

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

**Elaboración de una plataforma web
colaborativa con información geográfica
voluntaria para articular procesos de SIG
participativo**

Víctor Martínez Bolea

Noviembre 2020

Dirigido por: Dr. Miguel Sevilla-Callejo

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

Facultad de Filosofía y Letras

Universidad de Zaragoza

Agradecimientos:

Asociación de Software Libre de la Universidad de Zaragoza por albergar la plataforma en su servidor, a los autores aquí citados, al director de este trabajo el Doctor Miguel Sevilla-Callejo, a mis familias y amigos.

Resumen:

La era digital ha traído una avalancha de información sin precedentes que está provocando una desadaptación de nuestro entorno local. Este trabajo explora la posibilidad de filtrar espacialmente la información geográfica generada en internet y localizarla en el propio territorio para articular procesos de SIG participativo. Esto se realiza a través de la elaboración de una plataforma web colaborativa para la georreferenciación y visualización de eventos en la ciudad de Zaragoza con el uso de herramientas libres. La consecución del objetivo permite la colección de datos espaciales aportados por los usuarios, de sus conexiones a la aplicación y de su interacción con la misma; que son representados mediante análisis espaciales realizados en el navegador web. La estructura de la plataforma permite la articulación de procesos participativos, siempre que exista una comunidad, y se reivindica como una alternativa real a otras agendas culturales.

Palabras clave: información geográfica voluntaria, SIG participativo, herramientas libres, SIGweb, agenda cultural

Abstract:

The digital age has brought an unprecedented flood of information that is causing a maladjustment in our local environment. This work explores the possibility of spatially filtering the Volunteered Geographic Information (VGI) generated on the internet and locating it in his own territory to articulate participatory GIS processes. This is done through the development of a collaborative web platform for the georeferencing and visualization of events in the Zaragoza (Spain) with the use of free software. The achievement of the objective allows the collection of spatial data provided by users, their connections to the application and their interaction with it; which are represented by spatial analysis performed in the web browser. The platform's structure allows the articulation of participatory processes, as long as there is a community, and it is claimed as a real alternative to other cultural guide.

Key words: Volunteered Geographic Information (VGI), PGIS, FOSS, GISweb, cultural guide

ÍNDICE DE CONTENIDOS, FIGURAS Y TABLAS

CONTENIDOS

1.	Introducción	8
1.1	La digitalización de las agendas culturales	10
1.2	Datos abiertos, estándares y herramientas libres	11
1.3	Componentes y funciones de un SIG	12
1.4	SIG participativo, web 2.0 e información geográfica voluntaria	13
1.5	Proliferación de sensores, BigData e información geográfica contributiva	15
1.6	Estructura de una plataforma SIGweb	16
1.6.1	Servicios	17
1.6.2	Lenguajes	18
1.6.3	Clientes	20
1.7	Etapas y actividades para la implantación de un SIG	20
2.	Objetivos	22
2.1	Hipótesis de trabajo	22
2.2	Objetivos de la plataforma	22
3.	Metodología	24
3.1	Estructura de la plataforma	24
3.1.1	Usuarios de la plataforma	25
3.2	Construcción de la base de datos	26
3.3	Programación de la plataforma	27
3.3.1	Incorporación de información	28
3.3.2	Gestión de la información	30
3.3.3	Visualización de la información	30
3.4	Implementación de la plataforma	33
3.5	Comparación con otras alternativas	34
4.	Resultados y discusión	36
4.1	Plataforma web	37
4.2	Plataforma SIG	43
4.3	Herramientas libres de la información geográfica	44

4.4	Información geográfica voluntaria	46
4.5	Proceso de SIG participativo	48
5.	Conclusión.....	50
6.	Bibliografía.....	53

FIGURAS

<i>Figura 1: Ejemplo de imágenes con las convocatorias de diversos eventos o actividades culturales en la ciudad de Zaragoza y difundidas a través de redes sociales o aplicaciones de mensajería.</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2: Imagen de la entrada de la web de Turf.js.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 3: Estructura de un SIG cliente-servidor</i>	<i>20</i>
<i>Figura 4: Esquema de la base de datos eventos.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 5: Relación de aplicaciones, lenguajes, funciones y elementos</i>	<i>28</i>
<i>Figura 6: Esquema de la relación de aplicaciones y lenguajes en el servidor público.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 7: Entrada principal a la plataforma web</i>	<i>36</i>
<i>Figura 8: Composición de imágenes del formulario de registro de eventos desde un dispositivo estático (Objetivo de la plataforma nº1). De derecha a izquierda: (1) primera parte del formulario con información temática y espacial, (2) segunda parte del formulario con información temática y temporal y (3) página de confirmación de registro.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 9: Composición de imágenes respecto a la visualización de información en base a la localización del usuario desde un dispositivo móvil (Objetivo de la plataforma nº 3). De izquierda a derecha: (1) localización del usuario, (2) representación de información espacial y (3) representación de información temporal y temática.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 10: Composición de imágenes sobre los análisis espaciales realizados sobre la información de la plataforma (Objetivo de la plataforma nº 4):De izquierda a derecha: (1) recurrencia de eventos por sectores, (2) mapa de calor de las conexiones realizadas a la plataforma y (3) representación de distritos en base al ratio de conexiones por evento</i>	<i>41</i>
<i>Figura 11: Composición de imágenes sobre la posibilidad de descargar la información contenida en la plataforma desde un dispositivo móvil (Objetivo de la plataforma nº 5). A la izquierda el acceso desde la barra de navegación y a la derecha la respuesta a la petición en formato XML.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 12: Filtros de carácter temático, temporal y espacial del visor principal.....</i>	<i>43</i>

TABLAS

<i>Tabla 1: Listado de páginas web y aplicaciones con vocación de agenda cultural.....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 2: Encuadre de las fases, etapas y actividades de la implementación de un SIG.....</i>	<i>21</i>
<i>Tabla 3: Aplicaciones de la plataforma web</i>	<i>24</i>
<i>Tabla 4: Lenguajes, librerías y extensiones de la plataforma web.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla 5: Tipos de elementos del formulario HTML.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabla 6- Imágenes albergadas en los contenedores</i>	<i>34</i>
<i>Tabla 7: Comparación con agendas culturales digitales.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabla 8: Resultados del estudio comparativo con otras agendas culturales (Objetivo de la plataforma n° 6).....</i>	<i>38</i>
<i>Tabla 9: Categorías y tipos de evento establecidos en la plataforma.....</i>	<i>46</i>

1. Introducción

Este trabajo se enfoca en la elaboración de una plataforma online colaborativa para el registro y visualización de eventos en la ciudad de Zaragoza, debido a que el exceso de información al que somos sometidos en la era digital está causando una desadaptación de nuestro entorno local.

Estamos informados a través de los canales de distribución de audiencia masiva de la fecha y el lugar del próximo concierto de un novedoso grupo *indie* en EEUU, de la última movilización estudiantil en Chile o del flamante estreno de la última obra del Teatro Gran Vía en Madrid, pero a su vez se hace difícil localizar la información de la fecha y el lugar del próximo concierto en nuestra ciudad, de las recientes movilizaciones vecinales de nuestro distrito o de la próxima obra de teatro callejero estrenada en nuestra manzana. A nivel local la dispersión de este contenido se realiza mediante las redes sociales; cada vez más fragmentadas en rangos etarios lo que deriva en una brecha comunicativa intergeneracional, las aplicaciones de mensajería que se limitan a círculos de difusión reducidos o las agendas culturales; tanto institucionales que por su propia naturaleza tienden a destacar los eventos patrocinados o albergados por la propia institución como comerciales que se retroalimentan de las primeras y utilizan categorizaciones excluyentes, normalmente solo basadas en el ocio, lo que supone una marginación de muchas formas de cultura popular. Según Barbieri (2018), el 50% de la población está hoy excluida de la oferta cultural, al menos en su vertiente institucional.

La evolución de internet ha permitido una mayor interactividad de los usuarios que ha propiciado esta explosión de información a nivel global, sin embargo, esta interactividad que permite la comunicación y participación entre los usuarios no ha sido, de momento, tan aprovechada a nivel local. La existencia y proliferación de herramientas libres geográficas, cada vez más robustas, abren una condición de posibilidad para explotar al máximo el componente espacial de esta información con la intención de localizarla y depositarla en el propio territorio donde es producida, para que repercuta en un beneficio social sobre la comunidad.

Esta localización se realiza mediante la geovisualización; es decir a través de un mapeo colaborativo permanente que acabe con la dispersión de esta información, salte la brecha generacional impuesta por las redes sociales, desborde los círculos de las aplicaciones de mensajería y rompa con la excluyente y jerárquica categorización de las agendas culturales. Por ello, sería necesario que existiera una solución para conectar mediante la participación no solo a individuos aislados que desempeñan un papel de productores culturales, sino también a organizaciones sociales a nivel local; como asociaciones y redes de apoyo vecinales, instituciones de enseñanza no reglada, centros sociales, agrupaciones deportivas no federadas, grupos concienciados con el medio

ambiente o sindicatos de trabajadores. Todas ellas organizan un sinnúmero de actividades, pero no cuentan con un canal de difusión de información participativo y unitario.

Figura 1: Ejemplo de imágenes con las convocatorias de diversos eventos o actividades culturales en la ciudad de Zaragoza y difundidas a través de redes sociales o aplicaciones de mensajería.



A pesar de todo esto, la arquitectura de la plataforma debería servir de apoyo para su uso sobre datos espaciales de naturaleza y temática similar, relacionados con la disponibilidad de información en tiempo real y aplicable en otras escalas geográficas.

Para contextualizar el presente trabajo tenemos que hablar de la digitalización de las agendas culturales, de los datos abiertos y las herramientas libres, de los componentes y funciones de un sistema de información geográfica (SIG), de la evolución de internet, de la información geográfica voluntaria, de la proliferación de sensores, de las bases de una estructura cliente-servidor y del proceso de implementación de un SIG.

1.1 La digitalización de las agendas culturales

La emergencia de lo digital provocó el declive de las agendas culturales asociadas a los medios de papel como periódicos o revistas, algunas gestionadas por organizaciones sociales, haciendo florecer una serie de páginas webs y aplicaciones que han venido a dejar en el tintero a sus antecesores. A su vez, los bandos institucionales fueron dejando paso a la publicación en la web de los eventos patrocinados por estas instituciones o que tienen lugar en alguno de sus espacios. Normalmente, las agendas culturales se han ceñido a un ámbito local o regional pero su digitalización ha propiciado el desembarco de una serie de aplicaciones móviles globales con vocación de agenda cultural. Las agendas culturales más modernas, normalmente basadas en *WordPress*, permiten al usuario ejercer un rol activo generando información de forma voluntaria, en otras más convencionales el rol del usuario es pasivo y son simples repositorios de información.

El componente espacial de esta información es fundamental para que los usuarios puedan localizar y participar de estas actividades. La mayoría lo representan en base a una geoinformación codificada, mediante una dirección postal vinculada a una interfaz de programación de aplicaciones (*API*, de las siglas en inglés, *Application Protocol Interface*) provista por *Google Maps*, aunque a veces esta es complementada por una geovisualización individualizada del evento concreto en un servicio de mapas.

A continuación, se citan una serie de páginas web y aplicaciones móviles que contienen información sobre eventos culturales para su posterior utilización en un análisis comparativo. Han sido recopiladas y limitadas a una escala geográfica; es decir que se pueda hacer uso de ellas desde la ciudad de Zaragoza.

Tabla 1: Listado de páginas web y aplicaciones con vocación de agenda cultural

Nombre	URL
Aragón es Cultura	www.aragonescultura.aragon.es
Zaragoza Cultura	www.zaragoza.es/sede/servicio/cultura/
Heraldo Ocio	www.heraldo.es/ocio/
RedAragón	www.redaragon.elperiodicodearagon.com/agenda/
Zaragenda	www.zaragenda.com
Zaragozala	www.zaragozala.com
ClickZaragoza	www.cliczaragoza.es
Eventbrite	www.eventbrite.es

1.2 Datos abiertos, estándares y herramientas libres

En directa relación con el planteamiento del problema, además de las agendas culturales, es necesario tener presente una serie de términos importantes como son los datos abiertos, los estándares de intercambio de información y las herramientas libres.

El concepto datos abiertos es una filosofía y práctica que persigue que determinados tipos de datos estén disponibles de forma libre para todo el mundo, lo que implica libertad de uso, de reproducción, copia y alteración. Durante los últimos años, estas iniciativas de datos abiertos se han constituido como un elemento clave de las políticas de transparencia de las administraciones públicas a todos los niveles. Apoyadas en el desarrollo de la tecnología que facilita que esta información pueda ser compartida de forma eficaz y las políticas de gobierno abierto que fomentan una sociedad digital basada en los principios de transparencia, colaboración y participación (Avíles y Cuenca, 2014).

A su vez, el incremento de información hizo necesario establecer una serie de estándares para facilitar su intercambio digital. En el ámbito de la información geográfica la definición de estos estándares abiertos e interoperables dentro de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y de la web viene dada por el *Open Geospatial Consortium (OGC)*¹, establecido en 1994 y que agrupa organizaciones públicas y privadas. El presente trabajo ha hecho uso tanto de los consensos establecidos por el *OGC* como de los datos abiertos provistos por el Ayuntamiento de Zaragoza.

Los datos abiertos tienen un enfoque similar al uso de herramientas libres, también llamadas *software* libre y de código abierto, se ha extendido y popularizado como alternativa al *software* privativo. Según la *Free Software Foundation*², el *software* libre debe respetar cuatro libertades:

- La libertad de ejecutar el programa con cualquier propósito.
- La libertad de modificar el programa al nivel del código fuente.
- La libertad de distribuir copias, vendidas o donadas.
- La libertad de distribuir copias modificadas a terceros.

Existen ejemplos a todos los niveles, desde sistemas operativos como *GNU/Linux*, pasando por SIGs como *QGIS*, hasta aplicaciones de ofimática como *LibreOffice*. Hoy en día representan una rica variedad de tecnología madura con las que crear y compartir información de una manera más fácil que los códigos cerrados (Crampton, 2011). Un

¹ <https://www.ogc.org/about>

² <https://www.fsf.org/>

buen ejemplo de su valor social, es la reciente publicación de las instituciones europeas por la que se marcan como objetivo la promoción del uso de *software* libre y código abierto dada su mayor cercanía a la esencia del servicio público frente al *software* de propietario (UE, 2020).

1.3 Componentes y funciones de un SIG

Antes de elaborar una plataforma SIG conviene preguntarse, ¿Qué es un SIG? Son muchas las definiciones escritas para sintetizar el contenido de un SIG y la expresión puede tener varios significados según el contexto en el que se utilice (Escolano, 2015). En este trabajo nos ceñiremos a definir sus componentes y funcionalidades. De acuerdo con Olaya (2017), los SIG están formados por cinco componentes:

- Los **datos** con información geográfica, que son su pilar fundamental.
- La tecnología, formada por el *software* y *hardware*, que agrupa ante la poca especificidad actual de los *hardware* de estos sistemas.
- Los métodos y procesos enfocados al **análisis** de los datos
- Los métodos y procesos relacionados con la representación y **visualización** de los datos.
- El factor organizativo que engloba a los **usuarios** y su relación con los datos y la tecnología.

Desde un punto de vista funcional un SIG puede ser dividido en varios subsistemas (Escolano, 2015). Para Rodríguez y otros (2000) las funciones que llevan a cabo son las siguientes:

- **Incorporación** de la información e integración en una base de datos
- **Gestión** de la información tanto temática como espacial.
- **Análisis** de la información, incluyendo la capacidad de análisis espacial que es la función característica de los SIG frente a otros sistemas de información.
- **Visualización** de la información ofreciendo salidas como mapas y permitiendo así la interacción de los usuarios.

1.4 SIG participativo, web 2.0 e información geográfica voluntaria

Para conocer los marcos teóricos de este trabajo conviene empezar haciendo un poco de historia. El primer SIG formalmente desarrollado aparece en Canadá, al auspicio del Departamento Federal de Energía y Recurso, a principios de los años 60 del siglo pasado (Olaya, 2017). La expresión se afianzó durante las siguientes décadas al calor de la creciente capacidad de estos sistemas para abordar problemas prácticos gracias a los avances técnicos, la mejora de los procesos de cálculo y la aplicación de depurados algoritmos. Estos avances tecnológicos resultaron en un crecimiento exponencial de las aplicaciones SIG debido a las necesidades de gestión y análisis de información geográfica en diferentes ámbitos (Escolano, 2015).

Este crecimiento y expansión derivó en el debate SIG y Sociedad de los años 90, que expresó una dualidad en cuanto a la concepción de los SIG. Por un lado, los denominados *técnicos* que consideraban los SIG como una herramienta diseñada para resolver un problema concreto de índole geográfica y por el otro lado, aquellos denominados como *intelectuales* que acusaban a los primeros de positivistas al no tener en cuenta los aspectos sociales y económicos que la envuelven (Sheppard, 1995). De la mano de este segundo grupo surgió el término *SIG participativo* (*PGIS, Participated Geographical Information Systems*) que preconiza una concepción de los SIG basada en el contexto, la demanda y los problemas, y que tiene como objetivo el empoderamiento de la comunidad como un propósito superior al uso de la tecnología (Verplanke y otros, 2016).

Las condiciones efectivas para el desarrollo del *PGIS* llegaron aproximadamente una década después de su primera definición con la emergencia de la Web 2.0, entendida como aquella en que los usuarios han pasado de ser meros consumidores de una información distribuida unidireccionalmente a tener un papel determinante como creadores y distribuidores de información de forma bidireccional. Algunas de las características propias de este nuevo paradigma de páginas web son: el uso de *JSON* que es un formato de texto sencillo para el intercambio de datos, el uso de la tecnología *JavaScript asincrónico* y *XML (AJAX)*³ que permite el desarrollo de aplicaciones ricas no intrusivas y el uso de web híbridadas que permiten la integración de una aplicación web dentro de otra (Hernández, 2007).

La traducción de este fenómeno en el ámbito de la información geográfica, fue dada por Goodchild (2007) con la acuñación del término Información Geográfica Voluntaria o Participativa (*VGI, Volunteered Geographical Information*) para hacer referencia a esta información creada y distribuida por usuarios no expertos que contrasta con los sistemas convencionales de producción centralizada y diseminación radial de la

³ <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/Guide/AJAX>

información geográfica (Elwood y otros, 2012). La tecnología *AJAX* permitió el nacimiento de APIs de mapeo, por ejemplo, *Google Maps* y *Yahoo Maps* sobre las que los usuarios integraban su propia información geográfica en lo que se conoce como webs híbridas o *mashups* (Crampton, 2011).

El proyecto *OpenStreetMap* (OSM) también es fruto de la información geográfica aportada libremente por los voluntarios que han ayudado al desarrollo y evolución de un servicio de mapas implementado sobre herramientas de software libre y código abierto. Este empoderamiento de los usuarios de la web contribuyó a la extensión del llamado *Web Mapping* o cartografía en la web, entendida como el proceso de diseñar, aplicar, generar y visualizar u ofrecer información geográfica a través de la web. Esto ha provocado una retroalimentación convirtiendo el consumo de información a través de mapas en una tendencia de interés general (Winter y otros, 2016).

Entorno a este fenómeno se ha reflexionado desde un punto de vista tecnológico; con cuestiones acerca de la exactitud y calidad de los datos o los métodos de síntesis y análisis de estos datos, y desde el punto de vista social; con aspectos como la privacidad o con debates, con reminiscencias de los años 90, que reflexionan al respecto de si VGI viene a sacar de la marginalidad información geográfica hasta ahora olvidada a por el contrario sirve para mantener las desigualdades imperantes (Elwood, 2008). También se han establecido clasificaciones para estas iniciativas en base a la extensión geográfica, el tipo de gestor, el tipo de representación de la información geográfica, si el servicio es egocéntrico; es decir, la información es generada a partir de la posición del usuario, o alocéntrico; si el usuario la puede generar sobre cualquier lugar (Elwood, 2012), el rol del usuario (Hacklay, 2013) o si la georreferenciación es absoluta realizándose en base a un sistema de coordenadas con su proyección cartográfica o relativa en base a una librería o un servicio de geocodificación; es decir, si nos referimos a latitud y longitud o a una codificación postal.

En la actualidad la VGI, se encuentra diseminada en multitud de aplicaciones e iniciativas de las que somos partícipes en nuestra vida diaria. Alguna de estas iniciativas puede tener como objetivo las premisas de PGIS como representar el conocimiento espacial de la población local mediante productos de información geográfica, facilitar procesos participativos de toma de decisiones o apoyar la comunicación y la defensa comunitaria. Sin embargo, en la mayoría de aplicaciones basadas en VGI, los usuarios no se conocen necesariamente entre sí, ni tienen relación social alguna y se basan más en la comunicación de información que en la participación (Verplanke y otros, 2016).

1.5 Proliferación de sensores, BigData e información geográfica contributiva

Disponer de la plataforma desde cualquier dispositivo con un navegador web va a permitir basar la geovisualización del usuario en su localización gracias a los sensores que contienen estos dispositivos, concretamente a través de los sistemas globales de navegación por satélite (*GNSS, Global Navigation Satellite System*).

La civilización del primer *GNSS*, el *GPS (Global Positioning System)*, llegó en el año 2000 con la puesta en marcha de un programa para separar las señales civiles y militares y la eliminación de la llamada disponibilidad selectiva que provocaba un error inducido a la señal (Bonnor, 2011). Esta medida provocó una mejora en la precisión de la señal lo que ha hecho posible desarrollar una amplia gama de servicios de precisión de topografía, navegación y ubicación móvil (Winter y otros, 2016).

Durante la última década hemos vivido la integración en nuestra vida diaria del uso de sensores, instalados en dispositivos más económicos y portables cada día (García Gonzalez, 2017). La geolocalización se produce a través de los sistemas globales de navegación por satélite (*GNSS*), en ocasiones vinculados a métodos menos precisos como las conexiones *WiFi* cercanas, la dirección IP o las antenas de telefonía. Esto ha derivado en una avalancha de datos con información geográfica sin precedentes.

Bosque Sendra (2015) la enmarca dentro del conocido Big Data, que viene a definir como la explosión de datos que la actividad diaria de personas y de cosas monitorizadas genera continuamente, muchos, o casi todos ellos, georreferenciados y que se almacenan en diversos repositorios, unos públicos y otros más privados. Según Puebla (2018), estos datos masivos se pueden clasificar en dos grandes tipos, atendiendo al modo en que son generados: los generados por los usuarios en internet y los producidos por máquinas.

Esta información geográfica obtenida de forma continuada, de acuerdo con Brantner (2018) ha propiciado la aparición de los *medios locativos* entre los que se encuentran los servicios basados en la localización (*LBS, Location Based-Services*), que se relacionan con los servicios egocéntricos vistos anteriormente. Estos utilizan funcionalidades de los SIG, ya sea explícitamente, representado la información a través de mapas, o implícitamente, en sus procesos operativos. Esta dilución de las funciones de los SIG ha supuesto, como indica Sui (2001), una conceptualización de los SIG enfocada más hacia la comunicación que a su función como herramienta para el manejo de bases de datos, cartografía o análisis espacial.

Para Wilson (2012), los *LBS* son habitualmente aplicaciones comerciales que entienden la ubicación como un negocio. Muchos de estos servicios incluyen información aportada

libremente por los usuarios, por ejemplo, una aplicación que permite al usuario-productor georreferenciar un alojamiento para que pueda ser alquilado por un usuario-consumidor. Sin embargo, la información geográfica creada por el usuario-consumidor en base a la localización desde donde realiza los procesos de búsqueda no es compartida por la aplicación, si bien la mayoría de LBS hacen uso de esta información con fines operativos, por ejemplo, para filtrar sus bases de datos o con fines comerciales, a saber; servir una publicidad personalizada en la aplicación o transaccionar los datos con terceros.

A este respecto Harvey (2013) propone una diferenciación terminológica muy relacionada con la dualidad de los datos masivos vista con anterioridad: Por un lado, la *VGI* se da cuando los usuarios eligen de forma activa y consciente la generación de la información; véase la publicación de una vivienda a alquilar en el ejemplo anterior. Por el otro lado, la información geográfica contributiva (*CGI*, *Contributed Geographic Information*) sucede cuando la recopilación de datos es parte de procesos automatizados o incontrolables de los que el usuario puede ser consciente, aunque no participe o directamente de manera inconsciente; por ejemplo, la localización del usuario que realiza la búsqueda de alojamiento. La información geográfica provista por los usuarios voluntariamente debe cumplir las premisas de claridad sobre el propósito de su recolección y del control sobre los datos generados por parte del usuario.

Nuestra plataforma no se va a dejar en el tintero esta información producida por máquinas, sino que la integrará en las funciones de análisis espacial de la herramienta. Esto tiene implicaciones al respecto de la voluntariedad de la información como discutiremos más adelante.

1.6 Estructura de una plataforma SIGweb

La evolución de internet está propiciando la migración de muchas plataformas tecnológicas desde el escritorio hacia la nube, entre ellas los SIG (Winter y otros, 2016). Los SIG en la nube son definidos por la relación entre un cliente local y un servidor remoto que ofrece servicios instruidos mediante lenguajes de programación y estructura su intercambio a través de lenguajes de marcado reconocidos como estándares *OGC*.

Estas aplicaciones enfocadas a la visualización o edición de información geográfica mediante un navegador han permitido la expansión entre el público general. Esto es debido a que no necesitan un *software* específico y permiten disponer de información en tiempo real. Esto ha derivado en una mayor personalización de las aplicaciones para

un uso determinado o la inclusión de usuarios no expertos que colaboran entre ellos en la generación de información geográfica (Olaya, 2017).

A continuación, definiremos los componentes de un SIG cliente-servidor.

1.6.1 Servicios

Un servidor es una máquina, que opera en remoto, encargada de “prestar el servicio” de transmitir la información pedida por los clientes. Los servicios son el *software* o programas, albergados en el servidor, que sirven para una determinada finalidad. Los que intervienen en esta nueva concepción de las aplicaciones SIG son:

- Servicios web: encargados de guardar y organizar páginas web y entregarlas a clientes como navegadores web. La comunicación entre servidor y cliente se basa en *HTTP*, es decir, en el protocolo de transferencia de hipertexto o en *HTTPS*, la variante codificada. Algunos ejemplos de código abierto son *HTTP Apache*⁴ o *Nginx*⁵.
- Servicios de bases de datos espaciales: que proveen servicios de bases de datos a otras aplicaciones y pueden ser dotados de módulos que añaden soporte de objetos geográficos a la base de datos objeto-relacional. Como representantes de este tipo se encuentran *PostgreSQL*⁶ con su módulo *PostGIS*⁷ o *MySQL*(o su alternativa libre *MariaDB*⁸) con su módulo de soporte de datos espaciales⁹.
- Servicios de datos espaciales: permiten a los usuarios compartir y editar datos geoespaciales. Diseñados para la interoperabilidad, publican datos espaciales usando estándares de *OGC*. Entre los principales ejemplos encontramos *MapServer*¹⁰ o *GeoServer*¹¹.

Estos servicios pueden ser instalados en el servidor físico directamente, o usando técnicas de virtualización. Estas pueden seguir el modelo tradicional de virtualización de sistemas donde tenemos máquinas programas que permiten recrear máquinas virtuales como *VirtualBox*¹² o, mejor aún, mediante una virtualización ligera basada en

⁴ <https://httpd.apache.org/>

⁵ <https://www.nginx.com/>

⁶ <https://www.postgresql.org/>

⁷ <https://postgis.net/>

⁸ <https://www.mysql.com/> y <https://mariadb.org/>

⁹ <https://mariadb.com/kb/en/mysqlmariadb-spatial-support-matrix/>

¹⁰ <https://mapserver.org/>

¹¹ <http://geoserver.org/>

¹² <https://www.virtualbox.org/>

imágenes y contenedores. La virtualización del *software* a través de contenedores, también conocida como virtualización a nivel de sistema operativo, es una práctica cada vez más extendida. Estos contenedores son sistemas estancos que se construyen a partir de imágenes que son como plantillas que incluyen el núcleo del sistema operativo, un programa determinado, sus binarios y librerías. *Docker*¹³ es el sistema mayoritario para construir imágenes y correr contenedores y por su rapidez y replicabilidad facilitan enormemente el trabajo de configuración de servicios en una máquina remota.

1.6.2 Lenguajes

Para que los servicios se comuniquen entre ellos y las herramientas a desarrollar sean operativas deben ser instruidos por los lenguajes. Estos están divididos entre los que estructuran la información a intercambiar, conocidos como lenguajes de marcas o marcado y los que instruyen la relación entre el cliente y el servidor mediante funciones aritméticas y variables.

- Lenguajes de marcado: codifican un documento que, junto con el texto, incorpora etiquetas o marcas que contienen información adicional acerca de la estructura del texto. Junto a *HTML* y *CSS* hay que incluir a *XML* y *JSON*¹⁴ más enfocados a la simplificación del intercambio de información. Para la representación espacial destacamos *GeoJSON*¹⁵, creado en el año 2008 y reconocido con el estándar *Well Known Text (WKT)* de la *OGC* para describir objetos espaciales expresados de forma vectorial. Es muy utilizado para *web Mapping* ya que supera algunas limitaciones de *XML*.
- Lenguajes de programación: tienen la capacidad de escribir una serie de instrucciones para controlar el comportamiento físico o lógico de una aplicación, de manera que se puedan obtener diversas clases de datos o ejecutar determinadas tareas. Algunos ejemplos serían *PHP (PHP, Hypertext Preprocessor)*¹⁶, especialmente adecuado para el desarrollo web, y *JavaScript (JS)*¹⁷ que es interpretado, orientado a objetos y muy dinámico.

La propia evolución de la tecnología ha permitido ver una diferenciación entre estos lenguajes. Según si son reconocidos, cargados e interpretados por el propio servidor o por el cliente. Del lado servidor se encuentra PHP que es muy utilizado para definir el

¹³ <https://www.docker.com/>

¹⁴ <https://www.json.org/json-en.html>

¹⁵ <https://geojson.org/>

¹⁶ <https://www.php.net/>

¹⁷ <https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/javascript>

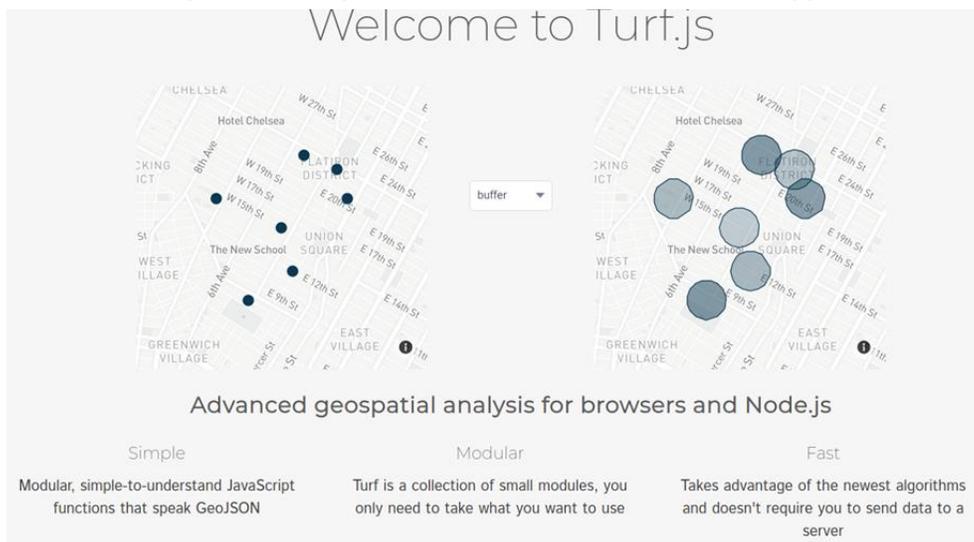
comportamiento de la aplicación con respecto a la base de datos y del lado del cliente aparece *JS*, que incluye la tecnología *AJAX* que permite realizar peticiones asíncronas al servidor, es decir que se realizan en segundo plano, lo que permite al navegador seguir operando sin tener que volverse a cargar la página web cuando se realiza una petición al servidor. En el caso concreto de *JS* se han desarrollado a su alrededor APIs que facilitan y simplifican su manejo a los usuarios como las siguientes:

- *JQuery*¹⁸: presentada en 2006, es la biblioteca de *JS* más utilizada, y permite simplificar la manera de interactuar con los documentos *HTML*, manipular la interfaz web, manejar eventos, desarrollar animaciones y agregar interacciones simplificadas con la tecnología *AJAX* a páginas web.

- *Leaflet.js*¹⁹: nos permite incorporar y generar mapas interactivos a la página web, fue desarrollada a comienzos del 2011, y adoptada posteriormente por *OSM*. Por lo tanto, ya tienen un largo recorrido que avala su funcionalidad y su utilidad. Además, cuenta con una comunidad de usuarios muy activa que crean extensiones para procesos determinados.

- *Turf.js*²⁰: es una biblioteca para análisis espacial. Incluye operaciones espaciales tradicionales, funciones auxiliares para crear datos *GeoJSON* y herramientas de clasificación de datos y estadísticas. Se puede agregar a su sitio web como un complemento del lado del cliente, o incluso se puede ejecutar en el lado del servidor.

Figura 2: Imagen de la entrada de la web de *Turf.js*



¹⁸ <https://jquery.com/>

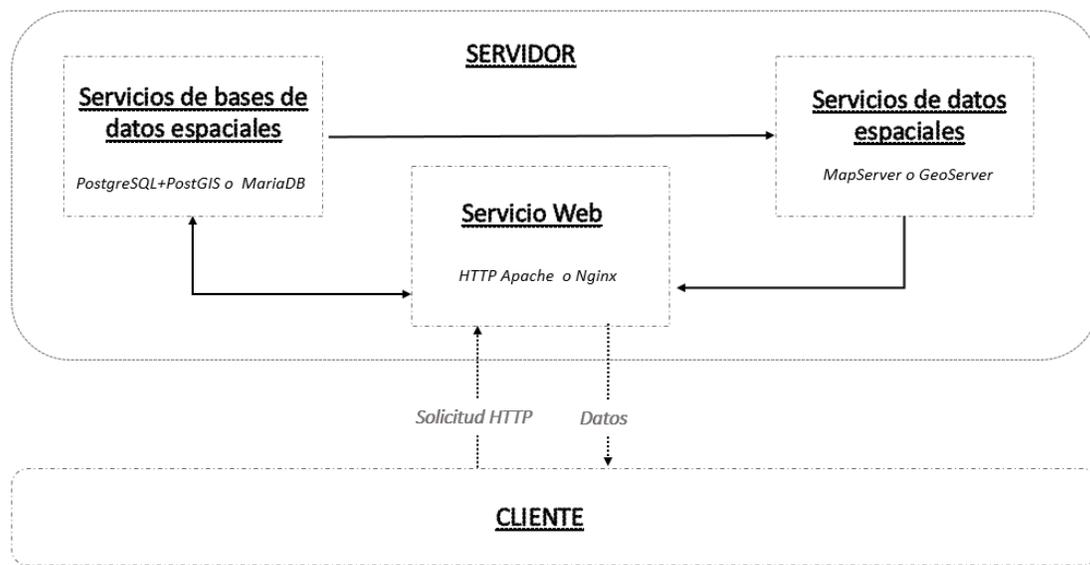
¹⁹ <https://leafletjs.com/>

²⁰ <https://turfjs.org/>

1.6.3 Clientes

El otro componente de la estructura cliente-servidor de las aplicaciones SIG es el cliente. Este debe disponer de la capacidad de formular peticiones a los servidores y obtener una respuesta normalmente representada por un visor cartográfico. Existen los clientes ligeros que se ejecutan sobre un navegador web, lo que se entiende como *Web mapping*, y los pesados que es una aplicación individual independiente, que debe ocuparse de toda la lógica del proceso y de proveer todas las funcionalidades necesarias, por lo que su tamaño es generalmente mayor como por ejemplo una aplicación SIG clásica de escritorio con disponibilidad para conectarse a servidores remotos.

Figura 3: Estructura de un SIG cliente-servidor



1.7 Etapas y actividades para la implantación de un SIG

Para finalizar la introducción de este trabajo queda referirnos a las etapas y actividades que incluye la implantación de un SIG y su encuadre dentro de un trabajo académico.

Cómo indica Escolano (2015), la implantación de un SIG en una organización se basa en una serie de fases y etapas que contienen determinadas actividades. Este proceso no es lineal, la retroalimentación entre fases y etapas es permanente. En este trabajo se adapta este esquema dada la propia naturaleza de la herramienta a desarrollar:

- La organización no es cerrada ni vertical como podría ser una empresa o una institución, sino que es abierta y horizontal ya que cualquier usuario puede participar y no se establecen jerarquías entre ellos.
- Los datos son creados por los propios usuarios.
- Se obviará el aspecto económico.
- El uso de herramientas libres y su carácter abierto permite que cualquier persona pueda usar, modificar o reutilizar la plataforma.

El desarrollo de este proceso no es lineal, la retroalimentación entre fases y etapas es permanente.

Tabla 2: Encuadre de las fases, etapas y actividades de la implementación de un SIG

Esquema propuesto por Escolano (2015).			Encuadre en el presente trabajo.
Fases	Etapas	Actividades	Apartados: secciones
Análisis de necesidades	Evaluación de necesidades	Definición de objetivos	Objetivos: general y específicos
		Funciones de un SIG	Objetivos: de la plataforma
	Diseño preliminar	Diseño conceptual	Introducción
Especificaciones de los requisitos	Especificación es técnicas	Requisitos del sistema	Objetivos: de la plataforma
		Definición de aplicaciones	Metodología: Estructura de la plataforma
Evaluación de propuestas	Evaluación de alternativas		Introducción: agendas culturales Metodología: comparación alternativas
Implementación del sistema	Construcción de la base de datos	Construcción lógica y física	Metodología: Construcción de la base de datos
		Programación de aplicaciones	Metodología: Programación de la plataforma
		Diseño de interfaces	Metodología: Programación de la plataforma
	Implementación del SIG	Integración módulos	Metodología: Implementación de la plataforma

2. Objetivos

El propósito del presente trabajo fin de máster es explorar la posibilidad de filtrar espacialmente la información geográfica generada en internet y localizarla en el propio territorio para ser la base de procesos de SIG participativo mediante el uso de herramientas libres. Esto se realiza a través de la elaboración de una plataforma colaborativa para la georreferenciación y visualización de eventos en la ciudad de Zaragoza.

Su elaboración está condicionada por los siguientes aspectos:

- Cumplir protocolos estandarizados
- Ser interoperable
- De bajo coste
- Sencilla de construir

Lo que nos aboca a la utilización en su desarrollo de herramientas libres con las que este trabajo comparte principios éticos y filosóficos.

2.1 Hipótesis de trabajo

Para ello se establecen dos hipótesis:

0. No es posible elaborar una plataforma web colaborativa con información geográfica voluntaria para articular procesos de SIG participativo.
1. Es posible elaborar una plataforma web colaborativa con información geográfica voluntaria para articular procesos de SIG participativo.

2.2 Objetivos de la plataforma

A su vez se plantean los objetivos funcionales de la plataforma SIG colaborativa para el registro y la visualización de eventos culturales:

1. Permitir a los usuarios el registro de eventos con información espacial sobre un mapa y su información temática a través de un formulario, tanto desde dispositivos móviles como estáticos.
2. Gestionar la información automáticamente en una base de datos espacial y publicar la información en la web utilizando protocolos estandarizados.
3. Crear interfaces web para que el usuario pueda visualizar la información en base a su localización, tanto desde dispositivos móviles como estáticos.

-
4. Coleccionar la información sobre la localización del usuario del punto 3 y proponer análisis espaciales para estudiar su relación con la información obtenida en el punto 1.
 5. Permitir a los usuarios tener el control sobre toda la información generada en la plataforma, tanto temática como espacial.
 6. Comparar la plataforma con otras alternativas existentes.

3. Metodología

En este apartado se desarrolla los métodos empleados para la elaboración de la plataforma SIG online a través de la definición de las aplicaciones, lenguajes y tipos de usuarios que con sus funcionalidades asociadas componen su estructura, la programación de estas aplicaciones mediante las instrucciones contenidas en los lenguajes, la implementación de la migración desde un servidor local hasta un servidor remoto y la construcción de una tabla comparativa con el resto de alternativas existentes y revisadas en la introducción.

3.1 Estructura de la plataforma

La arquitectura de esta plataforma sigue la lógica de una estructura cliente-servidor definida en la introducción. Las aplicaciones y lenguajes que intervinieron en el desarrollo de esta herramienta son descritas en esta sección.

La implementación inicial se llevó a cabo con el servidor local *http XAMPP*²¹ para un sistema operativo *Windows 10*. Este paquete de *software libre* incluye el servidor web *http Apache* y el intérprete de lenguaje *PHP*, entre otras aplicaciones.

Tabla 3: Aplicaciones de la plataforma web

Aplicación	Versión	Función	web del proyecto
<i>PostgreSQL</i>	11	Base de datos	www.postgresql.org
<i>PostGIS</i>	2.5.3	Contenido espacial de la base de datos	www.postgis.net
<i>Geoserver</i>	2.17	Servidor geográfico	www.geoserver.org
<i>Apache</i>	2.4	Servidor web	www.apache.org

Pese a que el paquete *XAMPP* incluía *MySQL*, la aplicación de base de datos elegida para desarrollar la herramienta fue *PostgreSQL* y su extensión para bases de datos espaciales *PostGIS* dada su interfaz gráfica y su potente capacidad. Como complemento para la salida gráfica de los datos con componente espacial se opta por el uso de la aplicación *GeoServer* que sirve los datos según el estándar *WKT* que está definido por el *OGC* con el objeto de describir objetos espaciales expresados de forma vectorial.

El software *HTTP Apache* es elegido para realizar las funciones de servidor web al ser el más utilizado a nivel mundial, este albergará los procedimientos de la herramienta, entre ellos los asociados a un SIG. Estos procedimientos se definen a través de las instrucciones dadas por los lenguajes de programación como se observa en la tabla 4

²¹ <https://www.apachefriends.org/>

Este servidor incluye un intérprete de lenguaje del lado del servidor como *PHP*, al que se añadió la extensión para trabajar con *PostgreSQL*, que cumplirá las funciones de conectar y realizar consultas a la base de datos.

Tabla 4: Lenguajes, librerías y extensiones de la plataforma web

Lenguaje	Tipo	API/ Extensión	Función
<i>PHP</i>	Programación del lado del servidor		Conexión y consulta a base de datos
		<i>pgsql</i>	Permite la conexión a una base de datos <i>PostgreSQL</i>
<i>XML</i>	Lenguaje de marcado		Transferencia de datos
<i>GeoJSON</i>	Lenguaje de marcado		Visualización y transferencia de datos
<i>HTML y CSS</i>	Lenguaje de marcado		Desarrollo y diseño de página web
		<i>Bootstrap</i>	Contiene plantillas basadas en <i>HTML Y CSS</i>
<i>JavaScript</i>	Programación del lado del cliente		Implementación de funciones complejas
		<i>jQuery</i>	Simplificación de funciones complejas
		<i>Turf</i>	Análisis espacial
		<i>Leaflet</i>	Representación de mapas interactivos
		<i>Leaflet.heat</i>	Representación de mapas de calor

Los lenguajes de marcado *XML* y *GeoJSON* que operan entre el servidor y el cliente serán empleados para la transferencia de datos. Además, se hace uso de lenguajes de programación del lado del cliente como *HTML* y *CSS* para el diseño de la web, tanto de forma manual como mediante el uso de plantillas, o *JavaScript* que permite la implementación de funciones complejas y sus librerías *jQuery* para la simplificación de la tecnología *AJAX*, *Turf* para el análisis espacial y *Leaflet* para la representación gráfica en forma de mapas con su extensión *Leaflet.heat* para la representación de mapas de calor.

3.1.1 Usuarios de la plataforma

En este apartado vamos a definir los tipos de usuarios que puede albergar esta plataforma dependiendo de las funciones que realicen en la misma, ya que cualquier persona con acceso a un navegador es un usuario potencial. Las funciones de un usuario son:

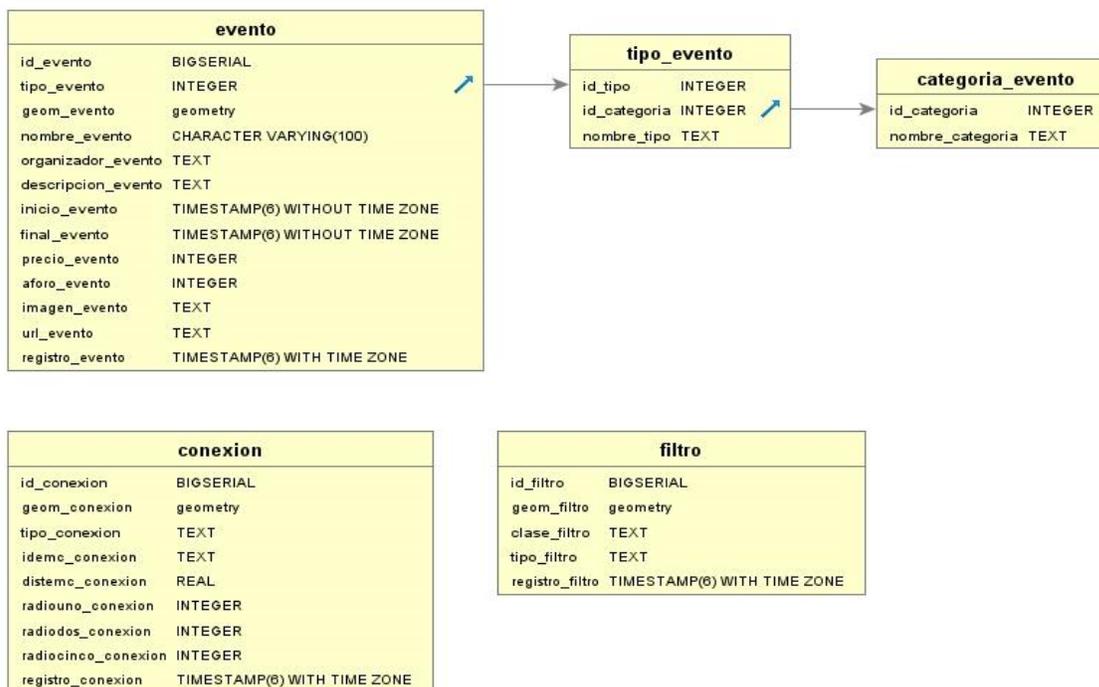
- *Insumidor*: que incorpora datos a la plataforma
- Consumidor: que visualiza datos de la plataforma
- *Exsumidor*²²: que recolecta datos de la plataforma

Para consultar que aplicaciones, archivos y funciones intervienen en la plataforma conforme a la función realizada por el usuario diríjase al anexo I.

3.2 Construcción de la base de datos

La construcción y el diseño de la base de datos realizada en PostgreSQL es mostrada en este apartado de forma lineal aunque como veremos la retroalimentación durante la implementación de la plataforma ha sido importante. La base de datos está compuesta por cinco tablas de las que tres tienen un campo con información espacial, a saber: *conexion*, *filtro* y *evento*. El modelo de datos es vectorial de puntos y el sistema de referencia de coordenadas configurado es EPSG:4326 (coordenadas geográficas sobre datum WGS84). Además, la tabla *evento* incluye dos tablas auxiliares que codifican las categorías y tipos de eventos disponibles.

Figura 4: Esquema de la base de datos eventos



²² El autor apuesta por la creación de nuevos términos como *exsumidor*, referido a aquel usuario que extrae información o descarga los datos de la plataforma y la reutilización de *insumidor*, utilizado en derecho jurídico, con el que en este trabajo nos referimos a aquel usuario que introduce información en la plataforma.

La tabla evento será alimentada con información tanto espacial como temática generada por el denominado insumidor voluntariamente. Por lo tanto, cuenta con otros campos que son de texto, numéricos o temporales para almacenar la información temática. Estos campos pueden ser:

- obligatorios: *tipo_evento*, *nombre_evento*, *organizador_evento*, *descripcion_evento*, *inicio_evento* y *final_evento*,
- no obligatorios: *precio_evento*, *aforo_evento*, *imagen_evento* y *url_evento*
- o inherentes a la consulta: *id_evento* y *registro_evento*.

Las tablas auxiliares definen las categorías y los tipos de eventos configurados en la plataforma. A partir de *id_tipo* se alimenta el campo con referencia foránea de la tabla principal *tipo_evento*. Esta preconfiguración se define en base a la observación de la disposición de otras bases de datos sobre eventos culturales.

Las otras dos tablas cumplimentan su campo espacial con la posición del denominado consumidor. En el caso de la tabla *conexion*; al conectarse a la plataforma y autorizar su localización, se rellenan el resto de campos en base a su relación con la información que contiene la tabla evento. Así pues, se obtiene la referencia del evento cultural más cercano, la distancia hasta este y la cantidad de eventos en un radio de uno, dos y cinco kilómetros. La tabla *filtro* recoge las interacciones del consumidor con las funciones de filtros de la información. Se toma la localización autorizada por el consumidor y se le añade la clase y el tipo de filtros utilizados desde su posición.

La construcción y el diseño de la base de datos ha estado sometida a un proceso de retroalimentación durante el desarrollo de esta herramienta. Así se decide no incluir la tabla *usuario* que funcionaba como referencia del campo *organizador_evento* convertido a tipo numérico de la tabla evento o se cambiaron los formatos de los campos temporales para mejorar su posterior manipulación.

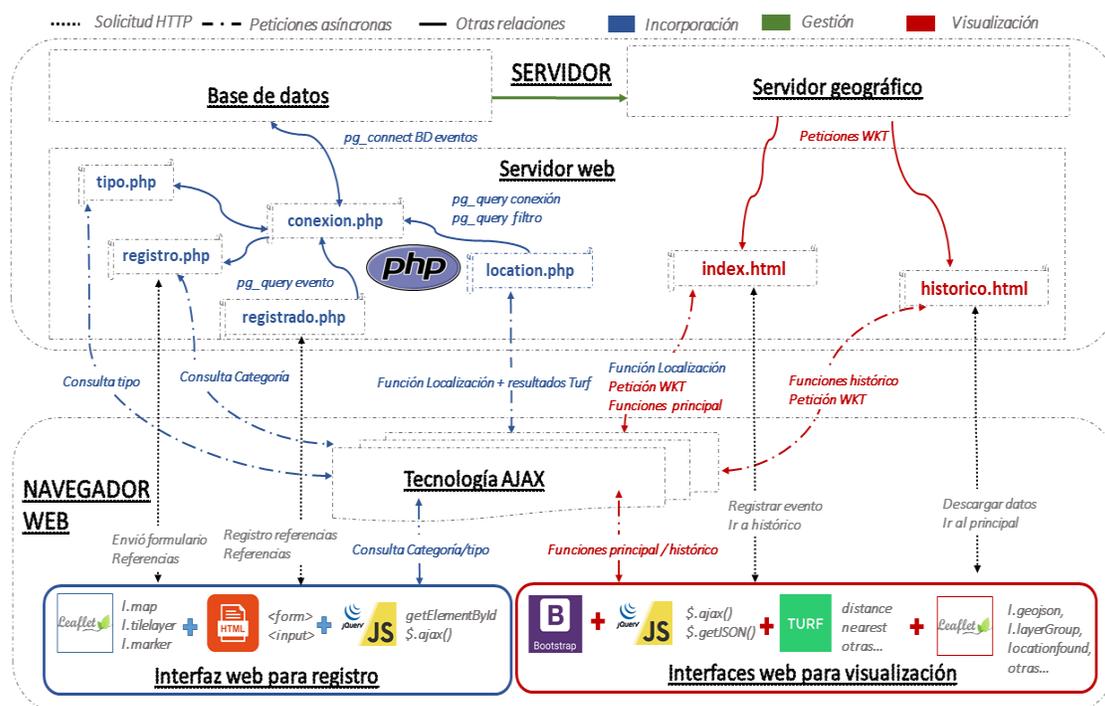
3.3 Programación de la plataforma

En este apartado se describe la programación de las aplicaciones, lenguajes y sus principales elementos y funciones que intervienen en la herramienta, para consultar el código y la documentación se puede acceder a:

<https://github.com/vmbolea/GeoAgenda-Cultural> .

Las secciones que lo componen son: incorporación, gestión y visualización de información.

Figura 5: Relación de aplicaciones, lenguajes, funciones y elementos



3.3.1 Incorporación de información

En esta sección se describen las aplicaciones y lenguajes que participan en la incorporación de información a la plataforma. Como hemos visto la base de datos se alimenta a partir de la información aportada por los insumidores en un formulario *HTML* y por la autorización para tomar la posición de los consumidores.

La conexión se realiza mediante la función `pg_connect` del lenguaje PHP que es alimentada con una cadena que contiene las referencias de nuestra base de datos.

3.3.1.1 Formulario HTML

La incorporación de información a la tabla evento se realiza a través de un formulario *HTML*. Este debe comenzar con la etiqueta `<form>` y terminar con la etiqueta `</form>`, que posee atributos como `action` que determina la página a la que se enviará la información recogida en el formulario y `method` que determina la forma en que esta información es enviada.

Este formulario está compuesto de catorce elementos, aunque solo algunos de ellos enviarán información al servidor. A saber; dos cuadros de menú desplegable vinculados por una consulta con la tecnología *AJAX*; por la que en el segundo se cargan los tipos dependiendo de la categoría seleccionada en el primero, cinco cuadros de texto para la

latitud, la longitud, el nombre, el organizador y la *url*, un cuadro de área de texto para la descripción, dos cuadros de fecha para el inicio y el final, dos cuadros numéricos para el precio y el aforo, y, por último, un botón para dar por finalizado el formulario.

Tabla 5: Tipos de elementos del formulario HTML

Tipo	Obligatorio	Enviado	Campo tabla evento
seleccionable	Sí	No	
seleccionable	Sí	Sí	tipo_evento
texto	Sí	Sí	geom_evento
texto	Sí	Sí	geom_evento
texto	Sí	Sí	nombre_evento
texto	Sí	Sí	organizador_evento
área texto	Sí	Sí	descripción
fecha	Sí	Sí	inicio_evento
fecha	No	Sí	final_evento
archivo	No	Sí	imagen_final
texto	No	Sí	url_evento
numérico	No	Sí	precio_evento
numérico	No	Sí	aforo_evento
botón	Sí	No	

La alimentación de los elementos de cuadro de texto para la latitud y la longitud se realiza mediante la inclusión de una clase `L.tileLayer` que incluye una imagen de *OSM* como mapa base y la clase `L.map` de *Leaflet* que componen un visor aloccéntrico localizado en la ciudad de Zaragoza. Se entiende que un insumidor que quiere publicar un evento que va a suceder en el futuro no tiene porque estar en esa localización en el momento de su registro. La selección de la localización se realiza por el insumidor mediante la función `.on` que permite añadir un marcador en el lugar del evento con un *click*. Una vez seleccionado, con la función `document.getElementById` se devuelve estas referencias a los elementos del formulario correspondientes.

Por último, al presionar en el elemento de tipo botón los datos introducidos en los cuadros anteriores se enviarán a la página de destino. Esa página se encargará de dar de alta una nueva fila en la tabla evento; a partir de una consulta con la función `pg_query` de *PHP* y la inclusión de la conexión a la base de datos descrita en el inicio de esta sección.

3.3.1.2 Función de localización

Por un lado, la incorporación de información a la tabla `conexion` se produce por la autorización del consumidor para que la plataforma obtenga su localización mediante el evento `locationfound` que se define en la clase `L.Map` de *Leaflet*. A partir de la información espacial de la posición se rellenan los campos restantes de la tabla con el uso de la librería *Turf*; a saber: cual es el evento más cercano y la distancia hasta él con la función `nearestPoint` y el número de eventos en los radios propuestos con la combinación de las funciones `circle` y `pointsWithinPolygon`. A continuación, la función asíncrona `$.ajax` de *jQuery* nos permite establecer el método de envío de estas referencias a una página que incluye una consulta con `pg_query` y la conexión a la base de datos, para insertar estos valores en la tabla `conexion`.

Por otro lado, la tabla `filtro` es alimentada por la interacción del consumidor con las funciones de filtros presentes en la sección de visualización de la información que veremos más adelante. Cuando el consumidor hace uso de cualquiera de estos filtros, se recoge la posición del consumidor, la clase y el tipo de filtro utilizado. El registro de las referencias en su tabla correspondiente se realiza mediante el mismo método y las mismas funciones que en el párrafo anterior.

3.3.2 Gestión de la información

En esta sección se van a desarrollar los procedimientos de gestión necesarios para que la información geográfica incorporada a la base de datos pueda ser administrada. Este proceso se lleva a cabo con el servidor geográfico *GeoServer* que permitirá realizar el despliegue de los servicios con la norma *WKT*.

La gestión se realiza en la propia interfaz de la aplicación creando un espacio de trabajo que se conecta al puerto donde está albergada la base de datos, dentro de este se crea un almacén de datos de origen vectorial desde *PostGIS* con nuestra base de datos y, por último, se publican las tablas `evento`, `conexion` y `filtro` como capas. Además, se publica la capa `distritos` que incluye la delimitación de juntas en el año 2017 y es facilitada por el servicio de datos abiertos del Ayuntamiento de Zaragoza.

3.3.3 Visualización de la información

En esta sección se describen las aplicaciones y lenguajes que participan en la visualización de información de la plataforma. Existen dos páginas con visores que diferenciaremos con los nombres de principal e histórico y que han sido diseñadas con una plantilla *Bootstrap* basada en *HTML* y *CSS*. A su vez, ambas páginas, despliegan la información mediante varias peticiones asíncronas al servidor geográfico mediante la

función `$.getJSON()` de *jquery* que incluye una *url* previamente definida y devuelve los datos en formato *geojson*.

Estas peticiones representan las funciones de filtros en el visor principal y los diferentes análisis propuestos en el visor histórico. El consumidor solicita una en concreto a través de los elementos `<input>` incluidos en el menú desplegable de la cabecera de las páginas.

Los visores son creados con la librería *Leaflet* mediante una clase `L.TileLayer` que incluye una imagen de *OSM* como mapa base y la clase `L.Map`. La información de las peticiones es añadida mediante el método `addData` a las clases `L.GeoJSON` previamente declaradas sin datos pero con sus opciones establecidas. A su vez, se crea un grupo de capas con `L.LayerGroup` a las que se añade la clase `L.GeoJSON` que solicita el consumidor con `addLayer` y por último, añadidas a la clase `L.Map` con `addTo`. Si el usuario realiza otra petición intervienen los métodos `removeLayer` y `clearLayers` para eliminar la capa actual del mapa y del grupo de capas respectivamente; volviendo a cargar la nueva capa solicitada.

3.3.3.1 Visor principal

El visor principal representa la información tanto temática como espacial de la capa evento del servidor geográfico a través de un modelo vectorial de puntos. En todas las peticiones al servidor geográfico se incluye en la *url* un primer filtrado de carácter temporal intrínseco al concepto de la herramienta. A saber; que solo se muestren aquellos eventos cuya fecha y hora de finalización sea posterior a la fecha y hora de la petición.

Este es un visor egocéntrico ya que se basa en la autorización de geolocalización por parte del consumidor para localizar la clase `L.Map`. Esta información, además de ser registrada como vimos en el apartado de incorporación de información, nos sirve para la utilización de filtros espaciales.

Todas las clases `L.GeoJSON` declaradas en este visor contienen la misma opción `pointToLayer` por la que se representa la información espacial en base a puntos circulares con `L.CircleMarker` y un color dependiendo de su categoría. La información temática, se representa con la opción `onEachFeature` que permite visualizar la información temática de cada punto haciendo *click* sobre ellos. Esta información temática, se representa a través de un *popup* que facilita la visualización en dispositivos móviles, aunque también se podría hacer a través de una barra lateral.

Cada clase `L.GeoJSON` declarada contiene una opción *filter* diferente que corresponde con cada una de las opciones de filtrado. Para los filtros con componente espacial que muestran los eventos a uno, dos o cinco kilómetros se ha empleado la función `distance`

de la librería *Turf* sobre la localización del consumidor y los datos espaciales de la capa evento condicionando la opción *filter* a que la distancia entre estos sea inferior a la solicitada a través del `<input>`.

3.3.3.2 Visor histórico

El visor histórico contiene representaciones de la información almacenada en las tablas evento y conexion a través de modelos vectoriales de puntos y polígonos. Estos polígonos son solicitados al servidor geográfico para la capa distritos, que representa una unidad de área modificable, o bien creados a partir de la librería *Turf*. En la cabecera de esta página se incluye la posibilidad de descargar los datos de las capas evento y conexion en formato *XML*. Las peticiones al servidor en esta página no tienen ningún filtro preestablecido en la 'url' aunque dado el caso de tener un volumen de datos constante se podría filtrar la información en base a una medida temporal.

Este visor es aloccéntrico y se localiza en la ciudad de Zaragoza. Es creado como el visor anterior a través de la librería *Leaflet* y contiene un menú desplegable que contiene los diferentes análisis propuestos que opera con la misma lógica que los filtros del visor principal.

El análisis principal es una ratio entre el número de conexiones y los eventos en cada distrito. Se realiza mediante tres peticiones al servidor geográfico por las que se obtienen las capas de puntos evento y conexion y la capa de polígonos distritos. Sobre las capas de puntos se itera para obtener la información espacial que es agrupada mediante *featureCollection* de *Turf*, a su vez se itera sobre la capa distritos y con *pointsWithinPolygon* se determina la cantidad de eventos y conexiones que contiene cada polígono.

Los distritos están representados en base a la variable visual color que se establece con la opción *style* de cada clase *L.geojson*. La opción *oneachfeature* permite visualizar la información contenida en cada polígono en una pequeña ventana fijada en la parte inferior del mapa. Existen otros dos análisis que representan la información en base a los distritos que son la cantidad de eventos y conexiones de forma separada.

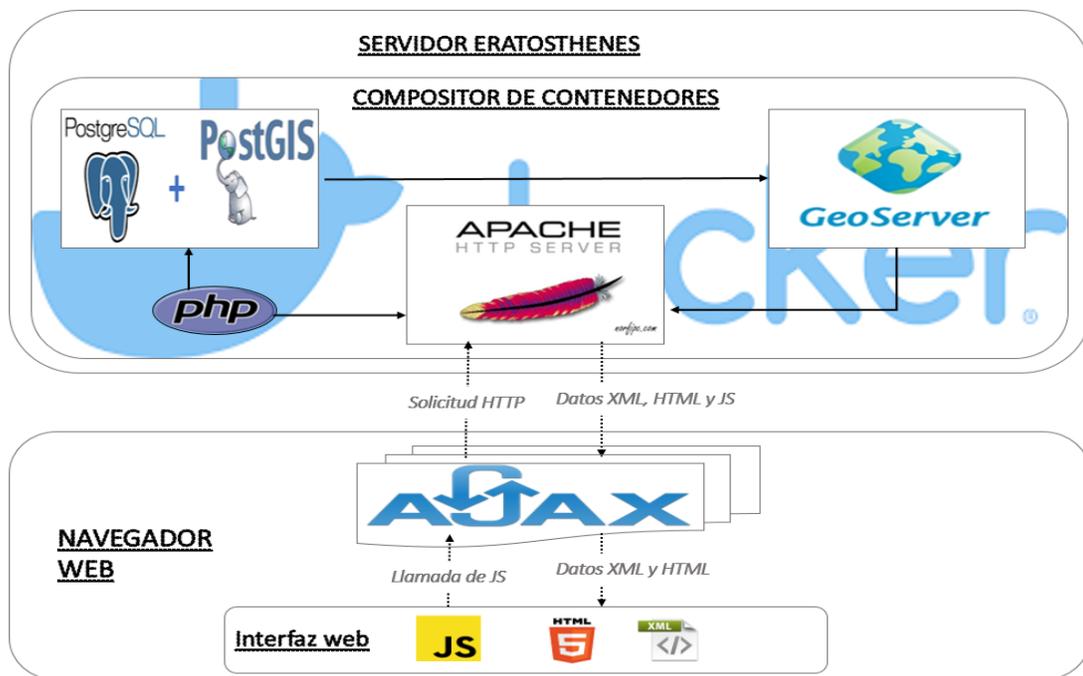
El mismo proceso sobre las mismas variables se realiza para los polígonos creados a partir de *Turf*. Por un lado, con la función *sector* se sectoriza la ciudad de Zaragoza a partir de polígonos triangulares isósceles con 45º de ángulo que parten desde la posición del Ayuntamiento de Zaragoza.

El último de los análisis propuestos está basado en un mapa de calor que representa a partir de una capa de puntos, la densidad de los mismos en un área determinada. Para ello se hace uso de la extensión *Leaflet.heat* de *Leaflet* que con la clase *L.heatLayer* permite la representación de un mapa de calor.

3.4 Implementación de la plataforma

Una vez comprobada la operatividad de la plataforma sobre una instalación local se procedió a migrarla a un servidor público. Para ello se ha usado uno de los equipos de los que dispone la Asociación de Usuarios de Software Libre de la Universidad de Zaragoza (Pulsar) y que se localizan en el Centro de Procesamiento de Datos del edificio Betancourt de Escuela de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de Zaragoza. El servidor en cuestión, *Eratosthenes*, es un equipo cuyo sistema operativo es una distribución genérica de *GNU/Linux*, en concreto *Debian 10* y unas capacidades de hardware más que suficientes para los requerimientos de este trabajo.

Figura 6: Esquema de la relación de aplicaciones y lenguajes en el servidor público



En Eratosthenes se ha implementado lo que vendría a ser una virtualización ligera haciendo uso del *software Docker*. Con esta herramienta se han creado una serie de contenedores independientes que son la recreación de las imágenes que se recogen en la tabla de más abajo y que sirvieron para replicar la estructura del servidor local.

Tabla 6- Imágenes albergadas en los contenedores

Imagen	Función	URL
Apache 2.4 con PHP 7.4	servidor web	https://hub.docker.com/_/php?tab=description
PostgreSQL 13 con PostGIS 3	servidor de bases de datos espaciales	https://hub.docker.com/r/postgis/postgis
Geoserver 2.17	servidor geográfico	https://hub.docker.com/r/oscarfonts/geoserver

La puesta en marcha entre los diferentes contenedores se ha realizado usando la herramienta *Docker compose*, que permite lanzar de manera simultánea y permitiendo una mejor y mayor interacción de los servicios propios de cada imagen aislada de *Docker*. A su vez en esta composición, se ha tenido que incluir las instrucciones para añadir al servidor web con *PHP* la extensión *pgsql* para permitir la interacción de las páginas web con la base de datos *PostgreSQL* como en el servidor local. Por último, cabe destacar que la falta de un certificado *SSL* o *TLS*, que son las licencias que permiten la comunicación cliente-servidor con su variante codificada *HTTPS*, resulta crucial para la implementación de la plataforma ya que su ausencia no permite algunas funciones como la localización del consumidor.

3.5 Comparación con otras alternativas

Por último, se ha propuesto una tabla comparativa en base a diferentes aspectos desarrollados en la introducción. A saber: el tipo de cliente, la clasificación propuesta por Elwood (2012) de la VGI sobre el tipo de gestión, extensión y representación de la información geográfica, el rol del usuario propuesto por Hacklay (2013), el tipo de georreferenciación entre absoluta o relativa a una geocodificación, si son servicios basados en la localización y para finalizar, si se considera información geográfica voluntaria o contributiva de acuerdo con lo expuesto por Harvey (2013).

Tabla 7: Comparación con agendas culturales digitales

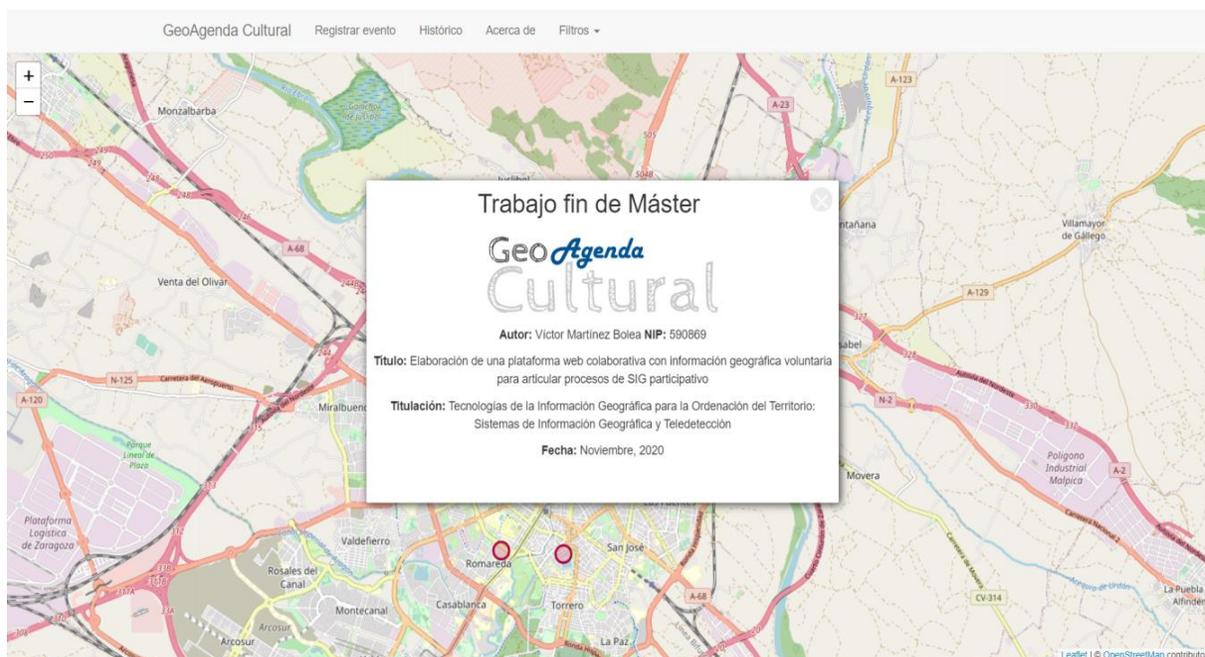
Aspecto	Opciones
Cliente	Ligero o pesado
Extensión	Local, regional o global
Gestor	Comercial, institucional o colectiva
Rol de usuario	Activo o pasivo
Georreferenciación	Absoluta o relativa
Representación	Geoinformación o geovisualización
LBS	Sí ó no
Control y claridad	VGI o CGI

4. Resultados y discusión

Una vez se han consolidado todos los pasos de la metodología se procede a su ejecución pudiendo acceder a la misma a través de la siguiente dirección en internet:

<https://libregeo.unizar.es/vmbolea/>²³

Figura 7: Entrada principal a la plataforma web



Dadas las características del trabajo se van a discutir los principales resultados de este trabajo a la vez que son presentados. Comenzaremos mostrando los resultados de los objetivos de la plataforma y las diferencias con otras plataformas existentes, para luego exponer qué funciones realizadas en el navegador web hacen de esta plataforma un *SIGweb*, se discutirá acerca de las herramientas libres geográficas involucradas en el proceso, sobre la implicaciones que tiene la información geográfica generada en esta aplicación y las posibilidades que tiene para albergar procesos de SIG participativo.

²³ Si el navegador envía un mensaje indicando que la conexión no es privada o con un error del tipo `NET::ERR_CERT_AUTHORITY_INVALID` es porque la página web aún no tiene las credenciales del certificado de seguridad HTTPS para el dominio de la universidad pero **se puede seguir sin problemas** pulsando en las opciones avanzadas que aparecen junto el mensaje e incluyendo una excepción en el navegador/procediendo a la conexión cifrada (aunque sin certificado reconocido) tal y como se muestra en las imágenes del anexo II. La conexión encriptada por HTTPS es necesaria, como se indicó más arriba para la ejecución de algunos comandos de JavaScript como el de localización del usuario.

4.1 Plataforma web

Para abordar la resolución de los objetivos de la plataforma utilizaremos los resultados del estudio comparativo, que corresponde con el objetivo número seis de la plataforma y mostrado en la tabla 8, como referencia e interlocutor de esta discusión.

La incorporación de información temática, a través del formulario que se muestra en la figura 8, es similar a la que proponen otras alternativas estudiadas que permiten un rol activo al usuario. Cabría preguntarse, desde un punto de vista comunicativo, si el hecho de que la mayoría de estos eventos se difundan mediante la inclusión de una imagen con texto supone una redundancia de información con algunos campos. Sin embargo, desde un punto de vista analítico, recoger información como el precio o el aforo nos permite plantear análisis sobre la misma.

Figura 8: Composición de imágenes del formulario de registro de eventos desde un dispositivo estático (Objetivo de la plataforma nº1). De derecha a izquierda: (1) primera parte del formulario con información temática y espacial, (2) segunda parte del formulario con información temática y temporal y (3) página de confirmación de registro.

The figure displays three sequential screenshots of a web registration form for an event. The first screenshot (left) shows the initial form with fields for 'Categoría de evento' (Artístico), 'Tipo de evento' (Exposición), and 'Localización del evento' (a map). The second screenshot (middle) shows the 'Organizador de evento' (LE PETIT COIN) and 'Descripción del evento' (La historia de tres increíbles ilustradores...), along with date selection fields and an event image. The third screenshot (right) shows the 'Evento registrado' confirmation page, which includes event details and a poster for 'ILUSTRES' featuring Oscar San Martín, Daniel Viñuales, and Francisco Meléndez.

Sobre la información temporal se ha observado que otras aplicaciones, como *Zaragenda*, permiten recoger esta información de una manera mucho más completa, a saber: un evento que se realiza a lo largo de varias jornadas con sus horarios específicos para cada una. Esto tiene implicaciones en su representación, ya que si esta

Tabla 8: Resultados del estudio comparativo con otras agendas culturales (Objetivo de la plataforma nº 6)

	Cliente	Extensión	Gestor	Rol del usuario	Georreferenciación	Representación	LBS	Control y claridad
Aragón es Cultura	Ligero Pesado	Regional	Institucional	Pasivo	-	Geoinformación	No	-
Zaragoza Cultural	Ligero	Local	Institucional	Activo	Relativa	Geoinformación/Geovisualización	No	VGI
Heraldo Ocio	Ligero	Regional	Comercial	Pasivo	-	-	No	-
RedAragón	Ligero	Regional	Comercial	Activo	Relativa	Geoinformación/Geovisualización	No	CGI
Zaragenda	Ligero	Local	Comercial	Activo	Relativa	Geoinformación	No	CGI
Zaragozaguia	Ligero	Local	Comercial	Activo	Relativa	Geoinformación	No	CGI
Zaragozala	Ligero	Local	Comercial	Activo	Relativa	Geoinformación/Geovisualización	No	CGI
ClickZaragoza	Pesado	Local	Comercial	Pasivo	-	Geoinformación/Geovisualización	No	CGI
Eventbrite	Pesado	Global	Comercial	Activo	Relativa	Geoinformación/Geovisualización	Sí	CGI
GeoAgenda Cultural	Ligero	Local	Individual/colectivo	Activo	Absoluta	Geovisualización	Sí	VGI

se realiza a través de geovisualización supondría un solapamiento de esta información en su componente espacial. Por lo que en nuestra plataforma se entiende que los campos de inicio y final abarcan la completa duración del evento y la información específica de cada jornada puede ser referida en el campo descripción.

En cuanto a la forma de recoger la información espacial esta plataforma web va a contracorriente. De las agendas estudiadas es la única que espera que el usuario sea capaz de registrar un evento mediante una georreferenciación absoluta, el resto la recogen mediante APIs de geocodificación. Esta tendencia es observable también a nivel global. Como indica Goodchild (2016), la proliferación de los SIG está poniendo un nuevo énfasis en los lugares con nombre, como base para el conocimiento del mundo y su comunicación entre individuos. La acuñación del término *patial* (de la combinación de *place*, lugar en inglés, y *spatial*, espacial) y su uso dan buena prueba de ello. Si bien sería valorable su implementación, el apostar por el uso de coordenadas permite la georreferenciación de eventos en espacios abiertos como parques y no profundizar en la marginación de espacios no recogidos por estas APIs. A su vez, esta elección puede tener implicaciones con respecto a la calidad y exactitud de los datos como discutiremos más adelante.

La gestión de la información que realiza la plataforma, mediante una interacción básica entre la base de datos y el servidor geográfico para su representación posterior bajo

estándares *OGC*, conforma el segundo objetivo de la plataforma. De las alternativas estudiadas solo *Zaragoza Cultura*, a través de *IDEZar*²⁴ (la infraestructura de datos espaciales que la apoya), cuenta con la capacidad de incluir dinámicamente datos procedentes de cualquier servidor de mapas que cumpla con estándares de la *OGC* (Zarazaga, 2017).

Respecto a la consecución del objetivo de la plataforma número tres, cuyo resultado es mostrado en la figura 9., por el que se deben construir interfaces web que permitan al usuario poder visualizar la información en base a su localización se tienen que valorar varios aspectos.

Solo esta plataforma y la aplicación global *Eventbrite*, que tiene una estructura enfocada a la venta de entradas, basan sus servicios en la localización del usuario. ¿Es necesaria una visualización en base a la localización a una escala geográfica local para ofrecer un servicio más adecuado al usuario? Bueno, esto dependerá del volumen de datos que se pueda llegar a manejar. Muchas plataformas globales utilizan la localización operativamente, mayoritariamente a través de la *IP*, para filtrar sus bases de datos masivas o para ofrecer servicios publicitarios específicos. En esta plataforma, de momento, la localización a través de *GNSS* sirve para que el usuario pueda disponer de la utilización filtros espaciales para visualizar la información y, más aún, para dotar a la herramienta de una nueva dimensión en su componente analítico como se refleja en la consecución del objetivo de la plataforma número cuatro que se muestra más adelante. Sin embargo, esto tiene implicaciones en cuanto a la privacidad de la información geográfica voluntaria.

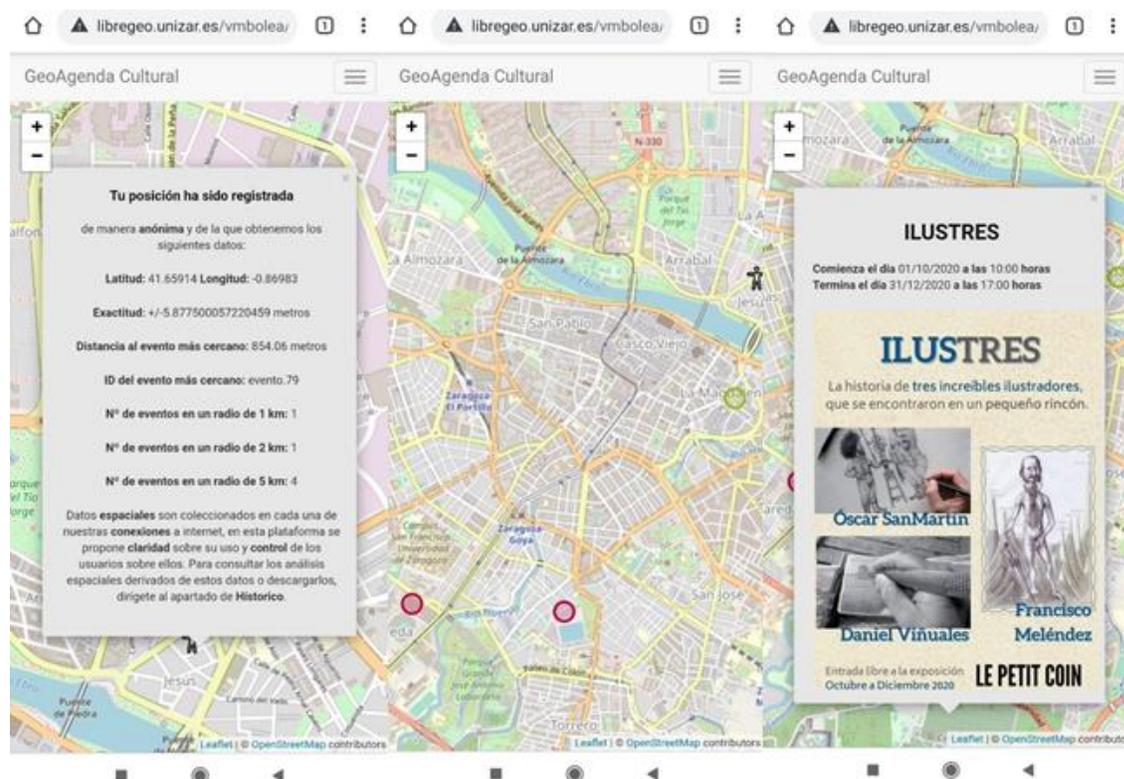
La representación de los datos mediante geovisualización no es una tónica habitual en las alternativas observadas, varias de ellas ofrecen un servicio derivado de la *API* de geocodificación con el que muestran en la información de cada evento un mapa con su georeferenciación individualizada, pero solo *Zaragoza Cultura*, con la potente estructura que la respalda, apuesta claramente por esta opción. La inmensa estructura que tiene detrás, junto al hecho de que esté integrada en la propia web del ayuntamiento de Zaragoza, condiciona su dinamismo; es decir, la experiencia de navegar por la página y usar el visor no es sencilla.

En nuestra plataforma la creación de interfaces para su geovisualización es la base de la representación de información. La información espacial se refleja a través de unos

²⁴ IDEZar es la Infraestructura de Datos Espaciales de Zaragoza, que tiene entre sus objetivos principales facilitar a la ciudadanía el acceso a la información de la ciudad localizandola sobre el mapa permitiendo ofrecer servicios y aplicaciones que proporcionan un valor añadido a la gran cantidad de contenidos que el Ayuntamiento ofrece a la ciudadanía. Acceso en: <https://www.zaragoza.es/sede/portal/idezar/>

marcadores básicos que se observan en la segunda imagen de la figura 9. El trabajo en el campo de la simbología ha sido limitado, al haber priorizado las capacidades de análisis de la plataforma, por lo que se requiere de una mejora al respecto. Por otro lado, la información temática es reflejada a través de ventanas emergentes o *popups* al presionar estos marcadores. Si bien como se observa en la tercera imagen, la ventana emergente no se posiciona sobre el marcador al abrirse. En la elaboración de la plataforma se plantearon otras alternativas como reflejar esta información en una barra lateral pero esto hacía que la experiencia desde dispositivos móviles fuera mucho más compleja.

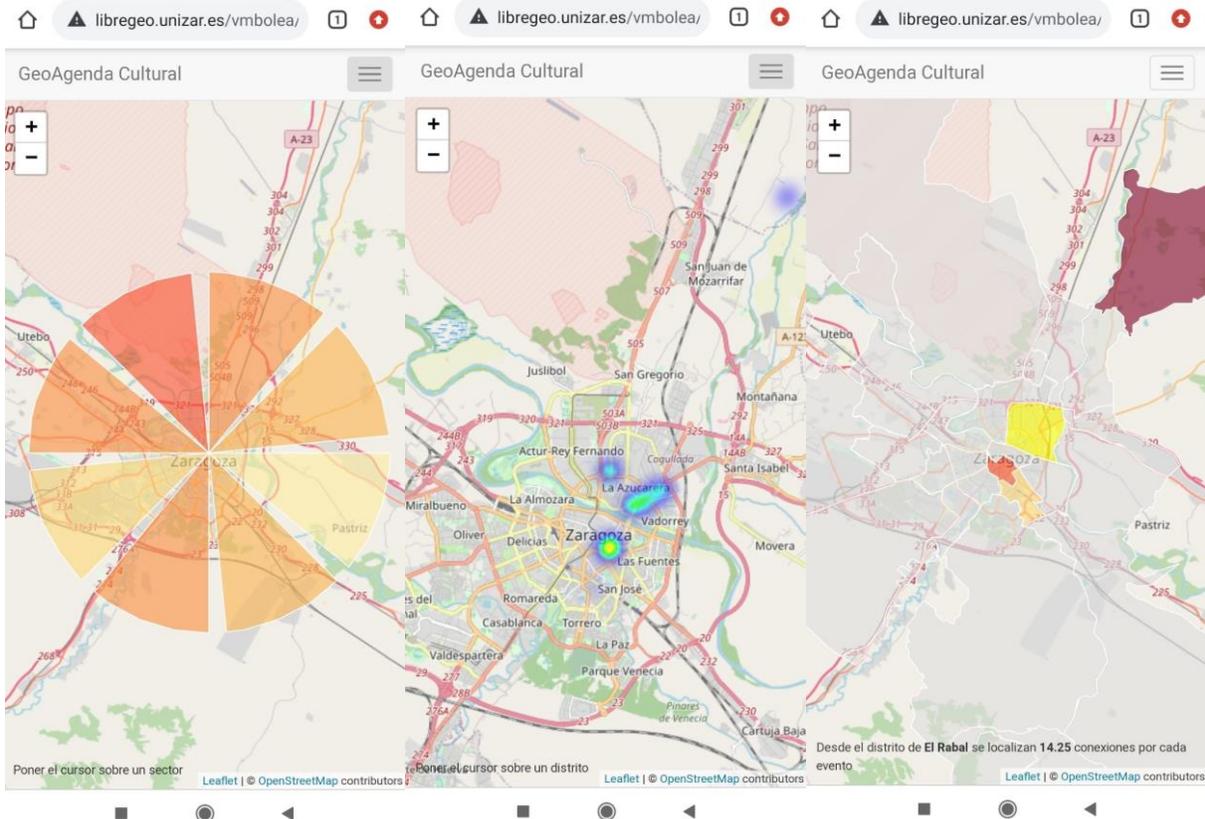
Figura 9: Composición de imágenes respecto a la visualización de información en base a la localización del usuario desde un dispositivo móvil (Objetivo de la plataforma n° 3). De izquierda a derecha: (1) localización del usuario, (2) representación de información espacial y (3) representación de información temporal y temática.



El cuarto objetivo de la plataforma proponía la colección de datos sobre la localización del usuario, como se refleja en la primera imagen de la figura 9, para estudiar su relación espacial con la información sobre eventos culturales aportada por los usuarios. Este hecho sólo se explicita en nuestra plataforma, el resto de alternativas podrían realizar operaciones similares de manera interna para mejorar sus servicios pero no contemplan la difusión de esta información para que el usuario pueda sacar partido de

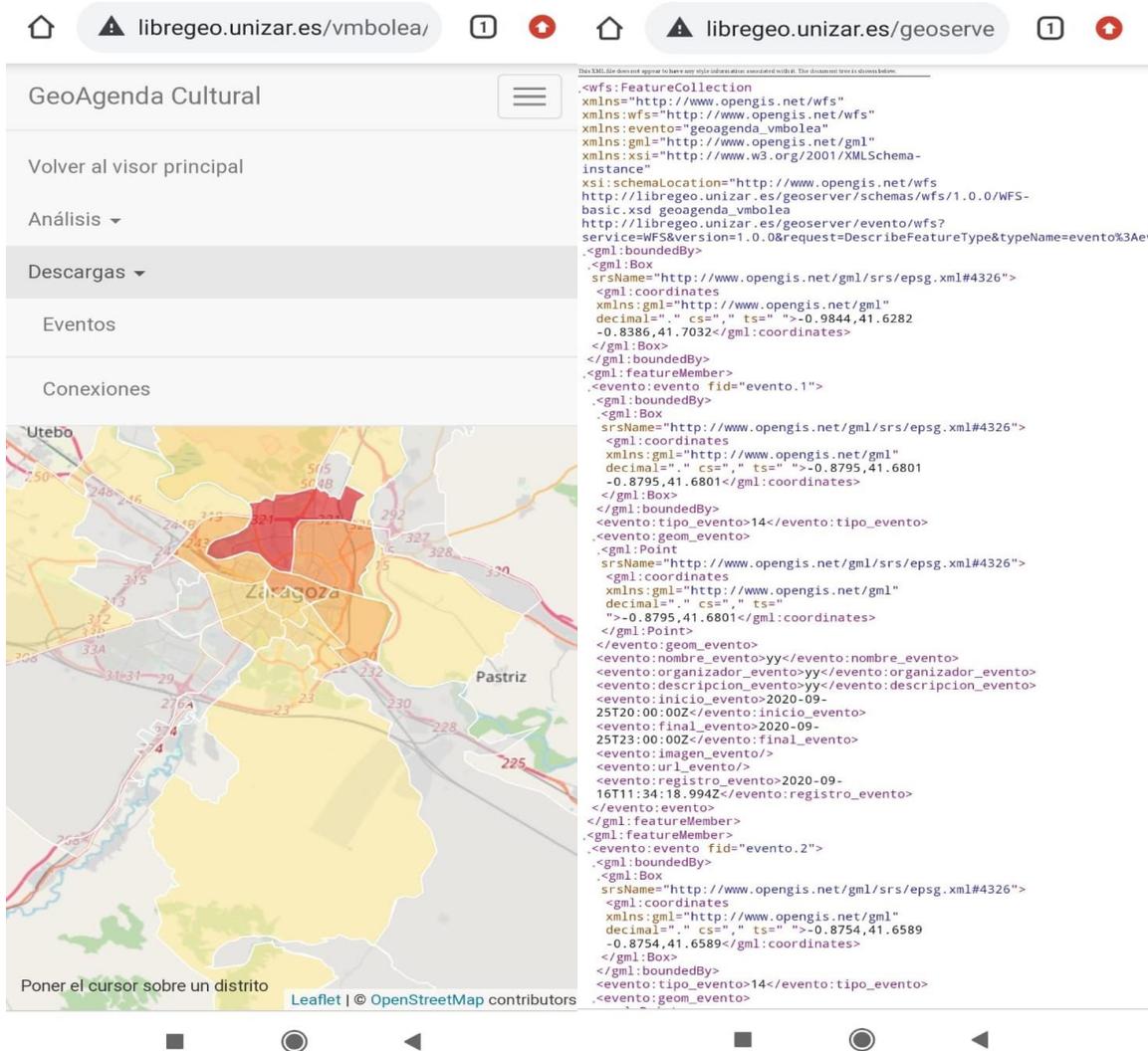
ella. Alguno de los análisis espaciales propuestos sobre esta información se muestran en la figura 10.

Figura 10: Composición de imágenes sobre los análisis espaciales realizados sobre la información de la plataforma (Objetivo de la plataforma nº 4): De izquierda a derecha: (1) recurrencia de eventos por sectores, (2) mapa de calor de las conexiones realizadas a la plataforma y (3) representación de distritos en base al ratio de conexiones por evento



Estos análisis se plantean en el visor histórico que muestra la información en base a geometrías que pueden ser unidades de área modificables o bien polígonos propios del estudio de la geografía urbana. A partir de la representación de estos análisis se dota al usuario de información especial, por ejemplo, sobre la recurrencia de eventos por sectores, la distribución de las conexiones mediante un mapa de densidad y de la relación espacial de estas dos variables a través de un ratio de localización de la demanda de eventos, en base a número de conexiones, con respecto a la oferta de los mismos sobre una geometría poligonal.

Figura 11: Composición de imágenes sobre la posibilidad de descargar la información contenida en la plataforma desde un dispositivo móvil (Objetivo de la plataforma nº 5). A la izquierda el acceso desde la barra de navegación y a la derecha la respuesta a la petición en formato XML



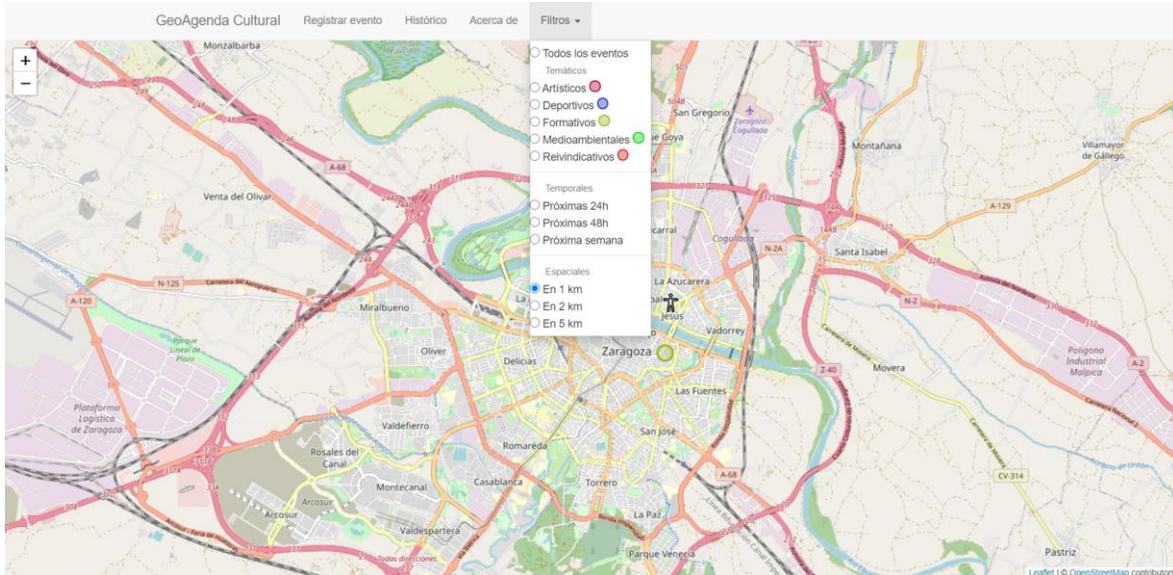
Por último, el objetivo número cinco por el que los usuarios deben tener el control sobre toda la información generada en la plataforma se realiza bien a través de la visualización de los anteriores análisis o bien mediante la posibilidad de descargar la información para utilizarla a su conveniencia como se muestra en la figura 11. Esto se realiza desde el visor histórico y la respuesta es un archivo en formato XML.

4.2 Plataforma SIG

Hasta ahora hemos repasado los objetivos de la plataforma que la convierten en una aplicación web similar a otras alternativas existentes. Nos preguntamos cuál es la base sobre la que sustenta que esta pueda ser considerada una plataforma SIG y no una aplicación más de *webmapping*. Como hemos visto en la introducción las funciones de un SIG son la incorporación, gestión y representación de información espacial lo que cumple cualquier aplicación de cartografía en la web. Sin embargo, esta plataforma además incluye funciones de análisis sobre la información que se realizan directamente en el navegador web, incluido análisis espacial, que supone cumplimentar la última función de un SIG.

¿Dónde observamos estas funciones de análisis? Por una parte, como se refleja en la figura 12 mediante los filtros sobre la información del visor principal que pueden ser de carácter temático, temporal y espacial. La lógica utilizada en la programación los limita al hacerlos exclusivos; es decir, que con una capacidades de programación mayores podrían ser interoperables y conseguir, por ejemplo, filtrar la información sobre los eventos que se van a producir las próximas 24 horas en un radio de un kilómetro de la posición del usuario.

Figura 12: Filtros de carácter temático, temporal y espacial del visor principal



Por otra parte, están las representaciones de los análisis espaciales de la información histórica recogida en la plataforma que hemos repasado en el apartado anterior ya que constituía uno de los objetivos de la plataforma. Aquí, utilizar unas lógicas de programación superiores nos permitirían al usuario, por ejemplo, seleccionar una variable, no solo basada en recurrencias como veremos en el siguiente apartado, y un

tipo de representación espacial de manera que no estuvieran predefinidos los tipos de análisis que se realizan.

Estas capacidades de análisis espacial, limitadas dadas la capacidades técnicas en cuanto a programación pero con potencial para ser desarrolladas, se constituyen como la función analítica necesaria para poder considerar esta plataforma un SIG por encima de una aplicación de *webmapping*.

4.3 Herramientas libres de la información geográfica

El desarrollo de este trabajo ha implicado una amplia investigación sobre el uso de herramientas libres que nos ha permitido la consecución de los objetivos propuestos. Comenzaremos discutiendo las implicaciones que tienen las más genéricas para acabar profundizando en aquellas con un marcado carácter geográfico.

La utilización de *XAMPP* permite realizar la programación, con el servicio web *HTTP Apache*, desde un servidor local sobre el que se realiza la implementación de la aplicación. La intervención del lenguaje *PHP* es determinante tanto para establecer la conexión a la base de datos como para realizar consultas mediante el lenguaje *SQL*. Los formularios *HTML* se constituyen con una alternativa para recoger las referencias introducidas por el usuario incluyendo información espacial, además la utilización de plantillas junto a *CSS* facilitan la adaptación de la plataforma para poder ser visualizada desde dispositivos digitales. Por último, el lenguaje *JS* junto con su librería *jQuery* son los responsables de dotar de dinamismo, con el uso de funciones complejas en segundo plano, a la aplicación.

El uso de la aplicación *Docker* ha supuesto una simplificación de la migración de la plataforma a un servidor público frente a otras alternativas existentes que requerían de una implementación más compleja.

En cuanto a las herramientas libres de la información geográfica, se ha utilizado la base de datos espaciales *PostGIS* y el servidor de mapas *GeoServer* que se encargan de almacenar y gestionar los datos a publicar. Cabe reconocer que sus funcionalidades no han sido utilizadas complejamente porque esta plataforma centra sus principales funcionalidades sobre el navegador web. Por lo tanto, cabría la posibilidad de incluir funciones más complejas desarrolladas en trabajos anteriores de esta titulación como la propuesta sobre *PostGIS* del cálculo de la ruta más corta de Castiblanco (2017), o sobre el servidor geográfico, como las implementadas por Sandoval (2019).

Las librerías *Leaflet* y *Turf* y el lenguaje de marcado GeoJSON son las herramientas libres geográficas que tienen un mayor impacto en esta plataforma. Leaflet se utiliza tanto para la incorporación como la representación visual de la información espacial de la plataforma. Si bien, es en la visualización, donde su combinación con el formato de texto *GeoJSON* genera una simbiosis que permite la representación de manera dinámica de la información, tanto temática como espacial, sobre un visor.

Turf también se basa en el formato *GeoJSON* para llevar a cabo sus funciones. Estas funciones de análisis espacial realizadas directamente sobre el navegador web se configuran como una alternativa al componente de analítico de un SIG de escritorio. En esta plataforma son implementadas tanto en los filtros espaciales del visor principal, mediante la medición de distancias, como en la totalidad de análisis espaciales llevados a cabo en el visor histórico, con funciones como por ejemplo la creación de polígonos y calcular la cantidad de puntos que contenidos por los mismos.

Cabe reconocer que las limitaciones al respecto de la programación no han permitido llevar a la práctica análisis planteados teóricamente. Por ejemplo, ir más allá en los análisis de los datos en formato *GeoJSON* permite no solo contar recurrencias sino analizar el contenido de sus propiedades. Esto supondría la inclusión de otro tipo de variables en los análisis espaciales propuestos como que tipo de filtro es más utilizado, la distancia media de las conexiones hasta su evento más cercano o el precio medio de los eventos por una unidad de área determinada.

Otro aspecto a destacar son algunas limitaciones o controversias observadas en estas librerías. En el caso de *Leaflet* se propuso un análisis, propio de la geografía urbana, basado en anillos concéntricos. A estos se conseguía dotarlos con el valor de su variable correspondiente pero a la hora de representarlos la clase *GeoJSON* de *Leaflet* solo reconocía la geometría circular, no permite geometrías huecas, lo que deriva en una superposición de la representación basada en color. En el caso de *Turf*, la controversia viene dada al asignar las instrucciones para la creación de polígonos sectoriales a través de ángulos que determinan que estos polígonos sean contiguos. El resultado, observable en la primera imagen de la figura 10, es que estos polígonos no guardan contigüidad. Se han hecho pruebas introduciendo registros de eventos entre los espacios dejados por estos sectores para determinar si este problema es derivado de la representación de *Leaflet*, como en el caso anterior, o depende de la propia función de *Turf*; dando como resultado que el problema viene dado por esta última.

4.4 Información geográfica voluntaria

Si esta aplicación SIG incorpora sus datos a través de la información geográfica generada voluntariamente por los usuarios es necesario discutir acerca de las implicaciones que esto conlleva.

¿Esta plataforma viene a sacar de la marginalidad información geográfica que hasta ahora estaba infrarrepresentada y dispersa o bien viene a mantener las desigualdades imperantes? Afirmar que toda la información que esta plataforma puede recopilar y representar sería caer en maximalismos que se demuestran erróneos ante la existencia de otras alternativas. Desde el punto de vista de la representación mediante geovisualización sí que supone sacar de la marginación todas aquellas actividades que el Ayuntamiento de Zaragoza decide no representar en su aplicación institucional, que es la única alternativa que presenta un visor. Si lo observamos desde el punto de vista de la recopilación de información y representación mediante geoinformación se puede argumentar que la configuración de las categorías y tipos de eventos de esta plataforma no son contemplados en otras alternativas.

Tabla 9: Categorías y tipos de evento establecidos en la plataforma

Categorías	Tipos
Artístico	Proyección, Exposición, Teatro, Danza, Circo, Concierto, Festival, Performance, Pasacalles, Encuentro y Presentación
Deportivo	Partido, Quedada, Competición, Entrenamiento, Carrera y Encuentro
Formativo	Charla, Taller, Curso, Seminario, Asesoría y Clase
Medioambiental	Excursión y Batida
Reivindicativo	Manifestación, Concentración, Acción directa y Asamblea

Si bien categorías de eventos como la artística, la deportiva o la formativa suelen ser recogidas por otras aplicaciones no sucede lo mismo con respecto a la categoría medioambiental o reivindicativa. En el primer caso, saliendo de las agendas culturales, sí que existen experiencias a nivel estatal de mapeados colaborativos por la justicia ambiental (del Moral y otros, 2018) y se demuestra como una información a representar por el creciente interés social que suscita. En el segundo caso, la propia naturaleza de las aplicaciones de eventos que solo vienen a considerar aquellos relacionados con el ocio, genera una infrarrepresentación de las mismas. Ejemplos recientes y controvertidos como el de *Tsunami Democratic*²⁵ sugieren las posibilidades que alberga la localización espacial al respecto de las movilizaciones civiles.

²⁵ <https://app.tsunamidemocratic.cat/>

Por lo tanto, se considera que esta plataforma puede sacar de la marginalidad buena parte de la información geográfica voluntaria mediante su recopilación y su representación mediante una cartografía en la web.

La calidad y exactitud de los datos derivados de la localización del usuario viene legitimada por el uso de los *GNSS*, si bien se podría mejorar la programación para obtener medidas más ajustadas mediante la obtención de varias posiciones y la realización de un promedio de las mismas. Mientras que la información sobre eventos culturales viene respaldada por la propia motivación del usuario de comunicar la localización del mismo, este tipo de participación no requiere de un alto nivel de formación (Brown, 2012). Otro aspecto a discutir sería como evitar que usuarios malintencionados, conocidos como vándalos en *Wikipedia* (Shachaf, 2010), publicarán información falsa que podría realizarse bien introduciendo un filtrado temporal por el que los eventos se publicarán después de un tiempo determinado de su registro, habilitando así la posibilidad de revisarlos por un gestor, o bien mediante la inclusión de una autenticación de usuario y de una tabla de usuario que es la línea seguida por las aplicaciones observadas. Esto a su vez, tiene implicaciones en la privacidad ya que requeriría de la recogida de información sensible como correos electrónicos en la base de datos que podría ser inyectada por intrusos que hagan usos ilícitos de los mismos.

Sobre las implicaciones en torno a la privacidad conviene preguntarse primero si toda la información recogida por la plataforma tiene un carácter voluntario. En el caso de información sobre eventos culturales aportada por los usuarios no deja lugar a dudas mientras que la información derivada de la localización puede albergar más contradicciones al respecto. Si bien requiere de la autorización del usuario, la aceptación de esta es obligatoria para acceder a la plataforma e implementar el filtrado de información por distancia. Cabría la posibilidad de permitir una localización opcional mediante un botón pero esto no implicaría que ese monitoreo continuo de la localización no se estuviera produciendo a través de la dirección IP o la triangulación de la señal de telefonía. Por ello esta información derivada de la localización del usuario entraría en la definición de información geográfica voluntaria más por el control que el usuario puede realizar de la misma que por su carácter motivacional de acuerdo con lo expuesto por Harvey (2013).

Como indica Elwood (2012), el uso de la geolocalización y su integración en nuestra vida diaria ha traído una preocupación social latente respecto a la privacidad o la vigilancia. La falta de una educación digital pública y de calidad, y la información falsa que circula por las redes contribuyen a aumentar la desconfianza de parte de la población lo que ha derivado en la aparición de corrientes sociales con posturas

neoluditas²⁶ que dirigen sus quejas hacia la tecnología en sí, en vez de hacia aquellos que la poseen y realizan un uso privativo de la información obtenida. La recolección y representación explícita de esta información en nuestra plataforma se hace con el afán de concienciar sobre el uso de la información derivada de un servicio basado en la localización, que reporta grandes beneficios económicos a nivel global, pero que usado a nivel local podría revertir beneficios sociales a la comunidad; por ejemplo, mostrando las decisiones con componente espacial de los individuos con respecto a su propio territorio (Bosque, 2015). Mientras se escribe este trabajo la administración pública está dedicando sus esfuerzos a concienciar a la ciudadanía para que se haga uso de aplicaciones de rastreo como Radar Covid²⁷ con funciones de localización.

4.5 Proceso de SIG participativo

Finalmente, se discute acerca de las posibilidades de esta aplicación para albergar procesos de SIG participativos. Esta plataforma se enmarca dentro de los SIG participativos online que tienden más hacia la información que la propia participación (Sastre-Merino y otros, 2010) o en el enfoque disruptivo propuesto por Radil (2018). El estado actual de la plataforma cumple con las características de un SIG participativo según la definición dada por Steinman (2005). A saber: está centrado en las personas, tiene como objetivo empoderar a la comunidad, su estructura es flexible y abierta, tiene una función específica basada en la localización de eventos y su enfoque es de abajo hacia arriba dada la propia naturaleza de la web. Sin embargo, esta plataforma en su estado actual queda lastrada por la ausencia de una comunidad claramente definida.

¿Cómo se define esta comunidad digital? Se puede argumentar que el conjunto de usuarios potenciales de la plataforma la conforman pero esto supone, como indica Chambers (2006), una vulneración de su seguridad ya que la información suministrada por estos está disponible para ser usada sin su consentimiento. Entonces, lo primero es crear una comunidad digital a través de una autenticación de los usuarios que generan contenido y limitar la posibilidad de descargar esta información a los propios usuarios. Si bien hay que tener en cuenta que en estos procesos la comunidad debe ser partícipe a todos los niveles desde la definición de los objetivos hasta los métodos de visualización pasando por el propio desarrollo del *software* (McCall, 2004) lo que hace que una comunidad digital no cumpla estos requisitos pese a la posible apertura de vías de interacción digital.

²⁶<http://revistacaracteres.net/glossary/neoludismo/>

²⁷https://transparencia.gob.es/transparencia/transparencia_Home/index/COVID19/RadarCOVID.html

El propósito del presente es probar la elaboración de una plataforma online que pueda albergar procesos de SIG participativos pero generar un proceso de GIS participativo requiere de una labor conjunta con las posibles organizaciones sociales involucradas que no se ha contemplado en ningún momento. Primero, porque antes había que probar que la elaboración era posible y segundo por las circunstancias actuales que impiden una comunicación fluida y el desarrollo normal de actividades sociales como los eventos aquí referidos.

¿Se puede aspirar a conformar una comunidad física? Si, como indica (Escolano, 2015) la construcción de un SIG no es lineal y la retroalimentación es constante. Por lo tanto, siempre se puede involucrar a los actores necesarios para constituir una comunidad que participe en la modificación de las fases y etapas de la implementación de este SIG y que sirva como solución para conectar mediante la participación no solo a individuos aislados que desempeñan un papel de productores culturales, sino también a organizaciones sociales a nivel local para conformar un geocanal de difusión de información colaborativo y unitario.

5. Conclusión

El desarrollo del presente trabajo ha involucrado, por una parte, una investigación teórica sobre el estado actual de las agendas culturales, los SIG, las herramientas libres, la información geográfica voluntaria y los procesos de SIG participativo y, por otra parte, una implementación práctica de varios tipos de lenguaje de programación, aplicaciones y servicios en un servidor público.

Todos los objetivos funcionales han sido completados con éxito haciendo totalmente operativa la plataforma tanto en su propósito de georreferenciación y visualización de eventos culturales como en la geolocalización de las conexiones de los usuarios a la plataforma y las interacciones que realizan con los filtros de información para su posterior visualización en base a análisis espaciales que relacionan ambos flujos de información.

La consecución de estos objetivos específicos ha dado como resultado una plataforma colaborativa para la georreferenciación y visualización de eventos en la ciudad de Zaragoza que puede articular procesos de SIG participativo, lo que constituía el objetivo general del presente trabajo por lo que se puede refutar la hipótesis nula planteada en esta investigación.

Dentro de la titulación este trabajo ha supuesto la utilización de buena parte de los contenidos que en él se imparten. Desde las abstracciones planteadas en la introducción del curso para crear el modelo entidad-relación sobre el que se construye la base de datos hasta la utilización de las herramientas para la visualización y difusión de la información geográfica pasando por consultas *SQL* o la implementación de análisis espaciales.

La plataforma dado su carácter abierto y compartimental puede servir de base para recopilar información de mapeados colaborativos como los planteados por Orte (2018 y 2019), se pueden implementar funciones sobre la base de datos como las planteadas por Castiblanco (2017) o sobre el servidor geográfico como las realizadas por Sandoval (2019).

De la documentación teórica y la implementación práctica del presente trabajo se concluye que:

- La representación de información de eventos culturales que realizan las agendas culturales de Zaragoza no está basada en la geovisualización, salvo la excepción institucional, lo que permite que la estructura de esta plataforma sea una alternativa real a las mismas.

-
- La plataforma puede recopilar y representar información geográfica voluntaria hasta ahora infrarrepresentada o marginada en las alternativas existentes.
 - La información geográfica voluntaria y el SIG participativo comparten muchos de sus principios, pero mientras la primera se centra en la información en sí, la segunda atiende a los procesos que la generan.
 - La colección de manera anónima y puntual de la geolocalización de los usuarios no supone un quebranto mayor a su privacidad que la producida por el monitoreo constante al que son sometidos los dispositivos digitales que utilizamos en nuestra vida diaria.
 - La difusión explícita de la información sobre la localización de los usuarios en la plataforma es una forma de concienciar sobre los beneficios sociales que la retención de estos datos a nivel local puede aportar a la comunidad.
 - Las herramientas libres han demostrado ser una alternativa válida que ha cumplido con las condiciones que contemplaba el desarrollo de la plataforma. A saber: cumplir protocolos estandarizados, ser interoperable, de bajo coste y sencilla de construir.
 - Entre los componentes de esta plataforma SIG se encuentran: *GeoJSON* como formato más importante del componente de datos, cualquier dispositivo con navegador web como el tecnológico, *Leaflet.js* como el componente de visualización y *Turf.js* como el de análisis.
 - La plataforma es libre, pudiendo ser ejecutada, modificada y distribuida libremente.

Dadas las limitaciones temporales y programáticas acontecidas se proponen las siguientes vías de investigación:

- La implementación de un modelo entidad-relación más complejo alrededor de la tabla evento, que incluya una de la tabla usuario como referencia del campo organizador a la que vincular la autenticación del usuario y por ende, establecer la comunidad digital, y ensaye con una georreferenciación relativa y la tabla de lugar.
- Desarrollar las potencialidades de la librería *Leaflet.js* junto al formato *GeoJSON* para la representación e investigar sobre la problemática sobre la presentación de anillos concéntricos.

-
- Teorizar y practicar nuevos análisis espaciales con *Turf.js* junto al formato de texto *GeoJSON* y realizar una validación técnica sobre los resultados de sus funciones vista la problemática con la sectorización.
 - Buscar la interlocución con agentes sociales como potenciales miembros de la comunidad física para que intervengan en la retroalimentación de todas las fases y etapas de implementación de la plataforma.

6. Bibliografía

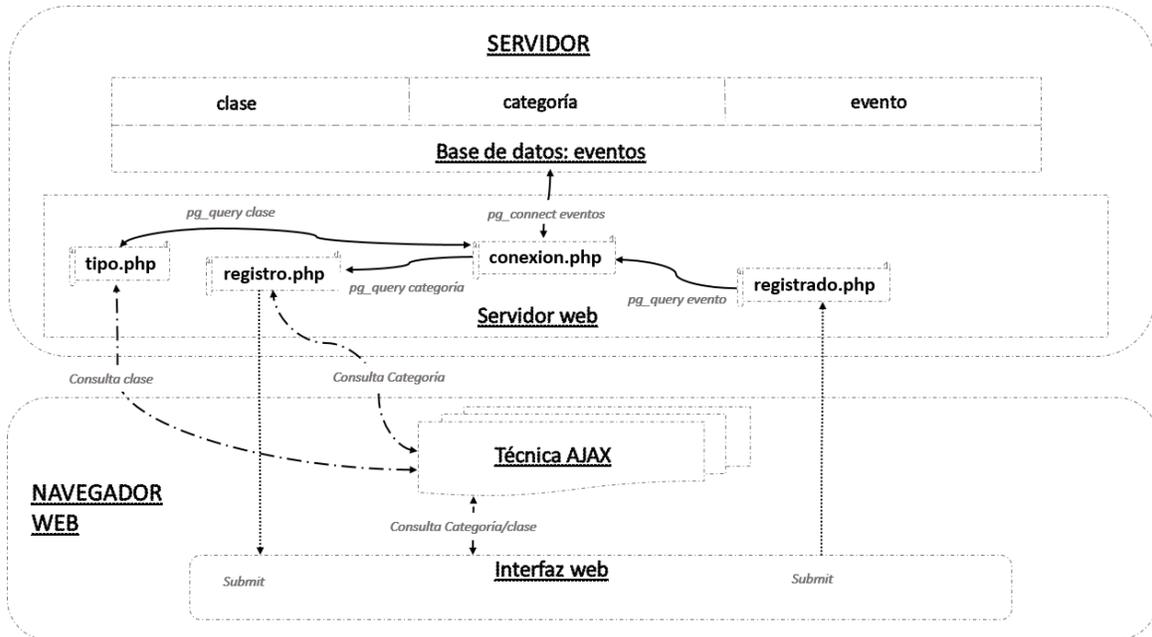
- Avilés, Rosario Arquero, y Gonzalo Marco Cuenca. 2014. «El Portal de datos abiertos de la Unión Europea: análisis y evaluación». *Revista general de información y documentación* 24(1): 99-118.
- Barbieri, Nicolás. 2018. «Es la desigualdad, también en cultura». *Cultura y Ciudadanía. Pensamiento*. <https://ddd.uab.cat/record/220409>
- Bonnor, Norman. 2012. «A Brief History of Global Navigation Satellite Systems». *Journal of Navigation* 65(1): 1-14.
- Bosque Sendra, Joaquín. 2015. «Neogeografía, Big Data y TIG: problemas y nuevas posibilidades». *Polígonos. Revista de Geografía* (27): 165.
- Brantner, Cornelia. 2018. «New Visualities of Space and Place: Mapping Theories, Concepts and Methodology of Visual Communication Research on Locative Media and Geomedia». *Westminster Papers in Communication and Culture* 13(2): 14-30.
- Brown, Gregory. 2012. «Public Participation GIS (PPGIS) for regional and environmental planning: reflections on a decade of empirical research». *URISA J.* 25: 5-16.
- Castiblanco Rojas, Yineth Alexandra. 2017. «Desarrollo de una aplicación webmapping para la atención de incidencias en entornos rurales». Universidad de Zaragoza.
- Crampton, Jeremy W. 2011. *Mapping: A Critical Introduction to Cartography and GIS*. John Wiley & Sons.
- Elwood, Sarah. «Volunteered geographic information: future research directions motivated by critical, participatory, and feminist GIS». *GeoJournal* 2008: 173-183.
- Elwood, Sarah, Michael F. Goodchild, y Daniel Z. Sui. 2012. «Researching Volunteered Geographic Information: Spatial Data, Geographic Research, and New Social Practice». *Annals of the Association of American Geographers* 102(3): 571-90.
- Escolano Utrilla, Severino. 2015. *Sistemas de información geográfica: una introducción para estudiantes de geografía*. Prensas propias de la Universidad de Zaragoza.
- García González, Juan Antonio. 2017. «El resurgir de los mapas. La importancia del “dónde” y del pensamiento espacial». *Revista Ería* 37(217-231).

-
- Goodchild, Michael F. 2007. «Citizens as Sensors: The World of Volunteered Geography». *GeoJournal* 69(4): 211-21.
 - Goodchild, Michael F. 2016. «GIS in the Era of Big Data». *Cybergeog : European Journal of Geography*. <http://journals.openedition.org/cybergeog/27647>
 - Haklay, Muki. 2013. «Citizen Science and Volunteered Geographic Information: Overview and Typology of Participation». En *Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice*, eds. Daniel Sui, Sarah Elwood, y Michael Goodchild. Dordrecht: Springer Netherlands, 105-22. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4587-2_7
 - Harvey, Francis. 2013. «To Volunteer or to Contribute Locational Information? Towards Truth in Labeling for Crowdsourced Geographic Information». En *Crowdsourcing Geographic Knowledge: Volunteered Geographic Information (VGI) in Theory and Practice*, , 31-42.
 - Hernández, Pedro. 2007. «Tendencias de Web 2.0 aplicadas a la educación en línea». *No Solo Usabilidad* (6). <http://www.nosolousabilidad.com/articulos/web20.htm>
 - del Moral, Leandro, Cesare Laconi, y Belen Mateos. 2020. «Cartografiando el movimiento de justicia ambiental a escala regional: el mapa digital colaborativo de los conflictos del agua en Andalucía». *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*.
 - Olaya, Víctor. 2017. *Sistemas de Información Geográfica: un libro libre*. <https://volaya.github.io/libro-sig/>.
 - Orte, Ignacio. 2018. «Movilidad urbana e Información Geográfica Voluntaria: Accesibilidad en Las Fuentes». Universidad de Zaragoza. <https://zaguan.unizar.es/record/76655?ln=en>(29 de junio de 2020).
 - Orte, Ignacio 2019. «Análisis de la movilidad peatonal urbana para personas con diversidad funcional a través del uso de Información Geográfica Voluntaria.» Universidad de Zaragoza. <https://zaguan.unizar.es/record/88658?ln=es> (13 de noviembre de 2020).
 - Puebla, Javier Gutiérrez. 2018. «Big Data y nuevas geografías: la huella digital de las actividades humanas». *Documents d'Anàlisi Geogràfica* 64(2): 195-217.
 - Radil, Steven, y Matthew Anderson. 2016. «Rethinking PGIS: Participatory or (Post)Political GIS?» *Progress in Human Geography*: 1-19.
 - Rodríguez, María Luisa Morea, y Juan Carlos Huerta Rodríguez. 2000. «SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA». : 47.

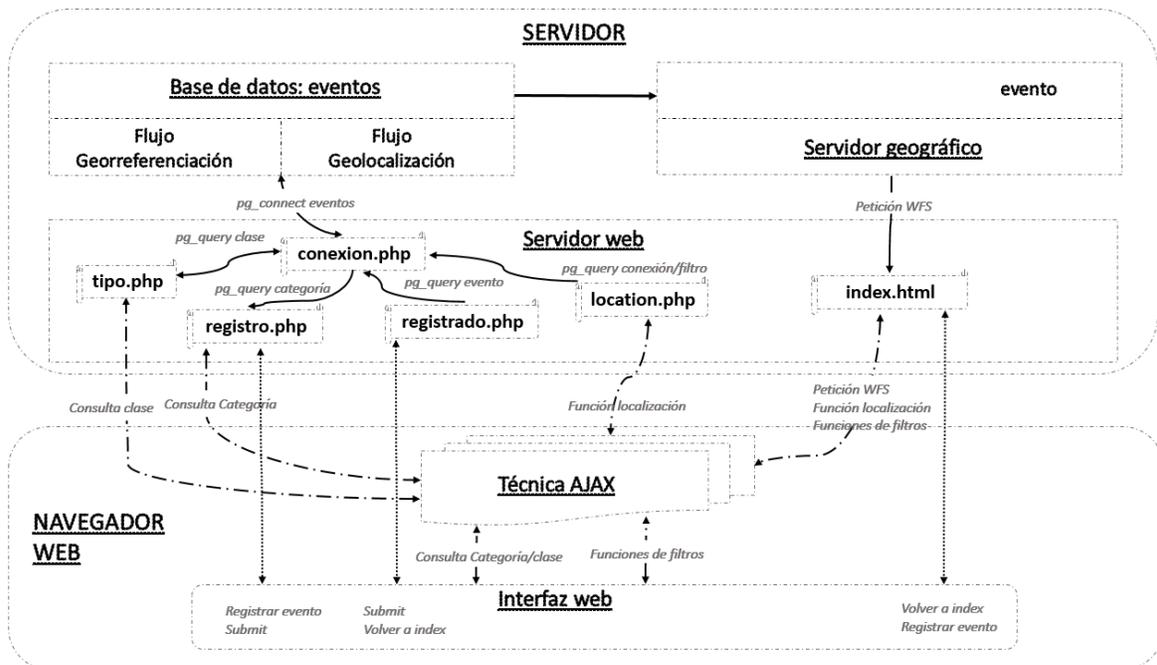
-
- Sandoval, Hector. 2019. «Propuesta de visor cartográfico para redes e infraestructuras de transporte: valoración del cálculo de trayectorias y equipamientos de transporte para la ciudad de Zaragoza a usuarios. Adaptación del visor a usuarios con diversidad funcional visual ». Universidad de Zaragoza. <https://zaguan.unizar.es/record/84782?ln=en>.
 - Sastre-Merino, Susana, Gabriel Dorado-Martín, y Ignacio de los Ríos-Carmenado. 2010. «LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA PARTICIPATIVOS COMO HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO RURAL SOSTENIBLE: ANÁLISIS CONCEPTUAL Y REVISIÓN DE EXPERIENCIAS».
 - Sheppard, Eric. 1995. «GIS and Society: Towards a Research Agenda». *Cartography and Geographic Information Science - CARTOGR GEOGR INF SCI* 22: 5-16.
 - Steinmann, Renate, Alenka Krek, y Thomas Blaschke. 2005. «Can Online Map-Based Applications Improve Citizen Participation?» En *E-Government: Towards Electronic Democracy*, Lecture Notes in Computer Science, eds. Michael Böhlen, Johann Gamper, Wolfgang Polasek, y Maria A. Wimmer. Berlin, Heidelberg: Springer, 25-35.
 - Sui, Daniel Z., y Michael F. Goodchild. 2001. «GIS as media?» *International Journal of Geographical Information Science* 15(5): 387-90.
 - UE. 2020. *Open Source Software Strategy 2020-2023*. . COMMUNICATION TO THE COMMISSION. https://ec.europa.eu/info/departments/informatics/open-source-software-strategy_en.
 - Verplanke, Jeroen et al. 2016. «A Shared Perspective for PGIS and VGI». *The Cartographic Journal* 53(4): 308-17.
 - Wilson, Matthew W. 2012. «Location-Based Services, Conspicuous Mobility, and the Location-Aware Future». *Geoforum* 43(6): 1266-75.
 - Winter, Stephan et al. 2016. «Technological and Societal Influences on GIScience». En , 35-44.
 - Zarazaga, Javier, y M^a Jesús Fernández Ruíz,. 2017. *IDEZar: La Infraestructura de Datos Abiertos Espaciales del Ayuntamiento de Zaragoza (2004 -)*. Prensas propias de la Universidad de Zaragoza.

Anexo I

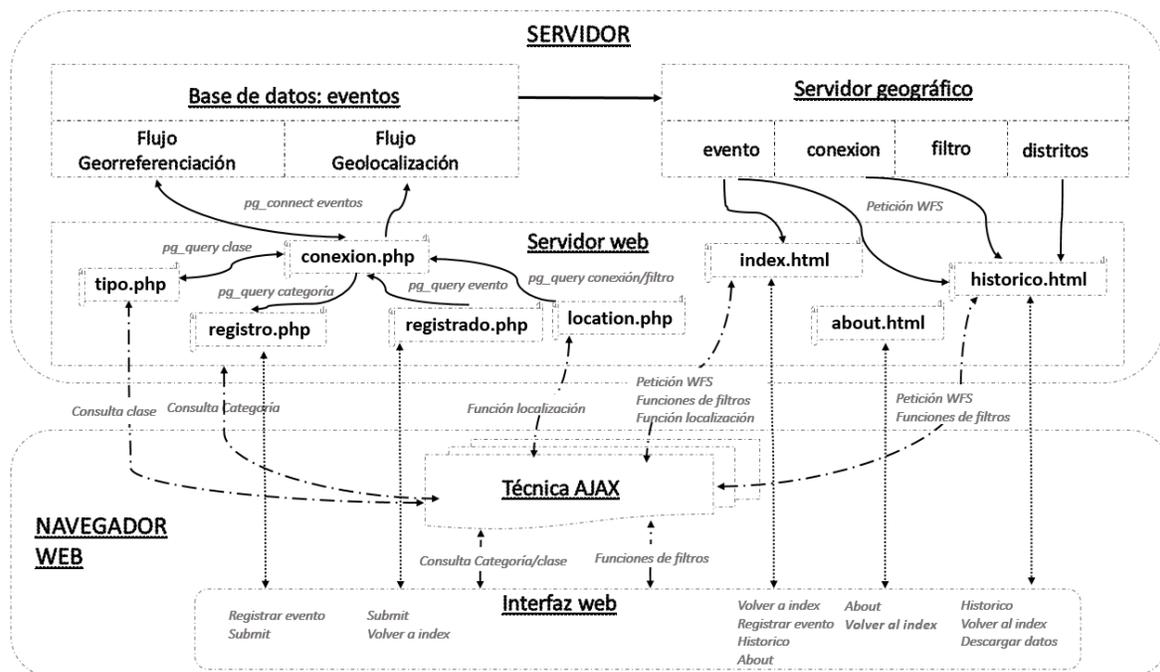
Relación de las aplicaciones, los archivos y las funciones que intervienen en la función de usuario insumidor:



Ampliación con los archivos, funciones y peticiones que intervienen en la función de usuario consumidor:



Por último, aquellos que se aparece con la función del exsumidor que puedas extraer información de los análisis propuestos o bien descargar los datos:



Anexo II

Aquí las imágenes de lo que puede pasar si el certificado *HTTPS* no está corriendo y hay que añadir excepción en el navegador web.

