



UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería en Informática



TFG del Grado en Ingeniería Informática  
**Geoindoor**



Presentado por Juan Pedro Pascual Vitores  
en Universidad de Burgos — 10 de enero de 2018  
Tutor: Carlos López Nozal





UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería en Informática



D. Carlos López Nozal, profesor del departamento de ingeniería civil , área de lenguaje de sistemas.

Expone:

Que el alumno D. Juan Pedro Pascual Vitores, con DNI 13172380G, ha realizado el Trabajo final de Grado en Ingeniería Informática titulado Geoindoor de TFG.

Y que dicho trabajo ha sido realizado por el alumno bajo la dirección del que suscribe, en virtud de lo cual se autoriza su presentación y defensa.

En Burgos, 10 de enero de 2018

Vº. Bº. del Tutor:

D. Carlos López Nozal



## **Resumen**

La geolocalización es un concepto que se lleva estudiando desde hace años, pero con el avance de la tecnología se ha conseguido acercar la geolocalización al ámbito cotidiano, consiguiendo que nos resulte más fácil llegar a un determinado lugar.

Habitualmente se ha utilizado la geolocalización para orientarnos en extensiones relativamente amplias. Sin embargo el avance del hardware permite que la geolocalización sea más precisa, con lo que están apareciendo herramientas para que la geolocalización sea aplicada a extensiones de terreno más pequeñas, abriendo un mundo de posibilidades, y precisamente sobre esto trata el proyecto.

Geoindoor es una herramienta con múltiples aplicaciones, que añade servicios de geolocalización dentro edificios. Una aplicación Web permite etiquetar ubicaciones dentro del plano del edificio. Otra aplicación permite consultar las ubicaciones de un edificio, las posiciones en plano del edificio y navegar hasta ellas desde la ubicación actual.

## **Descriptores**

Geolocalización indoor, sistema de localización, búsqueda de lugares, localización en interiores, rutas predeterminadas. . . .

## **Abstract**

Geolocation is a concept that has been studied since years, but the advancement of technology has been able to bring geolocation closer to us, because of this we arrive to the places faster.

Usually geolocation has been used to orient in large extensions. However, the hardware advancement allows the geolocation to be more accurate, because of this, there are more tools for the geolocation dedicated to smaller terrain extensions, opening a world of possibilities and the project is about it.

Geoindoor is a tool with multiple applications that add geolocation services within buildings. A web application allows you to tag locations within the building plan. Another application that allows you to consult the locations of a building, positions in the building plan and navigate to them from the actual location.

## **Keywords**

Indoor geolocation, location system, location search, indoor location, predetermined routes. . . .

---

# Índice general

---

<b>Índice general</b>	<b>III</b>
<b>Índice de figuras</b>	<b>V</b>
<b>Índice de tablas</b>	<b>VI</b>
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Estructura de la memoria . . . . .	1
1.2. Materiales adjuntos . . . . .	2
<b>Objetivos del proyecto</b>	<b>3</b>
2.1. Objetivos generales . . . . .	3
2.2. Objetivos técnicos . . . . .	3
2.3. Objetivos personales . . . . .	4
<b>Conceptos teóricos</b>	<b>5</b>
3.1. Geolocalización . . . . .	5
3.2. Formatos gráficos escalables . . . . .	9
3.3. Lenguajes de etiquetas . . . . .	12
3.4. Algoritmo de Dijkstra . . . . .	15
<b>Técnicas y herramientas</b>	<b>18</b>
4.1. Bower . . . . .	19
4.2. Grunt . . . . .	19
4.3. JSON . . . . .	19
4.4. JavaScript . . . . .	20
4.5. Python . . . . .	20
4.6. AngularJS . . . . .	20
4.7. Java . . . . .	20
4.8. Node.js . . . . .	21

4.9. jQuery . . . . .	21
4.10. Selenium . . . . .	21
4.11. Webserver Stress Tool . . . . .	21
4.12. Git . . . . .	21
4.13. ZenHub . . . . .	22
4.14. T <sub>E</sub> X y L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X . . . . .	22
4.15. Zotero . . . . .	22
4.16. Heroku . . . . .	22
4.17. Firebase . . . . .	23
4.18. HTML5 . . . . .	23
4.19. CSS3 . . . . .	23
4.20. Bootstrap . . . . .	23
<b>Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto</b>	<b>24</b>
5.1. Análisis e investigación de la aplicación . . . . .	24
5.2. Viewer . . . . .	24
5.3. Architect . . . . .	25
5.4. Heroku . . . . .	25
5.5. Firebase . . . . .	25
5.6. Otros problemas . . . . .	25
<b>Trabajos relacionados</b>	<b>27</b>
6.1. Google Maps . . . . .	27
6.2. AnyPlace . . . . .	27
6.3. Goindoor . . . . .	28
<b>Conclusiones y Líneas de trabajo futuras</b>	<b>29</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>30</b>



---

## Índice de figuras

---

3.1. Paso 1º trilateración . . . . .	6
3.2. Paso 2º trilateración . . . . .	7
3.3. Paso 3º trilateración . . . . .	7
3.4. Paso 4º trilateración . . . . .	7
3.5. Paso 5º trilateración . . . . .	7
3.6. Explicacion de trilateración.[7] . . . . .	8
3.7. Explicacion de trilateración. [25] . . . . .	9
3.8. explicación diferencia mapa de bits y gráfico vectorial.[1] . . . . .	12
3.9. Ejemplo de grafo con aplicación del algoritmo Dijkstra [16] . . . . .	16
4.10. Tablero ofrecido por ZenHub en GitGub . . . . .	22

---

# Índice de tablas

---

---

# Introducción

---

"No se dónde está"

Es habitual escuchar esta frase, que multitud de veces irrumpe en nuestras vidas dificultando nuestras tareas, tareas tan simples como encontrar un baño, una oficina, o la cafetería. Éstos son los típicos problemas que se encuentra uno cuando acude por primera vez a un lugar, pero es más grave para aquel que ofrece un servicio o unos productos en un determinado lugar y el usuario no lo localiza. Ésto puede hacer que el flujo de personas que acudan al establecimiento sea mucho menor, lo que provocaría que el servicio estuviera poco solicitado o que los productos ofrecidos no fuesen vistos por tantas personas como se desearía. Es aún más grave si hablamos de un negocio el cual necesite que los usuarios localicen con rapidez donde se ofrecen los servicios o productos.

De ahí la necesidad de la implementación del proyecto, que propone dar servicios de geolocalización indoor. Ésto resolvería diversos problemas en establecimientos como museos, exposiciones, centros comerciales, hospitales, o cualquier otro establecimiento de gran tamaño.

La geolocalización indoor además de servir para encontrar localizaciones determinadas, puede ser aplicada para programar rutas que se amolden a unos intereses, y así hacer de la experiencia de moverse por nuevos lugares algo más fructífero y gratificante.

## 1.1. Estructura de la memoria

La memoria tiene la siguiente estructura:

- **Introducción:** exposición del problema a resolver y cómo lo resuelve el proyecto. Estructura de la memoria y listado de materiales adjuntos.
- **Objetivos del proyecto:** objetivos del proyecto.

- **Conceptos teóricos:** explicación de los conceptos teóricos necesarios para comprender el proyecto.
- **Técnicas y herramientas:** técnicas y herramientas utilizadas para la realización de proyecto.
- **Aspectos relevantes del desarrollo:** explicación de dificultades y obstáculos encontrados en la realización del proyecto.
- **Trabajos relacionados:** trabajos relacionados con el proyecto.
- **Conclusiones y líneas de trabajo futuras:** conclusiones obtenidas tras realizar el proyecto y expectativas de futuro.

Junto a la memoria se proporcionan los siguientes anexos:

- **Plan del proyecto software:** sección centrada planificación temporal y viabilidad del proyecto.
- **Especificación de requisitos del software:** sección que se centra en la especificación de requisitos.
- **Especificación de diseño:** sección que se basa en describir la fase de diseño.
- **Manual del programador:** sección centrada en la explicación del código fuente (estructura, compilación, instalación, ejecución, pruebas, etc...).
- **Manual de usuario:** sección centrada en la explicación al usuario de como utilizar la herramienta.

## 1.2. Materiales adjuntos

Los materiales adjuntados con la memoria son:

- Architect, parte de la herramienta para crear rutas y edificios.
- Viewer, parte de la herramienta encargada de la visualización.
- Código fuente de la Rest API encargada de interactuar con la BD.
- Pruebas de integración.
- Pruebas de estrés y rendimiento.

Recursos en internet:

- Architect (Se lanza en el localhost).
- Viewer (Se lanza en el localhost).
- Rest API <https://geoindoorapi.herokuapp.com/> .
- Base de datos de firebase <https://geoindoordb.firebaseio.com/> .
- Repositorio del proyecto .

---

# Objetivos del proyecto

---

A continuación, se especifican los objetivos que promueven la realización de este proyecto.

## 2.1. Objetivos generales

- Desarrollar una herramienta que permita añadir servicios de geolocalización en interiores.
- Facilitar la localización de lugares dentro de edificios.
- Creación de rutas predeterminadas que permitan al usuario tanto diseñar rutas para él mismo, como para todo el público.

## 2.2. Objetivos técnicos

- Uso del API proporcionado por la aplicación *Anyplace*
- Uso de Git como sistema de control de versiones junto con la plataforma GitHub.
- Uso de la metodología Scrum.
- Uso de ZenHub como herramienta de gestión de proyectos.
- Uso de JS en la parte del servidor (Node.js).
- Uso de bases de datos no sql.

### **2.3. Objetivos personales**

- Entender cómo se realiza un proyecto desde su inicio hasta su final.
- Mejorar mis conocimientos y conceptos sobre el desarrollo.

---

# Conceptos teóricos

---

A continuación se explicarán unos conceptos indispensables para el entendimiento del proyecto.

## 3.1. Geolocalización

La Geolocalización es el concepto más importante en este proyecto, y primero hablaremos un poco del API utilizada y después profundizaremos más en el concepto.

En el proyecto, el mapa que ofrece Google Maps es fundamental, ya que nos permite dibujar sobre el plano y añadir imágenes sobre él.

La API utilizada para este proyecto se basa en la API Google Maps, que está escrita en JavaScript [27].

La clase principal es `google.maps.Map`, cuyo constructor nos permite crear un mapa dentro de un contenedor HTML. Después encontramos `google.maps.LatLng`, donde `LatLng` es un punto en coordenadas geográficas: latitud y longitud.

Para más información se puede visitar la documentación de Google Maps donde aparece información más detallada, ya que no profundizaremos en cuáles, y cómo son las clases y funciones de esta API, sino cómo funciona Google Maps en sí.

Google Maps funciona a través de conexión a internet y la función de GPS del dispositivo, las coordenadas de Google Maps están en el sistema WGS84<sup>1</sup> y se mostrará la latitud y la longitud, positiva para Norte y Este, negativa para Sur y Oeste.

---

<sup>1</sup>WGS84 es un sistema de coordenadas geográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la Tierra (sin necesitar otro de referencia) por medio de tres unidades dadas.

Cuando nos referimos a la función GPS, estamos hablando de la función de geolocalización del dispositivo, en la que profundizaremos con más detalle.

**Definición:** Geolocalización (Geo-localización) está formada por la palabra geo, que tiene origen griego en geos que significa tierra. Y la palabra localización, de las raíces latinas localis (relativo a lugar), que proviene de locus (lugar).

Por lo tanto, la geolocalización consiste en la ubicación de un “lugar” en la “tierra” [3].

Haciendo una definición más exacta, la geolocalización consiste en ubicar o determinar dónde se encuentra un objeto o lugar en un determinado espacio.

Cuando nos referimos a objeto no tiene porqué ser inanimado, y el determinado espacio al que nos referimos es la tierra como tal, pero no siempre se la pone como plano de referencia.

Cuando hablamos sobre la geolocalización también debemos hablar de los sistemas de posicionamiento que son los encargados de analizar, manejar y procesar la información geográfica, que nos permite obtener la localización de un objeto u lugar.

El sistema de posicionamiento más conocido en el mundo es el GPS (Global Positioning System ), que es un sistema que permite localizar objetos móviles, gracias a la recepción de señales emitidas por un conjunto de satélites. Para determinar las localizaciones este sistema se sirve de 24 satélites y trilateración. Y es de origen estadounidense, otros sistemas de posicionamiento conocidos son el GLONASS, de origen ruso y Galileo europeo [24].

La trilateración es un método matemático para determinar las posiciones relativas de los objetos usando la geometría de triángulos y la triangulación. La trilateración para ubicar el objeto usa las posiciones conocidas de dos o más puntos de referencia, y la distancia entre el objeto y cada punto de referencia [11].

- Explicación matemática de la trilateración [11]:

- Se parte de 3 esferas.

$$\begin{aligned} r_1^2 &= x^2 + y^2 + z^2, \\ r_2^2 &= (x - d)^2 + y^2 + z^2, \\ r_3^2 &= (x - i)^2 + (y - j)^2 + z^2, \end{aligned}$$

Figura 3.1: Paso 1º trilateración



- Se halla la  $x$  restando la segunda a la primera.

$$x = \frac{r_1^2 - r_2^2 + d^2}{2d}.$$

Figura 3.2: Paso 2º trilateración

- Se sustituye la  $x$  en la primera esfera, con lo que obtenemos la fórmula de otro círculo.

$$y^2 + z^2 = r_1^2 - \frac{(r_1^2 - r_2^2 + d^2)^2}{4d^2}.$$

Figura 3.3: Paso 3º trilateración

- Se iguala la fórmula anterior a la de la tercera esfera, obteniendo.

$$y = \frac{r_1^2 - r_3^2 - x^2 + (x - i)^2 + j^2}{2j} = \frac{r_1^2 - r_3^2 + i^2 + j^2}{2j} - \frac{i}{j}x.$$

Figura 3.4: Paso 4º trilateración

- Teniendo las coordenadas del punto solución  $x$  e  $y$ , despejamos la  $z$  de la primera esfera .

$$z = \sqrt{r_1^2 - x^2 - y^2}$$

Figura 3.5: Paso 5º trilateración

De esta manera obtendríamos la solución para los tres puntos  $x$ ,  $y$  y  $z$ . Al ser una raíz cuadrada la solución puede ser 0, uno o dos resultados.

- $z = \sqrt{x}$ ,  $x \prec 0$  : Una de las esferas no intersecciona con las demás (No hay solución real).
- $z = 0$  : Las esferas interseccionan justo en un punto.
- $z = \pm\sqrt{x}$ ,  $x \succ 0$  : Las esferas se interseccionan en 2 puntos.

Se consigue saber la distancia entre objetos y puntos de referencia gracias a que el dispositivo emite una señal y espera una respuesta de los puntos de referencia. El diferencial de tiempo entre el envío y la recepción se utiliza para determinar la distancia.

Como se muestra en las imágenes en la trilateración en tres dimensiones, los puntos de referencia (satélites) crean una esfera virtual o imaginaria de radio igual a la distancia entre el objeto y el satélite, donde ellos son el epicentro. Se utilizan los puntos de intersección entre esferas para calcular la posición del objeto a localizar.

Los satélites tienen que saber la distancia entre ellos, por lo tanto también mandan señales. Además para hacer un cálculo correcto de distancias se necesitan tener relojes coordinados.

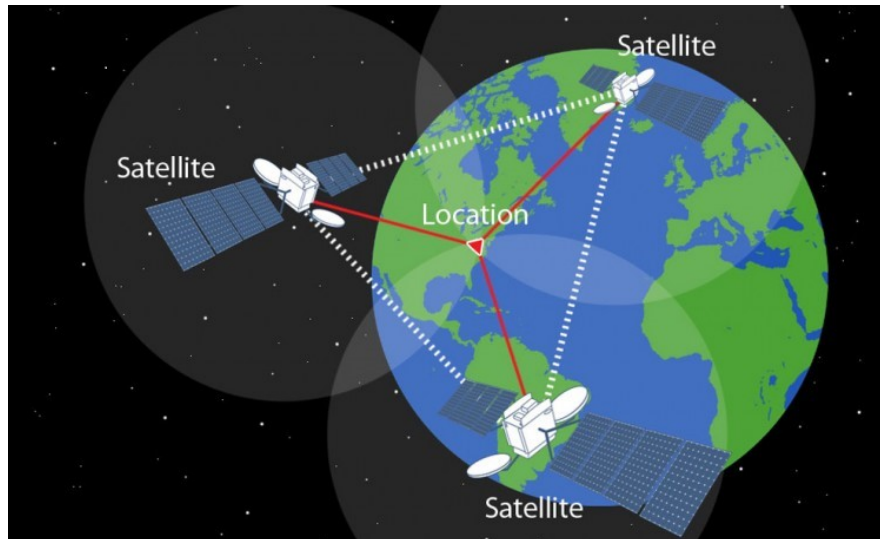


Figura 3.6: Explicación de trilateración.[7]

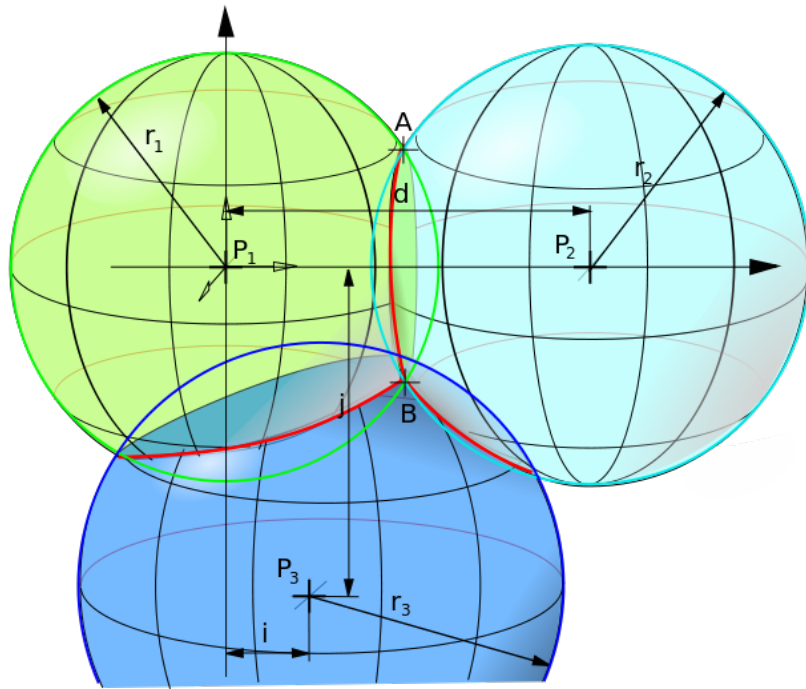


Figura 3.7: Explicación de trilateración. [25]

La geolocalización por wifi funciona de forma parecida a la de los sistemas de posicionamiento con satélites. Esta vez los puntos de referencia en vez de ser satélites son puntos de acceso wi-fi, y hay varias técnicas y tecnologías para hallar la ubicación de los dispositivos, además de la explicada anteriormente. Una de estas técnicas es la de utilizar RSSI, que indica la intensidad de la señal, a mayor intensidad más cerca está del punto de acceso Wi-Fi que proporciona la señal. Pero normalmente para la ubicación en interiores se utilizan ondas de radio, ya que se obtiene mayor precisión [29].

### 3.2. Formatos gráficos escalables

Los formatos gráficos escalables son fundamentales en el proyecto ya que son utilizados a la hora de hacer el dibujado de rutas, así como la creación de iconos.

Cuando hablamos de formatos gráficos escalables, nos estamos refiriendo a aquellos formatos digitales basados en objetos geométricos, cuya labor es hacer que la imagen tenga formas más definidas. Los formatos más conocidos son SVG, WMF, ODG y AI.

Debemos entender la importancia de los formatos gráficos escalables en la

mejora de imágenes para hacerlas más geométricas.

## WMF

Es un formato de gráficos vectoriales creado por Microsoft, nació a principio de los 90 y ahora está en desuso. Un archivo WMF se utiliza para regenerar una imagen a través Windows GDI <sup>2</sup>. WMF guarda una serie de llamadas a funciones que son enviadas a Windows GDI para regenerar la imagen. [13]

Enhanced Metafile (EMF) es una versión de 32 bits de WMF (16 bits), con comandos adicionales.

## ODG

ODG formato de imagen vectorial enlazado con la versión 2 de OpenDocument de OpenOffice, es un estándar abierto para la creación de dibujos vectoriales, utiliza XML, fue creado por Sun Microsystems y OASIS [2].

## AI

Formato de imagen vectorial de Adobe Illustrator, está desarrollado por Adobe Systems para la representación de gráficos vectoriales en formato EPS o PDF. El formato AI está compuesto por rutas conectadas mediante puntos, en lugar de datos de imagen. En principio el formato AI fue un formato nativo llamado PGF hasta que se compatibilizo con PDF mediante la copia completa de datos PGF en el archivo de formato PDF [4].

## SVG

Este es el formato gráfico utilizado para el dibujo de rutas y caminos en el proyecto.

SVG (Scalable Vector Graphics) es un formato de imagen vectorial recomendado y desarrollado por W3C (World Wide Web Consortium), es un estándar abierto, trabaja con gráficos vectoriales bidimensionales estáticos y animados, en formato XML. SVG aparece de forma nativa en multitud de navegadores como Amaya, Mozilla Firefox, Google Chrome, Safari e Internet Explorer. Para navegadores que no tienen SVG de forma nativa existen plugins que permiten mostrar imágenes en formato SVG [22] [28]. SVG permite tres tipos de objetos gráficos:

- Elementos geométricos vectoriales

---

<sup>2</sup>Graphics Device Interface *interfaz de programación de aplicaciones que se encarga del control gráfico de los dispositivos de salida*

- Rectas
- curvas
- Mapa de bits
- Texto

Los objetos gráficos con los que trabaja SVG pueden transformarse y agruparse para después ser compuestos en otros objetos renderizados con anterioridad. El dibujado con SVG es dinámico e interactivo, mediante el uso de DOM para SVG (Document Object Model), que mediante ECMAScript <sup>3</sup> o SMIL <sup>4</sup> permite animaciones de gráficos vectoriales sencillas y eficientes SVG tiene una gran cantidad de manejadores de eventos como “onMouseOver”, “onClick”, que pueden ser asignados a cualquier objeto SVG. La compatibilidad de SVG con estándares web permite aplicar características como el scripting sobre elementos SVG o XML, de forma simultánea, en la misma página web desde distintos espacios de nombre XML. Las imágenes SVG pueden ser comprimidas con gzip (SVGZ) [22].

---

<sup>3</sup>ECMAScript es una especificación de lenguaje de programación publicada por ECMA International. Se empezó a desarrollar en 1996 y se basó en JavaScript, fue propuesto como estándar por Netscape Communications Corporation. Actualmente es el estándar ISO 16262.

<sup>4</sup>SMIL (Synchronized Multimedia Integration Language) es un estándar del World Wide Web Consortium (W3C) para presentaciones multimedia, permite integrar audio, video, imágenes, texto o cualquier otro contenido multimedia.

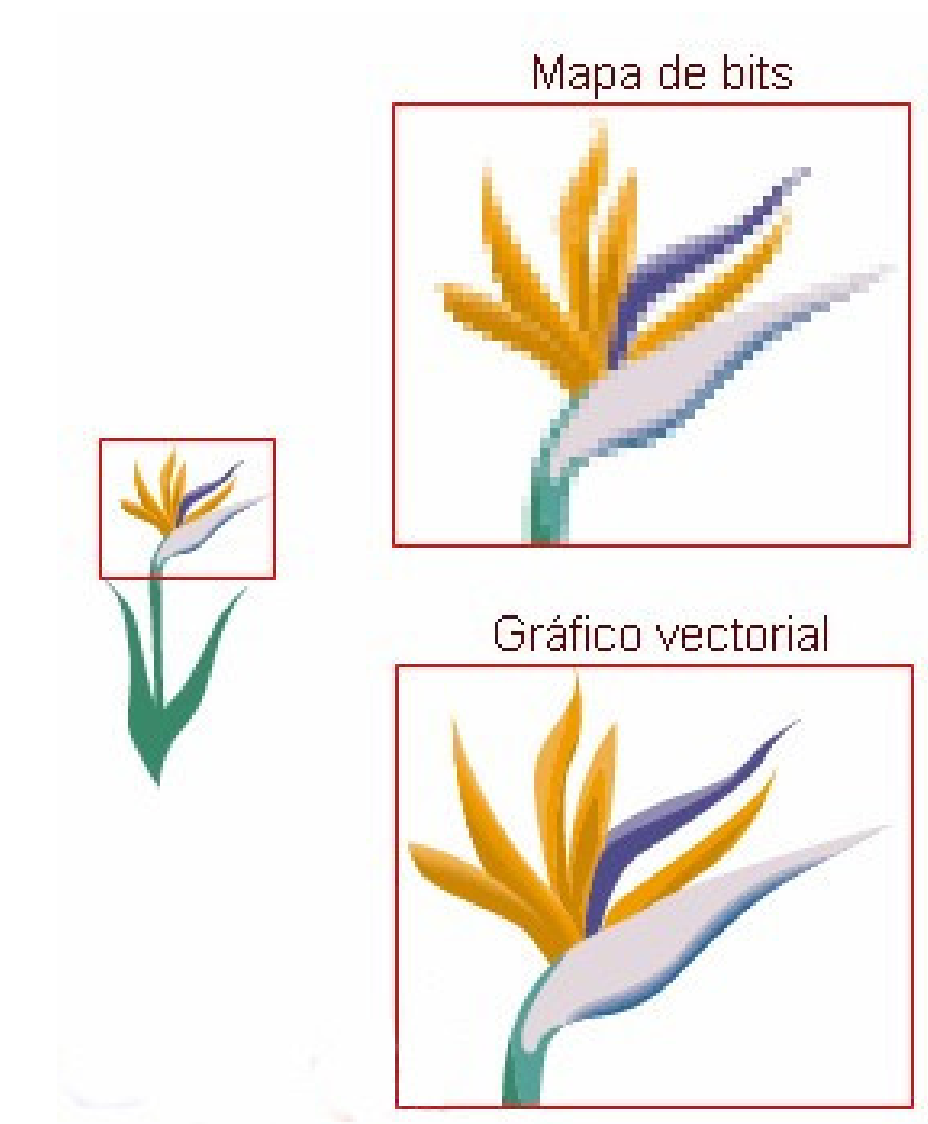


Figura 3.8: explicación diferencia mapa de bits y gráfico vectorial.[1]

### 3.3. Lenguajes de etiquetas

En cuanto al lenguaje de etiquetas o marcado, al ser una herramienta para la web, la interfaz se nutre de html, con lo cual es una parte fundamental del proyecto.

Los lenguajes de etiquetas, o de marcado, son utilizados para codificar un documento añadiendo etiquetas al texto, las cuales permiten otorgarle unas características o cualidades específicas. En este proyecto es muy importante ya que facilita tanto el procesado de la información, como la muestra de la

misma [19].

No se debe confundir los lenguajes de etiquetas con los de programación, ya que el lenguaje de etiquetas no tiene funciones aritméticas ni variables.

Podemos diferenciar entre 4 tipos de lenguajes de marcado o de etiquetas [5] [6].

- Marcado de presentación.
- Marcado de procedimientos.
- Marcado descriptivo.
- Lenguajes especializados.

También existen lenguajes de etiquetado que son difíciles de enmarcar en uno de estos 4 tipos, ya que comparten características de varios de ellos, como podría ser el caso de HTML, que contiene etiquetas procedimentales, como la B de bold, con otras descriptivas como es BLOCKQUOTE y atributo HREF.

(Los ejemplos representan cómo se suele ver el lenguaje de marcado)

### **Marcado de presentación**

Indica el formato del texto, y como su propio nombre indica es utilizado para cambiar la presentación de un texto o documento. En este tipo las etiquetas suelen estar ocultas al usuario.

Ejemplo: Microsoft Word

Cuántas veces habremos oído esa frase...

En muchas ocasiones nos encontramos en sitios nuevos

### **Marcado de procedimientos**

El lenguaje de marcado de procedimientos también es utilizado para la presentación del texto, pero en este caso las etiquetas sí que son visibles para los usuarios que editan el texto, y se realiza un procesamiento dependiendo de la etiqueta asociada.

Ejemplo: LaTeX

```
\documentclass[10pt,a4paper]{article}
\usepackage[latin1]{inputenc}
\author{Juan Pedro Pascual Vitores}
\title{Introducción}
```

```

\begin{document}
\section{Introducción}\label{introduccion}
\texttt{"No se dónde está"}
Cuántas veces habremos oído esa frase...
En muchas ocasiones nos encontramos en sitios nuevos
\end{document}

```

## Marcado descriptivo

Se utilizan etiquetas o marcas para describir el texto, sin especificar cómo deben ser presentados, ni en qué orden.

Este tipo de marcado tiene más usos que lo que aparenta a primera vista. Pueden utilizarse para el almacenamiento de metadatos, comunicación de datos (cualquier aplicación puede escribir un documento de texto plano con datos en formato XML), migración de datos (si necesitamos migrar los datos de una base de datos a otra, si ambas trabajan en xml, el trabajo es más sencillo), almacenamiento de gráficos vectoriales (VML) <sup>5</sup>, fórmulas matemáticas con XML (MathML) <sup>6</sup>, Estructuras moleculares e información científica y química con XML ( CML ) <sup>7</sup> [26]

Ejemplo: XML

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8">
<Documento>
  <Texto>
    <Parrafo>
      Cuántas veces habremos oído esa frase...
      En muchas ocasiones nos encontramos en sitios
    <\Parrafo>
  <\Texto>
<\Documento >

```

## Lenguajes especializados

Los lenguajes especializados podríamos decir que derivan de los lenguajes de marcado descriptivo, ya que se diferencian con el tipo anterior en que se

---

<sup>5</sup>VML *Vector Markup Language* es un lenguaje XML destinado a la creación de los gráficos vectoriales en 2D o 3D [14]

<sup>6</sup>MathML *Mathematical Markup Language* lenguaje de marcado basado en XML, cuyo objetivo es expresar notación matemática para que distintas máquinas puedan entenderla [10] [20]

<sup>7</sup>Chemical Markup Language es un lenguaje de marcas basado en XML cuyo objeto es expresar información molecular [12]



especializan en una materia como podría ser la matemática ( OpenMath o MathML ) o los gráficos (SVG o VRML) [21] [10].

Ejemplo: OpenMath

```
<OMOBJ xmlns="url">
  <OMA cdbase="url">
    <OMS cd="relation1" name="eq"/>
    <OMV name="x"/>
  </OMA>
</OMOBJ>
```

Ejemplo: SVG

```
<svg width="100" height="100">
  <circle cx="50" cy="50" r="40"/>
</svg>
```

### 3.4. Algoritmo de Dijkstra

En Geoindoor es fundamental el algoritmo de Dijkstra ya que es utilizado para el trazado de rutas a la hora de elegir el camino. A continuación explicaremos en qué consiste este algoritmo.

El algoritmo de Dijkstra o algoritmo de caminos mínimos es un algoritmo para encontrar el camino más corto en un grafo, desde un punto de partida u origen, hasta uno de los demás puntos.

El grafo consta de vértices y aristas donde cada arista tiene un peso, mediante el cual se calcula cuál es el camino mas corto de un nodo o vértice hasta otro nodo. El principal problema de este algoritmo reside en que es una especialización de la búsqueda de costo uniforme, y no funciona en grafos con aristas de coste o peso negativo, es decir, al elegir siempre el nodo con un peso menor, pueden quedar excluidos nodos que en próximas iteraciones bajarían el costo general del camino [16].

#### Algoritmo [16]

- Teniendo un grafo dirigido ponderado de N nodos no aislados.
- Siendo x el nodo inicial.
- Teniendo un vector D de tamaño N en el cual se guardará las distancias desde x al resto de los nodos.

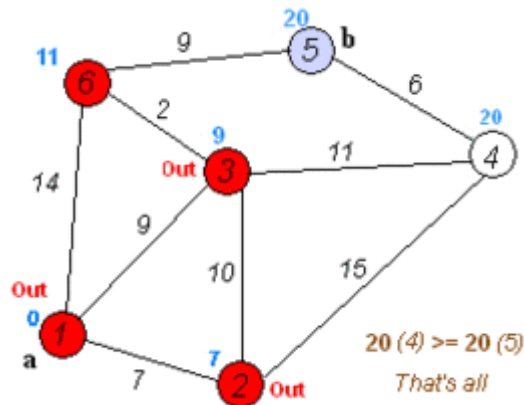


Figura 3.9: Ejemplo de grafo con aplicación del algoritmo Dijkstra [16]

1. Inicializar la distancia de x en D a 0, debido a que la distancia de x a x es 0. Las demás distancias de D deben ser inicializadas a un valor infinito, ya que al principio son desconocidas.
2. Siendo  $a = x$  tomamos a como nodo inicial.
3. Recorreremos todos los nodos adyacentes de a, menos los nodos que ya han sido marcados. Llamaremos a los nodos que no han sido marcados  $v_i$ .
4. Para el nodo actual, calculamos la distancia desde dicho nodo a los vecinos con la fórmula:  $dt(v_i) = D_a + d(a, v_i)$ , y Si  $dt(v_i) < Dv_i$  entonces  $Dv_i = dt(v_i)$
5. Marcamos el nodo a como completo.
6. Tomamos como próximo nodo actual el de menor valor en D, y volvemos al paso 3 mientras existan nodos no marcados. También se podría hacer almacenando los valores en una cola de prioridad.

Cuando termine el algoritmo, D contendrá las distancias desde x al resto de los nodos.

La complejidad de este algoritmo es  $O(|V|^2 + |A|) = O(|V|^2)$  sin utilizar cola de prioridad,  $O((|A| + |V|) \log |V|) = O(|A| \log |V|)$  utilizando cola de prioridad.

- En cada iteración se añade un vértice al subconjunto, para operar y el algoritmo realiza en n-1 iteraciones como máximo.
- Se identifica el vértice con la menor etiqueta entre los que no están en el subconjunto, en cada iteración.

- Se realiza una operación de suma y una comparación para actualizar la etiqueta de cada uno de los vértices que no están en el subconjunto.

Por lo tanto en cada iteración se realiza como máximo  $2(n-1)$  operaciones. Entonces el algoritmo de Dijkstra realiza  $O(n^2)$  operaciones para determinar la longitud del camino más corto entre dos vértices de un grafo. (El grafo debe ser ponderado simple, conexo y no dirigido con  $n$  vértices determinados)

---

# Técnicas y herramientas

---

En este apartado se hablará de las técnicas y herramientas que han sido utilizadas en el desarrollo del sistema Geoindoor. Para facilitar la comprensión de esta sección, se han organizado las herramientas según los siguientes criterios de clasificación:

- **Manejadores de paquetes y Corredeores de tareas**
  - Bower
  - Grunt
- **Formato de intercambio de datos**
  - JSON
- **Lenguajes y frameworks**
  - JavaScript
  - Python
  - AngularJS
  - Java (Selenium)
  - Node.js
  - jQuery
- **Herramientas utilizadas para realizar los test**
  - Selenium
  - Webserver Stress Tool
- **Software de control de versiones**
  - Git

- ZenHub
- **Documentación**
  - T<sub>E</sub>X
  - L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X
  - Zotero
- **Servicios web**
  - Heroku
  - Firebase
- **Herramientas utilizadas para la interfaz**
  - HTML5
  - CSS3
  - Bootstrap

## 4.1. Bower

Bower es un gestor de paquetes para la web, es indispensable, ya que nos ha servido para manejar los paquetes del proyecto de una forma simple y rápida. Nos ha permitido manejar las dependencias (angular, bootstrap, jquery, etc...) de forma sencilla y ordenada.

## 4.2. Grunt

Grunt ha sido de gran utilidad, ya que nos ha permitido compilar el proyecto de forma sencilla y rápida, ayudándonos a tener siempre centralizados los scripts y sus dependencias (imágenes, css, etc...). A su vez nos dejaba hacer cambios en los scripts en caliente y se volvía a recompilar el proyecto para poder probarlo *in situ*.

Grunt es un corredor de tareas de javascript, que es utilizado para centralizar tareas y scripts, para tener que evitar procedimientos repetitivos. Si se une con Bower permite trabajar con una gran cantidad de paquetes y scripts de forma sencilla.

## 4.3. JSON

JSON tiene un papel fundamental en el proyecto ya que al trabajar con JS se hace indispensable, además se ha utilizado en la base de datos.

JSON (JavaScript Object Notation) es un formato de intercambio de datos. Es simple, tanto a la hora de leerlo, como de escribirlo. Es ideal para la transmisión de objetos por la red, y es ésta la razón por la que es utilizado.

#### 4.4. JavaScript

JavaScript se considera el lenguaje principal del proyecto, es un lenguaje de scripting, ampliamente utilizado en todos los ámbitos de este proyecto, ya sea para cambiar el flujo de salida, recogida de datos, como para procesamiento de información y llamadas a un servidor. Recordar que es la base de los frameworks jQuery y AngularJS y para el entorno de ejecución Node.js. Ha sido elegido por su versatilidad y capacidad de adaptarse a cualquier entorno.

#### 4.5. Python

Python es un lenguaje de programación interpretado que busca ser un código legible. Es un lenguaje de programación multiparadigma, programación imperativa y programación funcional.

En este proyecto es indispensable ya que es utilizado a la hora de lanzar la aplicación, permitiendo recrear un servidor de forma local.

#### 4.6. AngularJS

AngularJS (Google) es un framework JavaScript de desarrollo de aplicaciones web en el lado cliente, y utiliza el patrón MVC (Model-View-Controller).

AngularJS adquiere las buenas características que tiene JavaScript, pero añade que permite procesar datos de forma más sencilla y realizar un gran control sobre el flujo de salida.

Este framework se ha utilizado enormemente en este proyecto, ha sido fundamental ya que con ello hemos creado los controladores que permiten interactuar con la información y los usuarios, haciendo control sobre accesos y lo que se permite editar o no.

#### 4.7. Java

Java es un lenguaje de programación orientado a objetos, concurrente y de propósito general, y ha sido utilizado en el proyecto en las pruebas, con el WebDriver <sup>8</sup> y entorno de pruebas de Selenium.

---

<sup>8</sup>Selenium WebDriver: Colección de enlaces (bindings) específicos para manejar el navegador

## 4.8. Node.js

Node es un intérprete Javascript en el lado del servidor. Permite construir aplicaciones muy escalables y maneja miles de conexiones simultáneas en una sola máquina física.

En el proyecto ha sido utilizado para crear la REST API para manejar la base de datos. Se ha elegido por su simpleza, aunque cabe destacar que debido a que te permite manejar muchas opciones, es fácil equivocarse y realizar acciones que no se tenían pensadas.

## 4.9. jQuery

jQuery podría ser considerado una librería más que un framework. Está basada en JavaScript, y su función es simplificar la manera de interactuar con los documentos HTML, con los elementos DOM, manejar eventos, crear animaciones y permite el uso de AJAX [17].

En este proyecto se ha utilizado tanto sus funcionalidades de AJAX, como las de manejar eventos y las de manejar elementos DOM.

## 4.10. Selenium

Selenium es un automatizador de los navegadores. Lo que quiere decir es que permite automatizar pruebas (acciones) directamente sobre un navegador a través de un WebDriver del propio navegador [8].

Existen varias librerías de diferentes lenguajes para crear pruebas automatizadas. Pero para este proyecto se ha elegido en lenguaje Java.

## 4.11. Webserver Stress Tool

Webserver Stress Tool es una aplicación de prueba HTTP-client/server diseñada para detectar problemas de rendimiento en un sitio web o servidor web [9].

En este proyecto se ha utilizado para realizar pruebas de rendimiento y estrés.

## 4.12. Git

Git es un software de control de versiones diseñado por Linus Torvalds. Se ha elegido porque es usado por el servicio web heroku, así como por GitHub, que es la plataforma en la que se aloja el repositorio del proyecto.

### 4.13. ZenHub

ZenHub es un plug in que permite añadir a GitHub características para mejorar la administración ágil del proyecto, así como mostrar estadísticas sobre el trabajo aplicado al proyecto.

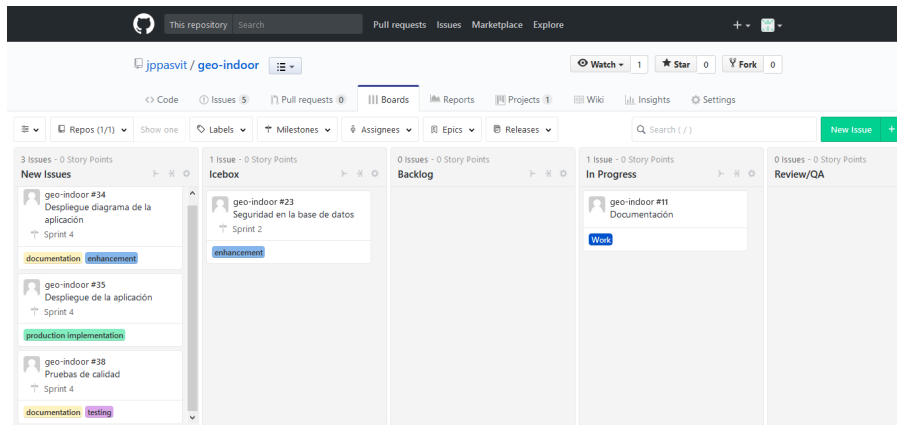


Figura 4.10: Tablero ofrecido por ZenHub en GitHub

### 4.14. T<sub>E</sub>X y L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

T<sub>E</sub>X es una herramienta para el manejo de L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, y este último es un sistema para la creación de documentos de texto de gran calidad tipográfica [18] [23]. Han sido utilizados para documentar ya que a pesar de que al principio se hace un poco difícil trabajar con ello, los resultados son excelentes.

### 4.15. Zotero

Zotero es una herramienta y plug-in de Firefox que se ha utilizado para la administración de las referencias bibliográficas. Nos permite almacenar referencias a las páginas que se visitan a la hora de buscar información por la web.

### 4.16. Heroku

Heroku es una plataforma de servicio de computación en la nube que soporta distintos lenguajes de programación. En el proyecto ha sido utilizado para sostener el servidor con Node.js con la Rest API. Se ha elegido Heroku por recomendación del tutor, así como sus facilidades para comenzar en ello, ya que ofrece servicios gratuitos y muy buenos tutoriales.



### 4.17. Firebase

Firebase es una plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles y web. Es un servicio de google y nos ofrece hosting, base de datos y almacenamiento, entre otras opciones. Ha sido elegido en este proyecto por su base de datos (JSON) no SQL en tiempo real, que permite trabajar con la base de datos de forma muy rápida y sencilla. El utilizar una base de datos JSON como AnyPlace (aplicación en la que se basa Geoindoor), si se quisiera aunar bases de datos, se conseguiría de una forma relativamente sencilla.

### 4.18. HTML5

HTML5 es un lenguaje de marcado que se ha utilizado para mostrar al usuario la información, así como para aprovechar algunas de sus características para el procesamiento de información.

Se ha usado en el proyecto porque es muy utilizado, y es soportado por todos los dispositivos.

### 4.19. CSS3

CSS3 es un lenguaje de hojas de estilo en cascada utilizado para dar una impresión diferente al código HTML. Hay que decir que permite crear estilos de forma rápida y sencilla, pero al aumentar el número de clases y el anidamiento es muy difícil de mantener.

### 4.20. Bootstrap

Bootstrap es un framework para diseño de paginas web y aplicaciones web. Contiene elementos de diseño basados en HTML, CSS y JavaScript. Se ha utilizado para crear la interfaz y aplicarla estilos [15].

---

## Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto

---

En el desarrollo de este proyecto han surgido varios obstáculos que han sido resueltos de diversas maneras. A continuación los explicaremos.

### 5.1. Análisis e investigación de la aplicación

El principal problema que me encontré fue entender la aplicación sobre la que trabajar y cómo hacerlo. La ausencia de documentación detallada dificultaba la labor, ya que no existía ningún documento donde se explicara el funcionamiento de la aplicación y cuáles son sus métodos y funciones. Con lo cual tuve que investigar y analizar la aplicación a conciencia hasta entenderla.

Otro gran problema que surgió, fue entender y crear el servidor que ofrecía AnyPlace, hasta que se decidió trabajar con la aplicación por separado, es decir, Architect por un lado y Viewer por otro y después unificarlos para crear la herramienta.

### 5.2. Viewer

En el proyecto en la parte del Viewer de la herramienta, un gran problema que ha surgido es el contenido mixto ya que muchas veces se ha mezclado contenido cifrado y contenido en plano.

Recordar que han surgido problemas a la hora de relacionar la base de datos de Geoindoor con el Viewer ya que en múltiples ocasiones el sistema de búsqueda anteriormente utilizado hacia devolver al servidor una gran cantidad de información que no era necesaria y ralentizaba las búsquedas (la búsqueda por id se hace menos costosa y más rápida).

### 5.3. Architect

En la herramienta en la parte de Architect, han surgido varios inconvenientes, pero los principales tienen que ver con el tema de procesamiento de datos, el dibujo sobre el plano y las llamadas a la REST API. En varias ocasiones el dibujo de las rutas no quedaba determinado por los pois, y no quedaba un resultado satisfactorio. A la hora de recoger los datos, muchos cambios introducidos por el usuario no causaban un resultado “inmediato”, lo cual se solucionó gracias a JS y a AngularJS.

### 5.4. Heroku

El principal problema que tuve con ello es que no lo conocía, por lo que tuve que adaptarme y aprender su funcionamiento, aunque hay que decir que los primeros pasos los facilitan gracias a sus tutoriales.

He de señalar que el sistema de Heroku para dormir el servidor cuando no se utiliza hace, a veces, ralentizar las funcionalidades ofrecidas por Geoindoor, y al no tener una cuenta de pago los servicios que ofrece Heroku son limitados, pero no surge ninguna pega cuando está activo.

Una vez que se aprendió cómo funcionaba heroku se comenzó a realizar la REST API cuyo principal problema fue entender cómo funcionaba Node.js y las llamadas POST Y GET en Node.js con express.

También es importante decir que con las llamadas al servidor surgieron problemas CORS (access-control-allow-origin), que se han solucionado añadiendo las cabeceras de Access-Control-Allow-Origin.

### 5.5. Firebase

Lo que sucedió con Firebase está relacionado con su base de datos JSON, cuya estructura de base de datos tuve que idear para que se pudiese conseguir una gran cantidad de información de calidad, evitando cantidad de información de poco valor.

La idea es utilizar keys iguales y añadir una palabra clave para utilizar esa clave como otra key. Es decir la key id2 es la key de un edificio y la key id2rutas tiene las rutas del edificio de key id2.

### 5.6. Otros problemas

En este apartado me gustaría hablar de uno de los problemas que más roturas de cabeza me ha provocado y ha sido el CORS 'Access-Control-Allow-Origin', o control de acceso por origen. Cada vez que se hacía una solicitud

desde un dominio diferente al oficial de AnyPlace, se bloqueaba la respuesta de esa solicitud, aun siendo perteneciente a la propia API que ofrece AnyPlace. Este obstáculo no solo aparecía en las peticiones en el Architect sino también en el Viewer, con lo cual la solución que le dí fue lanzar la herramienta de forma local por el puerto 9000 continuando las peticiones a la REST API de AnyPlace, evitando de esta manera el CORS, ya que en su servidor no tienen bloqueada esta acción.

El contenido mixto también me ha supuesto una dificultad, tanto en la parte de Architect, como la de Viewer, pero se solucionó al lanzar la herramienta de forma local con acceso a internet.

Por otro lado, existieron otros muchos problemas que considero que no son relevantes. Aunque me gustaría destacar el problema que me encontré con el uso de jquery para las llamadas, sobre todo con el dataType, y los dynos de heroku a la hora de ofrecer servicios.

---

## Trabajos relacionados

---

Los trabajos que estan relacionados con este son [Google Maps](#), [AnyPlace](#) y [goindoor](#).

### 6.1. Google Maps

Google Maps es la semilla del proyecto ya que AnyPlace se basa en ello. Google Maps ofrece un API en JavaScript que ha sido ampliamente utilizada en este proyecto. La principal ventaja que tiene utilizar el API de Google Maps es el soporte y la atención, además la comunidad que trabaja con Google Maps hace que se resuelvan la dudas fácilmente.

Hay que reconocer que la documentación que ofrece Google Maps ha sido de gran ayuda, así como su sistema de dibujado sobre el plano.

La principal diferencia ente Google Maps y Geoindoor es que Google Maps busca la geolocalización en extensiones amplias de terreno, mientras que Geoindoor la busca en interiores, aunque sigue marcando rutas en largas distancias también. Otra diferencia es que Google Maps se centra en crear rutas automáticas para el usuario, mientras que Geoindoor busca crear rutas pre-determinadas creadas por usuarios para usuarios.

### 6.2. AnyPlace

AnyPlace es la aplicación en la que se basa Geoindoor. AnyPlace siguiendo un poco la línea de Google Maps, busca automatizar las rutas que uno debe seguir, mientras que Geoindoor ofrece rutas pre-determinadas creadas por un usuario administrador para que las siga otro usuario cliente; de esta manera se mejora la experiencia de la geolocalización en interiores y permite a los usuarios administradores que los usuarios clientes visiten o localicen los lugares de una forma determinada.

### **6.3. Goindoor**

Goindoor es otra sistema utilizado para la geolocalización indoor. La principal diferencia entre Geoindoor y goindoor es que, éste último utiliza bacons o anclajes que son utilizados de sensores para obtener la geolocalización. Mientras que Geoindoor utiliza el sistema de geolocalización de Google Maps y añade rutas predeterminadas, Goindoor no tiene tal sistema.

---

## Conclusiones y Líneas de trabajo futuras

---

Para concluir puedo decir que el desarrollo ha sido difícil pero satisfactorio en su resultado. La investigación y entendimiento del sistema ha sido dura y ha hecho que la curva de aprendizaje fuera más longeva de lo esperado en un primer momento.

A primera vista se podría pensar que la implementación de funcionalidades es sencilla, pero no es así, esa primera impresión de sencillez desaparece una vez estás desarrollando.

En cuanto a los resultados, se ha conseguido integrar el agregado de rutas y su interacción.

Para el futuro propondría una serie de mejoras como podría ser: la integración de la base de datos de AnyPlace en Geoindoor, o la unión de ambas herramientas.

La unión de ambas herramientas sería una gran mejora para ambas partes ya que AnyPlace podría ofrecer rutas predeterminadas y Geoindoor podría llegar a más gente. Además se evitarían problemas de CORS.

Este proyecto tiene un gran potencial y se podría utilizar en diversas situaciones, como la búsqueda de oficinas en infraestructuras públicas, rutas interactivas en centros comerciales, museos etc..

---

## Bibliografía

---

- [1] Curso gratis de Flash CS5. aulaClic. 9 - Básico: Gráficos vectoriales y mapas de bits. URL [http://www.aulaclic.es/flash-cs5/b\\_9\\_1\\_1.htm](http://www.aulaclic.es/flash-cs5/b_9_1_1.htm). Accedido el 2017-06-30.
- [2] Definición de odg (formato de archivo, extensión). URL <http://www.alegsa.com.ar/Dic/odg.php>. Accedido el 2017-06-30.
- [3] Diccionario Etimológico castellano en línea. URL <http://etimologias.dechile.net/>. Accedido el 2017-06-30.
- [4] Extensión de archivo AI. URL <http://www.online-convert.com/es/formato-de-archivo/ai>. Accedido el 2017-06-30.
- [5] Lenguaje de marcado - EcuRed. URL [https://www.ecured.cu/Lenguaje\\_de\\_marcado](https://www.ecured.cu/Lenguaje_de_marcado). Accedido el 2017-06-30.
- [6] 1.1 Lenguajes de marcas: tipos y clasificación de los más relevantes. URL <http://www.docencia.taboadaleon.es/1-1-lenguajes-de-marcas-tipos-y-clasificacion-de-los-mas-relevantes.html>. Accedido el 2017-06-30.
- [7] Las mejores aplicaciones de geolocalización. URL <https://elandroidelibre.elespanol.com/2016/03/aplicaciones-de-geolocalizacion.html>. Accedido el 2017-06-30.
- [8] Selenium - Web Browser Automation. URL <http://www.seleniumhq.org/>. Accedido el 2017-12-02.
- [9] Webserver Stress Tool - Performance, stress & load test. URL <https://www.paessler.com/tools/webstress>. Accedido el 2017-12-02.
- [10] Usos del eXtensible Markup Language (XML), December 2003. URL <http://www.maestrosdelweb.com/xmlusos/>.



- [11] Trilateración, November 2015. URL <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Trilateraci%C3%B3n&oldid=87006146>. Page Version ID: 87006146, Accedido el 2017-06-30.
- [12] Chemical Markup Language, December 2016. URL [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Chemical\\_Markup\\_Language&oldid=95720127](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Chemical_Markup_Language&oldid=95720127). Page Version ID: 95720127.
- [13] Metaarchivo de Windows, August 2016. URL [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Metaarchivo\\_de\\_Windows&oldid=93104087](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Metaarchivo_de_Windows&oldid=93104087). Page Version ID: 93104087.
- [14] Vector Markup Language, May 2016. URL [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Vector\\_Markup\\_Language&oldid=91233187](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Vector_Markup_Language&oldid=91233187). Page Version ID: 91233187.
- [15] Bootstrap (framework), December 2017. URL [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Bootstrap\\_\(framework\)&oldid=103881879](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Bootstrap_(framework)&oldid=103881879). Page Version ID: 103881879.
- [16] Algoritmo de Dijkstra, November 2017. URL [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Algoritmo\\_de\\_Dijkstra&oldid=103657476](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Algoritmo_de_Dijkstra&oldid=103657476). Page Version ID: 103657476.
- [17] jQuery, October 2017. URL <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=jQuery&oldid=102868596>. Page Version ID: 102868596.
- [18] LaTeX, November 2017. URL <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=LaTeX&oldid=103092291>. Page Version ID: 103092291.
- [19] Lenguaje de marcado, May 2017. URL [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Lenguaje\\_de\\_marcado&oldid=99029240](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Lenguaje_de_marcado&oldid=99029240). Page Version ID: 99029240.
- [20] MathML, April 2017. URL <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=MathML&oldid=98412342>. Page Version ID: 98412342.
- [21] OpenMath, April 2017. URL <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=OpenMath&oldid=98718481>. Page Version ID: 98718481.
- [22] Scalable Vector Graphics, June 2017. URL [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Scalable\\_Vector\\_Graphics&oldid=100057888](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Scalable_Vector_Graphics&oldid=100057888). Page Version ID: 100057888.
- [23] TeX, May 2017. URL <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=TeX&oldid=98816953>. Page Version ID: 98816953.

- [24] Sistema de posicionamiento global, June 2017. URL [https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema\\_de\\_posicionamiento\\_global&oldid=100017790](https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistema_de_posicionamiento_global&oldid=100017790). Page Version ID: 100017790 Accedido el 2017-06-30.
- [25] Heriberto Arribas Abato. Español: Animación del proceso geométrico de Trilateración., April 2012. URL <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=18931682>. Accedido el 2017-06-30.
- [26] DesarrolloWeb.com. Objetivos y usos del XML. URL <http://www.desarrolloweb.com/articulos/460.php>.
- [27] Google inc. Google Maps JavaScript API V3 Reference | Google Maps JavaScript API. URL <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/3.exp/reference>. Accedido el 2017-06-30.
- [28] Iván Lasso. Formatos de imagen: imágenes vectoriales, February 2015. URL <http://www.proyectoautodidacta.com/comics/formatos-de-imagen-imagenes-vectoriales/>.
- [29] Escrito por Sergio De Luz. Wi-Fi Location: Qué es, cómo funciona y para qué sirve este estándar de geoposicionamiento en interiores con Wi-Fi, March 2017. URL <https://www.redeszone.net/2017/03/11/wi-fi-location-funciona-sirve-este-estandar-geoposicionamiento-interiores-wi-fi/>. Accedido el 2017-06-30.