



Universidad
Rey Juan Carlos

INGENIERÍA DE ROBÓTICA SOFTWARE

Curso Académico 2021/2022

Trabajo Fin de Grado

UN TÍTULO DE PROYECTO LARGO
EN DOS LÍNEAS

Autor/a : Nuria Díaz Jérica

Tutor/a : Dr. Nombre del Profesor/a

Trabajo Fin de Grado/Máster

Entrenamiento y Aplicación de Modelos de Aprendizaje Automático en
Dispositivos con Capacidad de Cómputo Limitada
Título del Trabajo con Letras Capitales para Sustantivos y Adjetivos

Autor/a : Nuria Díaz Jérica

Tutor/a : Dr. Nombre del profesor/a

La defensa del presente Proyecto Fin de Grado/Máster se realizó el día 3 de
de 20XX, siendo calificada por el siguiente tribunal:

Presidente:

Secretario:

Vocal:

y habiendo obtenido la siguiente calificación:

Calificación:

Móstoles/Fuenlabrada, a de de 20XX

*Aquí normalmente
se inserta una dedicatoria corta*

Agradecimientos

Aquí vienen los agradecimientos...

Hay más espacio para explayarse y explicar a quién agradeces su apoyo o ayuda para haber acabado el proyecto: familia, pareja, amigos, compañeros de clase...

También hay quien, en algunos casos, hasta agradecer a su tutor o tutores del proyecto la ayuda prestada...

AGRADECIMIENTOS

Resumen

Aquí viene un resumen del proyecto. Ha de constar de tres o cuatro párrafos, donde se presente de manera clara y concisa de qué va el proyecto. Han de quedar respondidas las siguientes preguntas:

- ¿De qué va este proyecto? ¿Cuál es su objetivo principal?
- ¿Cómo se ha realizado? ¿Qué tecnologías están involucradas?
- ¿En qué contexto se ha realizado el proyecto? ¿Es un proyecto dentro de un marco general?

Lo mejor es escribir el resumen al final.

Summary

Here comes a translation of the “Resumen” into English. Please, double check it for correct grammar and spelling. As it is the translation of the “Resumen”, which is supposed to be written at the end, this as well should be filled out just before submitting.

Índice general

1	Introducción	1
1.1	Sección	1
1.1.1	Estilo	1
1.2	Objetivos del proyecto	3
1.2.1	Objetivo general	3
1.2.2	Objetivos específicos	3
1.3	Planificación temporal	4
1.4	Estructura de la memoria	4
2	Estado del arte	5
2.1	Dispositivo Hardware: Raspberry Pi 4 Modelo B	6
2.2	Gestor de paquetes: Miniforge	7
2.3	Entorno de desarrollo: Jupyter-notebook	7
2.4	Redacción de la memoria: LaTeX/Overleaf	7
3	Diseño e implementación	9
3.1	Configuración del entorno	9
3.2	Arquitectura general	9

4	Experimentos y validación	11
4.1	Incorporación de código en la memoria	12
4.1.1	Fuentes monoespaciadas	13
5	Conclusiones y trabajos futuros	15
5.1	Consecución de objetivos	15
5.2	Aplicación de lo aprendido	15
5.3	Lecciones aprendidas	16
5.4	Trabajos futuros	16
6	Anexo	17
	Referencias	21

Índice de figuras

1.1	Página con enlaces a hilos	2
-----	--------------------------------------	---

ÍNDICE DE FIGURAS

Índice de fragmentos de código

4.1	Lectura de un fichero *.csv y tipado de datos.	13
-----	--	----

ÍNDICE DE FRAGMENTOS DE CÓDIGO

Capítulo 1

Introducción

En este capítulo se introduce el proyecto. Debería tener información general sobre el mismo, dando la información sobre el contexto en el que se ha desarrollado.

No te olvides de echarle un ojo a la página con los cinco errores de escritura más frecuentes¹.

Aconsejo a todo el mundo que mire y se inspire en memorias pasadas. Las memorias de los proyectos que he llevado yo están (casi) todas almacenadas en mi web del GSyC².

1.1 Sección

Esto es una sección, que es una estructura menor que un capítulo.

Por cierto, a veces me comentáis que no os compila por las tildes. Eso es un problema de codificación. Al guardar el archivo, guardad la codificación de “ISO-Latin-1” a “UTF-8” (o viceversa) y funcionará.

1.1.1 Estilo

Recomiendo leer los consejos prácticos sobre escribir documentos científicos en \LaTeX de Diomidis Spinellis³.

¹<http://www.tallerdeescritores.com/errores-de-escritura-frecuentes>

²<https://gsyc.urjc.es/~grex/pfcs/>

³<https://github.com/dspinellis/latex-advice>

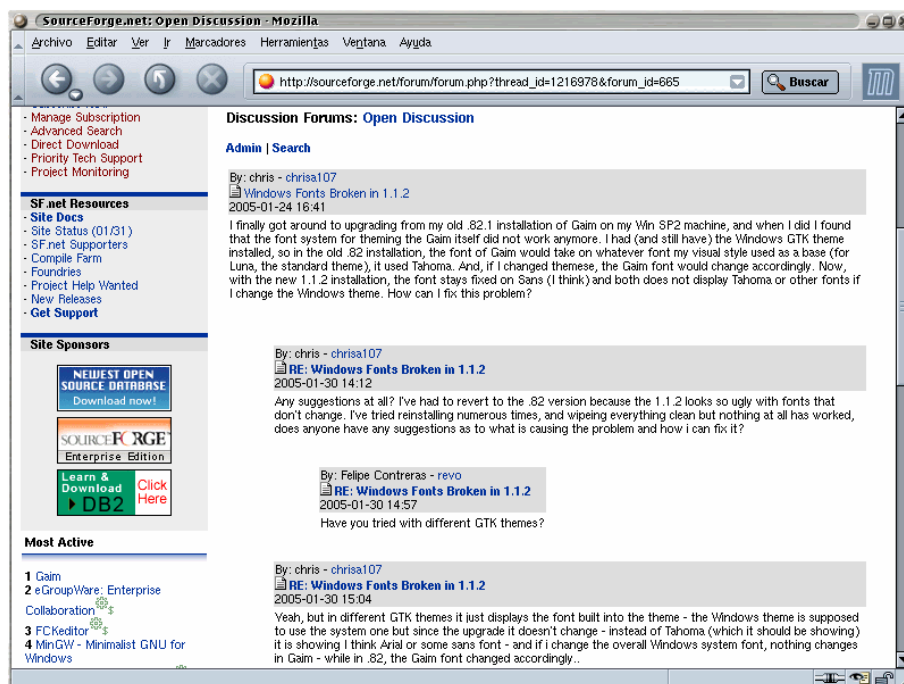


Figura 1.1: Página con enlaces a hilos

Lee sobre el uso de las comas⁴. Las comas en español no se ponen al tuntún. Y nunca, nunca entre el sujeto y el predicado (p.ej. en “Yo, hago el TFG” sobre la coma). La coma no debe separar el sujeto del predicado en una oración, pues se cortaría la secuencia natural del discurso. No se considera apropiado el uso de la llamada coma respiratoria o *coma criminal*. Solamente se suele escribir una coma para marcar el lugar que queda cuando omitimos el verbo de una oración, pero es un caso que se da de manera muy infrecuente al escribir un texto científico (p.ej. “El Real Madrid, campeón de Europa”).

A continuación, viene una figura, la Figura 1.1. Observarás que el texto dentro de la referencia es el identificador de la figura (que se corresponden con el “label” dentro de la misma). También habrás tomado nota de cómo se ponen las “comillas dobles” para que se muestren correctamente. Nota que hay unas comillas de inicio (”) y otras de cierre (”), y que son diferentes. Volviendo a las referencias, nota que al compilar, la primera vez se crea un diccionario con las referencias, y en la segunda compilación se “rellenan” estas referencias. Por eso hay que compilar dos veces tu memoria. Si no, no se crearán las referencias.

A continuación un bloque “verbatim”, que se utiliza para mostrar texto tal cual. Se puede utilizar para ofrecer el contenido de correos electrónicos, código, entre otras cosas.

```
From gaurav at gold-solutions.co.uk  Fri Jan 14 14:51:11 2005
From: gaurav at gold-solutions.co.uk  (gaurav_gold)
Date: Fri Jan 14 19:25:51 2005
```

⁴<http://narrativabreve.com/2015/02/opiniones-de-un-corrector-de-estilo-11-recetas-para-escribir-corr.html>

Subject: [Mailman-Users] mailman issues
 Message-ID: <003c01c4fa40\$1d99b4c0\$94592252@aurav7klgnyif>
 Dear Sir/Madam,
 How can people reply to the mailing list? How do i turn off
 this feature? How can i also enable a feature where if someone
 replies the newsletter the email gets deleted?
 Thanks
 From msapiro at value.net Fri Jan 14 19:48:51 2005
 From: msapiro at value.net (Mark Sapiro)
 Date: Fri Jan 14 19:49:04 2005
 Subject: [Mailman-Users] mailman issues
 In-Reply-To: <003c01c4fa40\$1d99b4c0\$94592252@aurav7klgnyif>
 Message-ID: <PC173020050114104851057801b04d55@msapiro>
 gaurav_gold wrote:
 >How can people reply to the mailing list? How do i turn off
 this feature? How can i also enable a feature where if someone
 replies the newsletter the email gets deleted?
 See the FAQ
 >Mailman FAQ: <http://www.python.org/cgi-bin/faqw-mm.py>
 article 3.11

1.2 Objetivos del proyecto

1.2.1 Objetivo general

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado es comprobar la capacidad y eficiencia de una Raspberry Pi 4 para entrenar modelos de aprendizaje automático.

Aquí vendría el objetivo general en una frase: Mi Trabajo Fin de Grado/Master consiste en crear de una herramienta de análisis de los comentarios jocosos en repositorios de software libre alojados en la plataforma GitHub.

Recuerda que los objetivos siempre vienen en infinitivo.

1.2.2 Objetivos específicos

Los objetivos específicos se pueden entender como las tareas en las que se ha desglosado el objetivo general. Y, sí, también vienen en infinitivo.

Lo mejor suele ser utilizar una lista no numerada, como sigue:

- Un objetivo específico.
- Otro objetivo específico.
- Tercer objetivo específico.
- ...

1.3 Planificación temporal

Es conveniente que incluyas una descripción de lo que te ha llevado realizar el trabajo. Hay gente que añade un diagrama de GANTT. Lo importante es que quede claro cuánto tiempo has consumido en realizar el TFG/TFM (tiempo natural, p.ej., 6 meses) y a qué nivel de esfuerzo (p.ej., principalmente los fines de semana).

1.4 Estructura de la memoria

Por último, en esta sección se introduce a alto nivel la organización del resto del documento y qué contenidos se van a encontrar en cada capítulo.

- En el primer capítulo se hace una breve introducción al proyecto, se describen los objetivos del mismo y se refleja la planificación temporal.
- En el siguiente capítulo se describen las tecnologías utilizadas en el desarrollo de este TFM/TFG (Capítulo 2).
- En el capítulo 3 Se describe el proceso de desarrollo de la herramienta ...
- En el capítulo 4 Se presentan las principales pruebas realizadas para validación de la plataforma/herramienta...(o resultados de los experimentos efectuados).
- Por último, se presentan las conclusiones del proyecto así como los trabajos futuros que podrían derivarse de éste (Capítulo 5).

Capítulo 2

Estado del arte

Descripción de las tecnologías que utilizas en tu trabajo. Con dos o tres párrafos por cada tecnología, vale. Se supone que aquí viene todo lo que no has hecho tú.

Puedes citar libros, como el de Bonabeau et al., sobre procesos estigmérgicos [1]. Me encantan los procesos estigmérgicos. Deberías leer más sobre ellos. Pero quizás no ahora, que tenemos que terminar la memoria para sacarnos por fin el título. Nota que el ~ añade un espacio en blanco, pero no deja que exista un salto de línea. Imprescindible ponerlo para las citas.

Citar es importantísimo en textos científico-técnicos. Porque no partimos de cero. Es más, partir de cero es de tontos; lo suyo es aprovecharse de lo ya existente para construir encima y hacer cosas más sofisticadas. ¿Dónde puedo encontrar textos científicos que referenciar? Un buen sitio es Google Scholar¹. Por ejemplo, si buscas por “stigmergy libre software” para encontrar trabajo sobre software libre y el concepto de *estigmergia* (¿te he comentado que me gusta el concepto de estigmergia ya?), encontrarás un artículo que escribí hace tiempo cuyo título es “Self-organized development in libre software: a model based on the stigmergy concept”. Si pulsas sobre las comillas dobles (entre la estrella y el “citado por ...”, justo debajo del extracto del resumen del artículo, te saldrá una ventana emergente con cómo citar. Abajo a la derecha, aparece un enlace BibTeX. Púlsalo y encontrarás la referencia en formato BibTeX, tal que así:

¹<http://scholar.google.com>

```
@inproceedings{robles2005self,
  title={Self-organized development in libre software:
    a model based on the stigmergy concept},
  author={Robles, Gregorio and Merelo, Juan Juli\'an
    and Gonz\'alez-Barahona, Jes\'us M.},
  booktitle={ProSim'05},
  year={2005}
}
```

Copia el texto en BibTeX y pégalo en el fichero `memoria.bib`, que es donde están las referencias bibliográficas. Para incluir la referencia en el texto de la memoria, deberás citarlo, como hemos hecho antes con [1], lo que pasa es que en vez de el identificador de la cita anterior (`bonabeau:_swarm`), tendrás que poner el nuevo (`robles2005self`). Compila el fichero `memoria.tex` (`pdflatex memoria.tex`), añade la bibliografía (`bibtex memoria.aux`) y vuelve a compilar `memoria.tex` (`pdflatex memoria.tex`)...y *voilà* ¡tenemos una nueva cita [3]!

También existe la posibilidad de poner notas al pie de página, por ejemplo, una para indicarte que visite la página del GSyC².

2.1 Dispositivo Hardware: Raspberry Pi 4 Modelo B

Raspberry Pi es un ordenador de bajo coste y tamaño reducido desarrollado por Raspberry Pi Foundation. Este dispositivo se puede emplear en multitud de aplicaciones pero su principal objetivo es hacer accesible la informática a todos los usuarios. A parte de poder realizar todas las tareas que se esperan de un ordenador, también puede interactuar con el entorno a través de sensores conectados a sus pines GPIO.

El sistema operativo que ofrece es Raspbian Pi OS, una versión adaptada de Debian. Sin embargo permite utilizar otros sistemas.

Desde su primer lanzamiento se han ido desarrollando y comercializado nuevos modelos. En este proyecto se utilizará la última versión de estos dispositivos denominado como Raspberry Pi 4 Modelo B con 4GB de RAM.

²<http://gsyc.es>

2.2 Gestor de paquetes: Miniforge

Miniforge es un instalador mínimo de conda específico de conda-forge, que permite instalar el manejador de paquetes conda con una serie de configuraciones predeterminadas. Es muy similar a un instalador de Miniconda.

Miniconda es un instalador mínimo de conda, que procede de conda, un sistema de gestión de paquetes y entornos virtuales. Mediante él se instala una pequeña versión de arranque de Anaconda que incluye solo conda, Python, los paquetes de los que dependen y otros pocos paquetes útiles como pueden ser pip, zlib...

Ofrece casi lo mismo que Anaconda pero es mucho más ligero, lo que lo hace idóneo para poder desarrollar el proyecto en el dispositivo utilizado. Además, facilita la replicación de un entorno concreto ya que permite tener un mayor control y orden sobre los paquetes que se instalan.

2.3 Entorno de desarrollo: Jupyter-notebook

Jupyter-notebook es una aplicación web de código abierto desarrollada por la organización Proyecto Jupyter. Permite crear y compartir documentos computacionales que siguen un esquema versionado y una lista ordenada de celdas de entrada y de salida. Estas celdas pueden contener código, texto en formato Markdown, fórmulas matemáticas y ecuaciones, o también contenido multimedia. Estas celdas se pueden ejecutar para visualizar los datos y ver los resultados de salida. Además se puede utilizar tanto remotamente como en local.

2.4 Redacción de la memoria: LaTeX/Overleaf

LaTeX es un sistema de composición tipográfica de alta calidad que incluye características especialmente diseñadas para la producción de documentación técnica y científica. Estas características, entre las que se encuentran la posibilidad de incluir expresiones matemáticas, fragmentos de código, tablas y referencias, junto con el hecho de que se distribuya como software libre, han hecho que LaTeX se convierta en el estándar de facto para la redacción y publicación de artículos académicos, tesis y todo tipo de documentos científico-técnicos.

Por su parte, Overleaf es un editor LaTeX colaborativo basado en la nube. Lanzado originalmente en 2012, fue creado por dos matemáticos que se inspiraron en su propia experiencia en el ámbito académico para crear una solución satisfactoria para la escritura

científica colaborativa.

Además de por su perfil colaborativo, Overleaf destaca porque, pese a que en LaTeX el escritor utiliza texto plano en lugar de texto formateado (como ocurre en otros procesadores de texto como Microsoft Word, LibreOffice Writer y Apple Pages), éste puede visualizar en todo momento y paralelamente el texto formateado que resulta de la escritura del código fuente.

Capítulo 3

Diseño e implementación

Aquí viene todo lo que has hecho tú (tecnológicamente). Puedes entrar hasta el detalle. Es la parte más importante de la memoria, porque describe lo que has hecho tú. Eso sí, normalmente aconsejo no poner código, sino diagramas.

3.1 Configuración del entorno

Para poder desarrollar correctamente este trabajo es necesario preparar adecuadamente el entorno, una vez acondicionado todo se dará pie al motivo principal de esta investigación.

El primer paso para esto fue montar adecuadamente la Raspberry Pi conforme las instrucciones de Okdo¹, empresa de la que procede el kit con el hardware necesario para el proyecto. Una vez está listo el hardware hay que instalar el software necesario para la aplicación de modelos de machine learning.

Empezando por cambiar el sistema operativo, en vez de utilizar el que viene por defecto, Raspbian Pi OS, se instaló Ubuntu 21.10.

3.2 Arquitectura general

Si tu proyecto es un software, siempre es bueno poner la arquitectura (que es cómo se estructura tu programa a “vista de pájaro”).

¹<https://www.okdo.com/getstarted/>

Por ejemplo, puedes verlo en la Figura ?? . \LaTeX pone las figuras donde mejor cuadran. Y eso quiere decir que quizás no lo haga donde lo hemos puesto... Eso no es malo. A veces queda un poco raro, pero es la filosofía de \LaTeX : tú al contenido, que yo me encargo de la maquetación.

Recuerda que toda figura que añadas a tu memoria debe ser explicada. Sí, aunque te parezca evidente lo que se ve en la Figura ??, la figura en sí solamente es un apoyo a tu texto. Así que explica lo que se ve en la Figura, haciendo referencia a la misma tal y como ves aquí. Por ejemplo: En la Figura ?? se puede ver que la estructura del *parser* básico, que consta de seis componentes diferentes: los datos se obtienen de la red, y según el tipo de dato, se pasará a un *parser* específico y bla, bla, bla...

Si utilizas una base de datos, no te olvides de incluir también un diagrama de entidad-relación.

Capítulo 4

Experimentos y validación

Atención: Este capítulo se introdujo como requisito en 2019.

La primera prueba realizada para observar el comportamiento de la Raspberry, a la hora de entrenar para generar un modelo de aprendizaje automático, fue tratar de generar mediante scripts de Python tres diferentes modelos de clasificación binaria por medio de aprendizaje supervisado, basados en regresión logística, máquinas de soporte vectorial y gradient tree boosting.

Para ello se utilizó el data set de Room Occupancy detection data, obtenido de Kaggle[2], que contiene unas 20560 muestras. Cada ejemplo tiene medidas de temperatura, humedad, CO2 y luz de una habitación de oficina de unos quince metros cuadrados. La última columna indica la clase a la que pertenecen la muestra. En este caso al tratar de realizar una clasificación binaria solo puede tener dos valores, cero o uno. Si para un ejemplo dicha columna contiene un uno significa que para esos valores sensados la habitación está ocupada. Si por el contrario hay un valor de cero la sala está vacía.

Para generar los modelos se dividió el set de datos en dos partes, una primera parte para entrenar (que contenía el 70% de ejemplos del set de datos original) y otra para comprobar la eficiencia del modelo a la hora de clasificar si la estancia está ocupada o no. En esta segunda parte se utilizó el 30% de muestras restantes del set de datos original, que no se han usado para el entrenamiento y por lo tanto el modelo nunca los ha visto, son totalmente nuevos para él. Un aspecto importante a destacar de este set de datos es que hay una mayor cantidad de ejemplos de habitación no ocupada que de ocupada. Por lo tanto, si esta división se realiza de forma aleatoria puede darse el caso en el que a la hora de entrenar apenas haya ejemplos de habitación ocupada, haciendo que el modelo tuviese un acierto bajo al realizar las clasificaciones. Debido a esto la división se realizó de forma estratificada, para que hubiese la misma proporción de datos de una clase u otra que en el set de datos original. De esta forma nos aseguramos que a la hora de tanto entrenar, como de compro-

bar el modelo generado, se tenga ejemplos de ambas clases en la misma proporción que aparecen en el set de datos original.

Con esta división y preparación de los datos, los tres modelos se pudieron generar sin problemas utilizando las librerías de scikit-learn y pandas. Todos conseguían una accuracy superior al 90%, el tiempo de ejecución era de unos cinco segundos salvo para gradient tree boosting, que tardaba unos siete segundos.

Dado que no hubo ningún tipo de problema con la ejecución de los scripts, se procedió a realizar los mismos modelos pero utilizando esta vez Jupyter-notebook. Con esto la Raspberry pudo seguir ejecutando los algoritmos sin problemas.

Se añadió un poco más de dificultad a la Raspberry haciendo que los algoritmos utilicen validación cruzada, es decir, que dentro del set de datos de entrenamiento (compuesto, una vez más, por el 70% de ejemplos del set de datos original) se hace una subdivisión en otros cinco sets para entrenar y probar el modelo. Una vez realizada la validación cruzada se vuelve a probar la eficiencia del modelo haciendo que clasifique el 30% de datos de la división original, datos que nunca ha visto ni entrenado con ellos. El objetivo de realizar una validación cruzada es poder obtener una estimación más realista en base a las estimaciones de los experimentos individuales, que rotan los datos usados para entrenar. Los resultados de esta prueba siguieron siendo muy buenos (el acierto seguía estando por encima del 90%). Sin embargo, en el caso de máquinas de soporte vectorial y gradient tree boosting los tiempos de ejecución aumentaron, con SVM la ejecución llega a los siete segundos de media, y para gradient tree boosting a unos dieciseis segundos.

4.1 Incorporación de código en la memoria

Es bastante habitual que se reproduzcan fragmentos de código en la memoria de un TFG/TFM. Esto permite explicar detalladamente partes del desarrollo que se ha realizado que se consideren de especial interés. No obstante, tampoco es conveniente pasarse e incluir demasiado código en la memoria, puesto que se puede alargar mucho el documento. Un recurso muy habitual es subir todo el código a un repositorio de un servicio de control de versiones como GitHub o GitLab, y luego incluir en la memoria la URL que enlace a dicho repositorio.

Para incluir fragmentos de código en un documento \LaTeX se pueden combinar varias herramientas:

- El entorno `\begin{listing}[]... \end{listing}` permite crear un marco en el que situar el fragmento de código (parecido al generado cuando insertamos una tabla o

una figura). Podemos insertar también una descripción (*caption*) y una etiqueta para referenciarlo luego en el texto.

- Dentro de este entorno, se puede utilizar el paquete `minted`¹, que utiliza el paquete Python Pygments para resaltado de sintaxis (coloreando el código). Como se puede ver en el siguiente ejemplo, hay muchas opciones de configuración que permiten controlar cómo se va a mostrar el código (incluir números de línea, saltos de línea, tamaño y tipo de fuente, espaciado, código de colores para resaltado, etc.).

```
# A dictionary is built to define the data type contained by each column
dtype_scheme = {'budget': np.int64, 'genres': np.object, 'homepage': np.str, 'id':
↳ np.int64, 'keywords': np.object, 'original_language': np.str, 'original_title':
↳ np.str, 'overview': np.str, 'popularity': np.float64, 'production_companies':
↳ np.object, 'production_countries': np.object, 'release_date': np.object, 'revenue':
↳ np.int64, 'runtime': np.float64, 'spoken_languages': np.object, 'status': np.object,
↳ 'tagline': np.str, 'title': np.str, 'vote_average': np.float64, 'vote_count':
↳ np.int64}

# When loading the data from the .csv file, we provide the scheme to be followed for data
↳ typing
df1 = dd.read_csv('tmdb_5000_movies.csv', dtype=dtype_scheme)
```

Código 4.1: Lectura de un fichero *.csv y tipado de datos.

Otra ventaja del entorno `listing` es que se puede generar automáticamente un índice (con entradas hiperenlazadas) de fragmentos de código, para incluirlo al comienzo del documento junto con los índices de figuras, tablas, etc.

4.1.1 Fuentes monoespaciadas

A veces se incluyen nombres de archivos, paquetes, etc. como texto monoespaciado, utilizando el comando `\texttt{}`. Sin embargo, esto puede generar un problema cuando las palabras en fuente monoespaciada alcanzan el final de una línea. En ese caso, el compilador rehúsa muchas veces romper la palabra y deja la línea demasiado larga respecto al resto.

Para evitar esto, especialmente en párrafos más cortos de lo habitual (como en una lista no numerada), se puede utilizar el comando `\begin{sloppypar}...\end{sloppypar}`, como se muestra a continuación con un ejemplo real.

- Los valores contenidos en las columnas `genres`, `spoken_languages`, `production_companies` y `production_countries`, clasificados originalmente como

¹https://es.overleaf.com/learn/latex/Code_Highlighting_with_minted

`np.objects`, se corresponden en realidad con listas de objetos JSON que han sido almacenadas como cadenas de caracteres. A través de la función `get_values(obj, key)` definida específicamente para ello, se transformará dicha cadena de caracteres en una lista de diccionarios a través de la función `json.loads(obj)` y se devolverá una tupla que recopile los valores de los mismos para la clave indicada, un objeto de Python mucho más manejable de cara a realizar consultas sobre el *dataset*.

Capítulo 5

Conclusiones y trabajos futuros

5.1 Consecución de objetivos

Esta sección es la sección espejo de las dos primeras del capítulo de objetivos, donde se planteaba el objetivo general y se elaboraban los específicos.

Es aquí donde hay que debatir qué se ha conseguido y qué no. Cuando algo no se ha conseguido, se ha de justificar, en términos de qué problemas se han encontrado y qué medidas se han tomado para mitigar esos problemas.

Y si has llegado hasta aquí, siempre es bueno pasarle el corrector ortográfico, que las erratas quedan fatal en la memoria final. Para eso, en Linux tenemos `aspell`, que se ejecuta de la siguiente manera desde la línea de *shell*:

```
aspell --lang=es_ES -c memoria.tex
```

5.2 Aplicación de lo aprendido

Aquí viene lo que has aprendido durante el Grado/Máster y que has aplicado en el TFG/TFM. Una buena idea es poner las asignaturas más relacionadas y comentar en un párrafo los conocimientos y habilidades puestos en práctica.

1. a
2. b

5.3 Lecciones aprendidas

Aquí viene lo que has aprendido en el Trabajo Fin de Grado/Máster.

1. Aquí viene uno.
2. Aquí viene otro.

5.4 Trabajos futuros

Ningún proyecto ni software se termina, así que aquí vienen ideas y funcionalidades que estaría bien tener implementadas en el futuro.

Es un apartado que sirve para dar ideas de cara a futuros TFGs/TFMs.

Capítulo 6

Anexo

En la preparación del entorno para el desarrollo de este proyecto surgieron algunas dificultades.

Como se comenta en el capítulo 3 uno de los primeros pasos fue instalar Miniforge, pero antes de instalar este gestor de paquetes se intentó utilizar Miniconda, de forma que permitiese crear un entorno virtual con una versión de Python superior a la 3.7. Sin embargo, debido a la arquitectura de 32-bit empleada por el sistema operativo instalado por defecto en la Raspberry (Raspbian Pi OS), no era posible instalar una versión de Python superior a la 3.6 por medio de Miniconda, pues para esas versiones se requería una arquitectura de 64-bit.

Por lo que fue necesario instalar Ubuntu 21.10 cuya arquitectura es de 64-bit. Aún así, tampoco se pudo instalar Miniconda con una versión de Python 3.8 o 3.9. La solución recayó en instalar Miniforge que proporciona un administrador de paquetes conda, muy similar a la función que desempeña Miniconda.

Una vez creado el entorno virtual con una versión de Python igual a la 3.9, se procedió a intentar acceder a los pines GPIO desde este mismo entorno. Para poder acceder a ellos comunmente siempre se ha utilizado un paquete denominado RPi.GPIO, pero hay que tener en cuenta que los métodos utilizados por dicho paquete para la comunicación con los pines de la Raspberry, dejaron de funcionar en versiones de kernels de Linux iguales o superiores a la 5.11. La versión de kernel utilizada en este trabajo es la 5.13, por tanto la librería GPIO no puede resolver la comunicación con los pines.

Para versiones de Ubuntu iguales o superiores a la 21.04, existe un nuevo paquete denominado como LGPIO que implementa las funciones necesarias para poder acceder a los pines. Para poder utilizar este paquete dentro del entorno virtual creado, fue necesario instalarlo primeramente fuera de este, utilizando `sudo apt-get install` y moviendo manualmente los ficheros instalados dentro del directorio del entorno virtual. Con esto, y ejecu-

tando el fichero con permisos de root, finalmente se puede acceder a los pines y por lo tanto leer o escribir en ellos.

Cuando se quiere instalar un paquete dentro del entorno se utilizan los comandos `conda install` o bien `pip3 install`, sin embargo, por ninguno de estos dos medios se pudo obtener LGPIO de forma funcional.

También dentro del entorno creado se instaló todo lo necesario para realizar este proyecto. A parte de los paquetes comentados en el capítulo 2 se instaló `stressberry` que es un paquete para hacer pruebas de temperatura bajo diferentes cargas computacionales mostrando los resultados obtenidos por medio de plots. En este caso, dicho paquete se utilizará para poder someter a la Raspberry a diferentes niveles de estrés y de este modo ver su capacidad para entrenar modelos de aprendizaje automático. Para poder ejecutar `stressberry` hay que tener en cuenta que el usuario que ejecute este comando debe pertenecer al grupo `video`, de lo contrario la ejecución dará error.

Glosario

JSON JavaScript Object Notation, traducido como notación de objeto de JavaScript, es un formato basado en el uso de texto estándar para representar datos estructurados. Aunque se basa en sintaxis JavaScript puede ser utilizado independientemente y muchos frameworks de programación poseen la capacidad de leer y generar este tipo de objetos.. 14

Referencias

- [1] Eric Bonabeau, Marco Dorigo y Guy Theraulaz. *Swarm Intelligence: From Natural to Artificial Systems*. Oxford University Press, Inc., 1999.
- [2] kukuroo3. *Room Occupancy detection data (IoT sensor)*. Kaggle. URL: <https://www.kaggle.com/kukuroo3/room-occupancy-detection-data-iot-sensor> (visitado 14-02-2022).
- [3] Gregorio Robles, Juan Julián Merelo y Jesús M. González-Barahona. «Self-organized development in libre software: a model based on the stigmergy concept». En: *ProSim'05*. 2005.