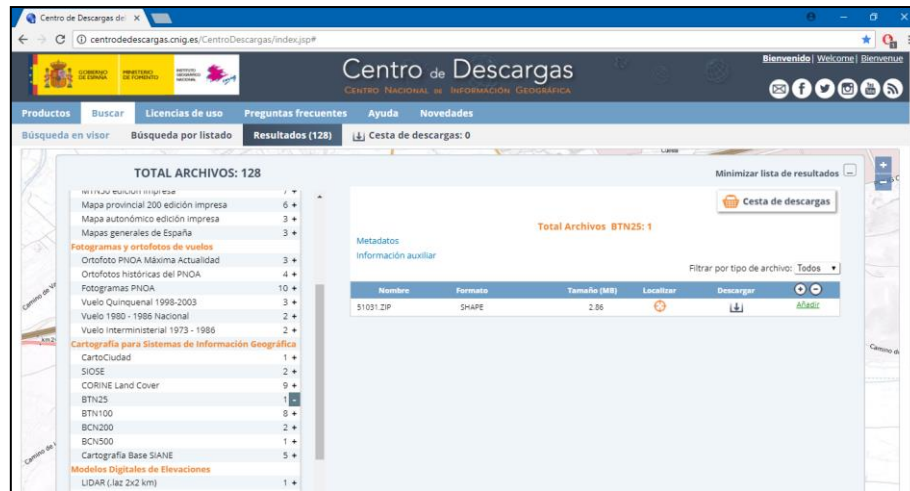
##### **3.3.1.1 Obtención de la información**

Partiendo de la base de que el Centro Nacional de Información Geográfica (CNIG) tiene por misión el difundir y comercializar los productos del Instituto Geográfico Nacional (IGN), quien a su vez vela por la distribución de publicaciones cartográficas cumpliendo con las directivas del Ministerio de Fomento (CNIG, 2017), se toma como referente, esta entidad (el IGN), para la obtención de la Base Cartográfica Numérica (BCN).

Una Base Cartográfica Numérica (BCN), es un conjunto de datos concebido y orientado para su carga en un Sistema de Información Geográfico (SIG) que contiene toda la información relevante representada en la cartografía del IGN en la misma escala (Observatorio de Urbanismo, 2017), la escalas en que se trabaja son 1:25.000, 1:50.000, 1:200.000, 1:500.000, 1:1.000.000 y 1:2.000.000.

Teniendo en cuenta que la zona de estudio: el Municipio de la Almunia en la provincia de Zaragoza y de acuerdo al Real Decreto 1545/2007, de 23 de Noviembre, por el que se regula el Sistema Cartográfico Nacional (Gobierno de Aragón, 2017), en los ámbitos autonómicos se distribuyen las escalas de trabajo de 1:25.000 hasta 1:5.000.

Basados en lo anterior se tomó del IGN la Base Cartográfica Numérica: *BCN25* que equivale a la escala de trabajo 1:25.000. Se eligió en formato *shape* (.shp) para garantizar la posterior edición de su contenido y creación específica de la topología de red.



**Figura 4.** Centro de Descargas del Centro Nacional de Información Geográfica. Municipio La Almunia. (Portal Web CENIG 2017)

### 3.3.1.2 Edición de información geográfica

Una vez se obtuvo la información geográfica, se procedió a realizar la edición de la información geográfica para conformar la red<sup>8</sup> que dará como resultado el insumo necesario para calcular el algoritmo que permitirá encontrar la ruta más corta.

Dentro de los algoritmos que se han postulado a nivel teórico, cuyos resultados y practicidad de uso, arrojarán la referencia a la ruta más corta entre dos puntos elegidos, se tienen A Star y Dijkstra.

El algoritmo A Star (A\*) permite el cálculo de caminos mínimo de una red, mediante el cual a partir de un conjunto de métodos que involucran pruebas, ensayos y reensayos (Silva, 2003), permiten ubicar diferentes nodos de una red para determinar la probabilidad de que estos nodos pertenezcan a un camino óptimo, en este caso, el más corto (Laboratorio de Infraestructuras de Datos Espaciales, 2017).

<sup>8</sup> Red entendida como un conjunto de objetos geográficos relacionados entre sí. Se encuentra articulada por nodos o vértices y se unen entre sí a través de nexos o ejes. (Glosario de Términos Geográficos, 2002).

Por otro lado, el algoritmo Dijkstra basado en una distribución de nodos y aristas permite hallar la ruta más corta entre un punto de origen y otro de destino, este punto de origen es único, por lo que usualmente se le conoce como el algoritmo de ruta mínima. Dijkstra permite, a partir de la búsqueda de los valores de las aristas, a lo cual se le denomina *peso* o *coste* encontrar la ruta que implique una menor impedancia en atravesar los nodos que conforman la red a través un número  $n$  de iteraciones, siendo  $n$  la cantidad de nodos existentes en la red (Morris, 1998).

Partiendo de las anteriores consideraciones, se evaluó que la aplicación a desarrollar debe mostrar la ruta más corta y, además, debe aclararse que dentro del alcance de los requisitos no se contempló el realizar pruebas, ensayos y reensayos para proveer de información al algoritmo ya que supone un incremento de tiempo y recursos en el desarrollo de proyecto. Por este motivo se eligió el algoritmo Dijkstra para ejecutar el cálculo de la ruta más corta.

Una vez se eligió el algoritmo, se evalúa que se tiene como condiciones del proyecto y de la ejecución del algoritmo en sí, lo siguiente:

- Debe existir una red de vértices y segmentos.
- La red debe tener una topología basada en: nodos y aristas, estos, diferenciados en cada intersección, es decir, no deben existir cruces de aristas sin nodo.
- El *coste* de las aristas es unidireccional, y no se consideran giros.

Para dar cumplimiento a estas condiciones, se recurrió a herramienta de edición de información geográfica o simplemente herramienta SIG elegida: *QGIS v2.18.0*.

Sobre esta herramienta se realizaron los siguientes geoprocesos y análisis:

- Unión
- Intersecciones de línea

Para la utilización de la unión, se eligió de la BCN, los formatos tipo *shape* de las siguientes capas:

- Autopistas-Autovías
- Carreteras

- Enlaces
- Pistas
- Calles
- Caminos
- Sendas

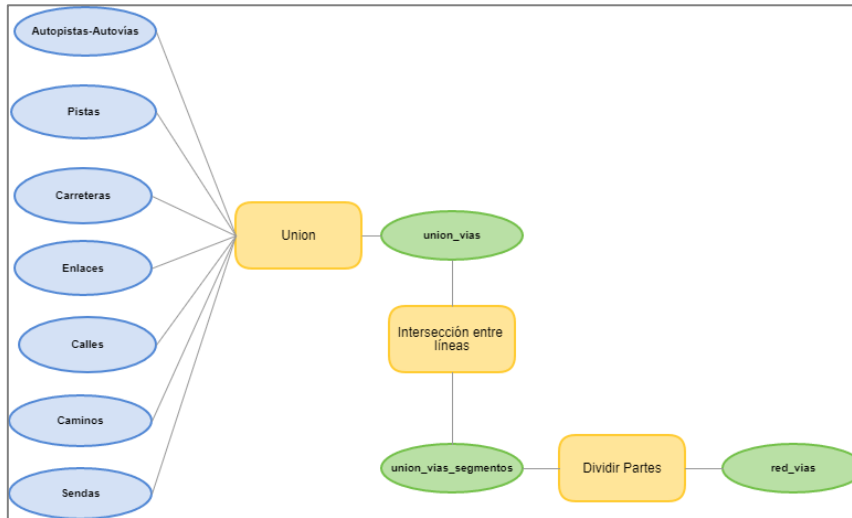
Una vez obtenida la nueva capa de unión se utilizó la herramienta de análisis “intersecciones de línea” para garantizar la creación de segmentos de red que al momento de creación de la topología de la red con ayuda de las extensiones de procesamiento de PostGIS, serán de vital importancia para distinguir aristas y nodos en los puntos de intersección. Estas reglas topológicas utilizadas por la extensión PostGIS se basan en:

- No superposición entre líneas o entre ellas mismas
- No intersección entre líneas.
- Nodos no colgantes

Cuando se obtiene las intersecciones de línea se recurre a la edición de la capa de unión para realizar los cortes respectivos por cada nodo hallado en la intersección a través de la herramienta de digitalización avanzada “Dividir partes”.

Así se obtienen los segmentos de red que a futuro, cuando se defina la topología de la red con PostGIS, pasarán a ser las aristas y las intersecciones los nodos.

A continuación se muestra a modo de resumen el modelo de flujo de trabajo para la edición de la información geográfica obtenida:



**Figura 5.** Flujo de trabajo de geoprocесamiento .  
(Elaboración propia 2017)

### 3.3.2 Etapa de Diseño.

Una vez se obtuvieron los datos geográficos editados, se procedió a diseñar la base de datos que contendría estos datos geográficos y donde se ejecutarían las funciones asociadas a las extensiones de datos geográficos propios del motor de base de datos postgresQL.

Para esto se dividió la etapa en los siguientes pasos:

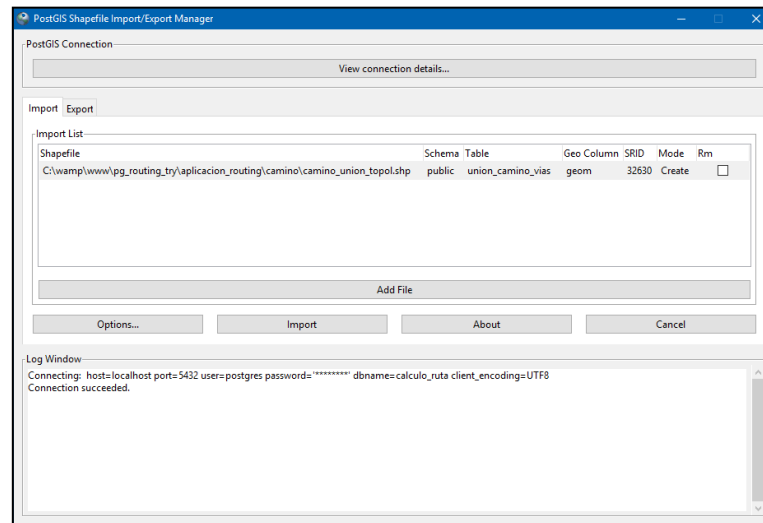
#### 3.3.2.1 Creación de base de datos espacial.

Una base de datos espacial es la adaptación de una base de datos convencional en la que es posible almacenar la geometría de eventos espaciales junto con los atributos que los caracterizan (Cotos y Taobada, 2005). La creación de la base de datos se realizó garantizando que las extensiones PostGIS y Pgrouting (Pgrouting v. 2.3.2) se encontraran habilitadas.

#### 3.3.2.2 Importación de datos geográficos.

Con la base de datos creada y las extensiones para el manejo de información geográfica y de rutas habilitadas, se procedió a importar los datos geográficos a través de la herramienta

*PostGIS ShapeFile Import/Export Manager*, esta herramienta se instala en el ordenador donde se encuentra la base de datos y donde se ha descargado la extensión PostGIS.



**Figura 6.** Uso de la aplicación *PostGIS ShapeFile Import/Export Manager* para importación de capas a la base de datos. (Elaboración propia 2017)

### 3.3.2.3 Conversión de sistema de proyección.

Es importante considerar que el sistema de proyección de los datos de entrada a la base de datos, es decir, los archivos *.shp* obtenidos del sitio web del CENIG y por ende los que se obtuvieron a partir del uso de las herramientas de geo-procesamiento espacial se encuentran referenciados espacialmente en el sistema: **EPSG 25830 PROJCS [ETRS89/UTM zone 30N (N-E)]**

Debido a que el sistema informático se construirá basado en la ubicación de las personas en las zonas rurales se hace imprescindible tomar en cuenta la variable del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) que los dispositivos móviles proveen.

El GPS es un sistema que suministra información y servicios de posicionamiento, navegación y cronometría a personas de todas partes del mundo a través de una compleja red de satélites que mantiene y provee el gobierno de los Estados Unidos de América (GPS-NOAA, 2017). El GPS adopta el sistema de coordenadas geográficas *World Geodetic System 1984* (WGS84) (Farjas, 2017)

Para el uso civil, el GPS ofrece a servicios web gratuitos y disponibles alrededor del mundo, gracias a esto, los fabricantes de dispositivos móviles han logrado adaptar a su tecnología el acceso a este sistema de posicionamiento.

Tomando como referencia lo anterior, se planteó la necesidad de realizar una transformación de la referencia espacial de los datos geográficos de entrada, a un sistema de coordenadas que permitiesen resolver los datos suministrados por el sistema de posicionamiento global utilizado por dispositivos móviles (GPS).

El sistema que se ajusta a las condiciones anteriores es: **EPSG 32630 PROJCS [WGS 84 /UTM zone 30N]**. Es importante aclarar que para el caso de la aplicación informática, se tomó la zona UTM 30N ya que esta cubre la zona del municipio de la Almunia en la provincia de Zaragoza.

PostGIS suministra un paquete de funciones que permiten realizar este tipo de transformación. Esta transformación se realizó con el apoyo de la herramienta *PostGIS ShapeFile Import/Export Manager* descrita en el punto 4.3.2.2

#### **3.3.2.4 Datos de origen y su optimización en base de datos.**

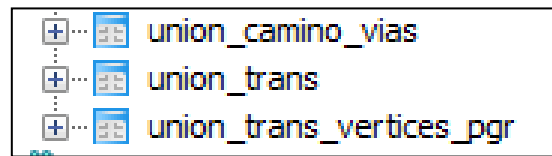
Los datos que se incorporaron en la base de datos, para ser utilizados de manera óptima, debieron ser sometidos a un refinamiento u optimización, esto, ya que el algoritmo que resolverá el cálculo de la ruta utilizará una sección bastante específica de los datos en la base de datos, no todos sus atributos.

Basado en lo anterior, para que el algoritmo logre resolver la ruta más corta, es necesario que como parte de la optimización de datos, se defina una topología de red para que los datos sean interpretados por las funciones que acompañan la ejecución del algoritmo en la base de datos.

Una topología se define como el procedimiento por el cual se definen las relaciones cualitativas, como la geometría, de cada uno de los objetos que componen una red. (Badía y Zúñiga, 2017)

Para que esto fuese posible, se creó una nueva tabla en la base de datos. A partir de esta creación y a través de las funciones de PostGIS y Pgrouting se calcula la topología de la red. Es de anotar que el simple cálculo de la topología no garantiza que se eliminen nodos aislados, es decir, nodos inconexos, para esto, se hace necesaria la depuración de los datos mediante uso de instrucciones SQL profundizadas en el ANEXO C.

Con lo anterior, se obtuvo el siguiente esquema de tablas de datos a utilizar.



**Figura 7.** Esquema básico de tablas de datos elaboradas en postgresQL 9.6.  
(Elaboración propia 2017)

Donde, **union\_camino\_vias** corresponde a los datos geográficos de entrada, previamente transformados; **union\_trans** corresponde a los datos optimizados de los datos geográficos de entrada, se convierten en las aristas o segmentos de la red; **unión\_trans\_vertices\_pgr** corresponde a los vértices de la red calculados en la topología.

### 3.3.2.5 Cálculo del Algoritmo Dijkstra

Para el cálculo del algoritmo Dijkstra, las extensiones PostGIS y Pgrouting proporcionan una función que permite realizar su cálculo, se denomina *pgr\_dijkstra*.

Esta función retorna el camino más corto utilizando el algoritmo Dijkstra donde, a través de un conjunto de registros *pgr\_costResult* arroja como resultado el conglomerado de datos que conforman un recorrido.

El cálculo se basa por un lado en hallar los nodos de inicio y fin, y por otro ubicar los segmentos o aristas de la red junto a su *coste*.



#### d. Precondiciones

Para utilizar debidamente esta función se debe crear una función que permita retornar el nodo de la red más próximo a una coordenada dada, la cual se debe encontrar en el sistema de proyección: **EPSG 4326 GEOGCS [WGS 84]** (Este es el sistema de proyección que utilizan la gran mayoría de extensiones web para la implementación de mapas y GPS. Para dar profundidad al procedimiento se recomienda al lector remitirse al ANEXO D.

#### e. Uso del algoritmo Dijkstra

Se implementa el uso del algoritmo Dijkstra con la ayuda de la función creada en el punto a con los siguientes datos de prueba:

Nodo Origen =1216; Latitud=41.469066081267; Longitud=-1.47182464599609

El resultado obtenido es el siguiente:

salida de datos			Comentar	Mensajes	Historial
	gid integer	the_geom geometry(MultiLineString,32630)			
1	68	0105000020767F000000100000001020000001B0000008ED1CDCC43262341B2BDF31FA8845141ED2FA1CC49262341A8CC2B33A784514109B			
2	1074	0105000020767F00000010000000102000000090000000DF75233A9262341FD3924F354845141A2593100B526234152A69419558451412D0			

**Figura 8.** Resultado en base de datos del cálculo del algoritmo Dijkstra.  
(Elaboración propia 2017)

De la figura 8 los resultados del campo: *gid* corresponden a las aristas o segmentos de la ruta más corta de acceso a la coordenada dada, con un punto de origen definido a través del campo *the\_geom*.

#### 3.3.3 Etapa de Implementación

En esta etapa se crea el producto de software, esto, basado en las anteriores etapas que se han definido como una línea base.

### 3.3.3.1 Implementación de datos iniciales

Para el desarrollo de la aplicación se hizo necesaria la creación de tablas de datos iniciales que permiten dar robustez a la estructura de información que será usada por el software a desarrollar.

Para el correcto funcionamiento de la aplicación es necesario construir las siguientes tablas de datos:

**Tabla 9.** Descripción de las tablas de datos requeridas por el sistema.  
(Elaboración propia 2017)

Nombre de la entidad de tabla	Descripción
tbl_estaciones	Datos de nombre, latitud y longitud de las estaciones de atención de incidencias (puntos de partida)
tbl_personas	Datos de las incidencias que son reportadas por personas que acceden a la aplicación en sus dispositivos
tbl_usuarios	Datos del gestor o persona que resolverá la incidencia que requiere iniciar sesión en la aplicación.

### 3.3.3.2 Desarrollo de la aplicación

Como se mencionó en la Fase de Elaboración en el punto de Análisis de las Herramientas Tecnológicas, la aplicación se desarrolló con el lenguaje de programación PHP apoyado de la funcionalidad ofrecida por el también lenguaje de programación JavaScript.

La documentación y detalles de la elaboración de la herramienta de software se podrán consultar en los ANEXOS A-D

#### a. Configuración general de Servidor de base de datos geográficos.

De acuerdo a lo mencionado en las figuras 2 y 3 de la fase de Elaboración, para que la información geográfica contenida en la base de datos pueda ser administrada, ésta debe ser gestionada a través de un servidor de base de datos geográficos.

Para que el acceso a la información a través de un servidor de datos orientado a responder peticiones en la web, se realice de manera eficiente, se debe tener en cuenta que el cumplimiento de estándares y especificaciones a nivel global que permitan una correcta utilización de servicios y datos, es una de las prioridades para utilizar este tipo de tecnología.

Los estándares y las especificaciones de servicios web para información de tipo geográfico, viene dada por el *Open Geospatial Consortium* (OGC®). El OGC® define los estándares o consensos que permitirán el intercambio entre información geográfica y los sistemas de geoprocetamiento a nivel web y garantiza que esto no presente mayores dificultades a nivel de interpretación de datos entre máquinas y usuarios finales (OGC, 2017).

La especificación que se utilizó en el Servidor de Base de Datos geográficos es *Web Map Service* (WMS), esta permite la visualización de datos geoespaciales en línea, a través de una vista integrada, esta es posible presentarla en cualquier sitio web donde se referencie. La especificación WMS se vale de operaciones representadas en documentos XML (Lenguaje de Marcado Extensible)<sup>9</sup> para que se pueda obtener información sobre los elementos de un mapa web publicado en un sitio en Internet (Nogueras, 2017).

El servidor que se utilizó para la aplicación fue: GeoServer. Este servidor, permitirá realizar el despliegue de los servicios WMS que serán consumidos por la aplicación, esto garantiza que el procesamiento de información y datos geográficos se realice de manera independiente y robusta para múltiples peticiones y se haga una correcta distribución de recursos de red y de hardware para su ejecución.

#### **b. Uso de capas y vistas sobre las que se muestra el cálculo del algoritmo Dijkstra y sus parámetros de entrada.**

Una vez se ha creado el Almacén de datos para garantizar la conexión a la base de datos, se debe importar la capa que mostrará las aristas o segmentos a los que se les ha calculado la topología, es decir la tabla de los datos refinados como se muestra en la figura 9 y su resultado en la figura 10.


---

<sup>9</sup> Ver ANEXO E. Glosario Técnico.

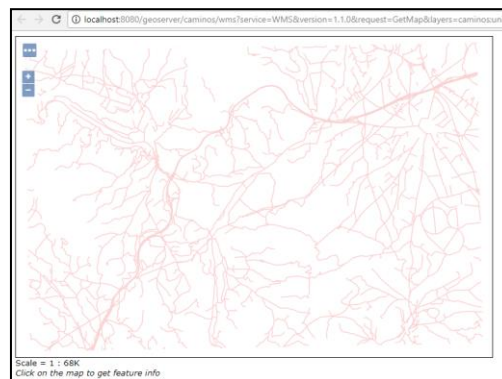
**Previsualización de capas**

Despliega todas las capas configuradas en GeoServer y proporciona una vista previa en varios formatos.

Resultados 1 a 10 (de un total de 10 items)

Tipo	Título	Nombre	Formatos habituales	Todos los formatos
	union_trans	caminos:union_trans	OpenLayers KML GML	<input type="text" value="Seleccionar una"/>

**Figura 9.** Importación de tabla de segmentos de la red en GeoServer.  
(Elaboración propia 2017)



**Figura 10:** Visualización de la tabla importada, a través del concepto de capa de datos geográficos.  
(Elaboración propia 2017)

Una vez se obtiene esta capa, es necesario crear, bajo el concepto de capa de datos geográficos, aquella que permitirá visualizar el resultado de la implementación del algoritmo Dijkstra a través de una vista que se describe en la figura 11.

# Editor vista SQL

Actualizar la definición de la vista SQL y sus metadatos

Nombre de la vista

Sentencia SQL

```

select v.gid, v.the_geom from union_trans v,
      (SELECT seq, id1 AS node,
              id2 AS edge, cost FROM pgr_dijkstra(
                'SELECT gid AS id,
                  source,
                  target,
                  length AS cost
                FROM union_trans', %origen%, (SELECT
                  "FROM get_nearest_node(%x%, %y%))", false, false)) as
      ruta where v.gid = ruta.edge
          
```

Parámetros de la vista SQL

[Averiguar parámetros a partir del SQL](#)
[Agregar parámetro](#)
[Eliminar seleccionados](#)

<input type="checkbox"/>	Nombre	Valor por defecto	Validar la expresión regular
<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="x"/>	<input type="text" value="41.483780"/>	<input type="text" value="^-?[0-9]\d*(\.\d+)?\$"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="y"/>	<input type="text" value="-1.518450"/>	<input type="text" value="^-?[0-9]\d*(\.\d+)?\$"/>
<input type="checkbox"/>	<input type="text" value="origen"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="^\d+\.?\d+\$"/>

**Figura 11.** Creación de la vista de datos y sus parámetros.  
(Elaboración propia 2017)

Aquello que se denomina *vista*, es simplemente el uso de una sentencia SQL que basada en diversos parámetros de entrada retornará como resultado un valor determinado para visualizarse a través de una capa de datos.

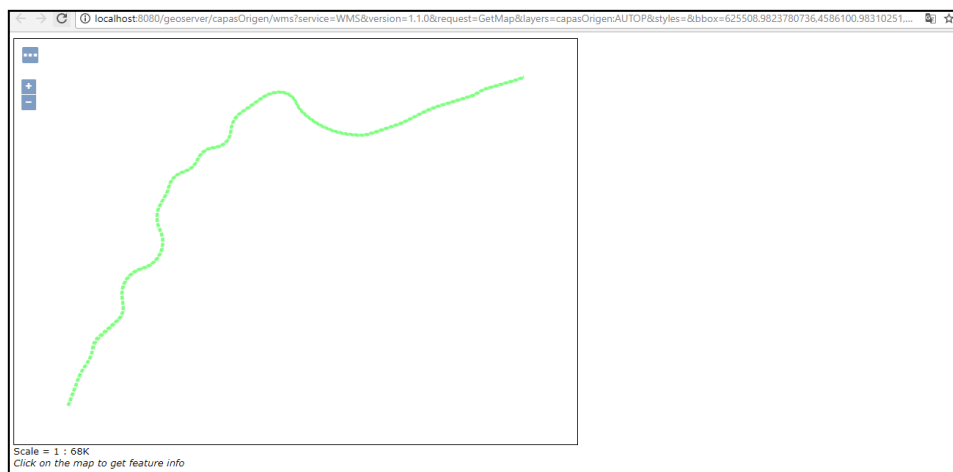
Esta vista es utilizada por la aplicación donde los valores de los datos de latitud, longitud y origen (parámetros de la vista) son dados por los puntos de origen y de destino elegidos en la aplicación y la base de datos; su respuesta es el segmento que corresponde a los identificadores geográficos de las tablas de datos importadas asociados a la ruta más corta de acceso.

### c. Capas auxiliares

Como apoyo para la visualización de cada segmento de la red y su representación en la vida real, se toman las capas que previamente se han obtenido en la etapa de Análisis de la Construcción, a través del sitio web del CNIG. Esto facilitará la ubicación de los resultados a través de una representación gráfica y visual a partir de la configuración de estilos de cada capa a través de la edición de estilo a través de la especificación SLD -*Styled Layer Descriptor*- propuesto por el OGC® para la definición del estilo visual que compone la cartografía a representar.

La especificación SLD define un grupo de elementos para la codificación de la simbología de los mapas. Estos mapas deben estar publicados en un servidor web de información geográfica y se deben visualizar a través de un servicio de tipo WMS -Web Map Service- (OGC-SLD, 2017).

A continuación, en la figura 12 se da una muestra de cómo sería la representación de una capa, una vez se han configurado sus estilos con apoyo del SLD -*Styled Layer Descriptor*- y de su codificación -*Symbology Encoding*- (Nogueras, 2017)



**Figura 12.** Visualización de una de las de capas Auxiliares con SLD definido.  
(Elaboración propia 2017)

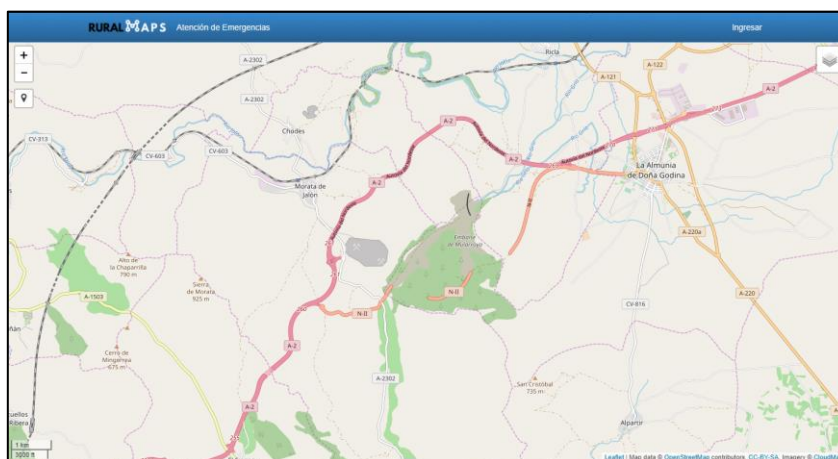
## 4. RESULTADOS

Una vez se han consolidado todos los pasos de la metodología para la construcción de la herramienta informática que sirva de apoyo a la gestión de incidencias reportadas por usuarios ubicados en entornos rurales, descritos en apartados anteriores, se procede a la ejecución de lo descrito y cuya documentación y detalles técnicos se podrán consultar en los ANEXOS A-D.

A continuación se describirá el esquema principal de la visualización de la aplicación, el flujo de información a través de la misma y los mensajes de confirmación de la ejecución de las actividades descritas en el apartado de requisitos.

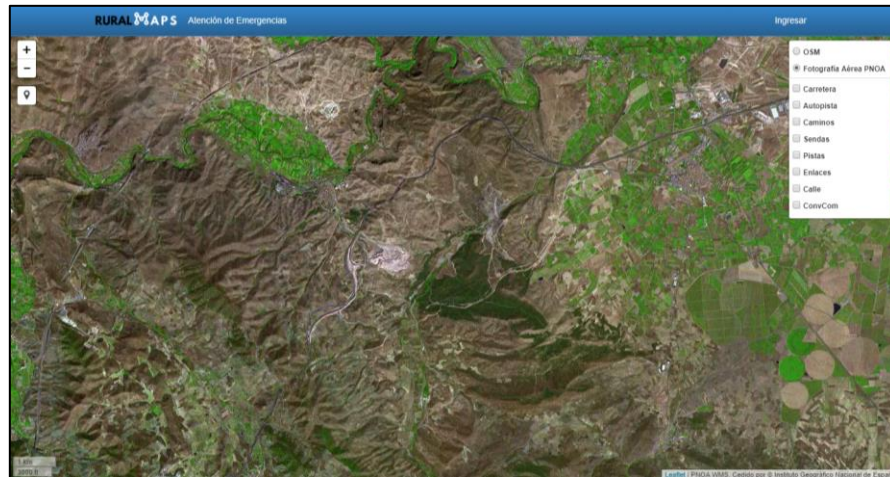
### 4.1 Esquema principal de la aplicación. Acceso web

El acceso a la aplicación que se muestra en la figura 13, se hace sobre un navegador web, allí se muestra la página principal con los elementos que configuran el mapa donde el ciudadano se encuentra ubicado, es de anotar que el control web para ubicación a partir del GPS del dispositivo (extremo superior derecho) debe ser activado para permitir la correcta identificación de la zona por parte de la aplicación.



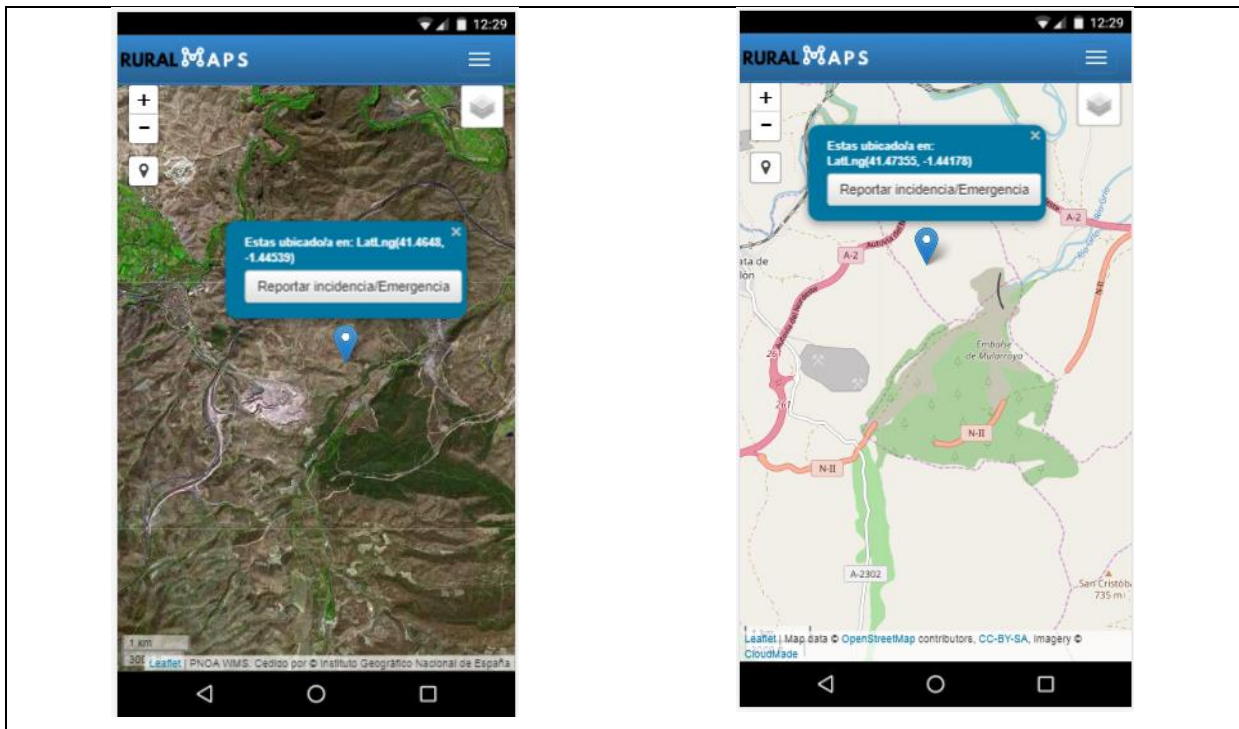
**Figura 13:** Página principal de la aplicación en un navegador web  
(Elaboración propia 2017)

En la figura 14 se muestra la misma zona de la anterior, (figura 13) pero esta vez con el control de capas (extremo superior derecho) la fotografía aérea del PNOA.



**Figura 14.** Página principal de la aplicación en un navegador web. Fotografía Aérea del PNOA.  
(Elaboración propia 2017)

A continuación se muestra la aplicación a la cual se accede desde un navegador web a través de un dispositivo móvil:

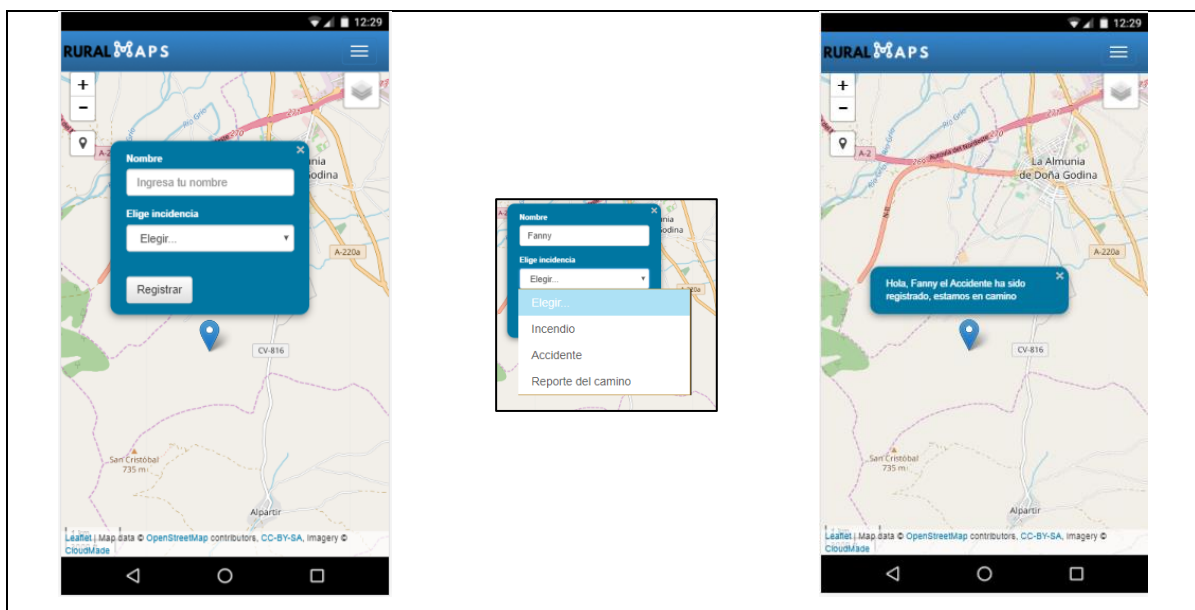


**Figura 15.** Página principal de la aplicación en un navegador web a través de un dispositivo móvil.  
(Elaboración propia 2017)



## 4.2 Registro de incidencia. Usuario en entorno rural

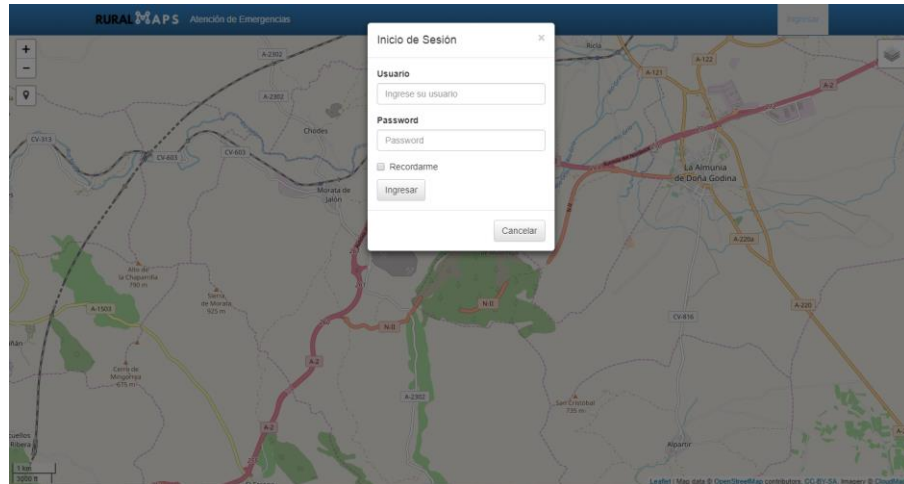
Una vez el usuario accede a la aplicación a través del navegador web de su dispositivo, puede registrar en el lugar de su ubicación la incidencia que se presenta, diligenciando unos sencillos campos de un formulario que más adelante permitirá la identificación de la incidencia a los gestores que la atenderán. En la figura 16 se muestra el proceso de registro de la incidencia desde un dispositivo móvil.



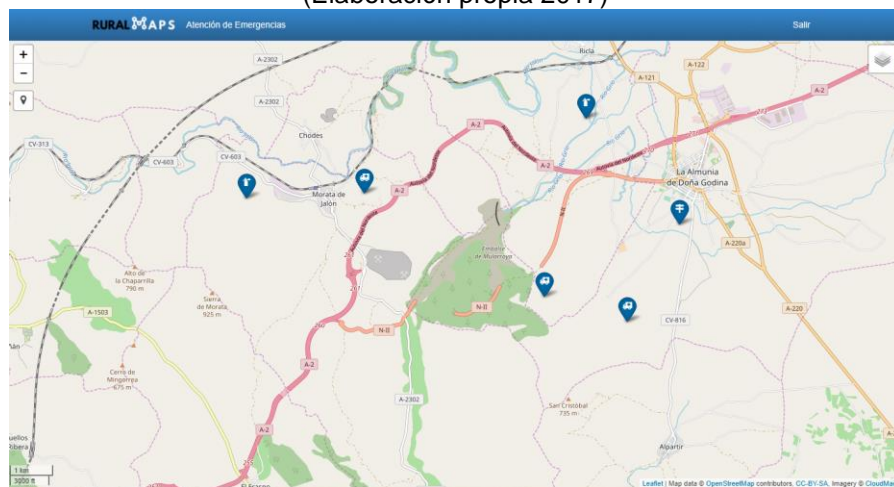
**Figura 16.** Página de registro de incidencia a través de un dispositivo móvil.  
(Elaboración propia 2017)

## 4.3 Atención de la incidencia. El gestor registrado en el sistema.

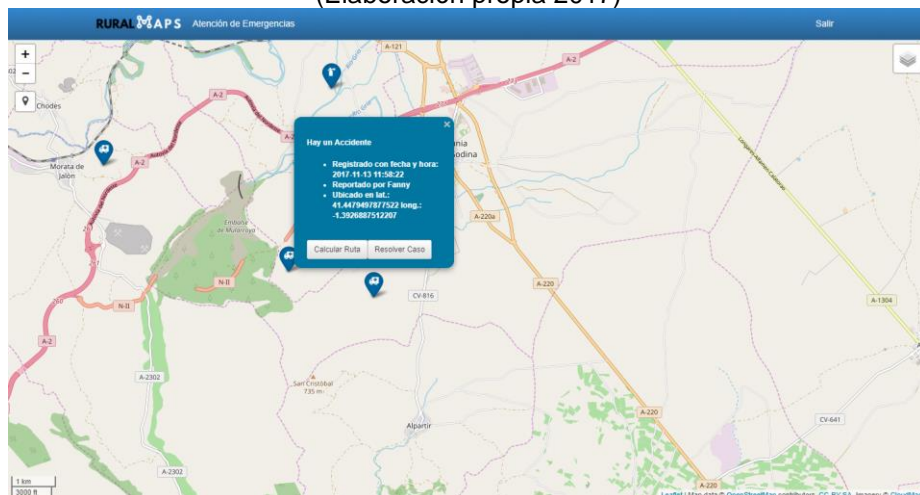
Cuando el gestor de las incidencias ingresa al sistema, a través de sus datos básicos de autenticación, debe visualizar las incidencias reportadas por los usuarios que se encuentran en estado Abierto, es decir, aquellas que no han sido solucionadas aún. Las figuras 17, 18, y 19 dan muestra del proceso de acceso del gestor quien atenderá la incidencia seleccionada.



**Figura 17.** Inicio de sesión del gestor en la aplicación.  
(Elaboración propia 2017)



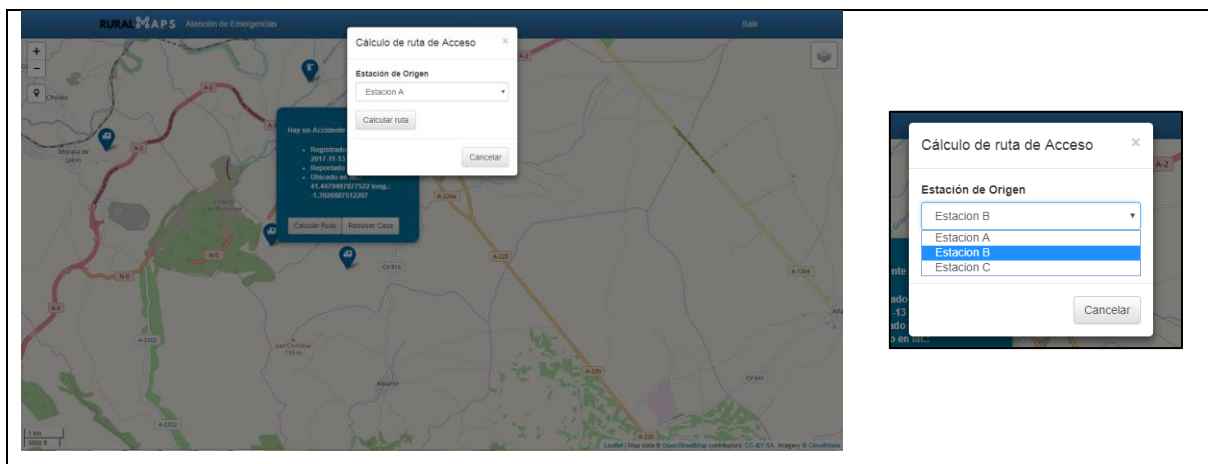
**Figura 18.** Ventana principal del Gestor una vez ha iniciado sesión.  
(Elaboración propia 2017)



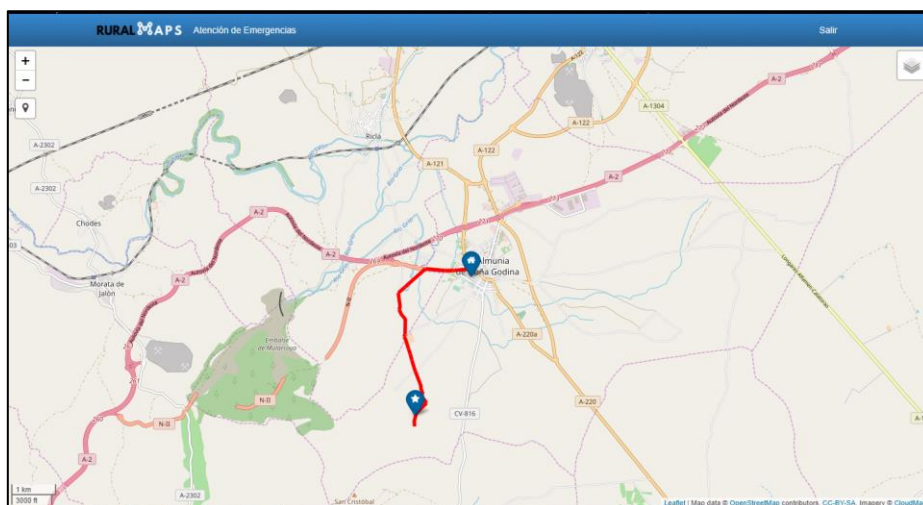
**Figura 19.** Descripción de cada incidencia reportada por los usuarios y sus opciones.  
(Elaboración propia 2017)

#### 4.4 Cálculo de ruta de acceso

Cuando se identifica la incidencia a la cual se desea acceder, se procede con el siguiente flujo de información en la aplicación (Figuras 20 y 21):



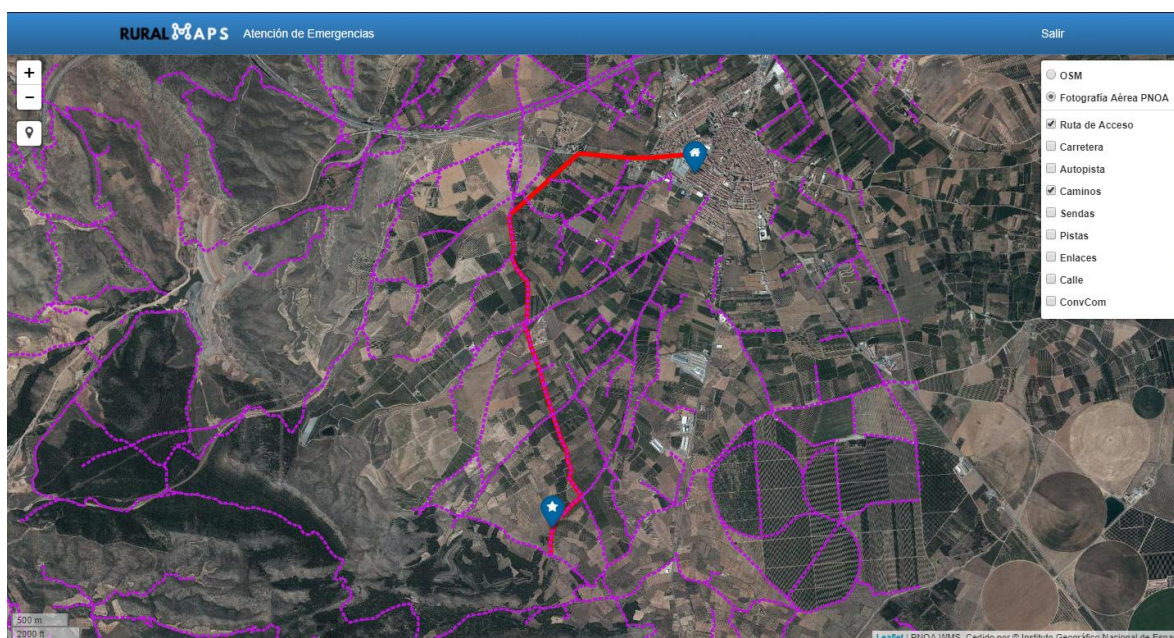
**Figura 20.** Opciones de origen para el cálculo de la ruta de acceso a la incidencia reportada.  
(Elaboración propia 2017)



**Figura 21.** Ruta de Acceso más corta a la incidencia desde la estación de origen elegida.  
(Elaboración propia 2017)

## 4.5 Uso de capas auxiliares

Con el fin de facilitar la ubicación, se implementa en la aplicación el uso de capas de apoyo basadas en la importación de información geográfica que se ha obtenido en la etapa de análisis que hace parte de la fase de construcción siguiendo las directrices de la metodología descrita en el capítulo 5 del presente documento. En la figura 22 se puede apreciar la visualización del uso de capas auxiliares y la fotografía aérea del PNOA como capa base.

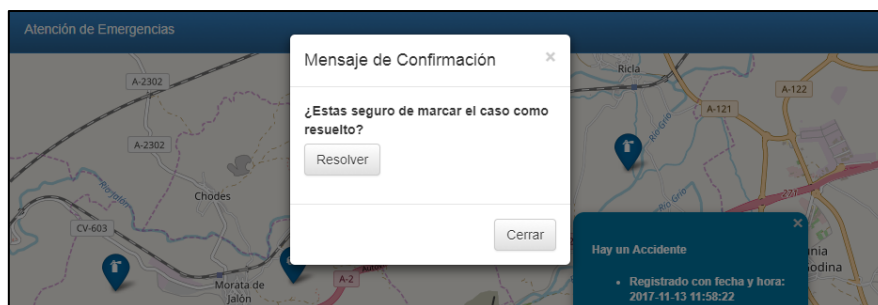


**Figura 22.** Uso de capas auxiliares para la visualización de la ruta de acceso más corta.  
(Elaboración propia 2017)

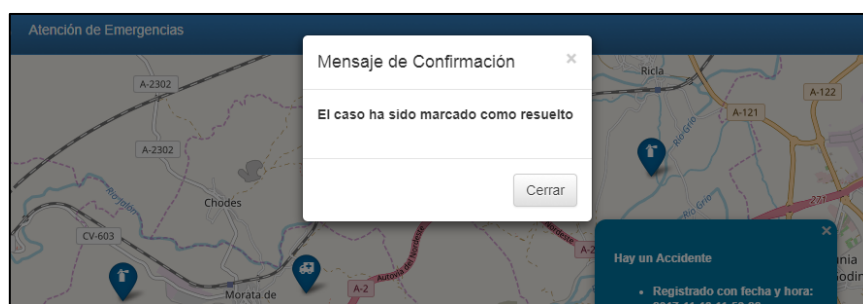


## 4.6 Resolver el caso o incidencia

Por último, cuando ya ha sido atendida la incidencia, se procede a marcar el caso como resuelto, esto garantizará que el mapa del gestor siempre cuente con las incidencias que se encuentran en estado Abierto y aquellas que se encuentran en estado Cerrado pasarán a ser parte de los registros históricos de la aplicación en la base de datos. El flujo de información descrito se muestra a continuación en las figuras 23 y 24.



**Figura 23.** Mensaje de confirmación para resolver el caso o incidencia.  
(Elaboración propia 2017)



**Figura 24.** Mensaje final del caso o incidencia resuelta.  
(Elaboración propia 2017)

## 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Debido a la naturaleza del trabajo, donde se involucra la creación de un sistema de software, se han integrado la discusión y las conclusiones ya que los resultados están representados en forma de producto y se considera que se deben tomar en cuenta las oportunidades de mejora y las dificultades que se presentaron en el desarrollo del mismo en un mismo apartado. Se decidió abordar el capítulo a partir de temáticas relacionadas con los objetivos planteados y sobre el desarrollo y ejecución del proyecto.

Al realizar el análisis de la información, que de acuerdo a los objetivos planteados, debía ser obtenida de modo gratuito y abierto, se encuentra que el acceso a la misma es bastante amplio y difundido en la web; esto implica que la complejidad al elegir una fuente de datos aumente al momento de depurarla o filtrarla, es decir, se debe realizar un minucioso tamizaje de información que cada vez involucrará más variables para definir aquella fuente de datos que cumpla con los requisitos que se plantean para cada proyecto en particular. En el contexto del presente trabajo, se acudió a fuentes de datos que cumplieran con los estándares de información espacial basados en ISO o en las directivas e instrucciones establecidas por el Open Geospatial Consortium.

La creación de la aplicación webmapping implicó una amplia investigación sobre las tecnologías que se basan en el uso de datos e información geográfica. Estas tecnologías se han desarrollado para dar solución a los problemas a nivel mundial relacionados, por un lado con la representación visual en ordenadores o dispositivos móviles y por otro, el valor agregado que tienen para las personas que a diario ven involucradas sus actividades cotidianas con la información geográfica.

La forma de abordar estas problemáticas desde la perspectiva tecnológica es relativamente nueva, esto implica que las tecnologías de información, desarrolladas a su alrededor también lo son, por ende, muchas veces se involucra el desarrollo de propias metodologías o estrategias para dar solución a un problema en particular. Los avances académicos

disponibles a través de redes de universidades o publicaciones de libre acceso fueron de vital importancia a la hora de articular estas estrategias en el presente proyecto.

Para la aplicación webmapping creada, debido a que es una versión inicial para dar solución a un problema puntual como lo es acceder a través de la ruta más corta a zonas de incidencias reportadas por usuarios en un lugar del territorio, se considera que las mejoras a nivel de:

- Representación de rutas que involucren giros y sentidos.
- Cálculo de rutas alternas teniendo en cuenta variables como tráfico, altitud entre otros costes.
- Elaboración de reportes y seguimiento de incidencias periódicas en tiempo y lugar.
- Acceso de múltiples usuarios de forma simultánea a la aplicación.
- La integración con aplicaciones móviles nativas para incrementar la eficiencia en tiempo de respuesta para el usuario final de la aplicación webmapping.

Son oportunidades de mejora sobre las cuales se puede seguir trabajando e innovando, esto le da un valor más importante a la información que se pueda obtener a partir del estudio de casos en particular ya sea para el sector público o privado.

En este punto es importante dar cuenta de las dificultades halladas a lo largo de la ejecución del proyecto, entre ellas, las relacionadas con los datos de origen utilizados. Estos datos contaban con estándares internacionales avalados por el CNIG, sin embargo, para varios datos, no se dispone de una correcta definición de metadatos que facilite su comprensión. Una de las estrategias adoptadas para dar solución a esta dificultad tiene que ver con la forma de optimizar el origen de datos en una base de datos, pasos que se describen en la etapa de diseño del presente trabajo.

Vale la pena destacar que la base para llevar a cabo la construcción de esta herramienta web mapping, requiere de un conocimiento especializado de temas relacionados con: análisis de información geográfica, redes y topologías, infraestructura de datos espaciales y

metadatos y por último análisis y desarrollo de software. El máster en Tecnologías de Información Geográfica para la Ordenación del territorio: Sistemas de Información Geográfica y Teledetección, brinda las herramientas para que la base teórica pueda ser utilizada en este ámbito, sin embargo, el análisis y desarrollo de software requiere de un dominio más amplio de las herramientas y conceptos sobre la construcción de software a los que se obtienen en el máster. Más allá de considerar lo anterior como una limitación, se debe ver como una oportunidad de integrar dos ramas del conocimiento, que permitan explotar de forma más efectiva los recursos tecnológicos para aplicarlos en soluciones informáticas y geográficas.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] Aguado Martin, F. Gago Couso, F. Ladra González, M. Pérez Vega, G. Vidal Martin, C. Vieites Rodríguez, A.M. (2014) *Teoría de Grafos. Ejercicios resueltos y propuestos. Laboratorio con SAGE*. España. Ediciones Paraninfo S.A. 1ª Edición
- [2] Badía L., R. Zúñiga A., M. (2017). Análisis de redes. Redes Introducción 2016. Notas de Clase de la Asignatura de Redes. Máster Tecnologías de Información Geográfica para la Ordenación del Territorio: Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. 2016-2017.
- [3] Cotos Y., J. Taobada G., J.A. (2005) *Sistemas de Información medioambiental*. España. Editorial Netbiblo.
- [4] Jacobson, Rumbaugh, Booch. (2000) *El Proceso Unificado de Desarrollo de software*. España. Pearson Education S.A
- [5] Jacobson, Rumbaugh, Booch. (1999) *El Lenguaje unificado de modelado. Manual de referencia*. España. Pearson Education S.A.
- [6] Martínez Gil, F. Martin Quetglás, G. (2003). *Introducción a la programación estructurada en C*. España. Publicaciones de la Universitat de València.
- [7] Nogueras I., J. (2017). Infraestructura de datos Espaciales. Notas de Clase de la Asignatura de Infraestructura de datos espaciales (IDEs). Máster Tecnologías de Información Geográfica para la Ordenación del Territorio: Sistemas de Información Geográfica y Teledetección. 2016-2017.
- [8] Taha, Hamdy A. (2011) *Investigación de Operaciones*. México. Pearson Educación de México S.A. de C.V.

## Referencias electrónicas

- [1] Bolaños, V. (2013). *RTVE [en línea]. Una aplicación creada en Lorca puede ser clave para coordinar catástrofes*. Recuperado el 07 de Noviembre de 2017, de: <http://www.rtve.es/noticias/20130511/aplicacion-creada-lorca-puede-ser-clave-para-coordinar-catastrofes/661182.shtml>
- [2] Campus MVP. (2017). *¿Qué es el lenguaje SQL?* Recuperado el 25 de Noviembre de 2017, de: <https://www.campusmvp.es/recursos/post/Que-es-el-lenguaje-SQL.aspx>
- [3] Centro de Descargas. Centro Nacional de Información Geográfica. Recuperada el 30 de Octubre de 2017, de: <http://centrodedescargas.cnig.es/CentroDescargas/index.jsp#>
- [4] CNIG (2017). *Sobre Nosotros*. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de: <https://www.cnig.es/quienesSomos.do>
- [5] Dirección General de Protección Civil y Emergencias (2017). *Presentación y objetivos de la Dirección General de protección civil de emergencias*. Recuperado el 7 de noviembre de 2017, de: <http://www.proteccioncivil.es/presentacion>
- [6] El Periódico de Aragón (2017). *[en línea]. Nace Remot Technologies con el apoyo de la Universidad de Zaragoza*. Recuperado el 23 de Noviembre de 2017, de: [http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/aragon/nace-remot-technologies-apoyo-universidad-zaragoza\\_1170999.html](http://www.elperiodicodearagon.com/noticias/aragon/nace-remot-technologies-apoyo-universidad-zaragoza_1170999.html)
- [7] Farjas, M. (2006). *Aplicaciones Topográficas de GPS. Métodos Topográficos y Ciencias de la Tierra Iniciación*. Universidad Politécnica de Madrid. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de : [http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria\\_GPS\\_Tema\\_12.pdf](http://ocw.upm.es/ingenieria-cartografica-geodesica-y-fotogrametria/topografia-ii/Teoria_GPS_Tema_12.pdf)
- [8] *Glosario de términos geográficos*. (2002). Área de Geografía Humana, Departament d'Història, Geografia i Art Unitat de Suport Educatiu. Universitat Jaume I Castellón. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de: <http://www.agh.uji.es/GLOSARIO.pdf>

- [9] Gobierno de Aragón. (2017). Plan cartográfico de Aragón 2017-2020. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de: [http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/VertebracionTerritorio MovilidadTransporte/Areas/01\\_Ordenacion\\_territorio/IGEAR/03\\_SISTEMA\\_CARTOGR AFICO\\_ARAGON/PCA\\_2017-2020\\_borrador.pdf](http://www.aragon.es/estaticos/GobiernoAragon/Departamentos/VertebracionTerritorioMovilidadTransporte/Areas/01_Ordenacion_territorio/IGEAR/03_SISTEMA_CARTOGR AFICO_ARAGON/PCA_2017-2020_borrador.pdf)
- [10] Google Maps. *Condiciones del Servicio*. Recuperado el 23 de noviembre de 2017, de: [https://www.google.com/intl/es-419\\_es/help/terms\\_maps.html](https://www.google.com/intl/es-419_es/help/terms_maps.html)
- [11] GPS-NOAA. (2017). What is GPS? Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de: <https://www.gps.gov/systems/gps/>
- [12] Laboratorio de Infraestructuras de Datos Espaciales. (2017). Algoritmo A\*. Universidad de Valladolid. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de: <http://idelab.uva.es/algoritmo>
- [13] Ley 17/2015, de 9 de Julio, del Sistema de Protección Civil. Boletín Oficial del Estado, núm. 164, de 10 de julio de 2015, pp. 57409. <https://www.boe.es/boe/dias/2015/07/10/pdfs/BOE-A-2015-7730.pdf>
- [14] Martínez Moreno, F. (2017). Software. *SGE 2.0*. Recuperado el 10 de Noviembre de 2017, de: <http://www.sge2.com/proyecto>
- [15] Morris, J. (1998). Dijkstra's Algorithm. *Data Structures and Algorithms*. Auckland University. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de: <https://www.cs.auckland.ac.nz/software/AlgAnim/dijkstra.html>
- [16] Observatorio de Urbanismo. (2017). Naturaleza y contenido de los planos y mapas. *Aplicaciones Informáticas al Proyecto Urbano*. Universidad Politécnica de Valencia. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de: <http://www.upv.es/our/IPU/Micro/Teoria/T05.pdf>
- [17] OGC. (2017). OGC® Standards and Supporting Documents. Recuperado el 23 de Noviembre de 2017, de : <http://www.opengeospatial.org/standards>

- [18] OGC-SLD. (2017). Styled Layer Descriptor. Recuperado el 23 de Noviembre de 2017, de : <http://www.opengeospatial.org/standards/sld>
- [19] Open Street Map. *About us*. Recuperado el 23 de noviembre de 2017, de: <https://www.openstreetmap.org/about>
- [20] Salinas Caro, P. Histchfeld K, N. (2017). Tutorial de UML. Universidad de Chile. Recuperado el 10 de Noviembre de 2017, de: <https://users.dcc.uchile.cl/~psalinas/uml/introduccion.html>
- [21] Silva B., L. (2003). Algoritmos heurísticos. *Programación en Pascal*. Universidad Técnica Federico Santa María. Recuperado el 20 de Noviembre de 2017, de: <http://www2.elo.utfsm.cl/~lsb/pascal/clases/cap25.pdf>
- [22] W3C Schools. (2003). Web Developer Site and Learning. Recuperado el 25 de Noviembre de 2017, de: <https://www.w3schools.com>

## Referencias de Software

- [1] Apache Tomcat. (2017). *Server container v.5.4.3*. [Software de computadora en fichero ejecutable]. Fichero ejecutable obtenido el 23 de junio de 2017 en: <https://archive.apache.org/dist/tomcat/tomcat-8/v8.5.4/>
- [2] GeoServer. (2017). *Open source server for sharing geospatial data v. 2.11.1*. [Software de computadora en fichero ejecutable]. Fichero ejecutable obtenido el 23 de junio de 2017 en: <http://geoserver.org/release/stable/>
- [3] PostGIS. (2017). *Spatial database extender for PostgreSQL v2.3.2*. [Software de computadora en fichero ejecutable]. Fichero ejecutable obtenido el 23 de junio de 2017 en: <http://postgis.net/source/>

- [4] PostgreSQL. (2017). *Relational Data Base System v9.6*. [Software de computadora en fichero ejecutable]. Fichero ejecutable obtenido el 23 de junio de 2017 en: <https://www.postgresql.org/download/>
- [5] Pgrouting. (2017). *Geospatial routing functionality v 2.3.2*. [Software de computadora en fichero ejecutable]. Fichero ejecutable obtenido el 23 de junio de 2017 en: <http://pgrouting.org/download.html>
- [6] Quantum GIS (2017). *Free and Open Source Geographic Information System v. 2.18.0*. [Software de computadora en fichero ejecutable]. Fichero ejecutable obtenido el 23 de junio de 2017 en: <http://www.qgis.org/en/site/forusers/download.html>
- [7] WampServer. (2017). *Web Development Environment v.2.2*. [Software de computadora en fichero ejecutable]. Fichero ejecutable obtenido el 23 de junio de 2017 en: <http://www.wampserver.es/>

## **ANEXOS.**

## ANEXO A. Diagramas y Especificación de Casos De Uso Y Diagramas de Actividad

Estos diagramas permitirán una aproximación al comportamiento del sistema, para esto se hace necesario especificar cada caso de uso y mostrar su relación con los actores involucrados en el sistema a su vez mostrar la forma en que se realizan secuencialmente las actividades.

### Modelo de Casos de Uso

A continuación se presenta el modelo de casos de uso diseñado para mostrar el comportamiento que tendrá el sistema y los actores frente a un evento realizado sobre el mismo.

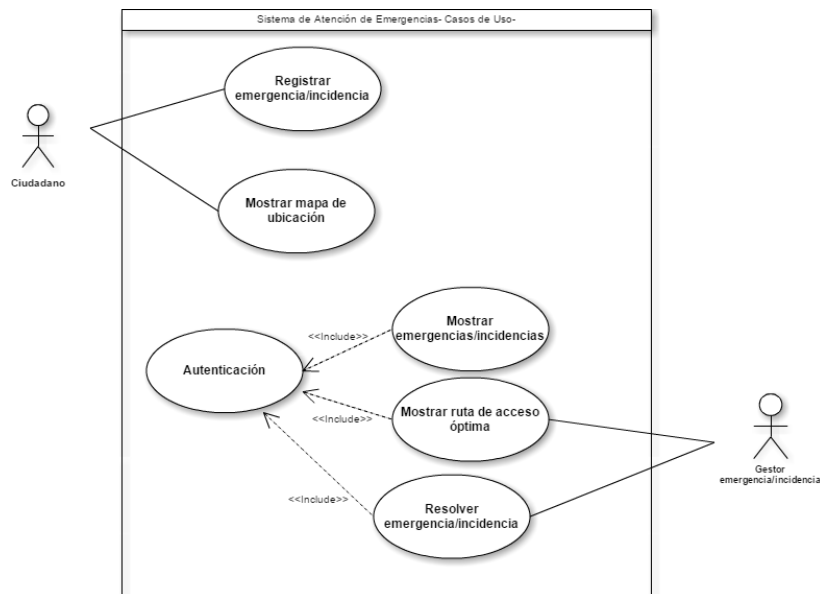


Diagrama A1. Diagrama de Casos de Uso Primarios.  
(Elaboración propia 2017)

## Especificación de Casos de Uso

La especificación de Casos de uso se implementa para conocer el detalle de cada uno de los casos de uso propuestos dando a conocer el flujo de actividades dentro de ellos, descripción, precondiciones y el flujo alterno de actividades, entre otros.

### a. Registrar Incidencia

Descripción:

<b>CASO DE USO</b>	CU01 Registrar Incidencia	
<b>ACTOR</b>	Ciudadano	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Un usuario accede a sitio web para reportar incidencia en punto geo-localizado en un camino rural	
<b>PRE-CONDICIÓN</b>	Ninguna	
<b>CURSO NORMAL</b>	<b>ACTOR</b>	<b>SISTEMA</b>
	1. Ingresar al sitio web dispuesto para la atención de la incidencia 3. Registrar una incidencia en el sistema a partir de ubicación geográfica. 5. Usuario diligencia formulario de registro de incidencia	2. Mostrar página web con mapa, localizando con sistema de navegación GPS la ubicación del usuario 4. Suministrar al usuario formulario de registro de incidencia 7. Almacenar datos de registro en base de datos 8. Marcar nueva incidencia como No Resuelta
<b>POST-CONDICIÓN</b>	La(s) incidencias ha sido registrada exitosamente.	

Tabla B1. Especificación de casos de uso. CU01-Registrar Incidencia  
(Elaboración propia 2017)



## b. Mostrar Incidencia

Descripción:

<b>CASO DE USO</b>	CU02 Mostrar Incidencia	
<b>ACTOR</b>	Gestor	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Un gestor accede a sitio web para visualizar las incidencias en punto geo-localizados reportadas por los usuarios	
<b>PRE-CONDICIÓN</b>	El Gestor inicia sesión en el sistema	
<b>CURSO NORMAL</b>	<b>ACTOR</b>	<b>SISTEMA</b>
	1. Ingresar al sitio web dispuesto para la atención de la incidencia 3. Iniciar sesión en el sistema. 5. Ingresar datos de registro	2. Mostrar página web con mapa de ubicación de los caminos a monitorear 4. Mostrar formulario de acceso a la aplicación 6. Mostrar página web con mapa, localizando con sistema de navegación GPS la ubicación del usuario y los puntos de incidencias registrados por los usuarios (incidencias no resueltas).
<b>POST-CONDICIÓN</b>	Se muestran las incidencias registradas y geolocalizadas en el sistema.	

Tabla B2. Especificación de casos de uso. CU02- Mostrar Incidencia  
(Elaboración propia 2017)

## c. Calcular ruta de acceso óptima

Descripción:

<b>CASO DE USO</b>	CU03 Calcular Ruta de Acceso óptima	
<b>ACTOR</b>	Gestor	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Un gestor elige calcular ruta óptima a destino elegido	
<b>PRE-CONDICIÓN</b>	El Gestor inicia sesión en el sistema	
<b>CURSO NORMAL</b>	<b>ACTOR</b>	<b>SISTEMA</b>

<b>CASO DE USO</b>	CU03 Calcular Ruta de Acceso óptima	
	1. Elegir un punto de incidencia como destino a atender  4. Elegir punto de origen. 6. Confirmar cálculo de ruta  8. Visualizar ruta de acceso	2. Mostrar ventana emergente para calcular ruta de acceso.  3. Mostrar pantalla emergente de elección de origen.  5. Mostrar ventana de confirmación de origen y destino.  7. Calcular ruta de acceso.  9. Mostrar ruta óptima calculada.
<b>POST-CONDICIÓN</b>	El sistema debe calcular y mostrar la ruta óptima de acceso al lugar de la incidencia	

Tabla B3. Especificación de casos de uso. CU03-Calcular Ruta de Acceso Óptima (Elaboración propia 2017)

#### d. Resolver Incidencia

Descripción:

<b>CASO DE USO</b>	CU04 Resolver Incidencia	
<b>ACTOR</b>	Gestor	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	Un gestor elige Resolver incidencia	
<b>PRE-CONDICIÓN</b>	El Gestor inicia sesión en el sistema	
<b>CURSO NORMAL</b>	<b>ACTOR</b>	<b>SISTEMA</b>
	1. Elegir un punto de incidencia a resolver  4. Elegir Aceptar.	2. Mostrar ventana emergente para resolver la incidencia.  3. Mostrar pantalla emergente de confirmación de actualización de estado.  5. Mostrar Incidencias en estado Abierto.
<b>CURSO ALTERNO</b>	<b>ACTOR</b>	<b>SISTEMA</b>
	4.1 Elegir Cancelar	5. Mostrar Incidencias en estado Abierto
<b>POST-CONDICIÓN</b>	Ninguna.	

Tabla B4. Especificación de casos de uso. CU04-Resolver Incidencia (Elaboración propia 2017)

## ANEXO B. Diagramas De Secuencia

A continuación se presenta el modelo dinámico de Diagramas de Secuencia diseñado para mostrar el comportamiento en cuanto al intercambio de mensajes entre objetos del sistema.

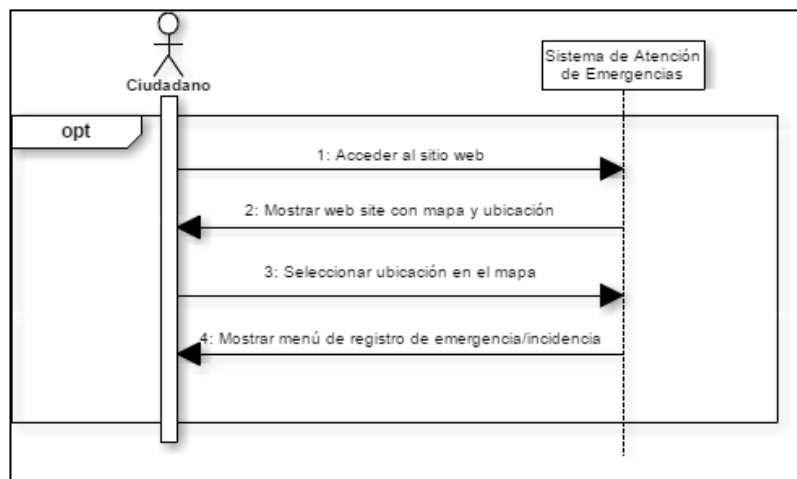


Diagrama B1. Diagrama de secuencia de usuario bajo el rol de ciudadano. (Elaboración propia 2017)

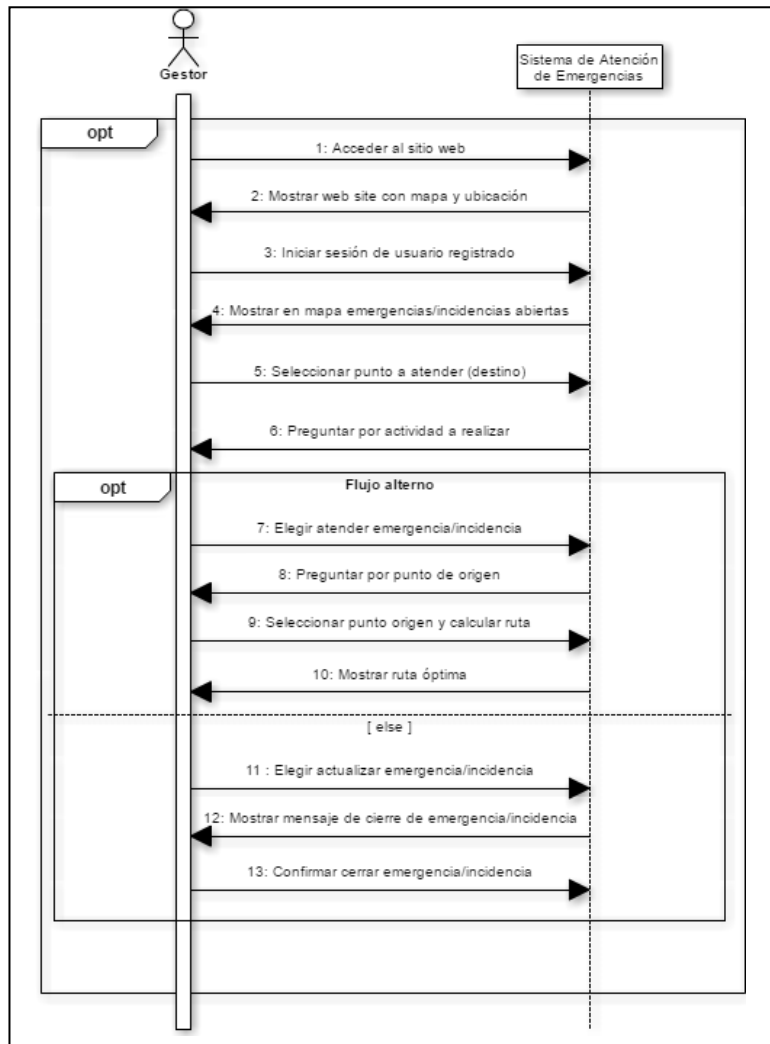


Diagrama B2. Diagrama de secuencia de usuario bajo el rol de gestor que atiende incidencia.  
(Elaboración propia 2017)

## ANEXO C. Creación de tablas de datos geográficos. Cálculo Topología.

Sentencias SQL para la creación de la tabla de datos refinados o filtrados a utilizar en el algoritmo que facilitará el cálculo de la ruta óptima.

```
--Se crea una nueva tabla para refinar los datos asociados a
la geometría y el identificador
create table union_trans as
select gid, (ST_Transform(ST_SetSRID(geom, 32630), 32630)) as
the_geom
from union_camino_vias;

--Llave primaria
ALTER TABLE union_trans
ADD CONSTRAINT union_trans_pkey PRIMARY KEY(gid);

--Se agregan campos origen y destino para el cálculo de la
topología
alter table union_trans add column source integer;
alter table union_trans add column target integer;

--Se adiciona el campo length y se calcula
alter table union_trans ADD COLUMN length double precision;
update union_trans SET length =ST_LENGTH(the_geom);

--Ya que los datos de origen tienen una geometría en 3d (dado
que tienen valor z) se debe transformar la geometría de 3d a
2d para que pueda la topología de la red pueda ser calculada
correctamente
ALTER TABLE union_trans
  ALTER COLUMN the_geom TYPE geometry(MultiLineString, 32630)
  USING ST_Force2D(the_geom);

--Validar geometrías no nulas
DELETE FROM UNION_TRANS WHERE THE_GEOM IS NULL

--Por último se calcula la topología de la red (asocio de
vértices y aristas o segmentos)
select pgr_createTopology('union_trans', 0.001,
'the_geom','gid', 'source', 'target');
```

## ANEXO D. Creación de la Función Nodo Más Cercano

Código SQL de la creación de la función de nodo más cercano en la base de datos.

```
--Función que retorna el nodo de la red más próximo a una
coordenada dada (sistema de proyección de coordenada: 4326)

DROP FUNCTION get_nearest_node(double precision,double
precision);
CREATE OR REPLACE FUNCTION get_nearest_node(IN x_long double
precision, IN y_lat double precision)
RETURNS TABLE(id integer)AS
$func$
BEGIN
    RETURN QUERY
    SELECT vv.id::integer
    FROM union_trans_vertices_pgr vv
    ORDER BY the_geom <->
    ST_Transform(st_setsrid(st_makepoint(y_lat, x_long), 25830),
32630)
        LIMIT 1;
END
$func$ LANGUAGE plpgsql;
```

## ANEXO E. Glosario Técnico

**JavaScript:** es un lenguaje de programación y puede considerarse el lenguaje de programación de HTML y la Web. Abreviado comúnmente JS, es un lenguaje de programación interpretado, es decir que no necesita ser compilado y se pueden usar sus instrucciones directamente dejando que el navegador web sea quien las ejecute en tiempo real. Se utiliza principalmente en su forma del lado del cliente permitiendo mejoras en la interfaz de usuario y páginas web dinámicas. (W3C schools, 2017)

**PHP:** (por sus siglas en inglés Personal Home Page; en español Página de Inicio personal) es un lenguaje de programación cuyo código se ejecuta del lado del servidor. Se le considera una poderosa herramienta para hacer páginas web haciéndolas más interactivas y dinámicas. PHP es denominado un lenguaje de programación de propósito general y fue desde sus inicios orientado al desarrollo de páginas web pero hoy en día se usa en muchos otros tipos de aplicaciones. (W3C schools, 2017)

**Pgrouting:** es una extensión de software que añade enrutamiento y funcionalidad de análisis de redes a las bases de datos PostGIS. Esta extensión contiene diferentes funciones y características para cálculo de rutas como por ejemplo, el camino más corto: Dijkstra y K-Dijkstra, donde se calcula uno de muchos caminos más cortos. (Pgrouting, 2017)

**PostGIS:** es un módulo de software que añade soporte de objetos geográficos al motor de Base de Datos PostgreSQL, convirtiendo una base de datos estándar en una espacial para su utilización en Sistemas de Información Geográficos a través de la adición de tres características: tipos de datos espaciales, índices espaciales y funciones que operan sobre ellos. Estas adiciones permiten que las consultas de ubicación se ejecuten en SQL. (PostGIS, 2017)

**PostgreSQL:** es un poderoso sistema de base de datos relacionales, usa SQL y es de código abierto. Esto le ha hecho muy popular y hoy en día se ejecuta en todos los principales sistemas operativos. También es compatible con el almacenamiento de objetos grandes binarios, incluyendo imágenes, sonidos o video. Tiene interfaces de programación nativas para diferentes lenguajes de programación y aun en su versión más limitada es fiable y robusta. (PostgreSQL, 2017)

**SQL:** (por sus siglas en inglés Structured Query Language; en español lenguaje de consulta estructurada) es el lenguaje utilizado por la mayoría de los Sistemas Gestores de Bases de Datos Relacionales (SGBDR) y estandarizado por ANSI. Es un lenguaje que permite especificar diversos tipos de operaciones en las Bases de Datos relacionales y permite efectuar consultas con el fin de

recuperar, de forma sencilla, información, así como hacer cambios en ellos y en la misma Base de Datos. (Campus MVP, 2017)

**WAMP:** es una aplicación de escritorio que permite crear aplicaciones web y desplegar su contenido de forma local o remota. Cada una de las letras de su nombre, corresponden a las iniciales de las herramientas de software necesarias para garantizar que las aplicaciones web funcionen correctamente. Las herramientas utilizadas son las siguientes: Windows, como sistema operativo; Apache, como servidor web; MySQL, como gestor de bases de datos; PHP como lenguaje de programación. (WampServer, 2017)

**XML:** (por sus siglas en inglés eXtensible Markup Language; en español "Lenguaje de Marcado Extensible" o "Lenguaje de Marcas Extensible"), es un meta-lenguaje que permite definir lenguajes de marcas (etiquetas) y se usa principalmente para almacenar datos en forma legible. Diseñado para facilitar estructurar documentos grandes. A diferencia de otros lenguajes, XML da soporte a bases de datos, siendo útil cuando varias aplicaciones deben comunicarse entre sí o integrar información. (W3C schools, 2017)



## ANEXO F. Cronograma De Actividades de práctica.

Cronograma de actividades realizado en remOT Technologies, del 1 de Junio de 2017 al 30 de Septiembre de 2017.

