



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



TFG del Grado en Ingeniería
Informática
Generador automático de
Metrominuto



~~Presentado por Guillermo Paredes Muga
en Universidad de Burgos — 24 de junio
de 2020~~

~~Tutor: Álgvar Arnaiz González y César Ignacio
García Osorio~~



UNIVERSIDAD DE BURGOS
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
Grado en Ingeniería Informática



~~Dr. Álgvar Arnaiz González y Dr. César Ignacio García Osorio~~, profesores del departamento de Ingeniería Informática, Área de Lenguajes y Sistemas Informáticos.

~~Expone:~~

Que el alumno D. Guillermo Paredes Muga, con DNI 13174210-V, ha realizado el Trabajo final de Grado en Ingeniería Informática titulado Metrominuto.

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

En Burgos, 24 de junio de 2020

Vº. Bº. del Tutor:

Vº. Bº. del co-tutor:

~~D.~~ Álgvar Arnaiz González

~~D.~~ César Ignacio García Osorio

Resumen

En este primer apartado se hace una **breve** presentación del tema que se aborda en el proyecto.

Descriptores

Palabras separadas por comas que identifiquen el contenido del proyecto Ej: servidor web, buscador de vuelos, android ...

Abstract

A **brief** presentation of the topic addressed in the project.

Keywords

keywords separated by commas.

Índice general

Índice general	III
Índice de figuras	V
Índice de tablas	VI
Introducción	1
Objetivos del proyecto	3
Conceptos teóricos	5
3.1. Mapa de tránsito	5
3.2. Metrominuto	7
3.3. Teoría de grafos	10
3.4. Scalable Vector Graphics (SVG)	10
Técnicas y herramientas	13
4.1. Técnicas	13
4.2. Herramientas	14
4.3. Bibliotecas	21
4.4. Despliegue	23
Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto	25
Trabajos relacionados	31
Conclusiones y Líneas de trabajo futuras	35

Bibliografía

37

Índice de figuras

3.1. Mapa del metro de Londres de 1928.	6
3.2. Mapa del metro de Londres de 1933.	7
3.3. Metrominuto de Pontevedra	8
4.4. Lucidchart.	15
4.5. Logo Metrominuto.	16
4.6. Planes de Firebase.	18
4.7. Inicio de sesión.	19
4.8. Control de usuarios.	20
5.9. Puntos en el mapa.	27
5.10. Tiempo entre los puntos.	28
6.11. Metrominuto de Poznan	32
6.12. Pasominuto.	33
6.13. Metroplaya.	34

Índice de tablas

Introducción

- Movilidad Urbana.



Hoy en día la movilidad en los centros urbanos es mayoritariamente motorizada y ocupa al rededor del 70% del espacio público.

- Metrominutos, lo que son y dónde se aplican

Ante este problema de infravaloración de los desplazamientos a pie surge la idea de Metrominuto [10], que consiste en un mapa sinóptico que une diferentes puntos de la ciudad en función de la distancia existente entre cada uno de ellos. Su propósito es animar a los ciudadanos a moverse por la ciudad, lo cual supone beneficios en muchos aspectos: tanto de salud, como de contaminaciones.



Actualmente ya existen ciudades con Metrominutos como Pontevedra (pionera en esta idea), Sevilla, Madrid o León, pero este proyecto lo que trata es de automatizar este proceso de creación de mapas de manera que es el propio usuario quien selecciona los puntos que van a aparecer en él.

- Lo que va a hacer el proyecto: ayudar a hacer metrominutos automáticos

El propósito de este proyecto es la creación automática de estos metrominutos explicados anteriormente. De este modo, cada usuario podrá tener a su disposición su propio Metrominuto personalizado, eliminando puntos que para dicho usuario no sean de interés y añadiendo los que si lo son.

Objetivos del proyecto

A continuación, se detallan los diferentes objetivos que han motivado la realización del proyecto.

Objetivos principales

- Desarrollar una aplicación web en la que los diferentes usuarios puedan seleccionar diversos puntos en un mapa (ciudad) con el fin de visualizar al mismo tiempo las opciones existentes para llegar a los distintos puntos seleccionados.
- Creación automatizada de *metrominutos*.
- Generar un grafo de nodos a partir de los puntos seleccionados en el mapa.
- Visualizar los puntos seleccionados: información acerca de la ubicación, marcador en el mapa.
- Permitir al usuario añadir y eliminar líneas (conexiones) entre puntos.
- Permitir al usuario interactuar con el mapa.



Objetivos técnicos

- Desarrollar una aplicación cliente-servidor en Python utilizando Flask.
- Hacer uso del API de Google para obtener la localización de puntos de interés sobre sus mapas y para obtener datos sobre las distancias entre ellos.

- Hacer uso de Git como sistema de control de versiones del proyecto.
- Aplicar la teoría de grafos.

Objetivos a nivel personal

- Realizar una aportación al turismo derivada de una necesidad personal.
- Poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el Grado para el correcto desarrollo de este trabajo.

Conceptos teóricos

Aquí se explican los conceptos teóricos en los que se basa el proyecto. Aborda diferentes aspectos sobre la teoría de grafos y cómo dibujarlos.

3.1. Mapa de tránsito

Un mapa de tránsito consiste en un mapa topológico y esquemático utilizado para mostrar trayectos y estaciones en el ámbito urbano, como puede ser el metro o el autobús. Los elementos principales de este tipo de mapas son:

- Líneas de diferentes colores y grosores que indican las distintas líneas del medio de transporte en cuestión.
- Iconos o puntos que indican las paradas o estaciones del medio en el que se vaya a viajar.
- Diferentes iconología para señalar características significativas.

Como aplicación para este proyecto, las estaciones o paradas del mapa corresponderán con los puntos seleccionados por el usuario sobre el mapa, y las líneas serán las distancias correspondientes entre dichos puntos.

Harry Beck

Harry Beck fue un ingeniero electrónico del metro de Londres que trabajaba diseñando diagramas del circuito eléctrico, y que comenzó a diseñar un nuevo mapa de las líneas y estaciones de metro de su ciudad. El objetivo

de la solución estaba claro: tenía que ser sencillo de leer para el público y que este pudiese reconocer claramente las distintas estaciones, salidas y traslados. Realizó varias versiones antes de llegar a la que conocemos hoy en día, como por ejemplo las que podemos observar en las imágenes 3.1 y 3.1.

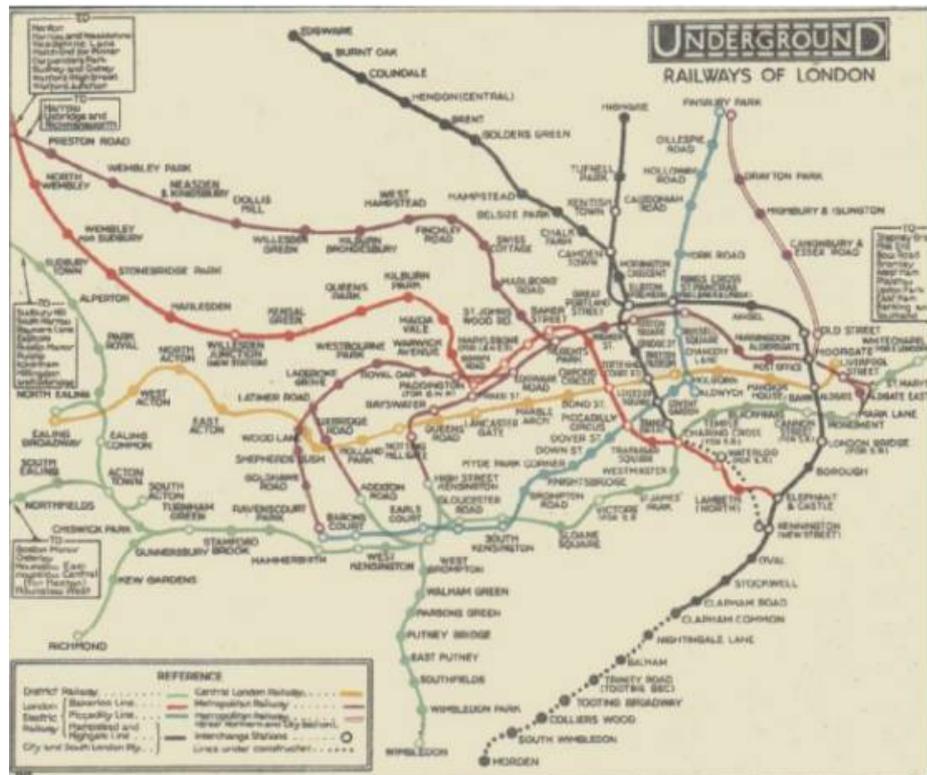


Figura 3.1: Mapa del metro de Londres de 1928.



Figura 3.2: Mapa del metro de Londres de 1933.

3.2. Metrominuto

El concepto de Metrominuto surgió como resultado de diversas ideas sobre movilidad en la ciudad de Pontevedra. Este concepto hace referencia a un mapa sináptico, como si de un mapa de metro se tratase, que representa las distancias y los tiempos existentes entre los diferentes puntos de una ciudad. //Algún gráfico sobre movilidad urbana, medios de transporte....?



Figura 3.3: Metrominuto de Pontevedra

Metrominuto no solo ofrece información de cara a la gente que quiere visitar la ciudad, **si no** que también fomenta caminar como medio de transporte en una ciudad, donde de una manera sencilla y curiosa nos muestra **cómo** llegar de un sitio a otro. Caminar, como ya sabemos, es la mejor solución para evitar el gran flujo de automóviles en el área urbana, y lo que ello conlleva: una constante emisión de elementos contaminantes.

En los orígenes de este sistema de movilidad se encuentra el estudio, por medio de la técnica DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas, Oportunidades):

Debilidades: Como el estado cambiante del tiempo, diferente ritmo al caminar dependiendo de las personas, y la comodidad de coger el coche para moverse.

Amenazas: Prejuicios de la población.

Fortalezas: Cuidado del medio ambiente, mayor salud y al reducir los desplazamientos en automóvil se produce como resultado una mayor seguridad en los pocos que haya.

Oportunidades: Mejorar la ciudad, bienestar.

Estos planos no solo nos incitan a caminar, ~~si no~~ que también incluyen información útil acerca de líneas de autobús, estaciones de ferrocarril o de metro.

Proceso de elaboración

Los pasos a seguir para crear un *Metrominuto* de forma manual son los siguientes:

- Paso 1: Consiste en la selección, dentro de una ciudad, de los puntos que se quieren representar en el mapa. Estos puntos pueden elegirse en función de su importancia, interés turístico o de los ciudadanos.
- Paso 2: Decidir qué ruta peatonal es la ~~mas~~ adecuada para unirlos.
- Paso 3: Considerar cómo se va a dibujar el mapa. Puede ser más o menos preciso respecto a la realidad cartográfica.
- Paso 4: Situar un punto central que sirva como punto de origen y de orientación para todos los usuarios.
- Paso 5: Realizar por medio de herramientas de mapas, como Google Maps en nuestro caso o los mapas de Bing, el cálculo de las distancias entre los diferentes puntos.
- Paso 6: Establecer una relación entre las distancias con el tiempo medio que lleva recorrerlas. Tenemos que tener en cuenta que toda la población no camina al mismo ritmo.
- Paso 7: Una vez establecidas las diferentes rutas, hacer un estudio sobre ellas para corregir errores que puedan surgir, así como la variación en el tiempo si el terreno no es uniforme o si las condiciones de tráfico y semáforos varía.
- Paso 8: Reflejar accidentes naturales o elementos de la ciudad como parques, costa, ríos. . . A través de elementos muy sencillos y con un código de colores al que estamos acostumbrados.
- Paso 9: Reflejar aspectos de la movilidad intermodal, es decir ~~elementos~~ como estaciones de metro, autobús, tren, etc.

- Paso 10: Advertir de los espacios con condiciones adversas para personas con problemas de movilidad.
- Paso 11: Simplicidad, claridad y facilidad de lectura a la hora de dibujar el mapa.
- Paso 12: No sólo mostrar conexiones con el punto central establecido como referencia, sino que también debe aparecer información sobre la interconexión entre los diferentes puntos.

El objetivo de este proyecto es automatizar este proceso recogido en el documento publicado por el Concello de Pontevedra [10], ya que actualmente los Metrominutos existentes se realizan de esta forma. Con el proceso automatizado sería el mismo usuario quien realice su propio Metrominuto con los puntos de interés personalizados que él decida. Evitando que aparezcan puntos o información que no le resulta interesante.

3.3. Teoría de grafos

Es aquella rama de las matemáticas que, junto con la ciencia de computación se encarga de estudiar las propiedades de los grafos. Primeramente debemos saber que un grafo $G=(V,E)$ es un conjunto de vértices o nodos unidos por enlaces llamados arcos. Existen varios tipos de grafos, pero en ese proyecto se han usado grafos no dirigidos para realizar las distintas operaciones con los nodos, es decir, los nodos corresponden con los puntos o lugares que selecciona el usuario y los arcos hacen referencia a la distancia existente entre ellos [20].

Uso de grafos

En este proyecto el resultado final es un mapa sinóptico formado por puntos o lugares (nodos) y el «camino» o distancia entre ellos (arcos), y para su generación es necesario realizar una serie de operaciones. //explicar proceso de elaboración o explicarlo en aspectos relevantes?

3.4. Scalable Vector Graphics (SVG)

SVG o gráficos vectoriales escalables, es un término que hace referencia a un formato de gráficos vectoriales bidimensionales bien sean estáticos o dinámicos en formato XML [18]. Permite tres tipos de elementos:

1. Elementos geométricos vectoriales, como líneas, rectas o círculos.
2. Imágenes de mapa de bits/digitales.
3. Texto.

Las ventajas que presenta SVG son que a estos elementos se les pueden aplicar diferentes estilos, agrupar o transformar bien sea antes de la compilación o dinámicamente.



Técnicas y herramientas

4.1. Técnicas

En esta sección se explicarán las distintas herramientas utilizadas a lo largo del proyecto.



Scrum

Scrum es una metodología de desarrollo ágil la cual proporciona un marco de trabajo y desarrollo de productos. No es un solo proceso, ~~si no~~ que en esta metodología se aplican un conjunto de buenas prácticas y procesos para que el producto final sea de la mejor calidad posible. El principal elemento del Scrum consiste en los llamados Sprints, que son ciclos de trabajo de una semana de duración. Este periodo sirve para producir un desarrollo o mejora del producto final. Estos sprints están marcados por dos reuniones:

- Planificación: en ella se presentan los requisitos o avances que tiene que cumplir el proyecto, a la vez que se estiman los tiempos y se realiza la planificación.
- Reunión de revisión: entrega de los requisitos acordados en la reunión de planificación y el equipo analiza el sprint.

El uso de esta metodología, junto con las diversas reuniones que se realizan, permite que el producto final sea de mejor calidad ya que en todo momento se conoce el feedback del cliente y se pueden realizar distintos cambios incrementales a medida que avanza el proyecto. Es una metodología pensada para el trabajo en equipo, por lo que en este proyecto se han mantenido

las bases pero se ha adaptado la forma de trabajar, de manera que las reuniones han sido entre los tutores y el alumno y la fecha de la reunión de planificación del Sprint coincide con la fecha de revisión del sprint anterior.

4.2. Herramientas

Estándar Python Enhancement Proposal 8 – PEP8

En este proyecto se ha seguido la guía de estilo *PEP8*, guía única que define cómo debería estar escrito el código *Python* y la forma de nombrar variables, funciones, clases o los comentarios del mismo.



Entorno de desarrollo Integrado (IDE)

Para el desarrollo del proyecto, se valoraron inicialmente dos editores:

- Visual Studio Code⁻¹.
- PyCharm⁻².

PyCharm es un IDE desarrollado por la empresa JetBrains para el lenguaje Python. Existen dos ediciones, *Community* y *Professional*. Gracias al programa For Students⁻³ de JetBrains se está usando la versión *Professional* en el proyecto, aunque la versión *Community* podría usarse también para el desarrollo del proyecto.:

Ofrece soporte para Flask de serie y soporte para desarrollo web mediante complementos, además de el control de estándares en el lenguaje (tanto código como comentarios), la repetición de fragmentos de código o sugerencias en el indexado del mismo.

GitHub

Para el control de versiones de este proyecto he utilizado GitHub, que es un repositorio en línea que emplea Git. De esta manera tenemos acceso en línea a los diferentes cambios de nuestro proyecto. Git maneja los distintos archivos del proyecto como un conjunto de copias instantáneas.

¹<https://code.visualstudio.com/>

²<https://www.jetbrains.com/pycharm/>

³<https://www.jetbrains.com/student/>

Lucidchart

*Lucidchart*⁴ es un espacio de trabajo visual diseñado para la elaboración de distintos tipos de diagramas y gráficos. En el caso de este proyecto, se ha usado para realizar los diagramas de casos de uso, clases, y secuencia, pero tiene una gran variedad de plantillas como vemos en la siguiente figura:

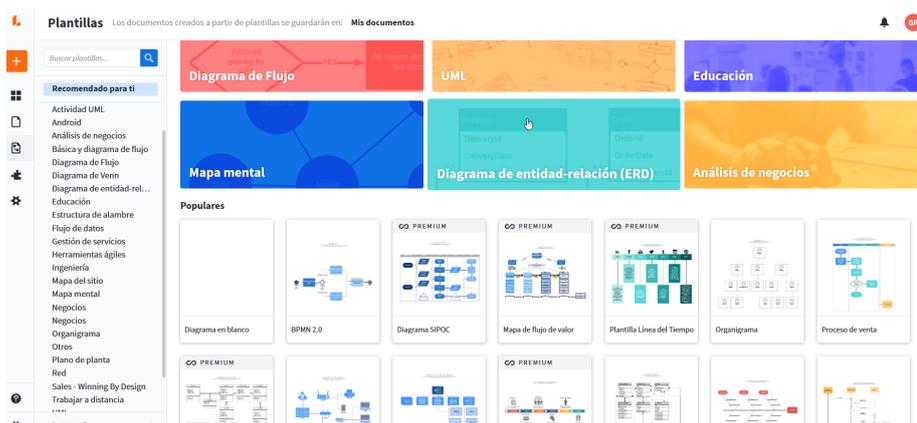


Figura 4.4: Lucidchart.

Además, permite iniciar sesión con nuestro usuario de la Universidad y exportar nuestro trabajo a distintos formatos: png, jpg, pdf ...

Adobe illustrator

*Adobe illustrator*⁵ como editor de gráficos, en este caso, para la creación del logo de la aplicación web.

⁴<https://www.lucidchart.com>

⁵<https://www.adobe.com/es/products/illustrator.html>

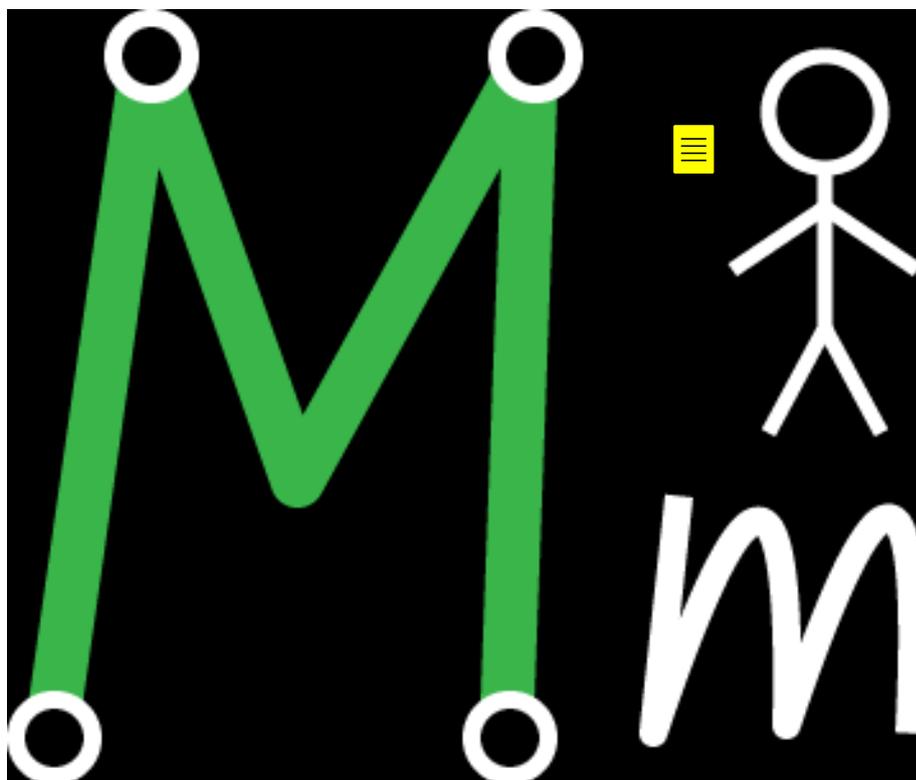


Figura 4.5: Logo Metrominuto.

TeXstudio

TeXstudio es un editor de código abierto para crear documentos \LaTeX . Posee numerosas características para su desarrollo. Además, para su correcto funcionamiento es necesario instalar MiKTeX.

Google API – Google Console

En este proyecto, para la selección de los distintos puntos a recorrer por parte del usuario he empleado los mapas de Google. Google proporciona una plataforma para los desarrolladores en la que se puede encontrar una gran cantidad de documentación⁶. Para poder integrar en la aplicación web tanto los mapas como las diferentes funcionalidades que ofrecen debemos adquirir lo que llama API Key⁷, la cual se trata de una clave «privada» para

⁶<https://cloud.google.com/maps-platform/>

⁷<https://developers-dot-devsite-v2-prod.appspot.com/maps/documentation/geocoding/get-api-key>

tener acceso a los servicios de su API. Para su obtención es necesario incluir tus datos bancarios, ya que durante el primer año el uso de los servicios es gratis y luego comienza a pagarse a partir de un determinado número de peticiones. Una vez obtenida la clave, puede restringirse su uso para ciertas direcciones o dominios, de modo que puedes mantener el control de quien la usa. Además, no vale con conseguir una clave y ya *esta, si no* que para usar los diferentes servicios que proporciona Google hay que activar diferentes APIs. Las APIs que se usan en este proyecto son:

- **Maps JavaScript API:** Se utiliza en el cliente, de manera que se muestra el mapa al cargar la página y permite realizar diferentes acciones en él; tales como buscar, seleccionar puntos o moverte a través de él. Algunas de estas acciones implican el uso de algunas de sus funcionalidades que proporcionan las APIs explicadas a continuación.
- **Geocoding API:** este API consta de dos elementos:
 - Geocodificación: Consiste en convertir direcciones en coordenadas.
 - Geocodificación inversa: Consiste en convertir coordenadas en una dirección legible.
- **Places API:** este servicio devuelve como resultado de la petición toda la información acerca de un lugar.
- **Distance Matrix API:** este API proporciona tanto la distancia como el tiempo de viaje que hay entre una lista de orígenes y una de destinos. En otras palabras, como resultado devuelve la distancia y tiempo que hay entre cada origen y cada destino.
- **Directions API:** como respuesta nos devuelve las indicaciones a seguir para llegar desde el punto de inicio hasta el punto de destino. Además, puede configurarse para diferentes modos de transporte, diferentes momentos de salida o llegada.

Firestore – Firestore Console

Firestore⁸ es una plataforma móvil creada por Google para el desarrollo de aplicaciones, disponible para IOS, Android y web. Su función principal es facilitar la creación de aplicaciones de elevada calidad de una más rápida,

⁸<https://firebase.google.com/>

permitiendo añadir una base de usuarios que mejore la rentabilidad económica, además de la posibilidad de añadir funciones de estadísticas, bases de datos o mensajería.

Además, cuenta con varios planes para adecuar el precio con las funcionalidades que queremos incluir. En este proyecto he incluido sólo el servicio de autenticación, que forma parte del *Plan Spark*⁹, el cual es gratuito e incluye, entre otros, los servicios que vemos en la figura 4.6.

Productos	Sin cargo Plan Spark Generous limits to get started	Pago por uso Plan Blaze Calcula los precios de las apps a gran escala. ✓ Se incluye el uso gratuito del plan Spark*
Pruebas A/B	Sin cargo	Sin cargo
Analytics	Sin cargo	Sin cargo
App Distribution	Sin cargo	Sin cargo
App Indexing	Sin cargo	Sin cargo
Authentication		
Autenticación telefónica: Canadá, EE.UU. y la India	10,000 por mes	USD 0.01 por verificación
Autenticación telefónica: Todos los demás países	10,000 por mes	USD 0.06 por verificación
Otros servicios de autenticación	✓	✓

Figura 4.6: Planes de Firebase.

FirestoreUI (User Interface) for Web – Firebase Auth

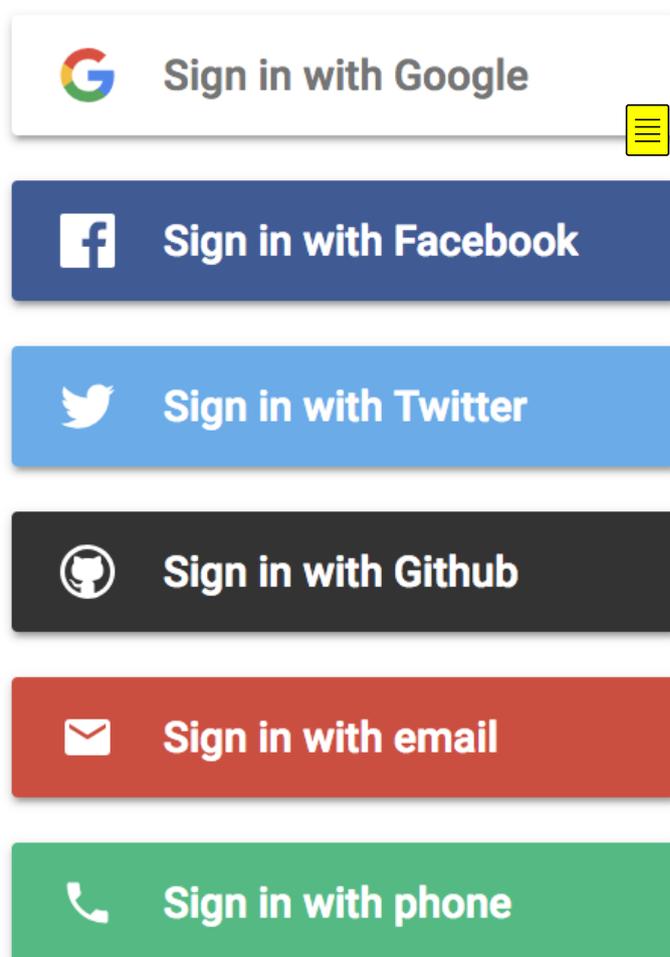
FirestoreUI, desarrollado sobre *Firestore Auth*¹⁰ es una librería de código abierto para la web que proporciona componentes simples y personalizables además de los *software development kit* o SDKs, que permiten la eliminación de código repetitivo.

Proporciona soluciones de autenticación integrada de manera que con unas pocas líneas de código podemos iniciar sesión con direcciones de correo electrónico y contraseñas, números de teléfono o proveedores como Google, Facebook, GitHub, Twitter, Apple, Microsoft, Yahoo . . . Además, también nos proporciona la posibilidad de registrarse en nuestra aplicación o casos

⁹<https://firebase.google.com/pricing>

¹⁰<https://firebase.google.com/docs/auth>

de recuperación de contraseñas. en la figura 4.7 podemos apreciar cuál sería el resultado de incluirlo en nuestra aplicación.



By continuing, you are indicating that you accept our [Terms of Service](#) and [Privacy Policy](#).

Figura 4.7: Inicio de sesión.

Como mencionaba arriba, estas funcionalidades que conllevan muy pocas líneas, dotan a nuestra aplicación de seguridad y nos permite tener un control absoluto sobre que usuarios acceden a ella 4.8.

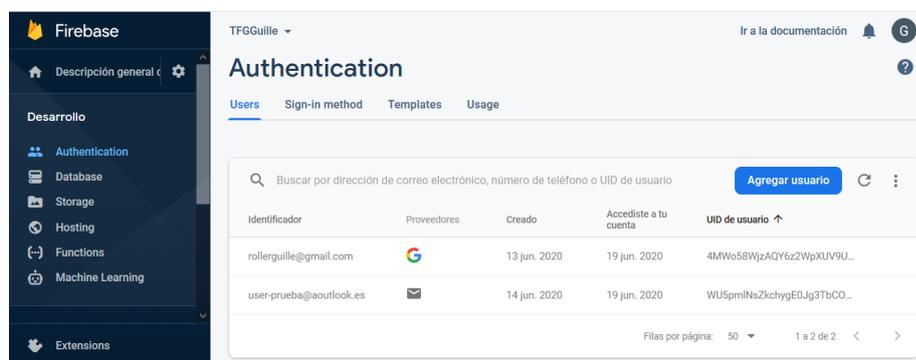


Figura 4.8: Control de usuarios.

Frameworks

El término *framework* [19] significa entorno o marco de trabajo, y consiste en una estructura conceptual y tecnológica que puede servir de base para el desarrollo software. Incluye programas, bibliotecas y lenguajes interpretados.

En este proyecto se han usado para el desarrollo del mismo los frameworks [Flask](#), [Jinja2](#) y [Vue.js](#).

Flask

Flask ¹¹ es un *framework* de Python que nos permite crear aplicaciones cliente-servidor de una manera mas sencilla, y que no impone ninguna limitación respecto a estructura del proyecto ni a los componentes que usar durante el desarrollo [11], aunque ~~ca~~ve destacar que en este proyecto se ha seguido la estructura planteada por *Azure* para poder realizar el despliegue.

Jinja2

Para que *Flask* pueda hacer uso de los contenidos *HTML* requiere de la utilización de este motor de plantillas, *Jinja2* ¹², que consiste en un lenguaje de que permite insertar datos procesados y texto predeterminado en una página *HTML* mediante las etiquetas `{{variable}}` ó `{% expresión %}`.

¹¹<https://flask.palletsprojects.com/en/1.1.x/>

¹²<https://jinja.palletsprojects.com/en/2.11.x/>

Vue.js

Vue ¹³ es un framework progresivo utilizado para construir interfaces de usuario. Está enfocado únicamente a la capa de visualización, por lo que resulta sencillo integrarlo con otras librerías o incluso en proyectos ya existentes, como es este caso. Vue ofrece la posibilidad de instalar el cliente mediante *Node.js* ¹⁴, aunque también permite integrarlo directamente en la capa de visualización incluyendo en los templates del proyecto el [cdn](#):

Vue.js cdn 4.1: Versión de desarrollo.

```
<script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/vue/dist/vue.js"
</script>
```

o con

Vue.js cdn 4.2: Versión de producción.

```
<script
src="https://cdn.jsdelivr.net/npm/vue"
</script>
```

La versión de desarrollo ofrece distintas alertas o advertencias que permiten realizar diferentes trazas a la hora de localizar posibles errores, mientras que la versión de producción está optimizada en cuanto a tamaño y velocidad. Para poder utilizar *Vue* en nuestros templates, además de incluir el [cdn](#) debemos crear un componente ¹⁵, al que le añadiremos una variable. Esto se debe a que realmente la estructura y el nombre de los elementos de Vue es algo diferente a los que ya conocemos de *HTML5*. También es importante tener en cuenta que Vue utiliza los mismos delimitadores que *Flask*: `{{variable}}`. Es por esto por lo que a nuestro componente o variable debemos añadir la línea `delimiters: ['[', ']']` para cambiarlos.

4.3. Bibliotecas

JQuery

jQuery [3] es una biblioteca JavaScript que hace que la manipulación de documentos HTML, el manejo de eventos y las peticiones Ajax sean más

¹³<https://vuejs.org/>

¹⁴<https://es.vuejs.org/v2/guide/installation.html>

¹⁵<https://vuejs.org/v2/guide/components.html>

sencillas de usar y manipular. Además, una de sus ventajas principales es que funciona en prácticamente todos los navegadores web.

NetworkX

NetworkX es la biblioteca por excelencia de Python para trabajar con grafos y redes. Permite crear, manipular y estudiar su estructura.

Características:

- Estructuras de datos para grafos simples, grafos dirigidos y multigrafos.
- Contiene la gran parte de algoritmos utilizados para el estudio y modificación de grafos.
- Los nodos pueden ser «cualquier cosa» como por ejemplo texto, imágenes o números.
- Los arcos pueden tener diferentes atributos o datos, como el peso, distancia...
- Es de código abierto.

Tube Map - D3

Esta biblioteca permite dibujar mapas muy similares a los mapas que hoy podemos ver en el metro, con sus estaciones, paradas e intersecciones [1]. Se intentó implementar en el proyecto durante dos Sprints, pero se llegó a la conclusión que no se podía generar la estructura necesaria en el archivo JSON para el dibujado del mapa. Esta estructura debía contener coordenadas con números enteros y estar ordenadas de tal forma que se indicasen las esquinas y cruces que debía haber entre las diferentes líneas, o en este caso, recorridos.

SVGWRITE

SVGWRITE [5], como su propio nombre sugiere, sirve para la creación y dibujado de gráficos vectoriales escalables. Su principal inconveniente es que no permite leer o modificar un archivo ya existente, es decir, sólo permite su creación desde cero. 

Snap.svg

Snap.svg [4] es una biblioteca JavaScript que permite crear gráficos vectoriales interactivos y fácilmente manipulables en el lado del cliente. Su uso es similar al uso de jQuery.



L^AT_EX

Como herramienta para realizar la documentación se ha escogido L^AT_EX [17], lenguaje orientado a la creación de documentos que presenten una alta calidad tipográfica.

MiK_TTeX

MiK_TTeX es una distribución libre de L^AT_EX que incluye tipografías compiladores y herramientas para generar bibliografías e índices.

4.4. Despliegue

La idea de plantear el proyecto como una aplicación web sugiere que ésta tiene que ser fácilmente accesible por lo usuarios, cosa que no es cierta si para poder usarla tienen que descargarse el código, configurar el proyecto y ejecutarlo en su propio dispositivo. Por esta razón, valoré desplegar la aplicación en Azure¹⁶.

Elegí esta plataforma por que con el correo de la Universidad podemos tener acceso a un plan de estudiantes, llamado *Azure for Students*¹⁷, que permite, además de acceso a diversos tutoriales sobre computación en la nube, desplegar nuestra aplicación de manera gratuita, aunque por supuesto también tiene varios planes de pago.

Link de la aplicación: <http://tfgmetrominuto.azurewebsites.net/>.

¹⁶<https://azure.microsoft.com>

¹⁷<https://azure.microsoft.com/es-es/free/students/>

Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto

En este apartado se van a recoger y explicar los aspectos más importantes del desarrollo del proyecto. Desde las implicaciones de las decisiones que se tomaron, hasta los numerosos y variados problemas a los que hubo que enfrentarse.

Elección del proyecto

El año pasado fui uno de los privilegiados de poder disfrutar de una beca Erasmus, en concreto con destino en la ciudad polaca de Gliwice [21]. Esto me llevó a conocer nuevas culturas pero también a conocer nuevas ciudades, y en la mayoría de ocasiones el tiempo del que disponíamos para recorrerlas era muy breve. Por ello, al ver las posibilidades que ofrecía el resultado final de este TFG me llamó la atención, ya que es una aplicación que de haberla tenido nos habría ahorrado muchos desplazamientos quizá inútiles al recorrer estas ciudades sin una ruta fija.

Formación

Para poder realizar el proyecto se necesitaban unos conocimientos no adquiridos sobre desarrollo web, tanto de la parte de servidor en Flask como la parte del cliente en HTML, CSS y JavaScript. Además de para aprendizaje, los recursos se han usado también como material de consulta durante el desarrollo.

Para la parte del servidor se siguieron los libros y tutoriales:

- Flask Web Development [11].
- The Flask Mega-Tutorial (2017) [12].
- Deploy Python apps to Azure App Service on Linux from Visual Studio Code [14].
- Flask Tutorial in Visual Studio Code [15].

A medida que se añadían nuevas herramientas al proyecto, su documentación oficial también ha sido consultada en varias ocasiones, están disponibles en:

- W3Schools Tutorials [6].
- Documentación de Flask [2].
- Documentación de Bootstrap [8].
- Documentación de NetworkX [13].
- Tutorial FirebaseUI <https://github.com/firebase/FirebaseUi-Web#installation>.



Dibujado de grafos

El principal objetivo de este proyecto se basa en obtener un grafo final de manera que éste sea fácilmente entendible por todos. Es por ello que a la hora de dibujar dicho grafo se plantean cuestiones y problemas como:

- Dónde colocar los textos y a qué distancia de la línea.
- Cómo orientar esos textos.
- Evitar la superposición de los textos, tanto los referentes al punto como los referentes a la información del trayecto, con las líneas o puntos.
- Evitar la superposición de unos textos con otros.
- Tener en cuenta los colores a la hora de agrupar elementos.
- Mantener la posición de los puntos lo más similar posible a los marcados en el mapa.

- Reposicionar los puntos que vertical u horizontalmente sean casi similares para evitar líneas diagonales.

Estos problemas han resultado de gran complejidad en el desarrollo final del proyecto, ya que como mencionaba antes, es el resultado final de todo el proyecto.

Un aspecto clave a tener en cuenta en el resultado final de la aplicación es que, a pesar de que la unión entre dos puntos es una línea recta, el recorrido entre ambos puntos en la realidad no tiene por que ser recto. Dos puntos que parecen estar cerca el uno del otro pueden tener una distancia mayor que dos puntos que parecen más alejados. Para entender mejor esto fijémonos en la imagen 5.9. Vemos que los puntos relativos a el *Arco de San Martín* y *Mirador del Castillo* están más cerca el uno del otro mientras que el punto relativo a *La Estación* se encuentra más alejado de ellos.



Figura 5.9: Puntos en el mapa.

Sin embargo, si nos fijamos en el mapa anterior podemos ver que para llegar de el *Arco de San Martín* a el *Mirador del Castillo* tenemos que dar un rodeo más largo de lo que parece, y puede ser el caso de que los puntos no se encuentren al mismo nivel (en términos de tiempo no es lo mismo hacer un

kilómetro subiendo que un kilómetro bajando). Esto hace que, como vemos en la imagen 5.10, el tiempo que tardamos entre estos dos puntos y el que tardamos desde el primero a *La Estación*, que visualmente parece estar más lejos, sea el mismo.



Figura 5.10: Tiempo entre los puntos.

Decoradores de Flask

Los decoradores son funciones que envuelven y reemplaza a otra función, y al hacerlo, deben copiar la información de la función original a la nueva.

En Flask, cada vista o ruta es una función de Python, lo que significa que mediante decoradores podemos añadir funcionalidades adicionales. El más utilizado es `@route()`, que sirve para especificar la ruta y qué tipo de peticiones admite.

En el desarrollo del proyecto se incluyó un decorador para comprobar, antes de acceder a cada vista, si el usuario había iniciado sesión o no, y en el caso de que no, redirigir a dicho usuario a la página de inicio. 

Trabajos relacionados



Como se menciona anteriormente en este proyecto, la inicial de Metro-minuto proviene de una idea en Pontevedra que tenía como finalidad el fomento de el «arte de caminar» [9].

Artículos relacionados



Al menos 57 ciudades han copiado el Metrominuto pontevedrés [7]

Este artículo explica que no sólo ciudades españolas han replicado la idea del Concello de Pontevedra, sino que dicha idea se ha extendido a ciudades europeas como Florencia y Cagliari en Italia o Poznan en Polonia, como podemos ver en la figura 6.11.

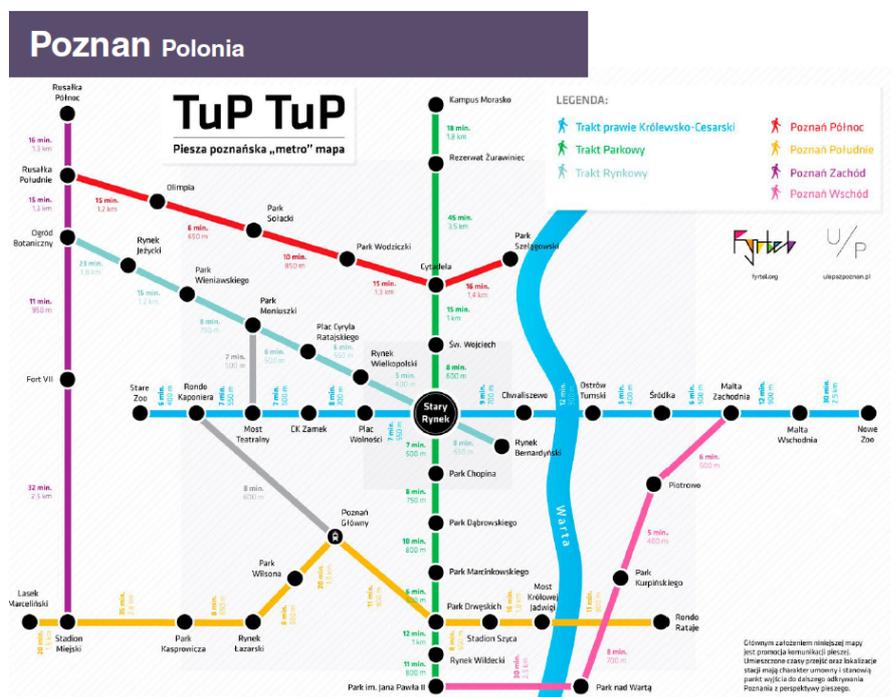


Figura 6.11: Metrominuto de Poznan

FIXME: tiro por artículos?

Aplicaciones similares

Pasominuto: <https://pontevedraviva.com/web/uploads/archivos/pasominuto.pdf>

Conforme iba pasando el tiempo, muchas ciudades copiaron el modelo de Metrominuto que tenía Pontevedra, pero no solo aplicándolo al ámbito urbano, sino que también trasladándolo a otros. Es por esto que de la idea original surgen una serie de aplicaciones o herramientas similares que veremos a continuación.

Pasominuto

Esta alternativa a Metrominuto consiste en una guía de recorridos para pasear por «los espacios más agradables» de la ciudad, teniendo en cuenta sus distancias, pasos y tiempos. El artículo [16] menciona hasta un total de 29 recorridos diferentes.



Figura 6.12: Pasominuto.

Metropalyas

Aplicación considera como «hijo de metrominuto» y que situa a Pontevedra en el punto equidistante de las mejores playas de las *Rías Baixas*.

Os itinerarios en km, pasos, minutos e calorías

Datos elaborados para unha persoa de estatura media (1,65 m, 65 kg) e en boas condicións físicas.
Base do cálculo: Aproximadamente, 90 pasos por minuto; 1,5 pasos por metro e 160 calorías por hora.

Lembra pedir consello ao teu médico ou terapeuta

1. **Circular centro histórico** Peregrina, Cidán Rufignac, Padre Almeida, Serra, G. Escudero, Arcebispo Malvar, Concello, Michelena
1,6 km - 2.530 pasos - 28 minutos - 76 calorías
2. **Prazas centro histórico** Peregrina, Ferraría, Leña, Pedreira, Méndez Núñez, Verdura, Curros Enríquez, Teucro, Cinco Rúas, G. de la Riega, Sta. Marta, Concello, Peregrina
2,2 km - 3.410 pasos - 38 minutos - 103 calorías
3. **Circular Alameda** R. Alameda, Raiña Vitoria, Cervantes, Rúa de Covoello
840 m - 1.260 pasos - 14 min - 38 calorías
4. **Montero Ríos** Gran Vía, Montero Ríos
283 m - 425 pasos - 4 min - 11 calorías
5. **Pte. Santiago-Corvaceiras** Av. Bos Aires, Av. Uruguai, Av. Corvaceiras
Ida 1,6 km, 2.460 pasos, 27 min - 73 calorías
Ida e volta 3,2 km, 4.920 pasos, 1 h - 163 calorías
6. **Corv**
Ida 1,1
Ida e volt
- 5+6 **Pte.**
Ida 2,7 k
Ida e volt
7. **Campo**
Ida. A 0 3 km
12. **Pasarela - Bombee**
Ida 1,7 km - 2.015 pasos - 29 min - 79 calorías
Ida e volta 3,4 km - 5.230 pasos - 1 h - 163 calorías
- 11+12 **Illa - Bombee**
Ida 3,6 km, 5.465 pasos, 1 h - 163 calorías
Ida e volta 5,3 km - 8.080 pasos - 1 h 30 min - 244 calorías
13. **Circular Tirantes - Pasarela** Entre as dúas pontes
1,1 km - 1.650 pasos - 18 min - 49 calorías
- 14 **Tirantes - Praia fluvial** Av. Bos Aires
Ida 1,5 km - 2.310 pasos - 25 min - 68 calorías
Ida e volta 3 km - 4.620 pasos - 50 min - 135 calorías
- 15 **Praia fluvial - Estación bombee** Bos Aires, Senda Léziz
Ida 1,7 km - 2.560 pasos - 28 min - 76 calorías
Ida e volta 3,4 km - 5.120 pasos - 55 min - 149 calorías
- 14+15 **Tirantes**

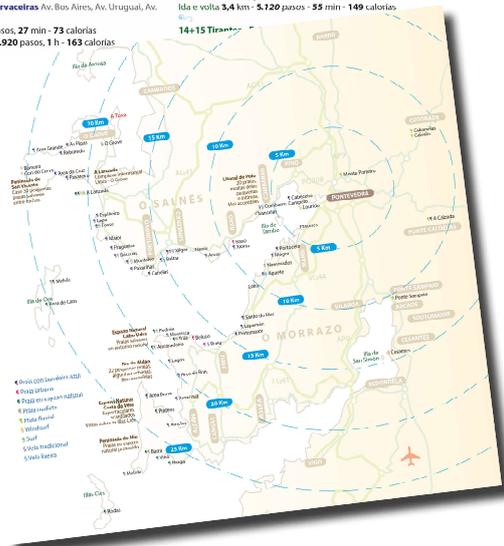


Figura 6.13: Metroplaya.

FIXME: he encontrado un facebook de metrominuto <https://www.facebook.com/metrominuto>, que no se si puedo hacer mención de algún modo.



Conclusiones y Líneas de trabajo futuras

En este apartado se exponen las conclusiones obtenidas tras finalizar el proyecto, además de explicar posibles líneas de mejora futuras para el mismo.

Conclusiones

Tras ocho meses de trabajando en el desarrollo, además de trabajar fuera de la Universidad, considero que he cumplido los objetivos del proyecto, y que la aplicación resultante de todo el trabajo puede llegar a ser realmente útil, no solo para fomentar los desplazamientos a pie en la propia ciudad, sino que también a la hora de viajar y conocer nuevas ciudades. 

Destacar la gran cantidad de conocimientos nuevos aprendidos, no solo en cuanto a programación, sino también en cuando a herramientas y capacidad de reunir información. He intentado usar funcionalidades y herramientas nuevas, como los frameworks y librerías explicados en el apartado Herramientas. Creo que el resultado final es funcional, útil, y como mencionaba, me ha permitido adquirir nuevos conocimientos. 

Por último, después de varios años en la universidad, ser capaz de desarrollar un proyecto desde su inicio y que el resultado final sea una aplicación entregable funcional es un gran logro, y personalmente, estoy muy contento de ello. 

Líneas de trabajo futuras

Como futuras evoluciones del proyecto, se plantean las siguientes ideas:

- Mejorar la seguridad de la aplicación.
- Mejorar la tolerancia a fallos.
-  ▪ Añadir una base de datos de tal forma que cada usuario pueda guardar y editar sus metrominutos.
- Mejorar la apariencia y maquetación de la aplicación.
- Añadir decoración al mapa sinópico como estaciones de transporte público, parques, ríos y costa.
- Añadir la localización, de tal modo que el usuario pueda identificar fácilmente en ~~que~~ punto del recorrido se encuentra.

Bibliografía



- [1] D3 tubemap documentation. <https://www.npmjs.com/package/d3-tube-map/v/1.2.0>.
- [2] Flask documentation. <http://flask.pocoo.org/docs/1.0/>.
- [3] Jquery documentation. <https://api.jquery.com/>.
- [4] Snap.svg documentation.
- [5] Svgwrite documentation. <https://svgwrite.readthedocs.io/en/latest/overview.html>.
- [6] W3Schools. <https://www.w3schools.com/>.
- [7] Serafín Alonso. Al menos 57 ciudades han copiado el metrominuto pontevedrés. *Diario de Pontevedra*.
- [8] Bootstrap Contributors. Bootstrap documentation. <https://getbootstrap.com/docs/3.3/>.
- [9] Concello de Pontevedra. Metrominuto. <http://metrominuto.pontevedra.gal/es>.
- [10] Concello de Pontevedra. Haz tu propio Metrominuto. 2013.
- [11] Miguel Grinberg. *Flask Web Development: Developing Web Applications with Python*. O'Reilly Media, 2014.
- [12] Miguel Grinberg. The Flask Mega-Tutorial. <https://blog.miguelgrinberg.com/post/the-flask-mega-tutorial-part-i-hello-world>, 2017.

- [13] Aric A. Hagberg, Daniel A. Schult, and Pieter J. Swart. Exploring network structure, dynamics, and function using networkx. In Gaël Varoquaux, Travis Vaught, and Jarrod Millman, editors, *Proceedings of the 7th Python in Science Conference*, pages 11 – 15, Pasadena, CA USA, 2008.
- [14] Microsoft. Deploy Python apps to Azure App Service on Linux from Visual Studio Code. <https://docs.microsoft.com/en-us/azure/developer/python/tutorial-deploy-app-service-on-linux-01>.
- [15] Microsoft. Flask Tutorial in Visual Studio Code. <https://code.visualstudio.com/docs/python/tutorial-flask>.
- [16] Oskar Viéitez. El pasominuto y las 10.000 zancadas por pontevedra. *Pontevedraviva.com*.
- [17] Wikipedia. Latex — wikipedia, la enciclopedia libre, 2015. [Internet; descargado 30-septiembre-2015].
- [18] Wikipedia. Extensible markup language — wikipedia, la enciclopedia libre, 2020. [Internet; descargado 11-marzo-2020].
- [19] Wikipedia. Framework — wikipedia, la enciclopedia libre, 2020. [Internet; descargado 21-junio-2020].
- [20] Wikipedia. Teoría de grafos — wikipedia, la enciclopedia libre, 2020. [Internet; descargado 20-marzo-2020].
- [21] Wikipedia contributors. Gliwice — Wikipedia, the free encyclopedia, 2020. [Online; accessed 11-March-2020].