



UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería Informática



**TFG del Grado en Ingeniería  
Informática**

**Herramienta docente para la  
visualización en Web de  
algoritmos de aprendizaje  
Semi-Supervisado**



Presentado por David Martínez Acha  
en Universidad de Burgos — 24 de noviembre  
de 2022

Tutor: Álgvar Arnaiz González  
Cotutor: César Ignacio García Osorio







UNIVERSIDAD DE BURGOS  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
Grado en Ingeniería Informática



D. nombre tutor, profesor del departamento de nombre departamento, área de nombre área.

Expone:

Que el alumno D. David Martínez Acha, con DNI 71310644H, ha realizado el Trabajo final de Grado en Ingeniería Informática titulado título de TFG.

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

En Burgos, 24 de noviembre de 2022

Vº. Bº. del Tutor:

Vº. Bº. del co-tutor:

D. nombre tutor

D. nombre co-tutor





## Resumen

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

## Descriptores

aprendizaje automático, aprendizaje semi-supervisado, visualización de algoritmos, web

## **Abstract**

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

## **Keywords**

machine learning, semi-supervised learning, algorithm visualization, web



---

# Índice general

---

Índice general	iii
Índice de figuras	iv
Índice de tablas	v
Introducción	1
Objetivos del proyecto	3
Conceptos teóricos	5
3.1. Aprendizaje automático . . . . .	5
Técnicas y herramientas	11
4.1. Secciones . . . . .	11
4.2. Referencias . . . . .	12
4.3. Imágenes . . . . .	12
4.4. Listas de items . . . . .	12
4.5. Tablas . . . . .	13
Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto	15
Trabajos relacionados	17
Conclusiones y Líneas de trabajo futuras	19
Bibliografía	21

---

# Índice de figuras

---

3.1. Clasificación de aprendizaje automático [7]. . . . .	6
3.2. Funcionamiento general del aprendizaje supervisado [1]. . . . .	7
3.3. Clusters - By hellisp - Own work, Public Domain, <a href="https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=36929773">https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=36929773</a> . . . . .	8
4.1. Autómata para una expresión vacía . . . . .	12

---

# Índice de tablas

---

4.1. Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto	13
---	----



---

# Introducción

---

Semi-Supervisado



---

## Objetivos del proyecto

---

Este apartado explica de forma precisa y concisa cuales son los objetivos que se persiguen con la realización del proyecto. Se puede distinguir entre los objetivos marcados por los requisitos del software a construir y los objetivos de carácter técnico que plantea a la hora de llevar a la práctica el proyecto.





---

## Conceptos teóricos

---

### 3.1. Aprendizaje automático

Según [3], el aprendizaje automático (*machine learning*) es una rama de la Inteligencia artificial como una técnica de análisis de datos que enseña a las computadoras a aprender de la **experiencia** (es decir, lo que realizan los humanos). Para ello, el aprendizaje automático se nutre de gran cantidad de datos (o los suficientes para el problema concreto) que son procesados por ciertos algoritmos. Estos datos son ejemplos (también llamados instancias o prototipos), [8] mediante los cuales, los algoritmos son capaces de generalizar comportamientos que se encuentran ocultos.

La característica principal de estos algoritmos es que son capaces de mejorar su rendimiento de forma automática basándose en procesos de entrenamiento y también en las fases posteriores de explotación. Debido a sus propiedades, el aprendizaje automático se ha convertido en un campo de alta importancia, aplicándose a multitud de campos como medicina, automoción, visión artificial... los tipos de aprendizaje automático se suelen clasificar en los siguientes: aprendizaje supervisado, aprendizaje no supervisado, aprendizaje por refuerzo y aprendizaje semi-supervisado.

En la figura 3.1 se puede ver una clasificación de aprendizaje automático.



Figura 3.1: Clasificación de aprendizaje automático [7].

## Aprendizaje supervisado

El aprendizaje supervisado es una de las aproximaciones del aprendizaje automático. Los algoritmos de aprendizaje supervisado son entrenados con datos que han sido etiquetados para una salida concreta [6]. Por ejemplo, dadas unas biopsias de pacientes, una posible etiqueta es si padecen de cáncer o no. Estos datos tienen una serie de características (e.g. en el caso de una biopsia se tendría la edad, tamaño tumoral, si ha tenido lugar mitosis o no...) y todas ellas pueden ser binarias, categóricas o continuas [1].

Es común que antes del entrenamiento, estos datos son particionados en: conjunto de entrenamiento, conjunto de test o conjunto de validación. De forma resumida, el conjunto de entrenamiento serán los datos que utilice el propio algoritmo para aprender y generalizar los comportamientos ocultos de los mismos. EL conjunto de validación se utilizará para tener un control de que el modelo está generalizando y no sobreajustando (memorizando los datos) y por último, el conjunto de test sirve para estimar el rendimiento real que podrá tener el modelo en explotación [10]. En la figura 3.2 puede visualizarse el funcionamiento general.



Figura 3.2: Funcionamiento general del aprendizaje supervisado [1].

Como se ha indicado, las etiquetas pueden ser binarias, categóricas o continuas. El aprendizaje supervisado está altamente influenciado por esto. Por un lado, si las etiquetas son categóricas o binarias el modelo será de **clasificación** y por otro, si las etiquetas son continuas el modelo será de **regresión**.

1. **Clasificación:** Los algoritmos de clasificación, a veces denominados simplemente como clasificadores, tratan de predecir la clase de una nueva entrada a partir del entrenamiento previo realizado. Estas clases son discretas y en clasificación pueden referirse a clases (o etiquetas) binarias o clases múltiples.
2. **Regresión:** En este caso, el algoritmo asigna un valor continuo a una entrada. Es decir, trata de encontrar una función continua basándose en las variables de entrada. Se denomina también ajuste de funciones.

## Aprendizaje no supervisado

A diferencia del aprendizaje supervisado, en el no supervisado, los algoritmos no se nutren de datos etiquetados. Los usuarios no «supervisan» el modelo [2]. Esto quiere decir que no aprenderán de etiquetas, sino de la propia estructura que se encuentre en los datos (patrones). Por ejemplo, dadas unas imágenes de animales, sin especificar cuál es cuál, el aprendizaje no supervisado identificará las similitudes entre imágenes y como resultado podría dar la separación de estas dos especies (o separaciones entre colores, pelaje, raza...).

Como principales usos del aprendizaje, suele aplicarse a:

1. **Agrupamiento (Clustering):** Este modelo de aprendizaje no supervisado trata de dividir los datos en grupos. Para ello, estudia las similitudes entre ellos y también en las disimilitudes con otros. Estos modelos pueden tanto descubrir por ellos mismos los “clústeres” o grupos que se encuentran o indicarle cuántos debe identificar [2].
2. **Reducción de la dimensionalidad:** Para empezar, el término “dimensionalidad” hace referencia al número de variables de entrada que tienen los datos. En la realidad, los conjuntos de datos sobre los que se trabaja suelen tener una dimensionalidad grande. Según [4] la reducción de dimensionalidad se denomina como “Una forma de convertir conjuntos de datos de alta dimensionalidad en conjunto de datos de menor dimensionalidad, pero garantizando que proporciona información similar”. Es decir, simplificar el problema pero sin perder toda esa estructura interesante de los datos. Algunos ejemplos pueden ser:

- Análisis de Componentes Principales (PCA)
- Cuantificación vectorial
- Autoencoders

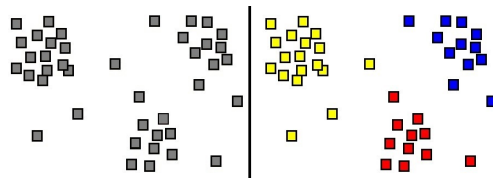


Figura 3.3: Clusters - By hellisp - Own work, Public Domain, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=36929773>

## Aprendizaje semi-supervisado

Según [9] el aprendizaje semi-supervisado es la rama del aprendizaje automático referido al uso de datos tanto etiquetados como no etiquetados simultáneamente para realizar tareas de aprendizaje. Se encuentra a caballo entre el aprendizaje supervisado y no supervisado. Concretamente, los problemas donde más se aplica, y donde más investigación se realiza es en clasificación. Los métodos semi-supervisados resultan especialmente útil cuando se tienen escasos datos etiquetados, que, aparte de ser una situación común en problemas reales, el proceso de etiquetado es una labor compleja, que consume tiempo y es costosa.

### Suposiciones

El objetivo de usar datos no etiquetados es construir un clasificador que sea mejor que el aprendizaje supervisado, en el que solo se tienen datos etiquetados. Pero para que el aprendizaje semi-supervisado mejore a lo ya existente, tiene una serie de suposiciones que han de cumplirse.

En primera instancia se dice que la condición necesaria es que la distribución  $p(x)$  del espacio de entrada contiene información sobre la distribución posterior  $p(y/x)$  [9].

Pero la forma en el que interactúan los datos de una distribución y la posterior, no siempre es la misma:

#### *Smoothness assumption*

Esta suposición indica que si dos ejemplos (o instancias) de la entrada están cerca en ese espacio de entrada, entonces, probablemente, sus etiquetas sean las mismas.

#### *Low-density assumption*

Esta suposición indica que en clasificación, los límites de decisión deben encontrarse en zonas en las que haya pocos de estos ejemplos (o instancias).

*Manifold assumption*

Los datos pueden tener una dimensionalidad alta (muchas características) pero generalmente no todas las características son completamente útiles. Los datos a menudo se encuentran en unas estructuras de más baja dimensionalidad. Estas estructuras se conocen como “manifolds”. Esa suposición indica que si los datos del espacio de entrada se encuentran en estas “manifolds” entonces aquellos puntos que se encuentren en el mismo “manifold” tendrán la misma etiqueta. [5] [9]

*Cluster assumption*

Como generalización de las anteriores, aquellos datos que se encuentren en un mismo clúster tendrán la misma etiqueta.

De estas suposiciones se extrae el concepto de “similitud” en el que en todas ellas se encuentra presente. Y en realidad, todas las suposiciones anteriores son versiones de “*Cluster assumption*”: Puntos similares tienden a pertenecer al mismo grupo. Además, la suposición de clúster resulta necesaria para que el aprendizaje semi-supervisado mejore al supervisado. Si los datos no pueden ser agrupados, entonces no mejorará ningún método supervisado [9].

---

# Técnicas y herramientas

---

Esta parte de la memoria tiene como objetivo presentar las técnicas metodológicas y las herramientas de desarrollo que se han utilizado para llevar a cabo el proyecto. Si se han estudiado diferentes alternativas de metodologías, herramientas, bibliotecas se puede hacer un resumen de los aspectos más destacados de cada alternativa, incluyendo comparativas entre las distintas opciones y una justificación de las elecciones realizadas. No se pretende que este apartado se convierta en un capítulo de un libro dedicado a cada una de las alternativas, sino comentar los aspectos más destacados de cada opción, con un repaso somero a los fundamentos esenciales y referencias bibliográficas para que el lector pueda ampliar su conocimiento sobre el tema.

Las secciones se incluyen con el comando section.

## 4.1. Secciones

### Subsecciones

Además de secciones tenemos subsecciones.

### Subsubsecciones

Y subsecciones.

## 4.2. Referencias

Las referencias se incluyen en el texto usando cite [?]. Para citar webs, artículos o libros [?].

## 4.3. Imágenes

Se pueden incluir imágenes con los comandos standard de  $\text{\LaTeX}$ , pero esta plantilla dispone de comandos propios como por ejemplo el siguiente:



Figura 4.1: Autómata para una expresión vacía

## 4.4. Listas de items

Existen tres posibilidades:

- primer item.
- segundo item.

1. primer item.
2. segundo item.



Herramientas	App	AngularJS	API REST	BD	Memoria
HTML5		X			
CSS3		X			
BOOTSTRAP		X			
JavaScript		X			
AngularJS		X			
Bower		X			
PHP			X		
Karma + Jasmine		X			
Slim framework			X		
Idiorm			X		
Composer			X		
JSON		X	X		
PhpStorm		X	X		
MySQL				X	
PhpMyAdmin				X	
Git + BitBucket		X	X	X	X
MikTeX					X
TeXMaker					X
Astah					X
Balsamiq Mockups		X			
VersionOne		X	X	X	X

Tabla 4.1: Herramientas y tecnologías utilizadas en cada parte del proyecto

**Primer item** más información sobre el primer item.

**Segundo item** más información sobre el segundo item.

■

## 4.5. Tablas

Igualmente se pueden usar los comandos específicos de  $\text{\LaTeX}$  o bien usar alguno de los comandos de la plantilla.



---

## Aspectos relevantes del desarrollo del proyecto

---

Este apartado pretende recoger los aspectos más interesantes del desarrollo del proyecto, comentados por los autores del mismo. Debe incluir desde la exposición del ciclo de vida utilizado, hasta los detalles de mayor relevancia de las fases de análisis, diseño e implementación. Se busca que no sea una mera operación de copiar y pegar diagramas y extractos del código fuente, sino que realmente se justifiquen los caminos de solución que se han tomado, especialmente aquellos que no sean triviales. Puede ser el lugar más adecuado para documentar los aspectos más interesantes del diseño y de la implementación, con un mayor hincapié en aspectos tales como el tipo de arquitectura elegido, los índices de las tablas de la base de datos, normalización y desnormalización, distribución en ficheros<sup>3</sup>, reglas de negocio dentro de las bases de datos (EDVHV GH GDWRV DFWLYDV), aspectos de desarrollo relacionados con el WWW... Este apartado, debe convertirse en el resumen de la experiencia práctica del proyecto, y por sí mismo justifica que la memoria se convierta en un documento útil, fuente de referencia para los autores, los tutores y futuros alumnos.



---

## Trabajos relacionados

---

Este apartado sería parecido a un estado del arte de una tesis o tesina. En un trabajo final grado no parece obligada su presencia, aunque se puede dejar a juicio del tutor el incluir un pequeño resumen comentado de los trabajos y proyectos ya realizados en el campo del proyecto en curso.



---

## **Conclusiones y Líneas de trabajo futuras**

---

Todo proyecto debe incluir las conclusiones que se derivan de su desarrollo. Éstas pueden ser de diferente índole, dependiendo de la tipología del proyecto, pero normalmente van a estar presentes un conjunto de conclusiones relacionadas con los resultados del proyecto y un conjunto de conclusiones técnicas. Además, resulta muy útil realizar un informe crítico indicando cómo se puede mejorar el proyecto, o cómo se puede continuar trabajando en la línea del proyecto realizado.





---

## Bibliografía

---

- [1] Salim Dridi. Supervised learning - a systematic literature review. *ResearchGate*, 09 2021.
- [2] Salim Dridi. Unsupervised learning - a systematic literature review. *ResearchGate*, 12 2021.
- [3] Intelligent. Machine learning: qué es y cómo funciona, 2020. [Internet; descargado 27-octubre-2022].
- [4] javaTpoint. Unsupervised machine learning. [Online; accessed 15-November-2022].
- [5] Lukas Huber. A friendly intro to semi-supervised learning. [Online; accessed 15-November-2022].
- [6] David Petersson. Supervised learning, 2021. [Internet; descargado 15-noviembre-2022].
- [7] Neova Tech Solutions. Machine learning algorithms: Beginners guide part 1, 2018. [Internet; descargado 27-octubre-2022].
- [8] Pascual Parada Torralba. ¿qué es el machine learning? aprendizaje supervisado vs no supervisado, 2022. [Internet; descargado 27-octubre-2022].
- [9] Jesper E. van Engelen and Holger H. Hoos. A survey on semi-supervised learning. *Machine Learning*, 109(2):373–440, Feb 2020.
- [10] Wikipedia contributors. Training, validation, and test data sets — Wikipedia, the free encyclopedia, 2022. [Online; accessed 15-November-2022].