



GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

APLICACIÓN PARA LA PREDICCIÓN Y LA OPTIMIZACIÓN DE LAS POSICIONES DE LAS COMPETICIONES DE FÓRMULA 1 MEDIANTE ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING

Autor: Ana Urquidi Castro

Director: Miguel Ángel Sanz Bobi

Madrid
Agosto 2022

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Aplicación para la predicción y la optimización de las posiciones de las competiciones de
fórmula 1 mediante algoritmos de machine learning.

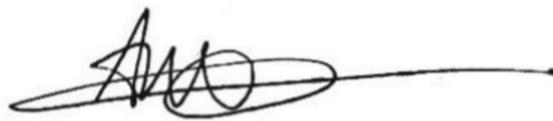
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2021-2022 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido

tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Ana Urquidi Castro

Fecha: 19/ 07/ 2022

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Firmado por SANZ BOBI MIGUEL ANGEL - ***6599** el día
29/08/2022 con un certificado emitido por AC FNMT Usuarios

Fdo.: Miguel Ángel Sanz Bobi

Fecha: 29/08/2022

Firmas comprobadas,
Coordinador: Aurelio García Cerrada





GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE GRADO

APLICACIÓN PARA LA PREDICCIÓN Y LA OPTIMIZACIÓN DE LAS POSICIONES DE LAS COMPETICIONES DE FÓRMULA 1 MEDIANTE ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING

Autor: Ana Urquidi Castro

Director: Miguel Ángel Sanz Bobi

Madrid

Agosto 2022

APLICACIÓN PARA LA PREDICCIÓN Y LA OPTIMIZACIÓN DE LAS POSICIONES DE LAS COMPETICIONES DE FÓRMULA 1 MEDIANTE ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING.

Autor: Urquidi Castro, Ana.

Director: Sanz Bobi, Miguel Ángel.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto consistirá en la creación de una aplicación orientada al análisis de datos de todas las carreras pasadas de Fórmula 1. Esta aplicación permitirá identificar las variables más representativas en competiciones de F1 mediante algoritmos de machine learning y realizar modelos para predecir las clasificaciones de los pilotos y por lo tanto optimizar la posición de un piloto en un circuito concreto.

1. Introducción

La competición de Formula se puede ver afectada por numerosas variables. Aunque se crea que el piloto es lo que determina un resultado, esto no es del todo así. Es verdad que la labor del piloto el día de la carrera puede determinar el resultado, pero lo que de verdad lleva a una escudería y a un piloto a la victoria, es la estrategia empleada y el rendimiento del coche construido. Por esta razón, las escuderías generalmente ocupan los mismos puestos de una temporada a otra.

En esta competición participan 10 escuderías y cada una de ellas compite en carrera con dos pilotos. Estos, compiten en cada Gran Premio (GP) con el objetivo de ganar puntos y llevarse el título de campeón de la Formula 1. Aunque la labor del piloto es esencial en la carrera, las escuderías cuentan con una numerosa cantidad de ingenieros, cuya labor es casi igual de importante que la del piloto. Es una competición en la que intervienen numerosas variables y que el fallo de una sola de ellas puede llevar al piloto y a su escudería al fracaso.

Estas variables incluyen por ejemplo el circuito, el coche, los tipos de neumático, el número de Pit stops y cuando hacerlos o la temperatura del asfalto.

La victoria en un Gran Premio se encuentra con una buena estrategia y con un coche fiable. Esta estrategia consiste en elegir el momento idóneo para hacer los Pit stops y qué tipo de neumático escoger en cada uno.

2. Definición del proyecto

A través del Machine Learning, este proyecto tendrá como objetivo buscar patrones y poder predecir las posiciones en los Grandes Premios de la temporada 2021-2022.

Se buscará en qué circuitos destacan más un piloto y en cuáles tenderá a obtener peores posiciones, con el objetivo de que las escuderías analicen sus puntos fuertes y puntos débiles para plantear mejor la estrategia para la próxima temporada.

También analizará el clima de dichos circuitos, para que cuenten con ello a la hora de escoger la estrategia adecuada para cada Gran Premio.

El verdadero objetivo de este proyecto es saber cómo predecir las posiciones de los pilotos en los grandes premios y qué variables son más importantes de las mencionadas anteriormente, para ayudar a las escuderías a saber cuál es su terreno de juego y dónde deben mejorar.

3. Descripción del modelo/sistema/herramienta

Estos datos se agruparán haciendo Self Organizing Maps (SOM), que permitirá obtener neuronas cuyos pesos representarán información representativa del piloto o circuito.

Un mapa autoorganizado (SOM), como se menciona en el capítulo 2.1.1, es una técnica de aprendizaje automático no supervisada que se utiliza para producir una representación de baja dimensión (normalmente bidimensional) de un conjunto de datos de mayor dimensión. Esto permite que los datos de alta dimensión sean más fáciles de visualizar y analizar. Un SOM es un tipo de red neuronal artificial, pero se entrena mediante aprendizaje competitivo en lugar del aprendizaje de corrección de utilizado por otras redes neuronales artificiales.

Predeciré las posiciones de estos pilotos en cada circuito haciendo uso de los SOMs y de probabilidad relativa y absoluta. Al final ordenaré los pilotos en orden ascendente para cada Gran Premio, pudiendo así predecir el ganador de cada carrera y del campeonato.

Se desarrollarán los siguientes modelos:

Modelo 1: Calidad De Pilotos En La Clasificación De F1 Y Su Típica Posición En Carreras

Modelo 2: Calidad De Cada Piloto En Circuitos De La Fórmula 1

Modelo 3: Geolocalización Circuitos De F1 Según Coordenadas

Modelo 4: Geolocalización Circuitos De F1 Según Coordenadas Y Temperatura Media En El Gran Premio

Modelo 5: Calidad Y Predicción De Los Pilotos En Un Circuito De La Fórmula 1

4. Resultados

En este proyecto se han analizado diversos aspectos de los factores que influyen en las competiciones de la Formula 1.

En primer lugar, se analizó que pilotos tendrán tendencia a quedar en mejores posiciones en un Gran Premio cualquiera de la temporada. Estos pilotos se dividieron en 3 neuronas y a través de los pesos pudimos identificar la posición más probable de cada una. Es

decir, conseguimos dividir a los pilotos en 3 grupos para analizar cuales de ellos tendrían más posibilidad de ganar el campeonato de la Fórmula 1. Estos fueron los resultados:

Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Hamilton	Magnussen	Russel
Alonso	Stroll	Schumacher
Vettel	Tsunoda	Latifi
Verstappen	Giovinazzi	Mazepin
Bottas	Gasly	
Perez		
Sainz		
Leclerc		
Norris		
Albon		
Ricciardo		
Ocon		

En segundo lugar, se analizó la calidad de cada piloto en circuitos de la Formula 1 para ver cuales son sus fuertes y en cuales debe mejorar o cambiar la estrategia.

En tercer lugar, se analizó la geolocalización circuitos de F1 según coordenadas y temperatura media en el gran premio, con el objetivo de agrupar los circuitos según su temperatura y clima.

A continuación, se analizó por cada Gran Premio en concreto, qué pilotos tendrán tendencia a obtener mejores posiciones. Esto será de utilidad a las escuderías para a la hora de plantear su estrategia para un Gran Premio, ver cuales son sus rivales.

Al analizar estos resultados, se quiso mejorar la predicción borrando aquellos datos atípicos. Para ello se basó en los resultados de la temporada que se está disputando hasta el Gran Premio de Austria. Se generó un SOM utilizando únicamente aquellos datos correspondientes a las carreras disputadas de esta temporada.

Con estas neuronas, generamos un SOM por cada circuito como habíamos hecho anteriormente, pero filtrando aquellos datos atípicos tomando como referencia esta temporada. Es decir, usamos aquellos datos correspondientes a la neurona que se había asignado a cada piloto. Por último, los ordenamos y obtuvimos unos resultados mucho más acordes con esta temporada y que permitirá lograr una mejor predicción.

5. Conclusiones

Este proyecto tenía como objetivo analizar aquellas variables más significativas para la Fórmula 1 y dotar a cada escudería de información para usar a su favor y mejorar su estrategia en el campeonato.

Al analizar todos los aspectos mencionados en el capítulo anterior, se llegó a la conclusión de que la variable más importante de esta competición es el trabajo de los

ingenieros para construir el coche y la labor del equipo para plantear una buena estrategia.

Al analizar los datos con y sin filtración de datos atípicos, se pudo observar una gran diferencia ya que los datos filtrados plantearon una predicción acorde con los pasados resultados de esta temporada.

6. Referencias

[1] Ibertech. «¿Qué es Machine Learning y qué aplicaciones tiene?», 26 de octubre de 2017. <https://www.ibertech.org/que-es-machine-learning-y-que-aplicaciones-tiene-en-nuestro-dia-a-dia-2/>.

[2] «Self-Organizing Map». En *Wikipedia*, 16 de junio de 2022. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Self-organizing_map&oldid=1093441255.

[3] www.javatpoint.com. «Kohonen Self- Organizing Feature Map - Javatpoint». Accedido 27 de junio de 2022. <https://www.javatpoint.com/artificial-neural-network-kohonen-self-rganizing-feature-map>.

[4] Motor.es. «Técnica F1 - Así se hace la estrategia en la Fórmula 1», 30 de septiembre de 2021. <https://www.motor.es/formula-1/estrategia-f1-202181549.html>.

APPLICATION FOR THE PREDICTION AND OPTIMISATION OF POSITIONS IN FORMULA 1 COMPETITIONS USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS.

Author: Urquidi Castro, Ana.

Supervisor: Sanz Bobi, Miguel Ángel.

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

The project will consist of the creation of an application aimed at analysing data from all past Formula 1 races. This application will make it possible to identify the most representative variables in F1 competitions using machine learning algorithms and make models to predict the drivers' classifications and therefore optimise a driver's position on a specific circuit.

1. Introduction

Formula racing can be affected by many variables. Although it is believed that the driver is what determines a result, this is not entirely true. It is true that the driver's performance on race day can determine the result, but what really drives a team and driver to victory is the strategy employed and the performance of the car built. For this reason, the teams generally occupy the same positions from one season to the next.

In this competition, 10 teams take part and each team competes in the race with two drivers. They compete in each Grand Prix (GP) with the aim of scoring points and winning the Formula 1 championship title. Although the driver's job is essential in the race, the teams have a large number of engineers, whose work is almost as important as that of the driver. It is a competition in which many variables are involved and the failure of even one of them can lead to the failure of the driver and his team.

These variables include, for example, the circuit, the car, the tyre types, the number of pit stops and when to make them, and the temperature of the asphalt.

Victory in a Grand Prix is found with a good strategy and a reliable car. This strategy consists of choosing the right time to make pit stops and what type of tyre to choose for each pit stop.

2. Definition of the project

Through Machine Learning, this project will aim to look for patterns and be able to predict the positions in the Grand Prix of the 2021-2022 season.

It will look at which circuits a driver excels the most and where he will tend to obtain worse positions, with the aim of enabling the teams to analyse their strengths and weaknesses in order to better plan their strategy for next season.

It will also analyse the weather at these circuits, so that they can take this into account when choosing the right strategy for each Grand Prix.

The real goal of this project is to find out how to predict driver positions in Grand Prix races and which of the variables mentioned above are most important, in order to help the teams know where their playing field is and where they need to improve.

3. Description of the model

This data will be grouped by making Self Organising Maps (SOM), which will allow to obtain neurons whose weights will represent representative information of the pilot or circuit.

A self-organising map (SOM), as mentioned in chapter 2.1.1, is an unsupervised machine learning technique used to produce a low-dimensional (usually two-dimensional) representation of a higher-dimensional dataset. This makes the high-dimensional data easier to visualise and analyse. A SOM is a type of artificial neural network, but it is trained by competitive learning rather than the correction learning used by other artificial neural networks.

I will predict the positions of these drivers on each circuit using SOMs and relative and absolute probability. At the end I will rank the drivers in ascending order for each Grand Prix, thus being able to predict the winner of each race and of the championship. The following models will be developed:

Model 1: Quality Of Drivers In F1 Qualifying And Their Typical Position In Races.

Model 2: Quality of each driver on Formula 1 circuits.

Model 3: Geolocation of F1 Circuits According to Coordinates

Model 4: Geolocation of F1 circuits according to coordinates and average temperature at the Grand Prix

Model 5: Quality and Prediction of Drivers at a Formula 1 Circuit

4. Results

In this project, several aspects of the factors that influence Formula 1 racing have been analysed.

Firstly, it was analysed which drivers will tend to finish in the best positions in any given Grand Prix of the season. These drivers were divided into 3 neurons and through the weights we were able to identify the most likely position of each neuron. In other words, we managed to divide the drivers into 3 groups to analyse which of them would have the best chance of winning the Formula 1 championship.

These were the results:

Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Hamilton	Magnussen	Russel
Alonso	Stroll	Schumacher
Vettel	Tsunoda	Latifi
Verstappen	Giovinazzi	Mazepin
Bottas	Gasly	
Perez		
Sainz		
Leclerc		
Norris		
Albon		
Ricciardo		
Ocon		

Secondly, the quality of each driver on Formula 1 circuits was analysed to see what their strengths are and where they need to improve or change their strategy.

Thirdly, the geolocation of F1 circuits was analysed according to coordinates and average temperature at the Grand Prix, with the aim of grouping the circuits according to their temperature and climate.

Then, for each Grand Prix in particular, it was analysed which drivers will tend to obtain better positions. This will be useful for the teams when planning their Grand Prix strategy to see who their rivals are.

When analysing these results, we wanted to improve the prediction by deleting outliers. This was based on the results of the season up to the Austrian Grand Prix. A SOM was generated using only the data corresponding to the races held this season.

With these neurons, we generated a SOM for each circuit as we had done previously, but filtering out those atypical data taking this season as a reference. That is, we used the data corresponding to the neuron that had been assigned to each driver. Finally, we ordered them and obtained results that are much more in line with this season and that will allow us to achieve a better prediction.

5. Conclusions

The aim of this project was to analyse the most significant variables for Formula 1 and to provide each team with information to use to their advantage and improve their strategy in the championship.

By analysing all the aspects mentioned in the previous chapter, it was concluded that the most important variable in this competition is the work of the engineers to build the car and the work of the team to come up with a good strategy.

When analysing the data with and without outlier filtering, a big difference could be observed as the filtered data gave a prediction in line with the past results of this season.

6. References

[1] Ibertech. «¿Qué es Machine Learning y qué aplicaciones tiene?», 26 de octubre de 2017. <https://www.ibertech.org/que-es-machine-learning-y-que-aplicaciones-tiene-en-nuestro-dia-a-dia-2/>.

[2] «Self-Organizing Map». En *Wikipedia*, 16 de junio de 2022. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Self-organizing_map&oldid=1093441255.

[3] www.javatpoint.com. «Kohonen Self- Organizing Feature Map - Javatpoint». Accedido 27 de junio de 2022. <https://www.javatpoint.com/artificial-neural-network-kohonen-self-rganizing-feature-map>.

[4] Motor.es. «Técnica F1 - Así se hace la estrategia en la Fórmula 1», 30 de septiembre de 2021. <https://www.motor.es/formula-1/estrategia-f1-202181549.html>.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	5
1.1 Motivación del proyecto.....	5
1.2 Estructura y explicación de la competición de Fórmula 1.....	5
1.3 Valoración de la importancia de la escudería y el coche y su repercusión en el campeonato	7
1.4 Importancia del clima en los circuitos de Fórmula 1.....	7
Capítulo 2. Descripción de las Tecnologías.....	9
2.1.1 Python: scikit learn.....	9
2.1.2 Base de Datos.....	10
Capítulo 3. Estado de la Cuestión	13
Capítulo 4. Definición del Trabajo	16
4.1 Justificación.....	16
4.2 Objetivos	16
4.3 Metodología.....	17
Capítulo 5. Modelo de Predicción Desarrollado	18
5.1 Introducción a los Self Organizing Maps.....	18
5.2 Funcionamiento del SOM	19
5.3 Implementación del SOM	20
5.4 MODELOS.....	22
5.4.1 MODELO 1: Calidad de pilotos en la clasificación de F1 y su típica posición en carreras	22
5.4.2 MODELO 2: Calidad de cada piloto en circuitos de la fórmula 1	26
5.4.3 MODELO 3: Geolocalización circuitos de F1 según coordenadas	33
5.4.4 MODELO 4: Geolocalización circuitos de F1 según coordenadas y temperatura media en el gran premio.....	40
5.4.5 MODELO 5: Calidad y predicción de los pilotos en un circuito de la Fórmula 1	43
5.5 Ganador del campeonato	54
5.6 Análisis de los resultados de la clasificación y la carrera.....	56
5.7 Modelo ponderado con los resultados de la temporada 2022-2023	57
5.7.1 Circuito de Paul Ricard.....	59

5.7.2 Ganador del Campeonato con Filtración de Datos	64
Capítulo 6. Análisis de Resultados.....	66
Capítulo 7. Conclusiones y Trabajos Futuros.....	71
Capítulo 8. Bibliografía.....	73
Capítulo 9. ANEXO.....	75
9.1 Código Fuente	75
9.2 Calidad de pilotos en la clasificación de F1 y su típica posición en carreras	75
9.3 Calidad de pilotos en la clasificación de F1 y su típica posición en carreras	91
9.3.1 Circuito de Jeddah Corniche.....	91
9.3.2 Circuito de Albert Park	93
9.3.3 Autódromo Enzo e Dino Ferrari	95
9.3.4 Circuito de Barcelona-Catalunya	97
9.3.5 Circuito de Mónaco.....	99
9.3.6 Circuito Callejero de Baku.....	101
9.3.7 Circuito Gilles Villeneuve	104
9.3.8 Circuito de Silverstone	106
9.3.9 Red Bull Ring.....	108
9.3.10 Circuito de Paul Ricard.....	110
9.3.11 Circuito de Hungaroring.....	112
9.3.12 Circuito de Spa-Francorchamps.....	115
9.3.13 Circuito de Zandvoort	117
9.3.14 Autódromo Nazionale di Monza.....	119
9.3.15 Circuito de Marina Bay.....	121
9.3.16 Circuito de Suzuka.....	123
9.3.17 Circuito de Las Américas	125
9.3.18 Autódromo Hermanos Rodríguez.....	128
9.3.19 Autódromo José Carlos Pace	130
9.3.20 Circuito de Yas Marina	132
9.4 Calidad de pilotos en la clasificación de F1 y su típica posición en carreras en circuitos con filtración de datos atípicos	135
9.4.1 Circuito de Hungaroring.....	135

9.4.2 Circuito de Spa-Francochamps.....	136
9.4.3 Circuito de Zandvoort	137
9.4.4 Autódromo Nazionale di Monza.....	138
9.4.5 Circuito de Marina Bay.....	140
9.4.6 Circuito de Suzuka.....	141
9.4.7 Circuito de las Américas	142
9.4.8 Autódromo Hermanos Rodríguez.....	143
9.4.9 Autódromo José Carlos Pace	144
9.4.10 Circuito de Yas Marina	146
Capítulo 10. Anexo Objetivos de Desarrollo sostenible	148

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

El campeonato de la Formula 1 es la competición de automovilismo a nivel mundial más importante de la actualidad. Esta competición se celebra desde 1950 y desde entonces ha evolucionado exponencialmente hasta convertirse en uno de los deportes más internacionalizados.

En esta competición participan 10 escuderías y cada una de ellas compite en carrera con dos pilotos. Estos, compiten en cada Gran Premio (GP) con el objetivo de ganar puntos y llevarse el título de campeón de la Formula 1. Aunque la labor del piloto es esencial en la carrera, las escuderías cuentan con una numerosa cantidad de ingenieros, cuya labor es casi igual de importante que la del piloto. Es una competición en la que intervienen numerosas variables y que el fallo de una sola de ellas puede llevar al piloto y a su escudería al fracaso.

Estas variables incluyen por ejemplo el circuito, el coche, los tipos de neumático, el número de Pit stops y cuando hacerlos o la temperatura del asfalto.

La victoria en un Gran Premio se encuentra con una buena estrategia y con un coche fiable. Esta estrategia consiste en elegir el momento idóneo para hacer los Pit stops y qué tipo de neumático escoger en cada uno.

1.2 ESTRUCTURA Y EXPLICACIÓN DE LA COMPETICIÓN DE FÓRMULA 1

En la temporada 2022 hay 10 escuderías y 20 pilotos que compiten para conseguir el título de campeón mundial de la Formula 1.

- Mercedes-AMG Petronas: Lewis Hamilton y George Russel
- Red Bull Racing Honda: Sergio Pérez y Max Verstappen
- McLaren F1 Team: Daniel Ricciardo y Lando Norris

- Aston Martin Cognizant: Sebastian Vettel y Lance Stroll
- Alpine F1 Team: Fernando Alonso y Esteban Ocon
- Scuderia Ferrari Mission Winnow: Charles Leclerc y Carlos Sainz Jr.
- AlphaTauri Honda: Pierre Gasly y Yuki Tsunoda
- Alfa Romeo Racing: Valteri Bottas y Guanyu Zhou
- Haas F1 Team: Kevin Magnussen y Mick Schumacher
- Williams Racing: Nicholas Latifi y Alex Albon

Cada fin de semana de GP (Gran Premio) se divide en tres partes. Los viernes y las primeras horas del sábado se celebran los “libres” (P1, P2, y P3). En estos tests los pilotos conocen el circuito y junto con el equipo de ingenieros hacen distintas pruebas con los coches para preparar la clasificación y la carrera.

El sábado por la tarde tiene lugar la clasificación o “qualy”. Esta clasificación marcará las posiciones en la parrilla de salida de cada piloto. El piloto más veloz se llevará la Pole position, que conlleva salir primero en la carrera del domingo.

El domingo tiene lugar la carrera y los primeros 10 pilotos en completar las vueltas necesarias serán quienes reciban puntos:

- 1er lugar – 25 puntos
- 2do lugar – 18 puntos
- 3er lugar – 15 puntos
- 4to lugar – 12 puntos
- 5to lugar – 10 puntos
- 6to lugar – 8 puntos
- 7mo lugar – 6 puntos
- 8vo lugar – 4 puntos
- 9no lugar – 2 puntos
- 10 lugar – 1 punto

El piloto que gane la mayor cantidad de puntos durante la temporada será el campeón mundial, título que mantiene hoy en día Max Verstappen. La puntuación conseguida por cada piloto de una escudería se suma también para coronar al campeón del mundial de fabricantes.

1.3 VALORACIÓN DE LA IMPORTANCIA DE LA ESCUDERÍA Y EL COCHE Y SU REPERCUSIÓN EN EL CAMPEONATO

Cada año, las escuderías y sus ingenieros tienen una labor que repercutirá en gran parte en sus resultados en la temporada. Aunque el rendimiento del piloto influya en las carreras y en las puntuaciones, lo que más repercutirá en el resultado es el coche y la organización de la escudería. Por esta razón, las escuderías generalmente ocupan los mismos puestos de una temporada a otra.

Mercedes y Red Bull han dominado el campeonato durante muchos años junto a Ferrari. En la temporada 2019-2020, Ferrari construyó un coche que no consiguió buenos resultados, llevando al equipo a fracasar en la temporada. Esta temporada en cambio, los Ferraris, pilotados por Carlos Sainz y Charles Leclerc, han dado buenos resultados y ahora consiguen llegar al podio en la mayoría de las carreras.

Mercedes en cambio, no está dando su fruto esta temporada. Uno de sus pilotos, Lewis Hamilton, ha conseguido el título mundial 7 veces y por lo general siempre está entre las tres primeras posiciones. Este año en cambio, este piloto no está consiguiendo buenas puntuaciones. La posición media de este piloto esta temporada está alrededor de 5º, lo cual es muy atípico considerando su carrera en la Fórmula 1.

1.4 IMPORTANCIA DEL CLIMA EN LOS CIRCUITOS DE FÓRMULA 1

En la Fórmula 1, los minúsculos cambios de temperatura tienen una gran repercusión en la manera en que los equipos se preparan para un Gran Premio y la temporada. Es importante mencionar la diferencia entre dos medidas muy importantes para las escuderías: la temperatura del aire y la temperatura de la pista. Aunque los dos están relacionados, no son lo mismo. En un día despejado y soleado, la temperatura del aire y de la pista aumentará. Pero tan pronto como llega una masa de nubes, la temperatura del aire desciende inmediatamente. Sin embargo, las barras retendrán el calor por más tiempo y se enfriarán más lentamente.

Neumáticos

Dependiendo del material de la superficie, las varillas pueden calentarse más o menos rápido. Si la pista tiene un alto contenido de betún, será más oscuro y, por lo tanto, absorberá más la luz solar y se calentará más rápido. Los cambios de temperatura afectan a muchas partes del coche, pero normalmente el mayor impacto se produce en los neumáticos. La temperatura de la pista afecta el rendimiento de la goma, que a su vez afecta el grado de agarre y la tasa de deterioro.

Refrigeración

El rendimiento neumático se ve alterado en gran parte por la temperatura de la pista, los frenos y la refrigeración se verán más afectados por la temperatura del aire. Como resultado, los equipos medirán y analizarán constantemente tanto la temperatura del aire, como de la pista, pero también las temperaturas de los componentes internos del coche. Esto permitirá, a los ingenieros del equipo, ver cómo evolucionan y cambian estos componentes en el transcurso de un entrenamiento o una carrera.

Capítulo 2. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

2.1.1 PYTHON: SCIKIT LEARN

Scikit-learn (anteriormente scikits.learn) es una biblioteca para Machine Learning o aprendizaje automático de software libre para el lenguaje de programación Python. Incluye varios algoritmos de clasificación, regresión y análisis de grupos entre los cuales están máquinas de vectores de soporte, bosques aleatorios, Gradient boosting, K-means y DBSCAN. Está diseñada para interoperar con las bibliotecas numéricas y científicas NumPy y SciPy.

En particular de este paquete, se hará uso de **“sklearn-som”**

Un simple mapa auto-organizado planar con métodos similares a los métodos de clustering en Scikit Learn.

La función **“sklearn-som”** es una implementación simple y minimalista de un mapa auto-organizado de Kohonen con una topología planar (rectangular). Se utiliza para agrupar datos y realizar la reducción de la dimensionalidad.

Un mapa autoorganizado (SOM) o mapa de características autoorganizado (SOFM) es una técnica de aprendizaje automático no supervisado que se utiliza para producir una representación de baja dimensión (normalmente bidimensional) de un conjunto de datos de mayor dimensión, preservando la estructura topológica de los datos. Por ejemplo, un conjunto de datos con p variables medidas en n observaciones podría representarse como clusters de observaciones con valores similares para las variables. Estos conglomerados podrían visualizarse como un "mapa" bidimensional, de manera que las observaciones de los conglomerados próximos tengan más valores similares que las de los conglomerados distales. Esto puede facilitar la visualización y el análisis de los datos de alta dimensión.

2.1.2 BASE DE DATOS

Este proyecto se desarrollará en Python. Se usará una base de datos de Kaggle.com. Esta base de datos contiene datos de la Formula 1 desde el 1950 hasta hoy.

Esta base de datos incluye los siguientes ficheros:

“Circuits”

circuitId	circuitRef	name	location	country	lat	lng	alt	url	
0	1	albert_park	Albert Park Grand Prix Circuit	Melbourne	Australia	-37.84970	144.96800	10	http://en.wikipedia.org/wiki/Melbourne_Grand_P...
1	2	sepang	Sepang International Circuit	Kuala Lumpur	Malaysia	2.76083	101.73800	18	http://en.wikipedia.org/wiki/Sepang_Internatio...
2	3	bahrain	Bahrain International Circuit	Sakhir	Bahrain	26.03250	50.51060	7	http://en.wikipedia.org/wiki/Bahrain_Internati...
3	4	catalunya	Circuit de Barcelona-Catalunya	Montmeló	Spain	41.57000	2.26111	109	http://en.wikipedia.org/wiki/Circuit_de_Barcel...
4	5	istanbul	Istanbul Park	Istanbul	Turkey	40.95170	29.40500	130	http://en.wikipedia.org/wiki/Istanbul_Park
...	
74	75	portimao	Autódromo Internacional do Algarve	Portimão	Portugal	37.22700	-8.62670	108	http://en.wikipedia.org/wiki/Algarve_Internati...
75	76	mugello	Autodromo Internazionale del Mugello	Mugello	Italy	43.99750	11.37190	255	http://en.wikipedia.org/wiki/Mugello_Circuit
76	77	jeddah	Jeddah Street Circuit	Jeddah	Saudi Arabia	21.54330	39.17280	15	http://en.wikipedia.org/wiki/Jeddah_Street_Cir...
77	78	losail	Losail International Circuit	Al Daayen	Qatar	25.49000	51.45420	\N	http://en.wikipedia.org/wiki/Losail_Internatio...
78	79	miami	Miami International Autodrome	Miami	United States	25.95810	-80.23890	\N	https://en.wikipedia.org/wiki/Miami_Internatio...

79 rows × 9 columns

Figura 1- Fichero circuits

Este fichero incluirá los datos de cada circuito donde se haya disputado algún Gran Premio desde 1950.

La primera columna (circuitId) representará el número de identificación del circuito desde el 1 al 79. Las columnas “lat”, “lng” y “alt”, representarán las coordenadas geográficas de dicho circuito.

“Drivers”

driverId	driverRef	number	code	forename	surname	dob	nationality	url
0	1	hamilton	44	HAM	Lewis Hamilton	1985-01-07	British	http://en.wikipedia.org/wiki/Lewis_Hamilton
1	2	heidfeld	\N	HEI	Nick Heidfeld	1977-05-10	German	http://en.wikipedia.org/wiki/Nick_Heidfeld
2	3	rosberg	6	ROS	Nico Rosberg	1985-06-27	German	http://en.wikipedia.org/wiki/Nico_Rosberg
3	4	alonso	14	ALO	Fernando Alonso	1981-07-29	Spanish	http://en.wikipedia.org/wiki/Fernando_Alonso
4	5	kovalainen	\N	KOV	Heikki Kovalainen	1981-10-19	Finnish	http://en.wikipedia.org/wiki/Heikki_Kovalainen
...
849	851	aitken	89	AIT	Jack Aitken	1995-09-23	British	http://en.wikipedia.org/wiki/Jack_Aitken
850	852	tsunoda	22	TSU	Yuki Tsunoda	2000-05-11	Japanese	http://en.wikipedia.org/wiki/Yuki_Tsunoda
851	853	mazepin	9	MAZ	Nikita Mazepin	1999-03-02	Russian	http://en.wikipedia.org/wiki/Nikita_Mazepin
852	854	mick_schumacher	47	MSC	Mick Schumacher	1999-03-22	German	http://en.wikipedia.org/wiki/Mick_Schumacher
853	855	zhou	\N	ZHO	Guanyu Zhou	1999-05-30	Chinese	https://en.wikipedia.org/wiki/Guanyu_Zhou

Figura 2- Fichero drivers

Este fichero incluirá la identificación y los datos de cada piloto que ha corrido en algún Gran Premio de la Formula 1 desde 1950.

La primera columna representará el número de identificación del piloto desde el 1 (Hamilton) hasta el 855 (Zhou, debutando la temporada actual).

“Races”

raceId	year	round	circuitId	name	date	time	url
0	1	2009	1	Australian Grand Prix	2009-03-29	06:00:00	http://en.wikipedia.org/wiki/2009_Australian_G...
1	2	2009	2	Malaysian Grand Prix	2009-04-05	09:00:00	http://en.wikipedia.org/wiki/2009_Malaysian_Gr...
2	3	2009	3	Chinese Grand Prix	2009-04-19	07:00:00	http://en.wikipedia.org/wiki/2009_Chinese_Gran...
3	4	2009	4	Bahrain Grand Prix	2009-04-26	12:00:00	http://en.wikipedia.org/wiki/2009_Bahrain_Gran...
4	5	2009	5	Spanish Grand Prix	2009-05-10	12:00:00	http://en.wikipedia.org/wiki/2009_Spanish_Gran...
...
1075	1092	2022	19	Japanese Grand Prix	2022-10-09	05:10:00	https://en.wikipedia.org/wiki/2022_Japanese_Gr...
1076	1093	2022	20	United States Grand Prix	2022-10-23	19:00:00	https://en.wikipedia.org/wiki/2022_United_Stat...
1077	1094	2022	21	Mexico City Grand Prix	2022-10-30	19:00:00	https://en.wikipedia.org/wiki/2022_Mexican_Gra...
1078	1095	2022	22	São Paulo Grand Prix	2022-11-13	17:00:00	https://en.wikipedia.org/wiki/2022_S%C3%A3o_Pa...
1079	1096	2022	23	Abu Dhabi Grand Prix	2022-11-20	13:00:00	https://en.wikipedia.org/wiki/2022_Abu_Dhabi_G...

1080 rows × 8 columns

Figura 3- Fichero races

Este fichero incluirá los datos de cada carrera que se ha disputado desde 1950.

La primera columna (raceId) representará el número de identificación de la carrera. La columna de “circuitId” incluirá el número del circuito donde se ha disputado esa carrera.

resultId	raceId	driverId	constructorId	number	grid	position	positionText	positionOrder	points	laps	time	
0	1	18	1	1	22	1	1	1	10.0	58	1:34:50.616	
1	2	18	2	2	3	5	2	2	8.0	58	+5.478	
2	3	18	3	3	7	7	3	3	6.0	58	+8.163	
3	4	18	4	4	5	11	4	4	5.0	58	+17.181	
4	5	18	5	1	23	3	5	5	4.0	58	+18.014	
...	
25394	25400	1073	815	9	11	4	15	15	15	0.0	55	\N
25395	25401	1073	849	3	6	16	\N	R	16	0.0	50	\N
25396	25402	1073	841	51	99	14	\N	R	17	0.0	33	\N
25397	25403	1073	847	3	63	17	\N	R	18	0.0	26	\N
25398	25404	1073	8	51	7	18	\N	R	19	0.0	25	\N

25399 rows × 18 columns

Figura 4- Fichero results

Este fichero incluirá cada resultado de cada piloto en todos los Grandes Premios desde 1950.

La primera columna representará el número de identificación del resultado, la segunda columna, el de la carrera y la tercera, el del piloto al que corresponde dicho resultado. Las columnas “grid” representará el resultado de la clasificación de dicho piloto, y por lo tanto, su puesto en la parrilla de salida de la carrera. La columna “position”, representará la posición que ha obtenido dicho piloto en la carrera.

Capítulo 3. ESTADO DE LA CUESTIÓN

El aprendizaje automático (Machine Learning) es una rama de la ciencia enfocada a que los ordenadores funcionen como mentes pensantes, que aprendan de ciertos patrones para poder reconocer o recrear casos e imágenes. "En el aprendizaje de máquinas un computador observa datos, construye un modelo basado en esos datos y utiliza ese modelo a la vez como una hipótesis acerca del mundo y una pieza de software que puede resolver problemas". A día de hoy este proceso se ha aplicado a diversas situaciones para predecir y con ello optimizar diversas situaciones o problemas. Por ejemplo, se ha utilizado para detección de rostro, forecast (tráfico y meteorología), vehículos autónomos, robots y mucho más.

Las estrategias de Formula 1 son una herramienta imprescindible para ganar la carrera y han evolucionado mucho desde su inauguración. Esto es un terreno perfecto para explorar y aplicar el machine learning. Teniendo una base de datos de todas las carreras y aplicando algoritmos de aprendizaje supervisado podremos predecir la posición de un piloto en una carrera futura.

Una variable importante será el número de pit stops y cuando hacerlos. Hoy en día se hacen muchas estrategias curiosas en las que los pilotos usan estas para ganar ventaja o adelantar puestos. Una estrategia muy común usada por la escudería Mercedes es el Undercut:

Básicamente, es una estrategia de carrera que consiste en entrar a boxes para cambiar los neumáticos antes que el rival para que, cuando él entre a cambiarlos, salga detrás del piloto que ha hecho el "undercut". Esta técnica funciona cuando los dos pilotos llevan unos neumáticos desgastados y, al cambiarlos, se mejorará el ritmo disminuyendo los tiempos por vuelta. Por tanto, al cambiar los neumáticos, se perderán unos 22 segundos (depende del circuito), pero si vuelta a

vuelta recuperas tiempo, cuando el otro piloto entre a cambiar sus neumáticos y pierda sus 22 segundos, se habrán cambiado las posiciones.

En 2018 ocurrió con Verstappen y Hamilton. En este caso el que hizo el undercut fue Verstappen y ganó la posición respecto a Hamilton. En la siguiente gráfica podéis observar como la distancia al primero de Verstappen aumenta antes que la de Hamilton (representando la parada en boxes) y como consigue quitarle la posición a Hamilton adelantándole.

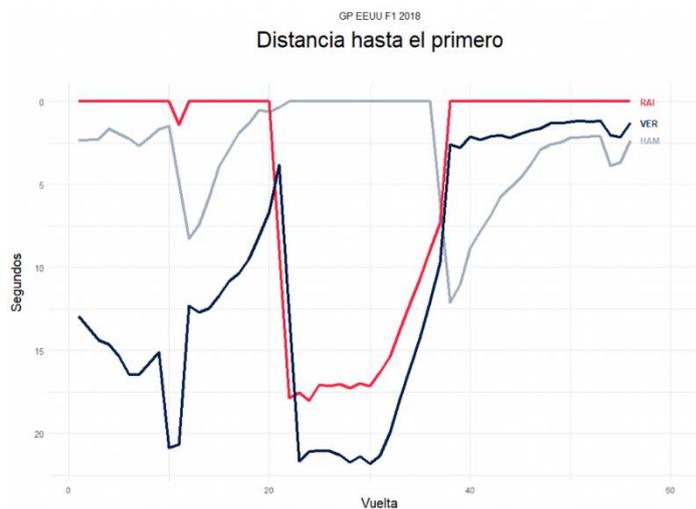


Figura 5- Undercut Verstappen a Hamilton

Por todo esto las paradas en boxes de la Fórmula 1 son una parte crucial de cualquier carrera. Si se equivocan, su carrera puede ser un desastre. Si las hacen bien, pueden ganar una carrera. Pero las estrategias de paradas en boxes y el número de paradas en una carrera difieren y casi nunca son iguales para los pilotos durante una carrera.

El piloto hará de una a tres paradas en boxes durante la carrera de F1. La cantidad de veces que un conductor se detiene depende de muchas variables, incluido el clima, las características del asfalto, las estrategias de los rivales y el potencial de daño al automóvil. Sin embargo, el piloto está obligado a detenerse a cambiar neumáticos al menos una vez durante la carrera.

Todas estas variables son importantes para conseguir predecir y optimizar posiciones de los pilotos para ayudar a planificar las próximas carreras, pero es importante mencionar que es una competición bastante impredecible a largo plazo, por lo que acabamos de mencionar. Las estrategias y lo veloces que son los coches cambian mucho cada año y dependen en gran parte de la escudería. Es por eso que en este proyecto se analizará la influencia de las escuderías en el campeonato, y de qué manera podremos conseguir predecirlas.

Capítulo 4. DEFINICIÓN DEL TRABAJO

4.1 JUSTIFICACIÓN

La mayoría de la gente asocia una ‘estrategia’ de F1 con los pit stops y la decisión de qué neumáticos montar. Y eso es cierto. Durante la carrera en sí, el objetivo del departamento de estrategia es optimizar el coche frente a la competencia para terminar la carrera en la posición más alta posible. Pero es necesario retroceder para ver realmente el trabajo más amplio del departamento de estrategia.

El equipo utilizará todos los datos disponibles para crear una imagen detallada de todos los escenarios posibles y sus implicaciones para la estrategia. «A medida que se completa cada fin de semana de carrera, nuestros sistemas se actualizan para volver a analizar qué esperar de los próximos eventos; cada fin de semana de carrera brinda una gran comprensión de dónde somos débiles, dónde somos fuertes y cómo podemos mejorar», explica Mercedes.

En este proyecto se analizarán las variables más significativas que influyen en una carrera de Formula 1. Con ello, se podrá detectar como afectan esas variables a un piloto en concreto en un circuito concreto y de qué manera se podrán utilizar a favor del piloto o escudería.

Cuando tenga identificadas las variables se buscará la manera de poder predecir las posiciones finales de una carrera fijando algunas de ellas. Aunque no sea una ciencia exacta, permitirá Aunque no sea una ciencia exacta, permitirá que los equipos puedan ver en que carreras tienen más posibilidad de destacar por encima de sus rivales y ganar puntos.

4.2 OBJETIVOS

A través del Machine Learning, este proyecto tendrá como objetivo buscar patrones y poder predecir las posiciones en los Grandes Premios de la temporada 2021-2022.

Se buscará en qué circuitos destacan más un piloto y en cuáles tenderá a obtener peores posiciones, con el objetivo de que las escuderías analicen sus puntos fuertes y puntos débiles para plantear mejor la estrategia para la próxima temporada.

También analizará el clima de dichos circuitos, para que cuenten con ello a la hora de escoger la estrategia adecuada para cada Gran Premio.

El verdadero objetivo de este proyecto es saber cómo predecir las posiciones de los pilotos en los grandes premios y qué variables son más importantes de las mencionadas anteriormente, para ayudar a las escuderías a saber cuál es su terreno de juego y dónde deben mejorar.

4.3 METODOLOGÍA

En primer lugar, se usará la base de datos de Kaggle.com que se menciona en el apartado 2.1.2, que incluye todos los datos de las pasadas carreras de Formula 1 desde 1950.

Estos datos se agruparán haciendo Self Organizing Maps (SOM), que permitirá obtener neuronas cuyos pesos representarán información representativa del piloto o circuito.

Un mapa autoorganizado (SOM), como se menciona en el capítulo 2.1.1, es una técnica de aprendizaje automático no supervisada que se utiliza para producir una representación de baja dimensión (normalmente bidimensional) de un conjunto de datos de mayor dimensión. Esto permite que los datos de alta dimensión sean más fáciles de visualizar y analizar. Un SOM es un tipo de red neuronal artificial, pero se entrena mediante aprendizaje competitivo en lugar del aprendizaje de corrección de utilizado por otras redes neuronales artificiales.

Predeciré las posiciones de estos pilotos en cada circuito haciendo uso de los SOMs y de probabilidad relativa y absoluta. Al final ordenaré los pilotos en orden ascendente para cada Gran Premio, pudiendo así predecir el ganador de cada carrera y del campeonato.

Capítulo 5. MODELO DE PREDICCIÓN

DESARROLLADO

En este capítulo se desarrollará el modelo, y se incluirán aquellas explicaciones de los procedimientos y los resultados obtenidos solo para un caso de cada modelo SOM. El resto se incluirán en el Anexo.

Al final de este capítulo se tendrá la predicción de la parrilla y la carrera de cada Gran Premio que se va a disputar esta temporada 2021-2022.

5.1 INTRODUCCIÓN A LOS SELF ORGANIZING MAPS

Los mapas auto-organizados de Kohonen (o simplemente mapas auto-organizados, o SOM, por sus siglas en inglés) son un tipo de red neuronal.

Fueron desarrollados en 1982 por Teuvo Kohonen, profesor emérito de la Academia de Finlandia. Los mapas auto-organizados forman parte de los algoritmos que se basan en paradigmas de aprendizaje “*no supervisado*”. Se denominan auto-organizados porque configuran la información en forma de grupos, cuyas características van variando progresivamente de una neurona a otra. Se denominan “mapas”, porque establecen una reducción de datos en grupos bajo las distintas neuronas que lo componen, cuyos centroides o pesos, representan una distribución de la información en forma de mapa a través de las neuronas o grupos (Kohonen, 1990).

Cada dato que estimula el mapa se presenta a todas las neuronas, y se establece entre ellas una competición que pretende quedarse con el dato. El dato finalmente se asignará, a aquella neurona cuyos pesos se parezcan más en ese momento al dato que se ha introducido. La recompensa que la neurona recibirá será la adaptación de pesos por ser la ganadora de la competición. Como premio de consolación, también consiguen modificar sus pesos, las neuronas vecinas de la ganadora. Previamente se ha de definir un tamaño de región de vecindad. Este hiperparámetro, es la esencia de la autoorganización.

Por lo general, un mapa puede tener formas cuadradas/rectangulares/hexagonales/L en el espacio de características 2D.

5.2 FUNCIONAMIENTO DEL SOM

Una vez definida la arquitectura del SOM, se procede a entrenar el mapa o lo que es equivalente, a definir los pesos de las neuronas. En primer lugar, los pesos de cada nodo se inicializan a valores aleatorios. Después, un ejemplo es elegido de manera completamente aleatoria del conjunto de datos como entrada del SOM. Posteriormente, cada vector de pesos de cada neurona se compara con el ejemplo introducido mediante una medida de distancia como puede ser la distancia euclídea y de ahí, se deduce la neurona ganadora, ‘Best Matching Unit’ o BMU, que es a la que se le modificarán los pesos por haber ganado la competición.

Antes de comenzar el entrenamiento se ha de definir una región de vecindad. Una vez una neurona ha ganado la competición tras el paso de un ejemplo, se determinan cuáles son las neuronas vecinas de acuerdo con la región de vecindad, y a ellas se les modifican sus pesos también. Este proceso se repite para todos los ejemplos disponibles del conjunto de entrenamiento y cuando se ha recorrido el mismo, se dice que se ha pasado un lote, batch o una iteración. Este proceso se ha de hacer un número de iteraciones hasta llegar a convergencia de pesos, que es cuando sus valores, en todas las neuronas, apenas se modifican por más iteraciones que se hagan.

En la figura 7 podemos apreciar esquemáticamente este proceso. Tenemos el vector inicial y los distintos pesos (w_{ij}) que van a ser asignados a los distintos nodos que forman una matriz en 2D de tamaño $P \times Q$.

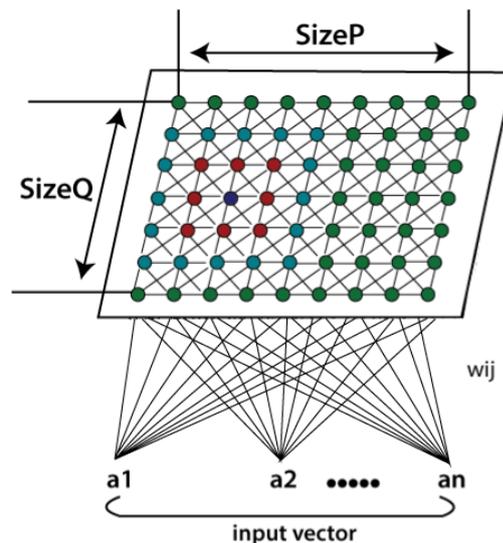


Figura 6- Esquema proceso Self Organizing Map de Kohonen

5.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SOM

Los SOMs que se implementarán, serán de ayuda para conocer la información que subyace en los datos. Estos mapas autoorganizativos, darán una idea de qué datos se parecen más a través de los grupos creados o neuronas propuestas. Esto se usará con el fin de encontrar patrones en la base de datos con la que se trabaja, y de esta manera, ordenarlos. De todos los miles de datos de entrada, estos mapas facilitarán reducirlas a un número de neuronas de salida que se considere adecuado. El proceso que se seguirá es el siguiente:

A. PREPROCESADO

En primer lugar, se organizarán y filtrarán aquellos datos que interesa analizar. Se colocarán en columnas separadas, ordenadas de manera que la primera columna representará “labels”, que es la clase real. Las siguientes columnas serán las columnas “data”, en las que se incluirán aquellos datos que el algoritmo comparará y usará para agrupar.

B. ENTRENAMIENTO

Los pesos de cada nodo se inicializan a valores aleatorios. Después, un ejemplo es elegido de manera completamente aleatoria del conjunto de datos como entrada del SOM. Posteriormente, cada vector de pesos de cada neurona se compara con el ejemplo introducido mediante una medida de distancia como puede ser la distancia euclídea, y de ahí, se deduce la neurona ganadora, BMU.

Después de definirse una región de vecindad, una vez una neurona ha ganado la competición tras el paso de un ejemplo, se determinan cuáles son las neuronas vecinas de acuerdo, a la región de vecindad, y a ellas, se les modifican sus pesos también. Este proceso se ha de hacer un número de iteraciones hasta llegar a convergencia de pesos.

C. ANÁLISIS

Cuando el SOM se ha entrenado (los pesos han llegado a su convergencia), se podrá usar dicho modelo para predecir a qué grupo pertenece cualquier caso que se le introduzca como entrada.

Para decidir el tipo de grupo bajo una neurona, se deberá deducir cual es el perfil de datos que más frecuentemente ha caído en cada neurona y de ahí, poder caracterizar cada neurona con ese perfil más típico.

Para explicar esto mejor se analizará el ejemplo de SOM con el “iris dataset” de ‘Sklearn’ (Brent Komer, James Bergstra, and Chris Eliasmith, 2014).

Los datos que se usarán en el SOM tendrán la forma de la figura 8.

```
In [15]: pd.DataFrame(iris_data)
```

```
Out[15]:
```

	0	1	2	3
0	5.1	3.5	1.4	0.2
1	4.9	3.0	1.4	0.2
2	4.7	3.2	1.3	0.2
3	4.6	3.1	1.5	0.2
4	5.0	3.6	1.4	0.2
...
145	6.7	3.0	5.2	2.3
146	6.3	2.5	5.0	1.9
147	6.5	3.0	5.2	2.0
148	6.2	3.4	5.4	2.3
149	5.9	3.0	5.1	1.8

150 rows × 4 columns

Figura 7- Data SOM iris

Hay 150 ejemplos y cada ejemplo está caracterizado por 4 atributos, que son la anchura del sépalo, el largo del sépalo y el ancho y el largo del pétalo. Las tres clases son setosa, virgínica y versicolor.

Este ejemplo es de naturaleza supervisada y por tanto, se conoce la clase a la que pertenece cada ejemplo. Sin embargo, a un SOM no le hace falta conocer la clase, y por tanto, se usarán como entrada los 150 ejemplos y solo los 4 atributos que describen cada caso. No se usará la clase que se conoce.

Cuando se ha obtenido el modelo, lo que se hace es pasar los datos de nuevo, no como entrenamiento sino como predicción, y se ve en qué neurona ha caído cada dato. Se pinta con colores distintos a los casos que han caído en cada neurona. Finalmente, sacamos la información de la clase de cada ejemplo y comparamos ambas figuras. Se puede observar que hay una muy buena aproximación en la Figura 9.

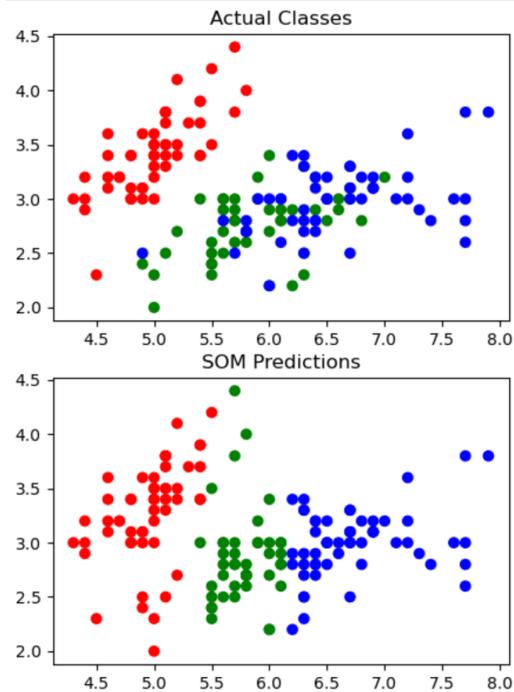


Figura 8- Representación gráfica clases reales y predicciones del SOM

5.4 *MODELOS*

5.4.1 **MODELO 1: CALIDAD DE PILOTOS EN LA CLASIFICACIÓN DE F1 Y SU TÍPICA POSICIÓN EN CARRERAS**

En primer lugar, diseña un modelo SOM con 3 neuronas para conocer los 3 grupos en los que se puede dividir a los pilotos según sus posiciones en la clasificación y en la carrera, en un Gran Premio cualquiera. Esto servirá para descubrir qué pilotos son más propensos a quedar en mejor o peor posición en la carrera y en la clasificación.

Para ello, de toda la base de datos se usará el fichero “results” que tendrá la siguiente forma:

resultid	raceid	driverid	constructorid	number	grid	position	positionText	positionOrder	points	laps	time	milliseconds	fastestLap	
0	1	18	1	1	22	1	1	1	10.0	58	1:34:50.616	5690616	39	
1	2	18	2	2	3	5	2	2	8.0	58	+5.478	5696094	41	
2	3	18	3	3	7	7	3	3	6.0	58	+8.163	5698779	41	
3	4	18	4	4	5	11	4	4	5.0	58	+17.181	5707797	58	
4	5	18	5	1	23	3	5	5	4.0	58	+18.014	5708630	43	
...	
25394	25400	1073	815	9	11	4	15	15	0.0	55	\N	\N	51	
25395	25401	1073	849	3	6	16	\N	R	16	0.0	50	\N	\N	30
25396	25402	1073	841	51	99	14	\N	R	17	0.0	33	\N	\N	33
25397	25403	1073	847	3	63	17	\N	R	18	0.0	26	\N	\N	23
25398	25404	1073	8	51	7	18	\N	R	19	0.0	25	\N	\N	23

Figura 9 - Fichero “results”

El primer análisis que se ha llevado a cabo tiene por objetivo analizar qué pilotos son más propensos a quedar en mejores posiciones, en función de sus pasadas puntuaciones en la clasificación y la carrera de todos los Grandes Premios en los que han participado.

El modelo llevado a cabo tiene las siguientes características:

INPUT	ARQUITECTURA DEL SOM	OUTPUT
DATA	Nº DE NEURONAS	CALIDAD DEL PILOTO
Posición en la clasificación (grid) y posición en la carrera	3	Cada grupo indicará en qué posición son más propensos a quedar.

Se usarán como columnas de “data” las llamadas “grid” y “position” que representan la posición en la clasificación y en la carrera respectivamente, de un piloto en concreto en un Gran Premio.

Se ha forzado a agrupar los casos analizados en tres grupos, ya que en muchos ámbitos de Fórmula 1, suele hablarse de 3 grupos en la parrilla. El más alto que suele estar formado por Red Bull y Mercedes, el segundo, comúnmente conocido como el “midfield” y, por último, los pilotos que suelen acabar al final de la parrilla. Así, los pilotos de la temporada 2021-

2022 se han repartido en tres grupos, cada uno correspondiente a una neurona del modelo, tal como se presenta en la Figura 11.

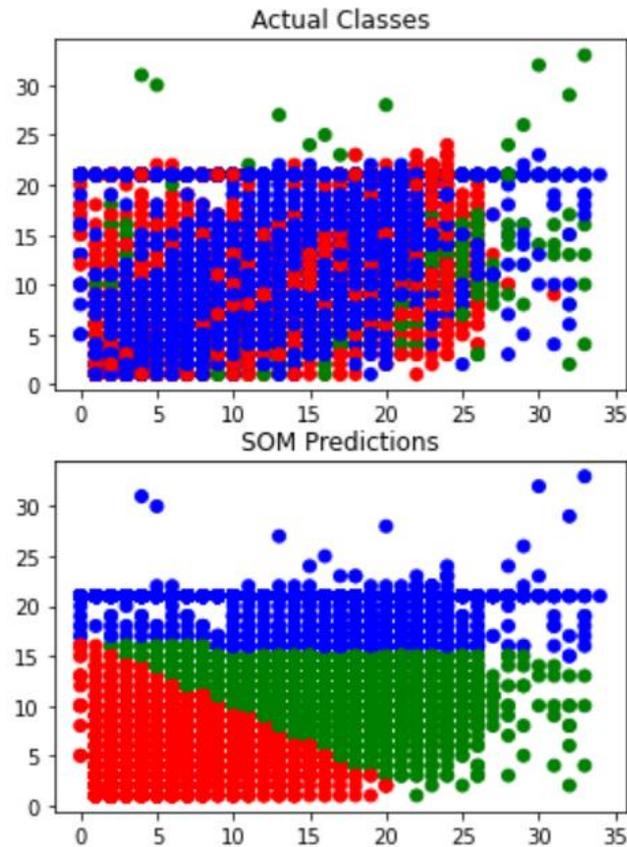


Figura 10

Para saber entender qué significa que cada piloto haya caído en estas neuronas, se usarán los pesos de cada neurona. Estos pesos representan el punto medio al que se han asemejado todos y por ello representa el centroide de cada neurona.

Los pesos de las neuronas fueron los siguientes:

```
[[ 8.14960211  6.50133976]
 [12.59348217 12.49726648]
 [12.88764221 19.15223751]]
```



Figura 11 - Representación gráfica pesos neuronas

Como se puede observar, el grupo de pilotos bajo la neurona 0 se corresponde con pilotos que están en los primeros puestos de la clasificación de F1 (alrededor del puesto 8°), y que han quedado en posiciones más adelantadas de la carrera (alrededor de la 6°). La neurona 1 representa a pilotos que están en una posición intermedia de la parrilla (12°), y que han quedado en posiciones intermedias de las carreras (12°). Por último, la neurona 2 representa a los peores pilotos tanto en posición de F1 (13°) como en clasificación de carreras (19°).

El modelo ya está generado y además se conocen los “labels”, es decir, se conoce a qué piloto correspondía cada dato de entrada. Estos “labels” no han formado parte del entrenamiento y con ellos se podrá comprobar el perfil de los casos que han caído en cada una de las neuronas.

Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Hamilton	Magnussen	Russel
Alonso	Stroll	Schumacher
Vettel	Tsunoda	Latifi
Verstappen	Giovinazzi	Mazepin
Bottas	Gasly	
Perez		
Sainz		
Leclerc		
Norris		
Albon		
Ricciardo		
Ocon		

Por ello se puede observar, que la primera neurona son aquellos pilotos que quedarán en mejores posiciones en la clasificación y carrera. Al analizar los pilotos que han caído en esta neurona, se aprecian a varios campeones del mundo y a muchos pilotos del “midfield” que han conseguido quedar en mejores posiciones en algunas carreras. Como por ejemplo Ricciardo, que cuando estuvo pilotando para RedBull consiguió muy buenas posiciones y ahora que está en McLaren, está de vuelta en el “midfield”. Otro ejemplo es Lando Norris de McLaren, que a pesar de no tener un coche tan bueno como el de RedBull y Mercedes, suele quedar alrededor del puesto 6 y ha conseguido quedar tercero cinco veces y segundo una vez, en el Gran Premio de Monza de 2021.

En la segunda neurona han caído pilotos del midfield que no han conseguido quedar en mejores posiciones y por lo tanto, siempre rondan la mitad de la parrilla y la carrera. Por ejemplo, Stroll que actualmente corre para Aston Martin, ha conseguido 3 podios en toda su carrera en la Formula 1 pero su media de puntos por carrera es de 1.63, que lo sitúa alrededor de la posición 9º y 10º de la carrera.

En la última neurona han caído 4 pilotos que en la mayor parte de su carrera han estado en escuderías con coches por lo general menos veloces, como son Williams y Haas, y por lo tanto, generalmente suelen ocupar las últimas posiciones tanto de la parrilla como de la carrera.

5.4.2 MODELO 2: CALIDAD DE CADA PILOTO EN CIRCUITOS DE LA FÓRMULA 1

El segundo análisis que se ha llevado a cabo tiene por objetivo analizar en qué circuitos cada piloto es más propenso a quedar en mejores posiciones, en función de sus anteriores puntuaciones en la clasificación y carrera, de todos los Grandes Premios en los que han participado.

El modelo llevado a cabo tiene las siguientes características:

INPUT	ARQUITECTURA DEL SOM	OUTPUT
DATA	Nº DE NEURONAS	CALIDAD DEL PILOTO
Posición en la clasificación (grid) y posición en la carrera	3	Cada grupo indicará en qué posición son más propensos a quedar en cada circuito

El segundo SOM que se implementará será individual para cada piloto de la temporada 2022, y en él se analizará de nuevo las posiciones de la clasificación y la carrera, pero la clase real

que se agrupará será el circuito. De esta manera, se conocerán aquellos circuitos más o menos favorables para cada piloto.

Para ello se volverá a usar el fichero “results” representado en la Figura X y se implementará de la siguiente manera:

Se usarán como columnas de “data” las llamadas “grid” y “position” que representan la posición en la clasificación y en la carrera, respectivamente, de un piloto en concreto en un Gran Premio.

Al analizar al piloto español **FERNANDO ALONSO/Alpine**, se han obtenido los siguientes resultados. Se han repartido los datos en tres grupos, cada uno correspondiente a una neurona del modelo, tal como se presenta en la Figura 12.

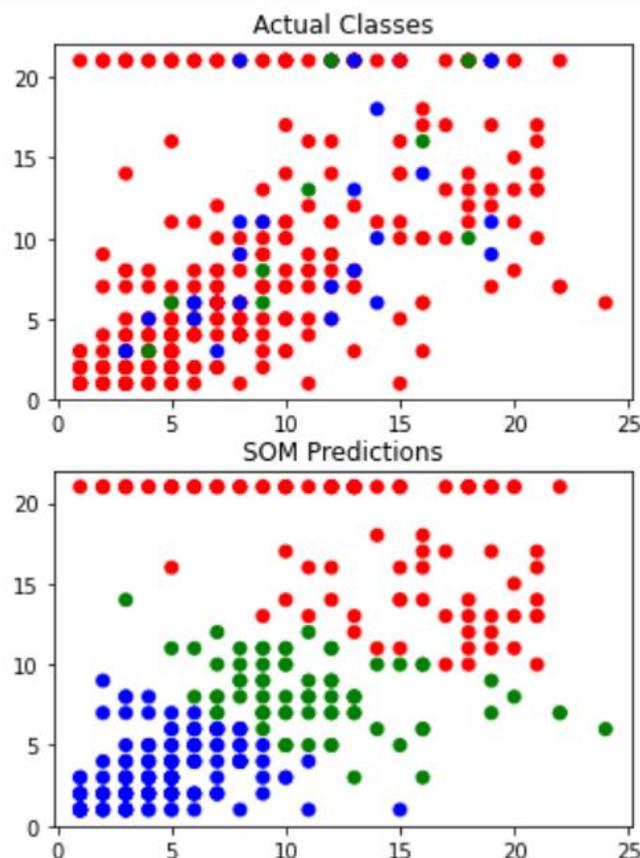


Figura 12

Los pesos de estas neuronas que nos informarán de en qué circuitos este piloto queda en mejores posiciones, son los siguientes:

```
[[11.29421307 15.55378492]
 [ 8.9991008  9.1438443 ]
 [ 5.68131636 4.27976712]]
```

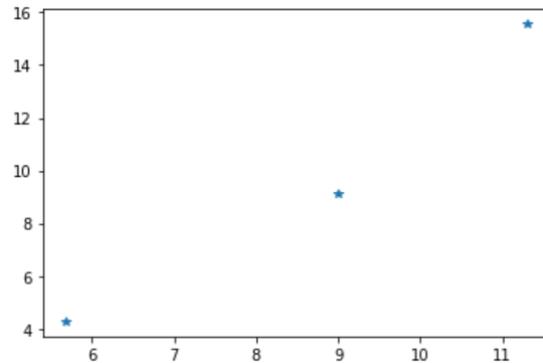


Figura 13-Representación gráfica pesos neuronas

Por lo tanto, Fernando Alonso será más propenso a quedar en mejor posición tanto en la carrera como en la clasificación en los circuitos de la neurona 2, que corresponde a la posición 5º en la clasificación y 4º en la carrera. En los circuitos de la neurona 1, el piloto Fernando Alonso tendrá tendencia a quedar en la posición 9º tanto en la clasificación como en la carrera, mientras que las peores posiciones tenderá a tenerlas en los circuitos de la neurona 0, que corresponde a la posición 11º en la clasificación y 15º en la carrera.

El modelo ya está generado y además se conocen los “labels”, es decir, se conoce a qué circuito correspondía cada dato de entrada. Estos “labels” no han formado parte del entrenamiento y con ellos se podrá comprobar el perfil de los casos que han caído en cada una de las neuronas.

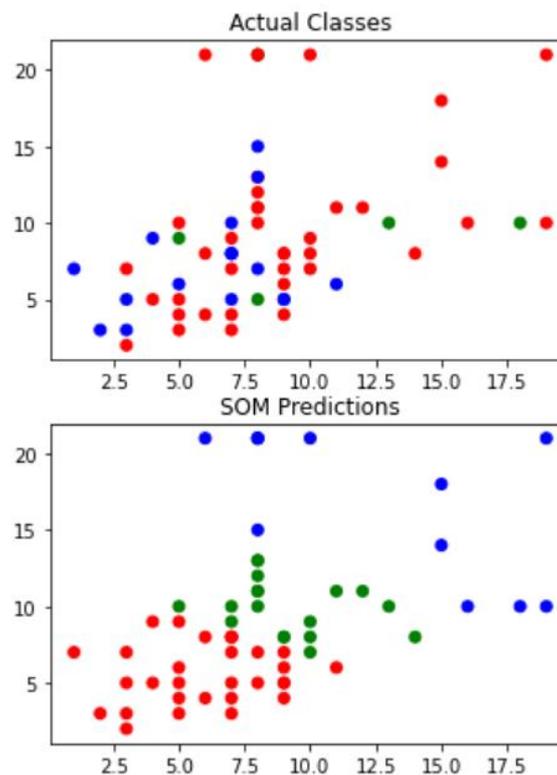
Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Circuit Gilles Villeneuve	Bahrain International Circuit	Albert Park Grand Prix Circuit
Circuit de Spa-Francorchamps	Yas Marina Circuit	Circuit de Barcelona-Catalunya
Autodromo Nazionale di Monza	Circuit Park Zandvoort	Circuit de Monaco
Suzuka Circuit	Baku City Circuit	Silverstone Circuit
Autódromo Hermanos Rodríguez		Hungaroring
Circuit Paul Ricard		Marina Bay Street Circuit
Circuit of the Americas		Autódromo José Carlos Pace
Red Bull Ring		Autodromo Enzo e Dino Ferrari
Jeddah Street Circuit		

Este piloto ha tenido múltiples victorias a lo largo de su carrera en la Fórmula 1, como por ejemplo en el circuito de Mónaco. Este piloto ha conseguido dos victorias en este Gran Premio. Por eso este circuito se encuentra en la neurona 0, la correspondiente a los circuitos donde Fernando Alonso será más propenso a obtener buenas posiciones. Otro caso en esta neurona es el Gran Premio de España, en el circuito de Barcelona-Catalunya. Este piloto ha conseguido subir al podio en este circuito en cinco ocasiones y ha obtenido una victoria en este circuito nacional, por ello en esta próxima temporada, este piloto tenderá a obtener mejores posiciones en este circuito.

Por otro lado, los circuitos que componen la neurona 2 son aquellos en los que este piloto, por lo general, ocupará peores posiciones. Un ejemplo muy claro es el Circuito de las Américas en el Gran Premio de Estados Unidos, el cual no ha conseguido acabar las 3 últimas temporadas.

Otra cosa interesante que se puede apreciar por las neuronas, es que este piloto estará en el midfield, ya que los circuitos de esta temporada están bastante dispersados entre las 3 neuronas.

Para **LANDO NORRIS/McLaren** estos fueron los resultados:



Los respectivos pesos de cada neurona son los siguientes:

[[6.43447943 6.7043902]
 [8.28371181 9.78568075]
 [10.82699817 15.64711805]]

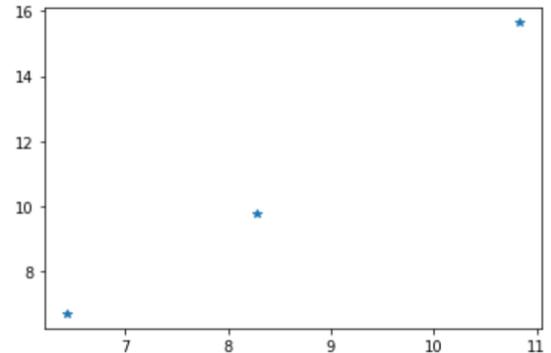


Figura 14-Representación gráfica pesos neuronas

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:

Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Bahrain International Circuit	Albert Park Grand Prix Circuit	Autódromo Hermanos Rodríguez
Circuit de Monaco	Circuit de Barcelona-Catalunya	
Silverstone Circuit	Hungaroring	
Autodromo Nazionale di Monza	Circuit de Spa-Francorchamps	
Marina Bay Street Circuit	Autódromo José Carlos Pace	
Autodromo Enzo e Dino Ferrari	Suzuka Circuit	
Yas Marina Circuit	Circuit Park Zandvoort	
Circuit Paul Ricard	Jeddah Street Circuit	
Circuit of the Americas		
Red Bull Ring		
Baku City Circuit		

Por ello podemos llegar a la conclusión de que será más probable que Lando Norris acabe en posiciones más altas si compite en alguno de los circuitos de la neurona 0, en los que tenderá a quedar en la posición 6° en la clasificación y en la carrera. En los circuitos de la neurona 1, será más propenso a quedar en las posiciones 8 ° en la clasificación y 9° en la carrera, mientras que en los circuitos de la neurona 2, tendrá sus peores posiciones que son 11° en la clasificación y 15° en la carrera. Este piloto en concreto ha conseguido sus 6

podios en Autodromo Nazionale di Monza, Circuit de Monaco, Autodromo Enzo e Dino Ferrari y Red Bull Ring, que están todos en la neurona 0.

De uno de los pilotos, Guanyu Zhou, no se podrá hacer este análisis ya que no ha participado todavía en ninguna carrera de Formula 1. Para el resto de los pilotos de la temporada de Formula 1 2022-2023, estos fueron sus resultados:

Como se ha explicado con el piloto anterior, al observar la dispersión de las neuronas se puede llegar a la conclusión de que este piloto, por lo general, ocupará las mejores posiciones de las carreras ya que únicamente existe un circuito en la neurona 2 y el resto están dispersados por las neuronas 0 y 1, las correspondientes a los circuitos con las mejores posiciones para Lando Norris.

Para **MAX VERSTAPPEN/Red Bull** estos fueron los resultados:

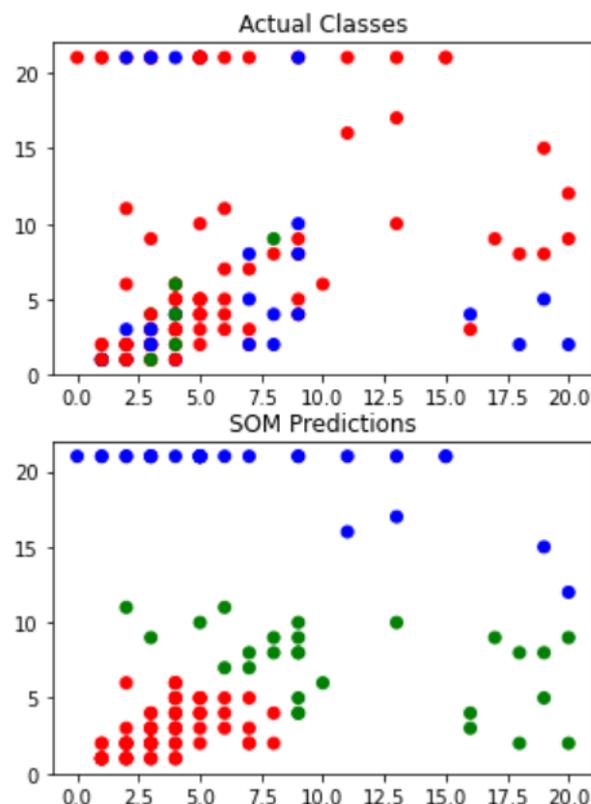


Figura 15

Los pesos correspondientes a estas neuronas son los siguientes:

[[4.24971584 3.51325609]
[7.47837148 8.26741787]
[9.13879381 17.04342713]]

El piloto Max Verstappen tenderá a quedar en las posiciones 4º en la clasificación y 3º en la carrera en los circuitos de la neurona 0. En los circuitos de la neurona 1, las posiciones más probables serán 7º en la clasificación y 8º en la carrera, mientras que en los de la neurona 2 serán 9º en la clasificación y 17º en la carrera.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:

Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Albert Park Grand Prix Circuit	Autodromo Nazionale di Monza	Bahrain International Circuit
Circuit de Barcelona-Catalunya		Baku City Circuit
Circuit de Monaco		
Circuit Gilles Villeneuve		
Silverstone Circuit		
Hungaroring		
Circuit de Spa-Francorchamps		
Marina Bay Street Circuit		
Autódromo José Carlos Pace		
Autodromo Enzo e Dino Ferrari		
Suzuka Circuit		
Yas Marina Circuit		
Autódromo Hermanos Rodríguez		
Circuit Paul Ricard		
Circuit Park Zandvoort		
Circuit of the Americas		
Red Bull Ring		
Jeddah Street Circuit		

Estos resultados tienen lógica ya que las numerosas victorias de Max Verstappen han sido en el Red Bull Ring, Autódromo Hermanos Rodríguez y el Yas Marina Circuit entre muchos otros más de la neurona 0. En el Baku City Circuit ha tenido de sus peores resultados, siendo la posición 18 en la carrera. Y en Bahrain International Circuit no ha

acabado la carrera varias veces por accidente o problemas de motor y su mejor posición en este circuito es 4º, que para este piloto es una posición baja.

Al observar la dispersión de los circuitos por las neuronas y sus correspondientes pesos, se puede afirmar que este piloto tiene capacidad para ganar un campeonato, ya que únicamente tiene un circuito en la neurona 1 y dos circuitos en la neurona 2. Los otros 18 circuitos de esta temporada se encuentran en la neurona 0, es decir, la correspondiente a los circuitos donde Max Verstappen ocupará posiciones cercanas a 4º en la clasificación y 3º en la carrera. Este piloto, por lo general, ocupará las mejores posiciones en 18 de los 21 circuitos de esta temporada.

El análisis de la calidad del piloto en circuitos de la Formula 1 del resto de pilotos se encuentran en el Anexo.

5.4.3 MODELO 3: GEOLOCALIZACIÓN CIRCUITOS DE F1 SEGÚN COORDENADAS

A continuación, se analizará la geolocalización de los circuitos de Formula 1 para ver en qué zona geográfica están. Para ello, se usará el dataframe "results" que se puede observar en la Figura 16.

```
In [1075]: circuits
```

```
Out[1075]:
```

	circuitId	circuitRef	name	location	country	lat	lng	alt	url
0	1	albert_park	Albert Park Grand Prix Circuit	Melbourne	Australia	-37.84970	144.96800	10	http://en.wikipedia.org/wiki/Melbourne_Grand_P...
1	2	sebang	Sepang International Circuit	Kuala Lumpur	Malaysia	2.76083	101.73800	18	http://en.wikipedia.org/wiki/Sepang_Internatio...
2	3	bahrain	Bahrain International Circuit	Sakhir	Bahrain	26.03250	50.51060	7	http://en.wikipedia.org/wiki/Bahrain_Internati...
3	4	catalunya	Circuit de Barcelona-Catalunya	Montmeló	Spain	41.57000	2.26111	109	http://en.wikipedia.org/wiki/Circuit_de_Barcel...
4	5	istanbul	Istanbul Park	Istanbul	Turkey	40.95170	29.40500	130	http://en.wikipedia.org/wiki/Istanbul_Park
...
74	75	portimao	Autódromo Internacional do Algarve	Portimão	Portugal	37.22700	-8.62670	108	http://en.wikipedia.org/wiki/Algarve_Internati...
75	76	mugello	Autodromo Internazionale del Mugello	Mugello	Italy	43.99750	11.37190	255	http://en.wikipedia.org/wiki/Mugello_Circuit
76	77	jeddah	Jeddah Street Circuit	Jeddah	Saudi Arabia	21.54330	39.17280	15	http://en.wikipedia.org/wiki/Jeddah_Street_Cir...
77	78	losail	Losail International Circuit	Al Daayen	Qatar	25.49000	51.45420	\N	http://en.wikipedia.org/wiki/Losail_Internatio...
78	79	miami	Miami International Autodrome	Miami	United States	25.95810	-80.23890	\N	https://en.wikipedia.org/wiki/Miami_Internatio...

Figura 16- DataFrame "circuits"

El modelo llevado a cabo tiene las siguientes características:

INPUT	ARQUITECTURA DEL SOM	OUTPUT
DATA	Nº DE NEURONAS	ZONA GEOGRÁFICA CIRCUITOS DE F1
Latitud y Longitud	6	Los grupos indicarán el centroide de la zona geográfica en la que se encuentran dichos circuitos

Se usará la latitud y la longitud como “data” ya que interesa agrupar estos datos en dos dimensiones. Se analizará dónde se encuentran estos circuitos para saber la dispersión de estos circuitos por todo el mundo. Se buscarán 6 neuronas para tener grupos más pequeños y concretos.

Los resultados de este SOM fueron los siguientes:

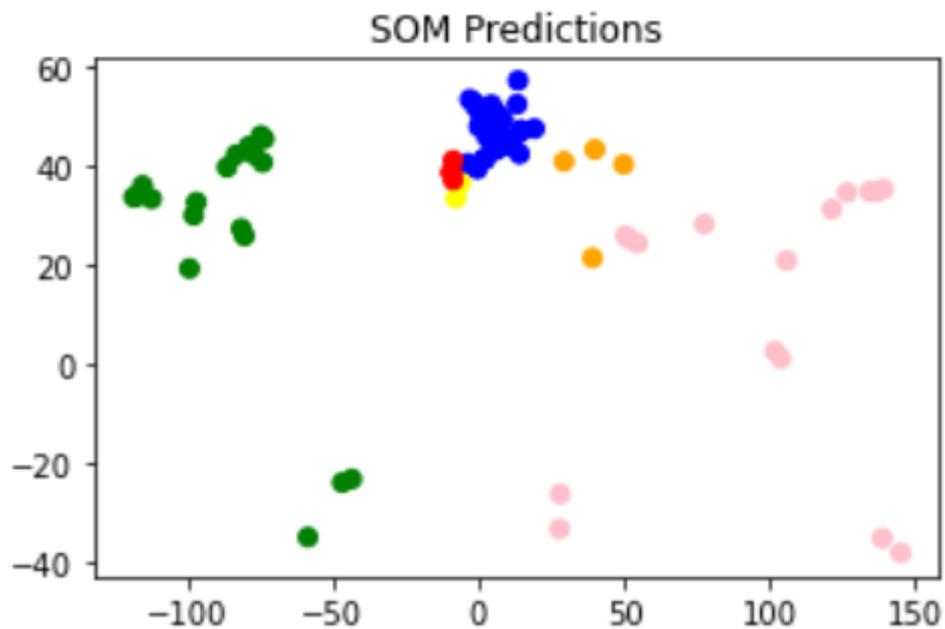


Figura 17

Los pesos de las neuronas serán los siguientes:

```
[[ 40.60205423 -19.56954939]
 [ 30.25444661 -48.68778895]
 [ 43.43452686  6.93910608]
 [ 33.85141217  6.05291505]
 [ 32.58377536 29.90947755]
 [ 16.42037738 55.71275538]]
```

Estos pesos indican el centroide de la zona geográfica de cada neurona. El primer valor es la longitud y el segundo corresponde con la latitud.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:

Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Autódromo do Estoril	Circuit Gilles Villeneuve	Circuit de Barcelona-Catalunya
Circuito da Boavista	Autódromo José Carlos Pace	Circuit de Monaco
Monsanto Park Circuit	Indianapolis Motor Speedway	Circuit de Nevers Magny-Cours
Autódromo Internacional do Algarve	Autódromo Juan y Oscar Gálvez	Silverstone Circuit
	Autódromo Hermanos Rodríguez	Hockenheimring
	Phoenix street circuit	Hungaroring
	Autódromo Internacional Nelson Piquet	Valencia Street Circuit
	Detroit Street Circuit	Circuit de Spa-Francorchamps
	Fair Park	Autodromo Nazionale di Monza
	Long Beach	Nürburgring
	Las Vegas Street Circuit	Autodromo Enzo e Dino Ferrari
	Watkins Glen	A1-Ring
	Mosport International Raceway	Donington Park
	Circuit Mont-Tremblant	Circuit Paul Ricard
	Riverside International Raceway	Brands Hatch
	Sebring International Raceway	Circuit Park Zandvoort
	Circuit of the Americas	Zolder
	Port Imperial Street Circuit	Dijon-Prenois
		Jarama
		Scandinavian Raceway
		Montjuic
		Nivelles-Batlers
		Charade Circuit
		Rouen-Les-Essarts
		Le Mans
		Reims-Gueux
		Zeltweg
		Aintree
		AVUS
		Pescara Circuit
		Circuit Bremgarten
		Circuit de Pedralbes
		Red Bull Ring
		Autodromo Internazionale del Mugello

Neurona 3	Neurona 4	Neurona 5
Circuito de Jerez	Istanbul Park	Albert Park Grand Prix Circuit
Ain Diab	Sochi Autodrom	Sepang International Circuit
	Baku City Circuit	Bahrain International Circuit
	Jeddah Street Circuit	Marina Bay Street Circuit
		Fuji Speedway
		Shanghai International Circuit
		Suzuka Circuit
		Yas Marina Circuit
		Okayama International Circuit
		Adelaide Street Circuit
		Kyalami
		Korean International Circuit
		Prince George Circuit
		Buddh International Circuit
		Hanoi Street Circuit
		Losail International Circuit

Se puede observar que la mayoría de los circuitos están repartidos por Europa, América del Norte y el Norte de Asia.

Teniendo en cuenta solo los circuitos de la temporada 2022-2023, se obtienen los siguientes resultados. Para este caso se harán 3 neuronas:

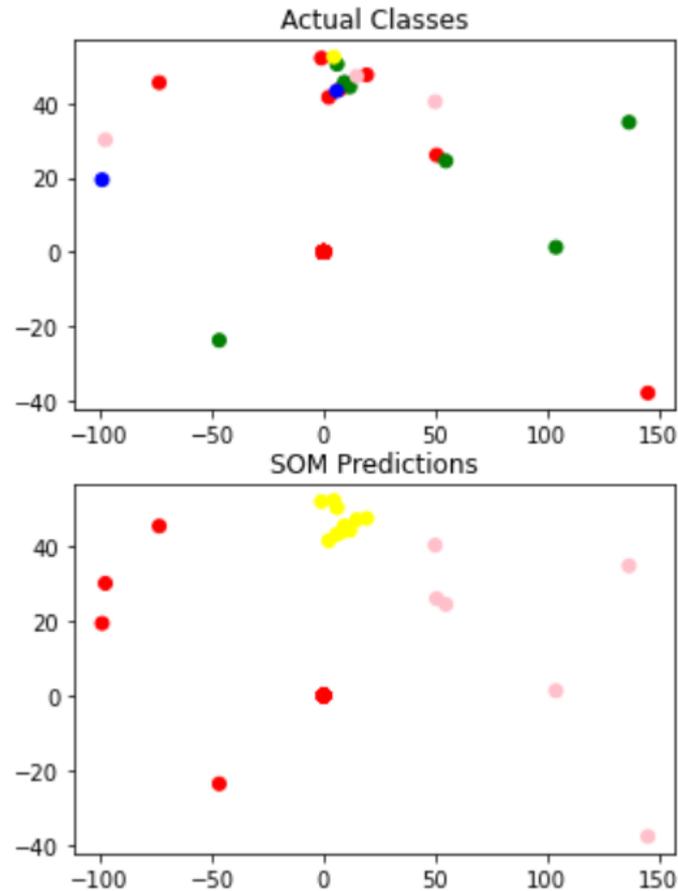


Figura 18

Los pesos de estas neuronas serán los siguientes respectivamente:

```
[[ 11.50450286 -13.739935 ]
 [ 22.86298518  1.75713904]
 [ 18.71462237  48.93620809]]
```

Que se representan en la figura X:

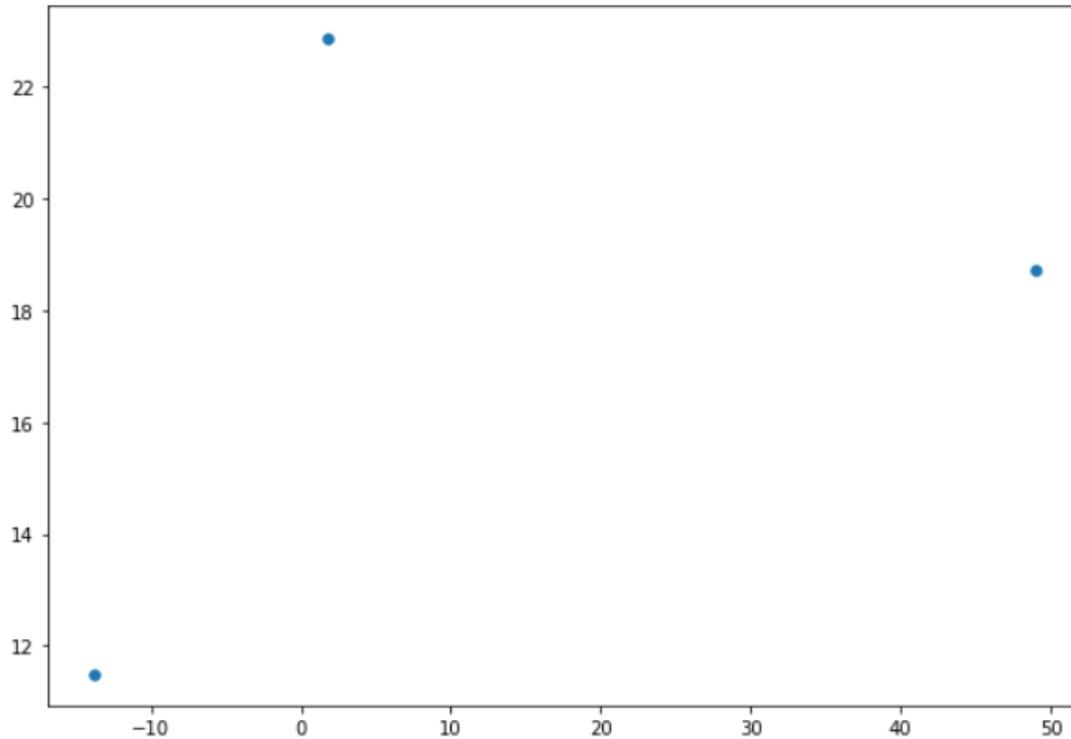


Figura 19- Representación gráfica neuronas geocalización circuitos de F1 temporada 2022-2023

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:

Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Circuit Gilles Villeneuve	Circuit de Barcelona-Catalunya	Albert Park Grand Prix Circuit
Autódromo José Carlos Pace	Circuit de Monaco	Bahrain International Circuit
Autódromo Hermanos Rodríguez	Silverstone Circuit	Marina Bay Street Circuit
Circuit of the Americas	Hungaroring	Suzuka Circuit
	Circuit de Spa-Francorchamps	Yas Marina Circuit
	Autodromo Nazionale di Monza	Baku City Circuit
	Autodromo Enzo e Dino Ferrari	
	Circuit Paul Ricard	
	Circuit Park Zandvoort	
	Red Bull Ring	

Con estos resultados se puede concluir que la mayoría de los Grandes Premios de esta temporada tendrán lugar en Europa, seguido por Estados Unidos, Asia y Australia, en ese orden.

5.4.4 MODELO 4: GEOLOCALIZACIÓN CIRCUITOS DE F1 SEGÚN COORDENADAS Y TEMPERATURA MEDIA EN EL GRAN PREMIO

El clima es un gran factor para tener en cuenta en los circuitos de Formula 1. Una variación de pocos grados en el asfalto de un circuito puede variar y determinar la estrategia de una escudería para un Gran Premio. La temperatura del aire no es lo mismo que la temperatura de la pista. La pista coge temperatura según la temperatura del aire, pero en cuanto el cielo se nubla y haya menos luz solar, la temperatura del aire caerá rápidamente mientras que la del asfalto tardará mucho más en cambiar. Por eso se analizará la temperatura media en estos circuitos durante el Gran Premio ya que son las que verdaderamente influirán en los neumáticos y en las estrategias de cada escudería, ya que las temperaturas del asfalto influirán en el nivel de agarre y la degradación de los neumáticos.

Este modelo tiene por objetivo analizar los circuitos de Formula 1 según sus coordenadas y su temperatura media en la época del año en la que se celebra el Gran Premio de la temporada de 2022-2023.

La temperatura y el clima de una ciudad varían con sus coordenadas, pero sobre todo con la latitud y la altura. Para este modelo no se implementará la columna de longitud ya que no influye en gran parte en el clima de las neuronas.

El DataFrame que se usará para este modelo será el de “circuits” que viene representado en la Figura 16. Faltarán la columna de temperaturas medias las cuales se añadirán manualmente, en la propia matriz. Este SOM por ello, se implementará de la siguiente manera:

INPUT	ARQUITECTURA DEL SOM	OUTPUT
DATA	Nº DE NEURONAS	CLIMA DEL CIRCUITO
Latitud, Altura y Tº media de la ciudad cuando se celebra el Gran Premio de dicho circuito	4	Los grupos indicarán el centroide de la zona geográfica en la que se encuentran dichos circuitos y la temperatura media de esa neurona.

Los datos con los que se trabajarán serán los siguientes:

```

[-3.78497e+01, 1.00000e+01, 2.60000e+01]
[ 2.60325e+01, 7.00000e+00, 2.20000e+01]
[ 4.15700e+01, 1.09000e+02, 2.50000e+01]
[ 4.37347e+01, 7.00000e+00, 2.30000e+01]
[ 4.55000e+01, 1.30000e+01, 2.20000e+01]
[ 5.20786e+01, 1.53000e+02, 2.50000e+01]
[ 4.75789e+01, 2.64000e+02, 2.70000e+01]
[ 5.04372e+01, 4.01000e+02, 1.70000e+01]
[ 4.56156e+01, 1.62000e+02, 2.80000e+01]
[ 1.29140e+00, 1.80000e+01, 2.90000e+01]
[-2.37036e+01, 7.85000e+02, 2.30000e+01]
[ 4.43439e+01, 3.70000e+01, 1.90000e+01]
[ 3.48431e+01, 4.50000e+01, 2.20000e+01]
[ 2.44672e+01, 3.00000e+00, 2.50000e+01]
[ 1.94042e+01, 2.22700e+03, 2.40000e+01]
[ 4.32506e+01, 4.32000e+02, 2.60000e+01]
[ 5.23888e+01, 6.00000e+00, 2.10000e+01]
[ 3.01328e+01, 1.61000e+02, 2.60000e+01]
[ 4.72197e+01, 6.78000e+02, 2.20000e+01]
[ 4.03725e+01, -7.00000e+00, 2.70000e+01]
[ 2.15433e+01, 1.50000e+01, 2.50000e+01]
[ 2.59581e+01, 2.00000e+00, 3.10000e+01]

```

Ya que los datos con los que se trabajarán no tienen todas las mismas unidades ya que dos columnas son coordenadas y la última son temperaturas en grados centígrados, se procederá a normalizar estas 3 columnas para que no haya pérdida de información al ejecutar el Self Organizing Map.

Los resultados de este SOM son los siguientes:

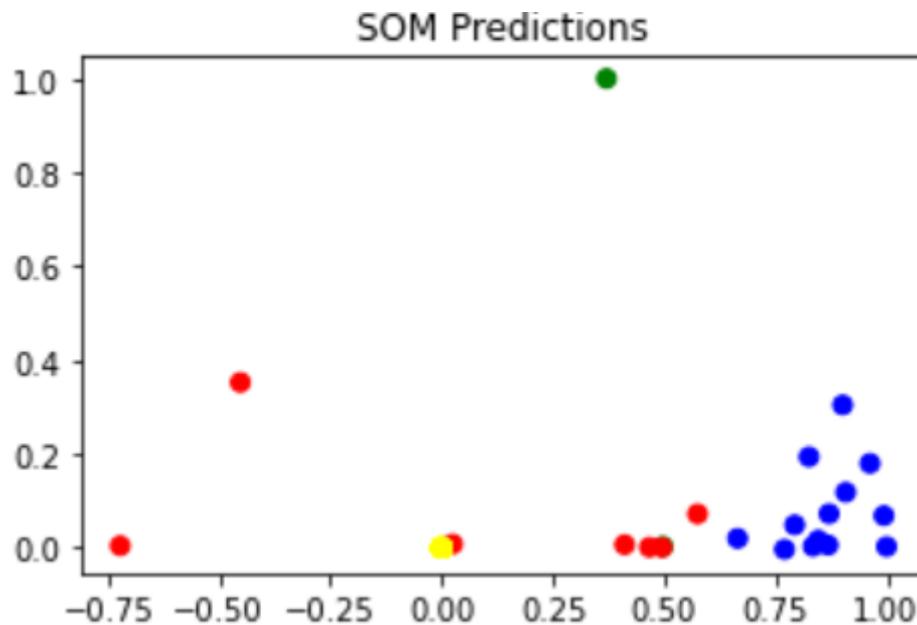


Figura 20-Representación gráfica neuronas clima de circuitos de F1

Estas agrupaciones vienen representadas en la figura 20 donde el eje horizontal es la latitud normalizada y el eje vertical es la altura normalizada.

Los pesos normalizados de estas neuronas serán los siguientes respectivamente:

```
[ [-0.04416346  0.05897751  0.79705991]
 [ 0.59963777  0.06097334  0.84078646]
 [ 0.48880591  0.10377422  0.63722112]
 [ 0.78232063  0.06651469  0.75272536]
```

Por ello la neurona 0 tendrá una temperatura media de 24.7°C, la neurona 1 de 26.06°C, la neurona 2 de 19.75°C y la 3 de 23.33°C. Por ello los circuitos más calurosos serán los comprendidos en la neurona 1, mientras que los más fríos serán los de la neurona 2. Los circuitos de las neuronas 0 y 3 serán aquellos con temperaturas más tibias.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen en los siguientes grupos:

Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2	Neurona 3
Albert Park Grand Prix Circuit	Yas Marina Circuit	Bahrain International Circuit	Circuit de Barcelona-Catalunya
Marina Bay Street Circuit	Circuit of the Americas	Autódromo Hermanos Rodríguez	Circuit de Monaco
Autódromo José Carlos Pace	Jeddah Street Circuit		Circuit Gilles Villeneuve
			Silverstone Circuit
			Hungaroring
			Circuit de Spa-Francorchamps
			Autodromo Nazionale di Monza
			Autodromo Enzo e Dino Ferrari
			Suzuka Circuit
			Circuit Paul Ricard
			Circuit Park Zandvoort
			Red Bull Ring
			Baku City Circuit

5.4.5 MODELO 5: CALIDAD Y PREDICCIÓN DE LOS PILOTOS EN UN CIRCUITO DE LA FÓRMULA 1

5.4.5.1 Circuito Internacional de Baréin

A. SOM

En primer lugar, diseña un modelo SOM con 3 neuronas para conocer los 3 grupos en los que se puede dividir a los pilotos según sus posiciones en la clasificación y en la carrera en un Gran Premio de Baréin. Esto servirá para descubrir qué pilotos son más propensos a quedar en mejor o peor posición en la carrera y en la clasificación en este circuito concretamente.

Para ello, de toda la base de datos se usará el fichero “results” que tendrá la siguiente forma:

	resultId	racelId	driverId	constructorId	number	grid	position	positionText	positionOrder	points	laps	time	milliseconds	fastestLap
0	1	18	1	1	22	1	1	1	1	10.0	58	1:34:50.616	5690616	39
1	2	18	2	2	3	5	2	2	2	8.0	58	+5.478	5696094	41
2	3	18	3	3	7	7	3	3	3	6.0	58	+8.163	5698779	41
3	4	18	4	4	5	11	4	4	4	5.0	58	+17.181	5707797	58
4	5	18	5	1	23	3	5	5	5	4.0	58	+18.014	5708630	43
...
25394	25400	1073	815	9	11	4	15	15	15	0.0	55	\N	\N	51
25395	25401	1073	849	3	6	16	\N	R	16	0.0	50	\N	\N	30
25396	25402	1073	841	51	99	14	\N	R	17	0.0	33	\N	\N	33
25397	25403	1073	847	3	63	17	\N	R	18	0.0	26	\N	\N	23
25398	25404	1073	8	51	7	18	\N	R	19	0.0	25	\N	\N	23

Figura 21-Fichero results

El primer análisis que se ha llevado a cabo tiene por objetivo analizar qué pilotos son más propensos a quedar en mejores posiciones, en función de sus pasadas puntuaciones en la clasificación y la carrera de todos los Grandes Premios de Baréin en los que han participado.

El modelo llevado a cabo tiene las siguientes características:

INPUT	ARQUITECTURA DEL SOM	OUTPUT
DATA	Nº DE NEURONAS	CALIDAD DEL PILOTO
Posición en la clasificación (grid) y posición en la carrera Bahrein International Circuit	3	Cada grupo indicará en qué posición son más propensos a quedar.

Se usarán como columnas de “data” las llamadas “grid” y “position” que representan la posición en la clasificación y en la carrera, respectivamente, de un piloto en cualquiera en un Gran Premio de Baréin pasado.

Se ha forzado a agrupar los casos analizados en tres grupos, ya que en muchos ámbitos de Formula 1, suelen hablarse de 3 grupos en la parrilla. El más alto que suele estar formado por Red Bull y Mercedes, el segundo, comúnmente conocido como el “midfield”, y por último, los pilotos que suelen acabar al final de la parrilla. Así, los pilotos de la temporada 2021-2022 y 2022-2023 se han repartido en tres

grupos, cada uno correspondiente a una neurona del modelo, tal como se presenta en la Figura 22.

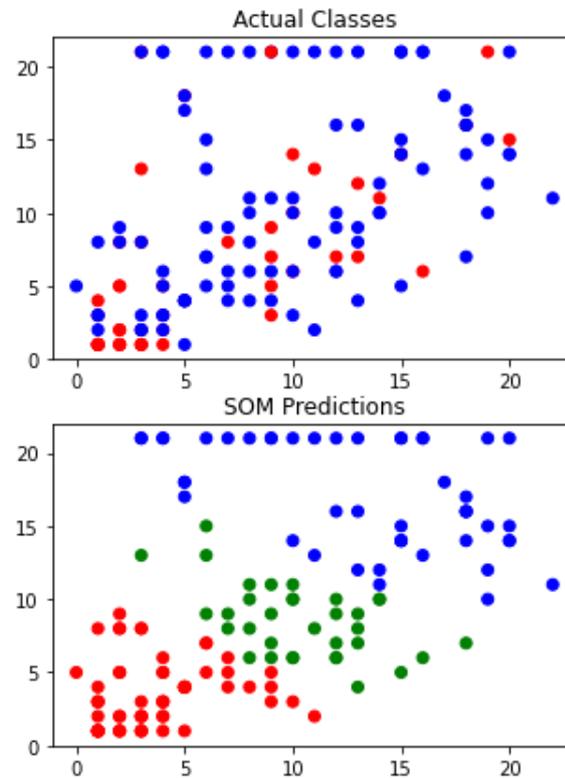


Figura 22

Para saber entender qué significa que cada piloto haya caído en estas neuronas, se usarán los pesos de cada neurona. Estos pesos representan el punto medio al que se han asemejado todos y por ello representa el centroide de cada neurona.

Los pesos de las neuronas fueron los siguientes:

```
[[ 4.27119543  4.50886966]
 [ 8.66523606  9.85993328]
 [11.88772815 15.58756318]]
```

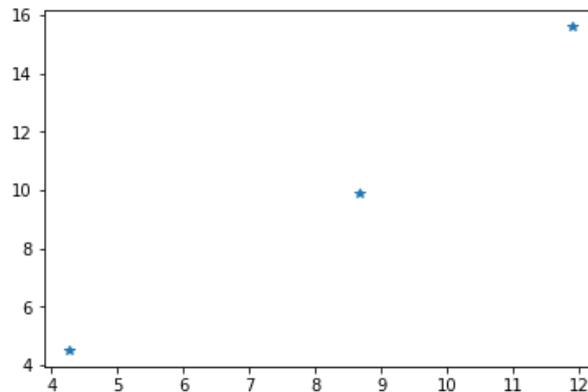


Figura 23-Representación gráfica pesos de las neuronas

Como se puede observar el grupo de pilotos bajo la neurona 0 se corresponde con pilotos que están los primeros puestos de la clasificación de F1 (alrededor del puesto 4º) y que han quedado en posiciones más adelantadas de la carrera (alrededor de la 5º). La neurona 1 representa a pilotos que están en una posición intermedia de la parrilla (9º) y que han quedado en posiciones intermedias de las carreras (10º). Por último, la neurona 2 representa a los peores pilotos tanto en posición de F1 (12º) como en clasificación de carreras (16º).

El modelo ya está generado y además se conocen los “labels”, es decir, se conoce a qué piloto correspondía cada dato de entrada. Estos “labels” no han formado parte del entrenamiento y con ellos podré comprobar el perfil de los casos que han caído en cada una de las neuronas. Como hay un piloto que debuta en la Fórmula 1 la próxima temporada, únicamente tendremos datos de 19 pilotos.

Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Hamilton	Pérez	Verstappen
Leclerc	Ocon	Sainz
Norris	Alonso	Russel
Bottas	Gasly	Magnussen
Vettel	Tsunoda	Schumacher

Ricciardo	Albon	Stroll
		Latifi

B. Probabilidad Pole Position

Es importante calcular la probabilidad de cada piloto de ganar la Pole position, es decir, la primera posición en la clasificación para salir primero en la parrilla de salida. Para ello se calculará una frecuencia relativa para obtener, en primer lugar, la probabilidad respecto a sí mismo y por otro lado la probabilidad respecto al resto de pilotos.

Por lo tanto, la probabilidad de cada uno de ellos respecto a sí mismos se calculará de la siguiente manera:

Probabilidad ellos mismos

$$= \frac{N^{\circ} \text{ de veces que ha obtenido la pole position en este circuito}}{N^{\circ} \text{ de veces que ha corrido en este circuito}}$$

Los resultados son los siguientes:

```
[ 'max_verstappen', 0.125],
[ 'perez', 0.0],
[ 'leclerc', 0.2],
[ 'sainz', 0.0],
[ 'russell', 0.0],
[ 'hamilton', 0.1875],
[ 'norris', 0.0],
[ 'bottas', 0.2],
[ 'ocon', 0.0],
[ 'alonso', 0.0625],
[ 'gasly', 0.0],
[ 'kevin_magnussen', 0.0],
[ 'vettel', 0.25],
[ 'ricciardo', 0.0],
[ 'tsunoda', 0.0],
[ 'mick_schumacher', 0.0],
[ 'albon', 0.0],
[ 'stroll', 0.0],
[ 'latifi', 0.0]
```

Por lo tanto el piloto que más probabilidad tiene respecto a sí mismo de quedar en la Pole position en el Gran Premio de Baréin es Sebastian Vettel, seguido por Bottas y Leclerc

La probabilidad de cada uno de ellos respecto al resto se calculará de la siguiente manera:

Probabilidad respecto al resto

$$= \frac{N^{\circ} \text{ de veces que ha obtenido la Pole position en este circuito}}{N^{\circ} \text{ de veces que cualquier piloto ha quedado en la Pole position en este circuito}}$$

```
[['max_verstappen', 0.08333333333333333],  
 ['perez', 0.0],  
 ['leclerc', 0.08333333333333333],  
 ['sainz', 0.0],  
 ['russell', 0.0],  
 ['hamilton', 0.25],  
 ['norris', 0.0],  
 ['bottas', 0.16666666666666666],  
 ['ocon', 0.0],  
 ['alonso', 0.08333333333333333],  
 ['gasly', 0.0],  
 ['kevin_magnussen', 0.0],  
 ['vettel', 0.3333333333333333],  
 ['ricciardo', 0.0],  
 ['tsunoda', 0.0],  
 ['mick_schumacher', 0.0],  
 ['albon', 0.0],  
 ['stroll', 0.0],  
 ['latifi', 0.0]]
```

Por lo tanto el piloto que más probabilidad tiene respecto al resto de quedar en la Pole position en el Gran Premio de Baréin es Sebastian Vettel, seguido por Hamilton y Bottas.

C. Probabilidad podio

Es importante calcular la probabilidad de cada piloto de quedar en las tres primeras posiciones, es decir, el podio.

Para ello se calculará una frecuencia relativa para obtener, en primer lugar, la probabilidad respecto a sí mismo y por otro lado la probabilidad respecto al resto de pilotos.

Por lo tanto, la probabilidad de cada uno de ellos respecto a sí mismos se calculará de la siguiente manera:

Probabilidad ellos mismos

$$= \frac{N^{\circ} \text{ de veces que ha quedado en el podio en este circuito}}{N^{\circ} \text{ de veces que ha corrido en este circuito}}$$

Los resultados fueron los siguientes:

```
[['max_verstappen', 0.08333333333333333],
 ['perez', 0.06060606060606061],
 ['leclerc', 0.06666666666666667],
 ['sainz', 0.0],
 ['russell', 0.0],
 ['hamilton', 0.20833333333333334],
 ['norris', 0.0],
 ['bottas', 0.13333333333333333],
 ['ocon', 0.06666666666666667],
 ['alonso', 0.0625],
 ['gasly', 0.0],
 ['kevin_magnussen', 0.0],
 ['vettel', 0.14583333333333334],
 ['ricciardo', 0.0],
 ['tsunoda', 0.0],
 ['zhou', 0.0],
 ['mick_schumacher', 0.0],
 ['albon', 0.11111111111111111],
 ['stroll', 0.05555555555555555],
 ['latifi', 0.0]]
```

Por lo que los pilotos que más probabilidad tiene respecto a ellos mismo de quedar en el podio en la carrera son Hamilton, Vettel y Bottas.

La probabilidad de cada uno de ellos respecto al resto se calculará de la siguiente manera:

Probabilidad respecto al resto

$$= \frac{N^{\circ} \text{ de veces que ha quedado en el podio en este circuito}}{N^{\circ} \text{ de veces que cualquier piloto ha quedado en el podio en este circuito}}$$

Los resultados fueron los siguientes:

```
[['max_verstappen', 0.07407407407407407],
 ['perez', 0.06084656084656084],
 ['leclerc', 0.037037037037037035],
 ['sainz', 0.0],
 ['russell', 0.0],
```

```
['hamilton', 0.3042328042328042],  
['norris', 0.0],  
['bottas', 0.14814814814814814],  
['ocon', 0.037037037037037035],  
['alonso', 0.07142857142857142],  
['gasly', 0.0],  
['kevin_magnussen', 0.0],  
['vettel', 0.1931216931216931],  
['ricciardo', 0.0],  
['tsunoda', 0.0],  
['zhou', 0.0],  
['mick_schumacher', 0.0],  
['albon', 0.037037037037037035],  
['stroll', 0.037037037037037035],  
['latifi', 0.0]
```

Por lo que los pilotos que más probabilidad tienen, respecto al resto, de quedar en el podio, son Hamilton, Vettel y Bottas.

D. Probabilidad ganador de la carrera

Es importante calcular la probabilidad de cada piloto de ganar la carrera, es decir, la primera posición en la carrera.

Para ello se calculará una frecuencia relativa para obtener, en primer lugar, la probabilidad respecto a sí mismo y por otro lado la probabilidad respecto al resto de pilotos.

Por lo tanto, la probabilidad de cada uno de ellos respecto a sí mismos se calculará de la siguiente manera:

$$\text{Probabilidad ellos mismos} = \frac{N^{\circ} \text{ de veces que ha ganado en este circuito}}{N^{\circ} \text{ de veces que ha corrido en este circuito}}$$

Los resultados fueron los siguientes:

```
['max_verstappen', 0.0],  
['perez', 0.09090909090909091],  
['leclerc', 0.0],  
['sainz', 0.0],  
['russell', 0.0],  
['hamilton', 0.3125],  
['norris', 0.0],  
['bottas', 0.0],  
['ocon', 0.0],  
['alonso', 0.1875],
```

```
['gasly', 0.0],  
['kevin_magnussen', 0.0],  
['vettel', 0.3125],  
['ricciardo', 0.0],  
['tsunoda', 0.0],  
['mick_schumacher', 0.0],  
['albon', 0.0],  
['stroll', 0.0],  
['latifi', 0.0]
```

Por lo que los pilotos que más probabilidad tiene respecto a ellos mismo de ganar la carrera son Hamilton y Vettel.

La probabilidad de cada uno de ellos respecto al resto se calculará de la siguiente manera:

$$\text{Probabilidad respecto al resto} = \frac{N^{\circ} \text{ de veces que ha ganado en este circuito}}{N^{\circ} \text{ de veces que cualquier piloto ha ganado en este circuito}}$$

Los resultados fueron los siguientes:

```
['max_verstappen', 0.0],  
['perez', 0.07142857142857142],  
['leclerc', 0.0],  
['sainz', 0.0],  
['russell', 0.0],  
['hamilton', 0.35714285714285715],  
['norris', 0.0],  
['bottas', 0.0],  
['ocon', 0.0],  
['alonso', 0.21428571428571427],  
['gasly', 0.0],  
['kevin_magnussen', 0.0],  
['vettel', 0.35714285714285715],  
['ricciardo', 0.0],  
['tsunoda', 0.0],  
['mick_schumacher', 0.0],  
['albon', 0.0],  
['stroll', 0.0],  
['latifi', 0.0]
```

Por lo que los pilotos que más probabilidad tienen, respecto al resto, de ganar la carrera, son Hamilton y Vettel.

E. Predicción parrilla de salida

A continuación, se predecirá la colocación de los coches para la salida de la carrera del domingo, es decir, predeciremos los resultados de la clasificación.

Para ello simplemente se calculará la posición media en la clasificación de cada uno de los pilotos en los antiguos Gran Premios de Barén.

Se debe recordar que al haber un piloto que debuta esta temporada, se tendrá la predicción de 19 pilotos en lugar de 20.

Estos fueron los resultados para la predicción de la parrilla de salida:

Posición	Piloto	Posición media
1°	Bottas	4.3
2°	Hamilton	4.3125
3°	Vettel	6
4°	Verstappen	7.25
5°	Ricciardo	7.364
6°	Leclerc	8
7°	Gasly	8
8°	Alonso	8.6875
9°	Albon	9.33
10°	Perez	9.73
11°	Sainz	10.5
12°	Norris	11
13°	Ocon	11.2

14°	Russel	12.5
15°	Tsunoda	13
16°	Magnussen	13.57
17°	Stroll	13.83
18°	Latifi	17.6
19°	Schumacher	18

F. Predicción carrera.

A continuación, se predecirán los resultados de la carrera.

Para ello simplemente se calculará la posición media en la clasificación de cada uno de los pilotos en los antiguos Grandes Premios de Baréin.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	5.125
2°	Norris	6
3°	Albon	6
4°	Bottas	6.1
5°	Vettel	6.9375
6°	Alonso	8.125
7°	Ocon	8.8
8°	Tsunoda	9
9°	Perez	9.182

10°	Gasly	9.2
11°	Ricciardo	10.09
12°	Leclerc	10.4
13°	Verstappen	12.25
14°	Russel	12.5
15°	Stroll	13.83
16°	Sainz	14
17°	Magnussen	14.7143
18°	Schumacher	16
19°	Latifi	17.6

5.5 GANADOR DEL CAMPEONATO

Al sumar los puntos que obtendrían los pilotos si las predicciones de este modelo fueran correctas, se obtienen los siguientes resultados:

Posición	Piloto	Puntos
1°	Hamilton	430
2°	Vettel	237
3°	Bottas	202
4°	Verstappen	200

5°	Norris	142
6°	Albon	141
7°	Leclerc	132
8°	Alonso	99
9°	Sainz	68
10°	Gasly	67
11°	Ricciardo	61
12°	Ocon	51
13°	Perez	49
14°	Tsunoda	48
15°	Stroll	17
16°	Magnussen	3
17°	Schumacher	0
18°	Russell	0
19°	Latifi	0

5.6 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA CLASIFICACIÓN Y LA CARRERA

Al analizar los resultados de la clasificación y la carrera, obtenidos en el apartado anterior, se puede apreciar una diferencia con los resultados reales de la temporada que se está disputando ahora, hasta el Gran Premio más reciente (GP de Austria, 10/07/2022). Esto se debe a que la Fórmula 1 puede variar en gran cantidad cada temporada. Cada escudería desarrolla un coche a lo largo del año para que triunfe en el próximo campeonato, pero la calidad y el rendimiento de ese coche no es un factor que se pueda predecir. Esta temporada se ha observado una gran diferencia respecto a la temporada pasada ya que ha habido una gran cantidad de cambios en muchos aspectos.

En primer lugar, Ferrari se encuentra por encima de Mercedes. También, Leclerc se encuentra detrás de Verstappen, y por último, Hamilton (Campeón del mundo durante 7 años), no se encuentra entre los 3 primeros. Otro factor interesante son los Haas, que por lo general solían estar al final de la parrilla, pero esta temporada se encuentran en el midfield, obteniendo posiciones intermedias.

A estas alturas en la temporada pasada, el ranking del campeonato empezaba así:

1º Verstappen, 2º Hamilton, 3º Perez, 4º Norris, 5º Bottas y 6º Sainz.

Ahora mismo van así:

1º Verstappen, 2º Leclerc, 3º Perez, 4º Sainz, 5º Russell y 6º Hamilton.

Como se puede observar, ha cambiado mucho el orden de los pilotos respecto al año pasado. Por eso, para tener predicciones más acordes con esta temporada, se ponderarán los resultados de cada piloto en las carreras de esta temporada hasta el día de hoy, y se predecirá entonces la clasificación y la carrera.

5.7 MODELO PONDERADO CON LOS RESULTADOS DE LA TEMPORADA 2022-2023

Para ponderar los resultados de la carrera con los que se han obtenido hasta ahora en la temporada 2022-2023, se llevará a cabo el siguiente modelo:

En primer lugar, se diseña un modelo SOM con 6 neuronas para conocer los 6 grupos en los que se puede dividir a los pilotos según sus posiciones en la clasificación y en la carrera en las carreras de esta temporada disputadas hasta hoy. Esto servirá para descubrir qué pilotos son más propensos a quedar más arriba o más abajo en la carrera y en la clasificación en este circuito concretamente.

El modelo llevado a cabo tiene las siguientes características:

INPUT	ARQUITECTURA DEL SOM	OUTPUT
DATA	Nº DE NEURONAS	CALIDAD DEL PILOTO
Posición en la clasificación (grid) y posición en la carrera De la temporada 2022-2023 (Hasta GP de Austria)	6	Cada grupo indicará en qué posición son más propensos a quedar.

Este SOM tiene por objetivo saber qué pilotos están quedando en posiciones mejores y cuales en peores. Lo que interesa averiguar es una aproximación del orden más probable que llevarán los pilotos en una próxima carrera de esta temporada.

A continuación, se llevará a cabo otro SOM con la siguiente forma:

INPUT	ARQUITECTURA DEL SOM	OUTPUT
DATA	Nº DE NEURONAS	CALIDAD DEL PILOTO
Posición en la clasificación (grid) y posición en la carrera De todas las temporadas del circuito que estemos analizando	6	Cada grupo indicará en qué posición son más propensos a quedar.

Pero en este caso, las columnas de data estarán filtradas por las neuronas obtenidas en el SOM anterior. Es decir, únicamente usaremos aquellas filas de data que coincidan con la neurona asignada a cada piloto. De esta manera, borraremos de nuestros datos aquellos que son atípicos en la temporada 2021-2022 para así obtener resultados más precisos.

Las neuronas que se obtuvieron fueron las siguientes:

Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2	Neurona 3	Neurona 4	Neurona 5
Max Verstappen	Russell	Kevin Magnussen	Bottas	Alonso	Tsunoda
Perez	Hamilton		Ocon	Mick Schumacher	Zhou
Leclerc			Gasly		Stroll
Sainz			Vettel		Latifi
Norris			Ricciardo		
			Albon		

Los pesos de las neuronas me indican que las posiciones empeorarán a medida que se cambia de neurona. Es decir, los pilotos con mejores posiciones serán aquellos que componen la neurona 0, y los que obtendrán peores posiciones serán los de la neurona 5.

Ahora, se llevará a cabo la filtración de datos, es decir, se usarán únicamente aquellos datos de cada piloto cuya predicción coincida con la neurona en la que se ha clasificado.

Posteriormente como en el apartado anterior, se llevará a cabo un SOM para cada circuito y se obtendrán resultados más acordes con esta temporada que los obtenidos en el capítulo 5.4.

Habrán algunos casos en los que los pilotos, nunca han obtenido una posición acorde con su neurona en cierto circuito. Por ejemplo, Russell que hasta la temporada pasada corría para Williams, obteniendo las posiciones más bajas, nunca ha obtenido hasta esta temporada posiciones mejores que 10°. Para este tipo de casos, se asignará como su posición el centroide de la neurona en la que han caído. Esto mismo se aplica para Zhou, que está debutando esta temporada, por lo que no existen datos suyos de los próximos circuitos. En este caso también se le asignará el centroide de su neurona.

5.7.1 CIRCUITO DE PAUL RICARD

Al ordenar los pilotos del 1 al 20 para el Gran Premio de Francia en el circuito de Paul Ricard en Le Castellet, se obtienen los siguientes resultados:

Posición	Piloto	Posición media
1°	Verstappen	2.333
2°	Leclerc	3
3°	Perez	3
4°/5°	Sainz	4.14
4°/5°	Norris	4.14

6°/7°	Russell	5.9
6°/7°	Hamilton	5.9
8°	Vettel	9
9°	Magnussen	9.04
10°	Gasly	10
11°	Ricciardo	11
12°/13°/14°	Bottas	11.33
12°/13°/14°	Ocon	11.33
12°/13°/14°	Albon	11.33
15°/16°	Tsunoda	16.42
15°/16°	Zhou	16.42
17°/18°	Alonso	16.7
17°/18°	Schumacher	16.7
19°	Stroll	17
20°	Latifi	18

Como se puede observar, obtenemos resultados más acordes con la temporada. Este modelo cuenta con lo veloces que son los coches este año y con el rendimiento de los pilotos esta temporada y en pasadas carreras en dicho circuito.

Al comparar el resultado de esta carrera con la puntuación del campeonato hasta el Gran Premio de Austria, podemos ver su semejanza

Posición	Ranking Circuito Paul Ricard	Ranking del campeonato hasta el 10/7/2022
1°	Verstappen	Verstappen
2°	Leclerc	Leclerc
3°	Perez	Perez
4°/5°	Sainz	Sainz
4°/5°	Norris	Russell
6°/7°	Russell	Hamilton
6°/7°	Hamilton	Norris
8°	Vettel	Ocon
9°	Magnussen	Bottas
10°	Gasly	Alonso
11°	Ricciardo	Magnussen
12°/13°/14°	Bottas	Ricciardo
12°/13°/14°	Ocon	Gasly
12°/13°/14°	Alonso	Vettel
15°/16°	Tsunoda	Schumacher
15°/16°	Zhou	Tsunoda
17°/18°	Albon	Zhou

17°/18°	Schumacher	Albon
19°	Stroll	Stroll
20°	Latifi	Latifi

También es interesante mencionar la diferencia entre el modelo sin y con la filtración de datos a través del SOM:

Posición	Ranking Circuito Paul Ricard Sin filtración	Ranking Circuito Paul Ricard Con filtración
1°	Hamilton	Verstappen
2°	Verstappen	Leclerc
3°	Bottas	Perez
4°	Vettel	Sainz
5°	Norris	Norris
6°	Ricciardo	Russell
7°	Sainz	Hamilton
8°	Leclerc	Vettel
9°	Magnussen	Magnussen
10°	Perez	Gasly
11°	Alonso	Ricciardo

12°	Gasly	Bottas
13°	Tsunoda	Ocon
14°	Stroll	Alonso
15°	Albon	Tsunoda
16°	Russell	Zhou
17°	Ocon	Albon
18°	Latifi	Schumacher
19°	Schumacher	Stroll
20°	-	Latifi

El modelo sin filtración obtiene resultados adecuados en cuanto a toda la historia de Formula 1. A aquellos pilotos que han sido campeones del mundo y que han obtenido muchas victorias, les predecirá que seguirán obteniendo esos resultados a lo largo de su carrera. Por ejemplo, Hamilton, que ha obtenido estupendos resultados que le han llevado a la victoria del campeonato 7 veces, será predicho como el mejor de cada carrera. Lo que pasa es que este piloto este año está obteniendo posiciones alrededor de 4° y 6°. Gracias a la filtración de datos atípicos, Hamilton está situado en un lugar del ranking más adecuado con esta temporada. Este fenómeno también se puede observar con Bottas, Vettel y Alonso, que como se puede observar, sin la filtración de datos, se predecirá que ocuparán las mejores posiciones de la parrilla. Si analizamos la temporada hasta hoy, Valtteri Bottas va 9°, Fernando Alonso 10° y Sebastian Vettel 14°, posiciones que, sin la filtración de datos, el programa sería incapaz de predecir. En la tabla anterior se puede observar como sin filtración la predicción para Hamilton es 1°, mientras que, con filtración, su predicción cambia a 7°. Sebastian Vettel también presenta un cambio brusco entre ambas predicciones ya que pasa de 4° a 8° y Valtteri Bottas que pasa de 3° a 12°.

El análisis del resto de circuitos con la filtración de datos se encuentra en el Anexo.

5.7.2 GANADOR DEL CAMPEONATO CON FILTRACIÓN DE DATOS

Al sumar las puntuaciones que obtendrían los pilotos si la predicción filtrada fuese correcta, se obtienen los siguientes resultados:

Posición	Piloto	Puntos
1°	Verstappen	384
2°	Leclerc	327
3°	Perez	268
4°	Sainz	247
5°	Hamilton	245
6°	Russell	180
7°	Norris	166
8°	Bottas	64
9°	Ocon	63
10°	Magnussen	32
11°	Vettel	31
12°	Alonso	29
13°	Ricciardo	28
14°	Gasly	23
15°	Schumacher	12

16°	Tsunoda	11
17°	Albon	6
18°	Zhou	5
19°	Stroll	3
20°	Latifi	0

Al analizar los resultados obtenidos, se observa que estos son más representativos de esta temporada. Se representa muy bien la superación de Ferrari a Mercedes y el salto de Russel de las posiciones 15°-20° a las posiciones 5°-6°. También se representa muy bien como los Haas han mejorado y ya no ocupan las últimas posiciones.

Capítulo 6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En este proyecto se han analizado diversos aspectos de los factores que influyen en las competiciones de la Formula 1.

En primer lugar, se analizó que pilotos tendrán tendencia a quedar en mejores posiciones en un Gran Premio cualquiera de la temporada. Estos pilotos se dividieron en 3 neuronas y a través de los pesos pudimos identificar la posición más probable de cada una. Es decir, conseguimos dividir a los pilotos en 3 grupos para analizar cuales de ellos tendrían más posibilidad de ganar el campeonato de la Fórmula 1.

Estos fueron los resultados:

Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Hamilton	Magnussen	Russel
Alonso	Stroll	Schumacher
Vettel	Tsunoda	Latifi
Verstappen	Giovinazzi	Mazepin
Bottas	Gasly	
Perez		
Sainz		
Leclerc		
Norris		
Albon		
Ricciardo		
Ocon		

Y a través de los pesos se pudo concluir que la neurona 0 incluía aquellos pilotos más propensos a ganar. La neurona 1 incluía aquellos pilotos que se encontraban en el “midifeld” y aquellos más propensos a obtener posiciones intermedias en las carreras. Por último, la neurona 2, que incluía aquellos pilotos que por lo general ocuparán las últimas posiciones y que no son un peligro para sus rivales.

En segundo lugar, se analizó la calidad de cada piloto en circuitos de la Formula 1 para ver cuales son sus fuertes y en cuales debe mejorar o cambiar la estrategia.

Para el piloto español Fernando Alonso estos fueron los resultados:

Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Circuit Gilles Villeneuve	Bahrain International Circuit	Albert Park Grand Prix Circuit
Circuit de Spa-Francorchamps	Yas Marina Circuit	Circuit de Barcelona-Catalunya
Autodromo Nazionale di Monza	Circuit Park Zandvoort	Circuit de Monaco
Suzuka Circuit	Baku City Circuit	Silverstone Circuit
Autódromo Hermanos Rodríguez		Hungaroring
Circuit Paul Ricard		Marina Bay Street Circuit
Circuit of the Americas		Autódromo José Carlos Pace
Red Bull Ring		Autodromo Enzo e Dino Ferrari
Jeddah Street Circuit		

Y analizando los pesos se pudo llegar a la conclusión de que aquellos circuitos en los que este piloto debería mejorar son aquellos de la neurona 2.

En tercer lugar, se analizó la geolocalización circuitos de F1 según coordenadas y temperatura media en el gran premio, con el objetivo de agrupar los circuitos según su temperatura y clima.

Estos fueron los resultados:

Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2	Neurona 3
Albert Park Grand Prix Circuit	Yas Marina Circuit	Bahrain International Circuit	Circuit de Barcelona-Catalunya
Marina Bay Street Circuit	Circuit of the Americas	Autódromo Hermanos Rodríguez	Circuit de Monaco
Autódromo José Carlos Pace	Jeddah Street Circuit		Circuit Gilles Villeneuve
			Silverstone Circuit
			Hungaroring
			Circuit de Spa-Francorchamps
			Autodromo Nazionale di Monza
			Autodromo Enzo e Dino Ferrari
			Suzuka Circuit
			Circuit Paul Ricard
			Circuit Park Zandvoort
			Red Bull Ring
			Baku City Circuit

Los pesos correspondientes a estas neuronas fueron los siguientes:

$$\begin{bmatrix} [-0.04416346 & 0.05897751 & 0.79705991] \\ [0.59963777 & 0.06097334 & 0.84078646] \\ [0.48880591 & 0.10377422 & 0.63722112] \\ [0.78232063 & 0.06651469 & 0.75272536] \end{bmatrix}$$

Con los pesos y las neuronas se llegaron a las siguientes conclusiones:

La neurona 0 tendrá una temperatura media de 24.7°C, la neurona 1 de 26.06°C, la neurona 2 de 19.75°C y la 3 de 23.33°C. Por ello los circuitos más calurosos serán los comprendidos en la neurona 1, mientras que los más fríos serán los de la neurona 2. Los circuitos de las neuronas 0 y 3 serán aquellos con temperaturas más tibias.

Esta información será útil para las escuderías para escoger un buen tipo de neumático y plantear una buena estrategia en cuanto al clima del circuito.

A continuación, se analizó por cada Gran Premio en concreto, qué pilotos tendrán tendencia a obtener mejores posiciones. Esto será de utilidad a las escuderías para a la hora de plantear

su estrategia para un Gran Premio, ver cuales son sus rivales. No solo eso, pero para analizar que están haciendo bien o mal otras escuderías, para así mejorar su estrategia. Posteriormente se ordenaron por posición más probable en orden ascendente para obtener así una predicción de los resultados de la carrera.

Al analizar estos resultados, se quiso mejorar la predicción borrando aquellos datos atípicos. Para ello se basó en los resultados de la temporada que se está disputando hasta el Gran Premio de Austria. Se generó un SOM utilizando únicamente aquellos datos correspondientes a las carreras disputadas de esta temporada. Posteriormente, agrupamos a los pilotos en 6 neuronas para conocer la posición más probable de cada piloto y el orden de pilotos que por lo general habrá en las carreras.

Con estas neuronas, generamos un SOM por cada circuito como habíamos hecho anteriormente, pero filtrando aquellos datos atípicos tomando como referencia esta temporada. Es decir, usamos aquellos datos correspondientes a la neurona que se había asignado a cada piloto. Por último, los ordenamos y obtuvimos los siguientes resultados para el Circuito de Spa-Francochamps:

Posición	Sin filtración de datos atípicos	Con filtración de datos atípicos
1°	Albon	Leclerc
2°	Hamilton	Verstappen
3°	Vettel	Perez
4°	Bottas	Sainz
5°	Gasly	Norris
6°	Ocon	Russell
7°	Verstappen	Hamilton

8°	Ricciardo	Magnussen
9°	Norris	Ocon
10°	Leclerc	Gasly
11°	Perez	Alonso
12°	Alonso	Bottas
13°	Latifi	Albon
14°	Stroll	Vettel
15°	Russell	Ricciardo
16°	Magnussen	Schumacher
17°	Tsunoda	Tsunoda
18°	Schumacher	Zhou
19°	Sainz	Latifi
20°		Stroll

Obtuvimos unos resultados mucho más acordes con esta temporada y que permitirá lograr una mejor predicción.

Capítulo 7. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Este proyecto tenía como objetivo analizar aquellas variables más significativas para la Fórmula 1 y dotar a cada escudería de información para usar a su favor y mejorar su estrategia en el campeonato.

Al analizar todos los aspectos mencionados en el capítulo anterior, se llegó a la conclusión de que la variable más importante de esta competición es el trabajo de los ingenieros para construir el coche y la labor del equipo para plantear una buena estrategia.

Al analizar los datos con y sin filtración de datos atípicos, se pudo observar una gran diferencia.

Los resultados con datos sin filtración, generalmente no tenía en cuenta la calidad del coche en esta temporada. Daba una aproximación media de las posiciones de toda la carrera de ese piloto en Formula 1. Por ejemplo, a Vettel y a Fernando Alonso, que han sido campeones del mundo, el algoritmo les predecía como potenciales ganadores, pero lo cierto es que ambos pilotos llevan muchos años sin ganar una carrera y obteniendo posiciones intermedias-bajas. Por eso se pudo concluir que la Formula 1 es impredecible año a año, y que lo que de verdad provoca un cambio en los resultados, no es tanto el piloto, si no la escudería y la estrategia. Por ejemplo, otro fallo que encontré en el modelo sin filtración es el piloto George Russell. Este piloto hasta el año pasado corría para Williams, obteniendo posiciones de la 15ª a la 20ª, pero este año ha firmado con Mercedes, y está obteniendo posiciones alrededor de la 4ª y 5ª. Para predecir bien la posición de este piloto, era necesario usar datos de esta temporada para llegar a resultados acordes con el campeonato que se está disputando.

Por ello, en próximos trabajos, tomando como base estos resultados, se analizará la estrategia de cada escudería en un Gran Premio. Es decir, se intentará encontrar un patrón en aquellos circuitos en los que un piloto tiene mejores o peores posiciones, y encontrar la razón de estos resultados. Por ejemplo, para el piloto Fernando Alonso, se intentará analizar que estrategia utilizó en aquellos circuitos en los que obtuvo mejores posiciones. Por lo contrario, también se intentará analizar que errores cometió o qué puede mejorar la

escudería en la estrategia aplicada en dichos circuitos en los que Fernando Alonso obtuvo peores posiciones.

Capítulo 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Autocosmos. «¿Cuántas personas vieron en vivo o por televisión la Fórmula 1 en 2021?». Autocosmos, 7 de marzo de 2022. <https://noticias.autocosmos.com.mx/2022/03/07/cuantas-personas-vieron-en-vivo-o-por-television-la-formula-1-en-2021>.
- [2] Bisong, Ekaba. «Introduction to Scikit-Learn». En *Building Machine Learning and Deep Learning Models on Google Cloud Platform: A Comprehensive Guide for Beginners*, editado por Ekaba Bisong, 215-29. Berkeley, CA: Apress, 2019. https://doi.org/10.1007/978-1-4842-4470-8_18.
- [3] «Estadísticas Pilotos - Puntos - Media • STATS F1». Accedido 6 de julio de 2022. <https://www.statsf1.com/es/statistiques/pilote/point/moyenne.aspx>.
- [4] «Formula 1 World Championship (1950 - 2022)». Accedido 18 de julio de 2022. <https://www.kaggle.com/datasets/rohanrao/formula-1-world-championship-1950-2020>.
- [5] Australian Financial Review. «How Formula 1 Uses Machine Learning to Spice up Races», 19 de julio de 2021. <https://www.afr.com/technology/how-formula-1-uses-machine-learning-to-spice-up-races-20210716-p58abx>.
- [6] One Stop Racing. «How Many Pit Stops Are There In F1?», 21 de septiembre de 2021. <https://onestopracing.com/how-many-pit-stops-are-there-in-f1/>.
- [7] www.javatpoint.com. «Kohonen Self- Organizing Feature Map - Javatpoint». Accedido 27 de junio de 2022. <https://www.javatpoint.com/artificial-neural-network-kohonen-self-rganizing-feature-map>.
- [8] Kohonen, T. «The self-organizing map». *Proceedings of the IEEE* 78, n.º 9 (septiembre de 1990): 1464-80. <https://doi.org/10.1109/5.58325>.
- [9] Espanol News. «La verdadera historia detrás de Moneyball», 20 de septiembre de 2021. <https://espanol.news/la-verdadera-historia-detras-de-moneyball/>.

- [10] Python, Real. «Scientific Python: Using SciPy for Optimization – Real Python». Accedido 30 de abril de 2022. <https://realpython.com/python-scipy-cluster-optimize/>.
- [11] Ibertech. «¿Qué es Machine Learning y qué aplicaciones tiene?», 26 de octubre de 2017. <https://www.ibertech.org/que-es-machine-learning-y-que-aplicaciones-tiene-en-nuestro-dia-a-dia-2/>.
- [12] Ralhan, Abhinav. «Self Organizing Maps». *Medium* (blog), 17 de septiembre de 2018. <https://medium.com/@abhinavr8/self-organizing-maps-ff5853a118d4>.
- [13] «Scikit-learn». En *Wikipedia, la enciclopedia libre*, 8 de noviembre de 2020. <https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Scikit-learn&oldid=130746122>.
- [14] «Self-Organizing Map». En *Wikipedia*, 16 de junio de 2022. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Self-organizing_map&oldid=1093441255.
- [15] *sklearn-som: A simple planar self organizing map* (versión 1.1.0). Python. Accedido 18 de julio de 2022. <https://github.com/rileypsmith/sklearn-som>.
- [16] Motor.es. «Técnica F1 - Así influyen los cambios de temperatura en la Fórmula 1», 24 de abril de 2018. <https://www.motor.es/formula-1/tecnica-f1-influencia-temperatura-competicion-coche-piloto-preparacion-201845901.html>.
- [17] Motor.es. «Técnica F1 - Así se hace la estrategia en la Fórmula 1», 30 de septiembre de 2021. <https://www.motor.es/formula-1/estrategia-f1-202181549.html>.
- [18] UnoTV, Redacción |. «¿Sabes cómo funciona la Fórmula 1? aquí te lo explicamos». Uno TV, 22 de junio de 2021. <https://www.unotv.com/deportes/sabes-como-funciona-la-formula-1-aqui-te-lo-explicamos/>.

Capítulo 9. ANEXO

9.1 CÓDIGO FUENTE

El código fuente desarrollado en Python para este proyecto se puede acceder a través de [este enlace](#).

9.2 CALIDAD DE PILOTOS EN LA CLASIFICACIÓN DE F1 Y SU TÍPICA POSICIÓN EN CARRERAS

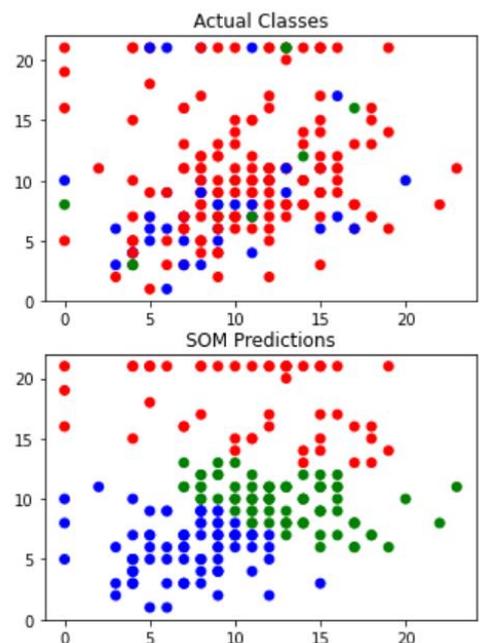
Para **SERGIO PÉREZ/Red Bull** estos fueron los resultados:

Los pesos correspondientes a estas neuronas son los siguientes:

```
[[11.09477985 15.59714277]
 [10.68270628 10.47347977]
 [ 8.39040538  7.2614426 ]]
```

El piloto Sergio Pérez tenderá a quedar en las posiciones 11º en la clasificación y 16º en la carrera en los circuitos de la neurona 0. En los circuitos de la neurona 1, las posiciones más probables serán 11º en la clasificación y 10º en la carrera, mientras que en los de la neurona 2 serán 8º en la clasificación y 7º en la carrera.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:



Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Silverstone Circuit	Albert Park Grand Prix Circuit	Circuit de Barcelona-Catalunya
Hungaroring	Bahrain International Circuit	Autodromo Nazionale di Monza
Circuit de Spa-Francorchamps	Circuit de Monaco	Autodromo Enzo e Dino Ferrari
Circuit Paul Ricard	Circuit Gilles Villeneuve	Yas Marina Circuit
Jeddah Street Circuit	Marina Bay Street Circuit	Autódromo Hermanos Rodríguez
	Autódromo José Carlos Pace	Circuit Park Zandvoort
	Suzuka Circuit	Circuit of the Americas
	Red Bull Ring	Baku City Circuit

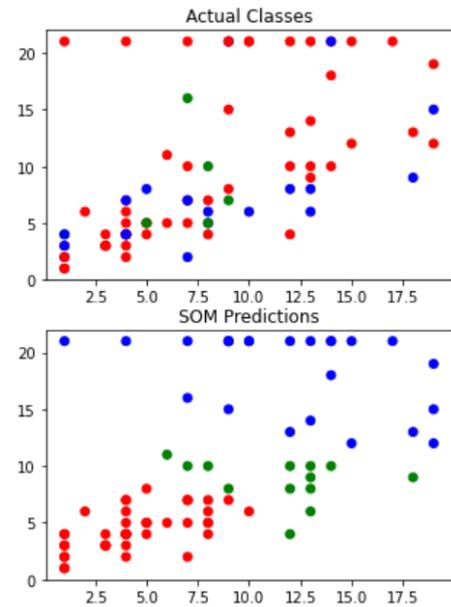
Para **CHARLES LECLERC/Ferrari** estos fueron los resultados:

Los pesos correspondientes a estas neuronas son los siguientes:

[[6.74751733 5.63128141]
[10.93929735 9.23714271]
[12.27720743 15.81717424]]

El piloto Charles Leclerc tenderá a quedar en las posiciones 6º en la clasificación y 5º en la carrera en los circuitos de la neurona 0. En los circuitos de la neurona 1, las posiciones más probables serán 11º en la clasificación y 9º en la carrera, mientras que en los de la neurona 2 serán 12º en la clasificación y 16º en la carrera.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:



Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Albert Park Grand Prix Circuit	(otros circuitos que no forman parte de la temporada 2022-2023)	Circuit de Monaco
Bahrain International Circuit		Hungaroring
Circuit de Barcelona-Catalunya		Circuit de Spa-Francorchamps
Circuit Gilles Villeneuve		
Silverstone Circuit		
Autodromo Nazionale di Monza		
Marina Bay Street Circuit		
Autódromo José Carlos Pace		
Autodromo Enzo e Dino Ferrari		
Suzuka Circuit		
Yas Marina Circuit		
Autódromo Hermanos Rodríguez		
Circuit Paul Ricard		
Circuit Park Zandvoort		
Circuit of the Americas		
Red Bull Ring		
Baku City Circuit		
Jeddah Street Circuit		

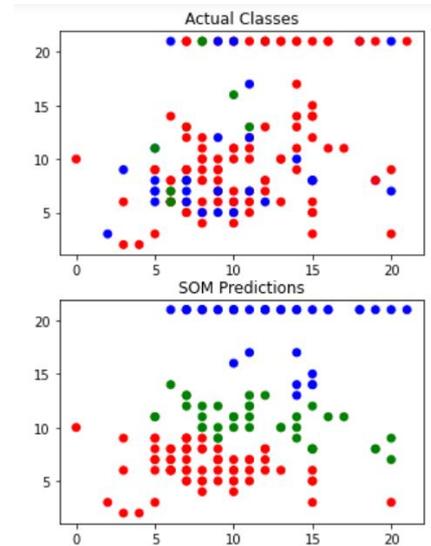
Para **CARLOS SAINZ/Ferrari** estos han sido los resultados:

Los pesos correspondientes a estas neuronas son los siguientes:

[[9.07617293 6.73076843]
[9.94154137 10.59708188]
[11.61330544 16.20958803]]

El piloto Carlos Sainz tenderá a quedar en las posiciones 9º en la clasificación y 7º en la carrera en los circuitos de la neurona 0. En los circuitos de la neurona 1, las posiciones más probables serán 10º en la clasificación y 11º en la carrera, mientras que en los de la neurona 2 serán 12º en la clasificación y 16º en la carrera.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:



Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Albert Park Grand Prix Circuit	Circuit Gilles Villeneuve	Bahrain International Circuit
Circuit de Barcelona-Catalunya	Marina Bay Street Circuit	Circuit de Spa-Francorchamps
Circuit de Monaco	Suzuka Circuit	Autódromo Hermanos Rodríguez
Silverstone Circuit	Jeddah Street Circuit	
Hungaroring		
Autodromo Nazionale di Monza		
Autódromo José Carlos Pace		
Autodromo Enzo e Dino Ferrari		
Yas Marina Circuit		
Circuit Paul Ricard		
Circuit Park Zandvoort		
Circuit of the Americas		
Red Bull Ring		
Baku City Circuit		

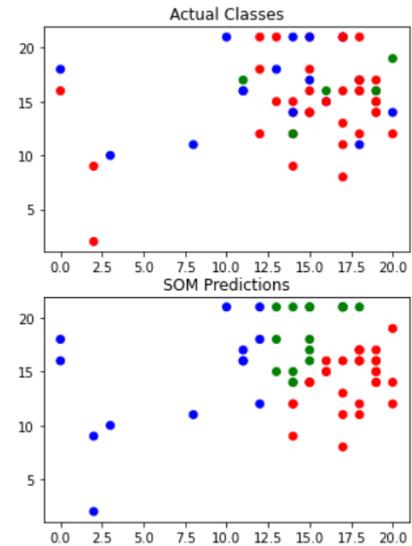
Para **GEORGE RUSSEL/Mercedes** estos han sido los resultados:

Los pesos correspondientes a estas neuronas son los siguientes:

[[[17.51572625 16.35213802]
[15.67302707 17.7244576]
[9.43809322 17.30985807]]]

El piloto George Russel tenderá a quedar en las posiciones 18° en la clasificación y 16° en la carrera, en los circuitos de la neurona 0. En los circuitos de la neurona 1, las posiciones más probables serán 16° en la clasificación y 18° en la carrera, mientras que en los de la neurona 2 serán 9° en la clasificación y 17° en la carrera.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:



Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Albert Park Grand Prix Circuit	Circuit de Spa-Francorchamps	Circuit Park Zandvoort
Bahrain International Circuit	Marina Bay Street Circuit	Red Bull Ring
Circuit de Barcelona-Catalunya	Autodromo Enzo e Dino Ferrari	
Circuit de Monaco	Jeddah Street Circuit	
Circuit Gilles Villeneuve		
Silverstone circuit		
Hungaroring		
Autodromo Nazionale di Monza		
Autódromo José Carlos Pace		
Suzuka Circuit		
Yas Marina Circuit		
Autódromo Hermanos Rodríguez		
Circuit Paul Ricard		
Circuit of the Americas		
Baku City Circuit		

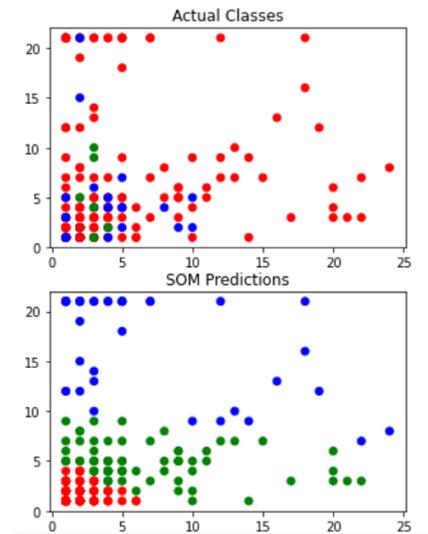
Para **LEWIS HAMILTON/Mercedes** estos fueron los resultados:

Los pesos correspondientes a estas neuronas son los siguientes:

```
[[ 1.95085316 2.10506523]
 [ 3.71257444 5.0021813 ]
 [ 4.94517549 13.80949363]]
```

El piloto Lewis Hamilton tenderá a quedar en las posiciones 1º en la clasificación y 2º en la carrera en los circuitos de la neurona 0. En los circuitos de 1 a neurona 1, las posiciones más probables serán 4º en la clasificación y 5º en la carrera, mientras que en los de la neurona 2 serán 5º en la clasificación y 14º en la carrera.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:



Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Albert Park Grand Prix Circuit	Autódromo José Carlos Pace	(otros circuitos que no forman parte de la temporada 2022-2023)
Bahrain International Circuit	Red Bull Ring	
Circuit de Barcelona-Catalunya		
Circuit de Monaco		
Circuit Gilles Villeneuve		
Silverstone Circuit		
Hungaroring		
Circuit de Spa-Francorchamps		
Autodromo Nazionale di Monza		
Marina Bay Street Circuit		
Autodromo Enzo e Dino Ferrari		
Suzuka Circuit		
Yas Marina Circuit		
Autódromo Hermanos Rodríguez		
Circuit Paul Ricard		
Circuit Park Zandvoort		
Circuit of the Americas		
Baku City Circuit		
Jeddah Street Circuit		

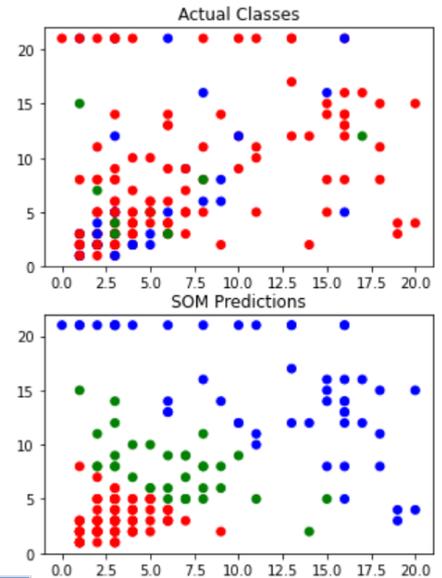
Para **VALTERI BOTTAS/Alfa Romeo** estos han sido los resultados:

Los pesos correspondientes a estas neuronas son los siguientes:

[[3.48411731 3.88186974]
[6.23576614 7.33443294]
[11.58574322 13.46517999]]

El piloto Valteri Bottas tenderá a quedar en las posiciones 3º en la clasificación y 4º en la carrera en los circuitos de la neurona 0. En los circuitos de la neurona 1, las posiciones más probables serán 6º en la clasificación y 7º en la carrera, mientras que en los de la neurona 2 serán 11º en la clasificación y 13º en la carrera.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:



Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Bahrain International Circuit	(otros circuitos que no forman parte de la temporada 2022-2023)	Albert Park Grand Prix Circuit
Circuit de Barcelona-Catalunya		Circuit de Monaco
Circuit Gilles Villeneuve		
Silverstone Circuit		
Hungaroring		
Circuit de Spa-Francorchamps		
Autodromo Nazionale di Monza		
Marina Bay Street Circuit		
Autódromo José Carlos Pace		
Autodromo Enzo e Dino Ferrari		
Suzuka Circuit		
Yas Marina Circuit		
Autódromo Hermanos Rodríguez		
Circuit Paul Ricard		
Circuit Park Zandvoort		
Circuit of the Americas		
Red Bull Ring		
Baku City Circuit		
Jeddah Street Circuit		

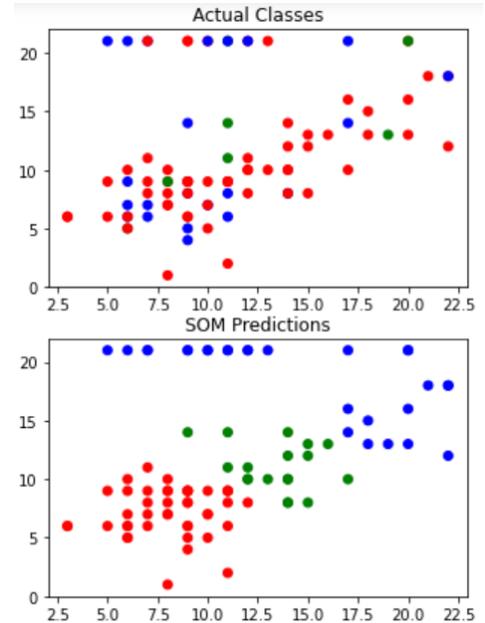
Para **ESTEBAN OCON/Alpine** estos fueron los resultados:

Los pesos correspondientes a estas neuronas son los siguientes:

```
[[ 9.44417381  7.40743118]
 [13.25146033 11.95797682]
 [16.03971179 16.39379475]]
```

El piloto Esteban Ocon tenderá a quedar en las posiciones 9º en la clasificación y 7º en la carrera, en los circuitos de la neurona 0. En los circuitos de la neurona 1, las posiciones más probables serán 13º en la clasificación y 12º en la carrera, mientras que en los de la neurona 2 serán 16º en la clasificación y 16º en la carrera.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:



Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Bahrain International Circuit	Albert Park Grand Prix Circuit	Marina Bay Street Circuit
Circuit de Barcelona-Catalunya	Circuit Paul Ricard	Autódromo José Carlos Pace
Circuit de Monaco		Autódromo Hermanos Rodríguez
Circuit Gilles Villeneuve		Circuit of the Americas
Silverstone Circuit		Red Bull Ring
Hungaroring		Baku City Circuit
Circuit de Spa-Francorchamps		
Autodromo Nazionale di Monza		
Autodromo Enzo e Dino Ferrari		
Suzuka Circuit		
Yas Marina Circuit		
Circuit Park Zandvoort		
Jeddah Street Circuit		

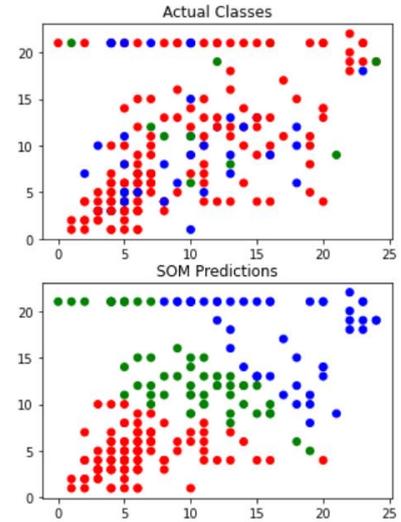
Para **DANIEL RICCIARDO/McLaren** estos fueron los resultados:

Los pesos correspondientes a estas neuronas son los siguientes:

```
[[ 6.56523958  5.97016846]
 [ 9.05963056 12.53329588]
 [15.27990106 18.01672288]]
```

El piloto Daniel Ricciardo tenderá a quedar en las posiciones 7° en la clasificación y 6° en la carrera en los circuitos de la neurona 0. En los circuitos de la neurona 1, las posiciones más probables serán 9° en la clasificación y 13° en la carrera, mientras que en los de la neurona 2 serán 15° en la clasificación y 18° en la carrera.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:



Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Albert Park Grand Prix Circuit	Autódromo Hermanos Rodríguez	Autódromo José Carlos Pace
Bahrain International Circuit	Circuit Park Zandvoort	
Circuit de Barcelona-Catalunya		
Circuit de Monaco		
Circuit Gilles Villeneuve		
Silverstone Circuit		
Hungaroring		
Circuit de Spa-Francorchamps		
Autodromo Nazionale di Monza		
Marina Bay Street Circuit		
Autodromo Enzo e Dino Ferrari		
Suzuka Circuit		
Yas Marina Circuit		
Circuit Paul Ricard		
Circuit of the Americas		
Red Bull Ring		
Baku City Circuit		
Jeddah Street Circuit		

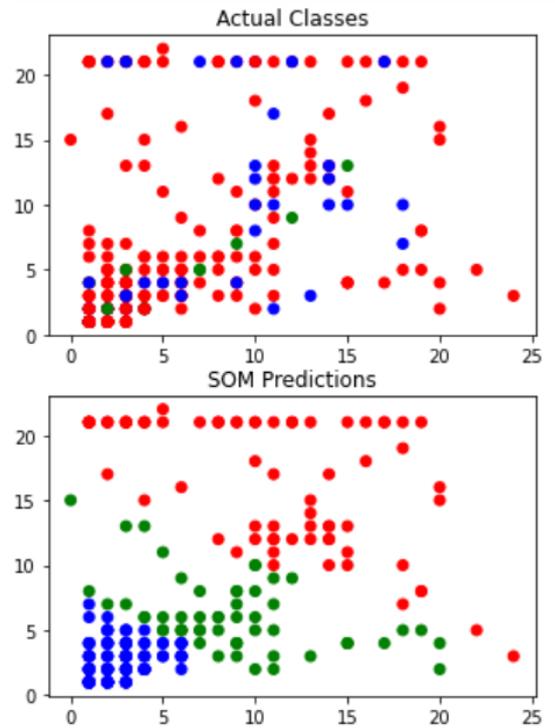
Para **SEBASTIAN VETTEL/Aston Martin** estos fueron los resultados:

Los pesos correspondientes a estas neuronas son los siguientes:

```
[[ 9.67670622 15.25544442]
 [ 5.63830575  8.14753915]
 [ 2.29168316  2.6329715 ]]
```

El piloto Sebastian Vettel tenderá a quedar en las posiciones 10º en la clasificación y 15º en la carrera en los circuitos de la neurona 0. En los circuitos de la neurona 1, las posiciones más probables serán 6º en la clasificación y 8º en la carrera, mientras que en los de la neurona 2, serán 2º en la clasificación y 3º en la carrera.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:



Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Autodromo Enzo e Dino Ferrari	Circuit Paul Ricard	Albert Park Grand Prix Circuit
Circuit Park Zandvoort		Bahrain International Circuit
Red Bull Ring		Circuit de Barcelona-Catalunya
Jeddah Street Circuit		Circuit de Monaco
		Circuit Gilles Villeneuve
		Silverstone Circuit
		Hungaroring
		Circuit de Spa-Francorchamps
		Autodromo Nazionale di Monza
		Marina Bay Street Circuit
		Autódromo José Carlos Pace
		Suzuka Circuit
		Yas Marina Circuit
		Autódromo Hermanos Rodríguez
		Circuit of the Americas
		Baku City Circuit

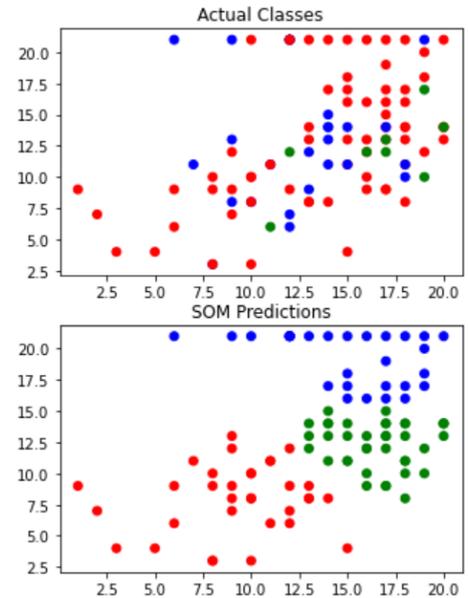
Para **LANCE STROLL/Aston Martin** estos fueron los resultados:

Los pesos correspondientes a estas neuronas son los siguientes:

[[11.53399755 9.03747721]
[15.08929595 13.00887185]
[15.4593007 17.72201637]]

El piloto Lance Stroll tenderá a quedar en las posiciones 11° en la clasificación y 9° en la carrera en los circuitos de la neurona 0. En los circuitos de la neurona 1, las posiciones más probables serán 15° en la clasificación y 13° en la carrera, mientras que en los de la neurona 2, serán 15° en la clasificación y 18° en la carrera.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:



Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Bahrain International Circuit	Albert Park Grand Prix Circuit	Circuit de Monaco
Circuit de Barcelona-Catalunya	Circuit Gilles Villeneuve	Hungaroring
Silverstone Circuit	Circuit de Spa-Francorchamps	Autódromo José Carlos Pace
Autodromo Nazionale di Monza	Marina Bay Street Circuit	Suzuka Circuit
Autodromo Enzo e Dino Ferrari	Yas Marina Circuit	
Circuit Park Zandvoort	Autódromo Hermanos Rodríguez	
Red Bull Ring	Circuit Paul Ricard	
Baku City Circuit	Circuit of the Americas	
	Jeddah Street Circuit	

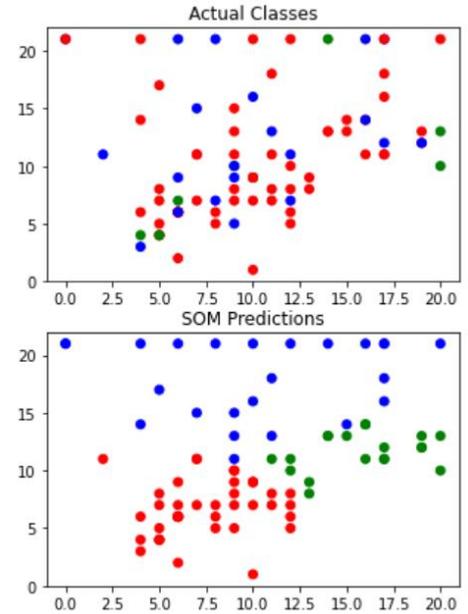
Para **PIERRE GASLY/Alpha Tauri** estos fueron los resultados:

Los pesos correspondientes a estas neuronas son los siguientes:

[[9.65862108 6.93814172]
 [13.70078638 10.57248281]
 [11.65088377 14.02293785]]

El piloto Pierre Gasly tenderá a quedar en las posiciones 10º en la clasificación y 7º en la carrera en los circuitos de la neurona 0. En los circuitos de la neurona 1, las posiciones más probables serán 14º en la clasificación y 11º en la carrera, mientras que en los de la neurona 2 serán 12º en la clasificación y 14º en la carrera.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:



Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Bahrain International Circuit	Albert Park Grand Prix Circuit	Autodromo Nazionale di Monza
Circuit de Barcelona-Catalunya		Yas Marina Circuit
Circuit de Monaco		Circuit of the Americas
Circuit Gilles Villeneuve		
Silverstone Circuit		
Hungaroring		
Circuit de Spa-Francorchamps		
Marina Bay Street Circuit		
Autódromo José Carlos Pace		
Autodromo Enzo e Dino Ferrari		
Suzuka Circuit		
Autódromo Hermanos Rodríguez		
Circuit Paul Ricard		
Circuit Park Zandvoort		
Red Bull Ring		
Baku City Circuit		
Jeddah Street Circuit		

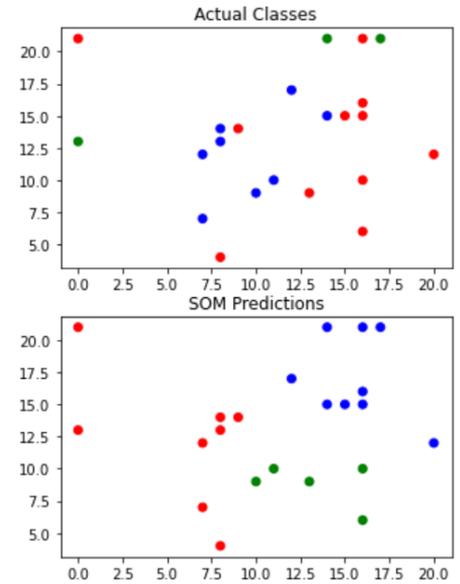
Para **YUKI TSUNODA/Alpha Tauri** estos fueron los resultados:

Los pesos correspondientes a estas neuronas son los siguientes:

```
[[ 6.229142 11.85173022]
 [12.45292099 10.94938184]
 [14.73319247 14.4016669 ]]
```

El piloto Yuki Tsunoda tenderá a quedar en las posiciones 6º en la clasificación y 12º en la carrera en los circuitos de la neurona 0. En los circuitos de la neurona 1, las posiciones más probables serán 12º en la clasificación y 11º en la carrera, mientras que en los de la neurona 2 serán 15º en la clasificación y 14º en la carrera.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:



Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Albert Park Grand Prix Circuit	Bahrain International Circuit	Circuit de Barcelona-Catalunya
Circuit Gilles Villeneuve	Silverstone Circuit	Circuit de Monaco
Autodromo Nazionale di Monza	Hungaroring	Circuit de Spa-Francorchamps
Marina Bay Street Circuit	Circuit of the Americas	Autódromo José Carlos Pace
Suzuka Circuit		Autodromo Enzo e Dino Ferrari
Yas Marina Circuit		Autódromo Hermanos Rodríguez
Circuit Paul Ricard		Circuit Park Zandvoort
Red Bull Ring		
Baku City Circuit		
Jeddah Street Circuit		

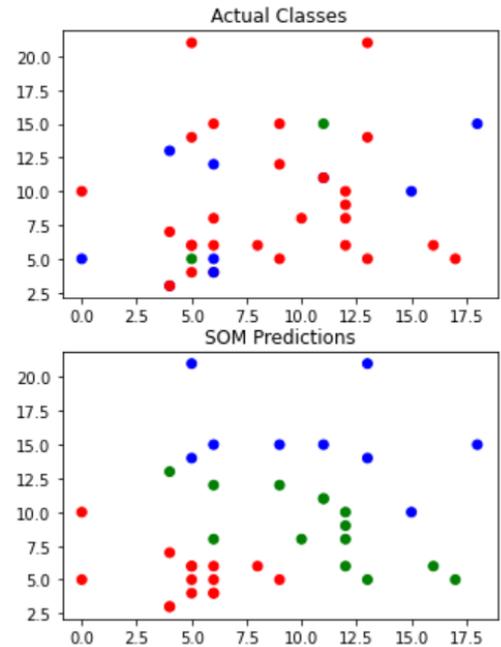
Para **ALEX ALBON/Williams** estos fueron los resultados:

Los pesos correspondientes a estas neuronas son los siguientes:

```
[[ 5.33714451  5.12921962]
 [ 8.2429113  8.90544196]
 [10.96363168 14.80939172]]
```

El piloto Alex Albon tenderá a quedar en las posiciones 5º en la clasificación y 5º en la carrera en los circuitos de la neurona 0. En los circuitos de la neurona 1, las posiciones más probables serán 8º en la clasificación y 9º en la carrera, mientras que en los de la neurona 2 serán 11º en la clasificación y 15º en la carrera.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:



Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Circuit de Spa-Francorchamps	Bahrain International Circuit	Albert Park Grand Prix Circuit
Autodromo Nazionale di Monza	Circuit de Barcelona-Catalunya	Circuit Gilles Villeneuve
Marina Bay Street Circuit	Circuit de Monaco	Autódromo José Carlos Pace
Suzuka Circuit	Silverstone Circuit	Autodromo Enzo e Dino Ferrari
Yas Marina Circuit	Hungaroring	Circuit Paul Ricard
Autódromo Hermanos Rodríguez	Baku City Circuit	
Circuit Park Zandvoort		
Circuit of the Americas		
Red Bull Ring		
Jeddah Street Circuit		

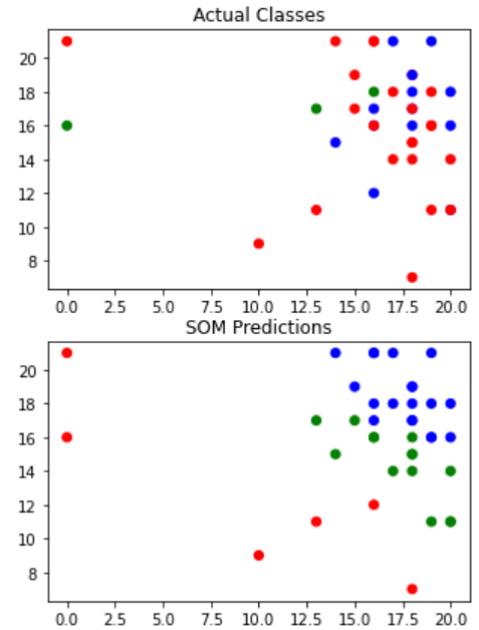
Para **NICHOLAS LATIFI/Williams** estos fueron los resultados:

Los pesos correspondientes a estas neuronas son los siguientes:

[[13.52253548 12.18915076]
[16.3459063 15.38767529]
[17.30171441 17.9560449]]

El piloto Nicholas Latifi tenderá a quedar en las posiciones 14° en la clasificación y 12° en la carrera en los circuitos de la neurona 0. En los circuitos de la neurona 1, las posiciones más probables serán 16° en la clasificación y 15° en la carrera, mientras que en los de la neurona 2 será 17° en la clasificación y 18° en la carrera.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:



Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Albert Park Grand Prix Circuit	Circuit de Monaco	Bahrain International Circuit
Circuit Gilles Villeneuve	Silverstone Circuit	Circuit de Barcelona-Catalunya
Hungaroring	Autódromo José Carlos Pace	Yas Marina Circuit
Circuit de Spa-Francorchamps	Autodromo Enzo e Dino Ferrari	Circuit Paul Ricard
Autodromo Nazionale di Monza	Autódromo Hermanos Rodríguez	
Marina Bay Street Circuit	Circuit of the Americas	
Suzuka Circuit	Red Bull Ring	
Circuit Park Zandvoort	Baku City Circuit	
Jeddah Street Circuit		

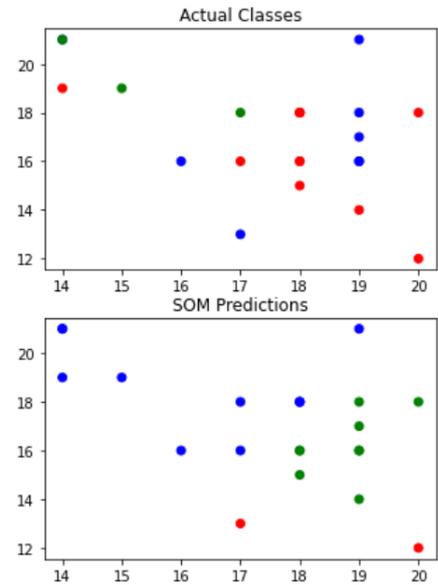
Para **MICK SCHUMACHER/Haas** los resultados fueron:

Los pesos correspondientes a estas neuronas son los siguientes:

```
[[15.70582477 13.15145515]
 [18.55525697 16.208647 ]
 [16.96096961 17.49433266]]
```

El piloto Mick Schumacher tenderá a quedar en las posiciones 16º en la clasificación y 13º en la carrera en los circuitos de la neurona 0. En los circuitos de la neurona 1, las posiciones más probables serán 19º en la clasificación y 16º en la carrera, mientras que en los de la neurona 2 serán 17º en la clasificación y 17º en la carrera.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:



Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Albert Park Grand Prix Circuit	Bahrain International Circuit	Circuit de Barcelona-Catalunya
Circuit Gilles Villeneuve	Circuit de Monaco	Silverstone Circuit
Hungaroring	Autodromo Nazionale di Monza	Circuit de Spa-Francorchamps
Marina Bay Street Circuit	Autodromo Enzo e Dino Ferrari	Autódromo José Carlos Pace
Suzuka Circuit	Yas Marina Circuit	Autódromo Hermanos Rodríguez
Baku City Circuit	Red Bull Ring	Circuit Paul Ricard
		Circuit Park Zandvoort
		Circuit of the Americas
		Jeddah Street Circuit

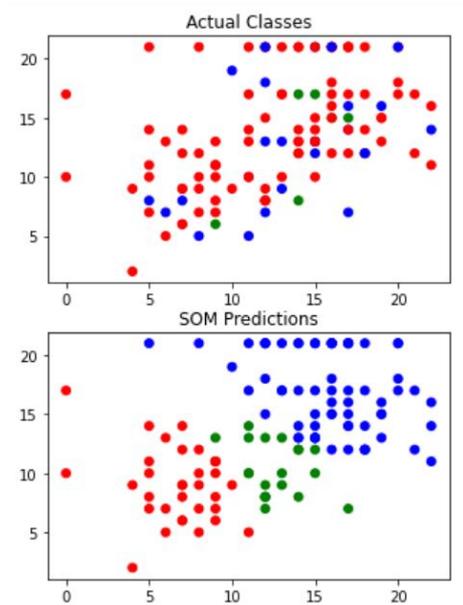
Para **KEVIN MAGNUSSEN/Haas** estos fueron los resultados:

Los pesos correspondientes a estas neuronas son los siguientes:

```
[[ 7.66216113  8.93845948]
 [11.89189705 11.59252178]
 [14.74370423 15.32627013]]
```

El piloto Kevin Magnussen, tenderá a quedar en las posiciones 8º en la clasificación y 9º en la carrera, en los circuitos de la neurona 0. En los circuitos de la neurona 1, las posiciones más probables serán 12º en la clasificación y 12º en la carrera, mientras que en los de la neurona 2, serán 15º en la clasificación y 15º en la carrera.

Con el modelo hecho y los labels conocidos, se analiza el perfil de las neuronas y se obtienen los siguientes grupos:



Neurona 0	Neurona 1	Neurona 2
Circuit de Barcelona-Catalunya	Circuit Gilles Villeneuve	Albert Park Grand Prix Circuit
Circuit de Monaco	Baku City Circuit	Bahrain International Circuit
Circuit de Spa-Francorchamps		Silverstone Circuit
Autódromo José Carlos Pace		Hungaroring
Circuit Paul Ricard		Autodromo Nazionale di Monza
Circuit Park Zandvoort		Marina Bay Street Circuit
Jeddah Street Circuit		Autodromo Enzo e Dino Ferrari
		Suzuka Circuit
		Yas Marina Circuit
		Autódromo Hermanos Rodríguez
		Circuit of the Americas
		Red Bull Ring

9.3 CALIDAD DE PILOTOS EN LA CLASIFICACIÓN DE F1 Y SU TÍPICA POSICIÓN EN CARRERAS

9.3.1 CIRCUITO DE JEDDAH CORNICHE

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	1
2°	Bottas	2
3°	Verstappen	3
4°	Leclerc	4
5°	Perez	5
6°	Gasly	6
7°	Norris	7
8°	Tsunoda	8
9°	Ocon	9
10°	Ricciardo	11
11°	Alonso	13
12°	Russel	14
13°	Sainz	15
14°	Latifi	16
15°	Vettel	17

16°	Stroll	18
17°	Schumacher	19

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	1
2°	Verstappen	2
3°	Bottas	3
4°	Ocon	4
5°	Ricciardo	5
6°	Gasly	6
7°	Leclerc	7
8°	Sainz	8
9°	Norris	10
10°	Magnussen	11
11°	Latifi	12
12°	Leclerc	13
13°	Alonso	14
14°	Perez	DNF
15°	Vettel	DNF

16°	Russel	DNF
17°	Schumacher	DNF

9.3.2 CIRCUITO DE ALBERT PARK

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	4.5
2°	Vettel	4.846
3°	Verstappen	5.8
4°	Ricciardo	7.5
5°	Norris	8
6°	Alonso	8.588
7°	Bottas	9.57
8°	Sainz	9.8
9°	Magnussen	10.67
10°	Leclerc	11.5
11°	Albon	13
12°	Perez	13.444
13°	Ocon	13.5
14°	Stroll	16.333

15°	Gasly	18.5
16°	Russell	19

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	5.286
2°	Alonso	7.294
3°	Vettel	7.538
4°	Bottas	8.571
5°	Verstappen	9
6°	Leclerc	9
7°	Ocon	11
8°	Sainz	11.4
9°	Perez	11.55
10°	Norris	12
11°	Ricciardo	13.375
12°	Magnussen	13.833
13°	Albon	14
14°	Stroll	14.67
15°	Gasly	16

16°	Russel	16
-----	--------	----

9.3.3 AUTÓDROMO ENZO E DINO FERRARI

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	1.5
2°	Verstappen	3
3°	Bottas	4.5
4°	Gasly	4.5
5°	Leclerc	5.5
6°	Ricciardo	5.5
7°	Albon	6
8°	Perez	6.5
9°	Vettel	7
10°	Norris	8
11°	Alonso	9
12°	Sainz	10.5
13°	Ocon	10.5
14°	Stroll	12.5
15°	Russell	12.5

16°	Latifi	16.5
17°	Magnussen	17
18°	Schumacher	18
19°	Tsunoda	20

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	1.5
2°	Leclerc	4.5
3°	Ricciardo	4.5
4°	Norris	5.5
5°	Sainz	6
6°	Alonso	7.33
7°	Perez	8.5
8°	Stroll	10.5
9°	Verstappen	11
10°	Bottas	11.5
11°	Tsunoda	12
12°	Vettel	13.5
13°	Gasly	14

14°	Ocon	15
15°	Albon	15
16°	Latifi	16
17°	Schumacher	16
18°	Magnussen	DNF
19°	Russell	DNF

9.3.4 CIRCUITO DE BARCELONA-CATALUNYA

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1°	Verstappen	4.114
2°	Hamilton	4.33
3°	Bottas	4.67
4°	Alonso	6.38
5°	Vettel	6.43
6°	Leclerc	8
7°	Sainz	8.43
8°	Albon	8.5
9°	Ricciardo	8.7
10°	Norris	9

11°	Gasly	10
12°	Perez	10.27
13°	Ocon	10.75
14°	Magnussen	11.83
15°	Stroll	13.6
16°	Tsunoda	16
17°	Russell	17.33
18°	Schumacher	18
19°	Latifi	19

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	5.26
2°	Vettel	5.64
3°	Verstappen	6.14
4°	Bottas	6.78
5°	Sainz	7.14
6°	Ricciardo	7.4
7°	Alonso	8.1
8°	Albon	9.5

9°	Perez	9.63
10°	Leclerc	10
11°	Magnussen	11.33
12°	Gasly	11.5
13°	Ocon	12
14°	Stroll	12.6
15°	Norris	13
16°	Russel	16
17°	Latifi	17
18°	Schumacher	18
19°	Tsunoda	DNF

9.3.5 CIRCUITO DE MÓNACO

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1°	Vettel	5.07
2°	Hamilton	5.214
3°	Sainz	5.5
4°	Verstappen	6.33
5°	Ricciardo	6.55

6°	Gasly	8
7°	Alonso	8.17
8°	Bottas	8.25
9°	Norris	8.5
10°	Perez	9.5
11°	Leclerc	10
12°	Albon	10
13°	Ocon	10.67
14°	Magnussen	11.8
15°	Stroll	16
16°	Tsunoda	16
17°	Russell	17
18°	Latifi	18
19°	Schumacher	20

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	4.21
2°	Vettel	5.53
3°	Gasly	6

4°	Sainz	7
5°	Norris	7
6°	Albon	8
7°	Ricciardo	8.55
8°	Alonso	8.94
9°	Ocon	9
10°	Verstappen	10.16
11°	Bottas	11.5
12°	Perez	12
13°	Magnussen	13.6
14°	Stroll	14
15°	Russell	14.5
16°	Latifi	15
17°	Tsunoda	16
18°	Schumacher	18
19°	Leclerc	DNF

9.3.6 CIRCUITO CALLEJERO DE BAKU

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
----------	--------	----------------

1º	Hamilton	3.4
2º	Vettel	4.4
3º	Bottas	4.8
4º	Verstappen	5.2
5º	Perez	6.4
6º	Gasly	7
7º	Tsunoda	7
8º	Leclerc	7.33
9º	Ricciardo	7.8
10º	Norris	8
11º	Ocon	8.66
12º	Albon	11
13º	Sainz	11.2
14º	Stroll	12.5
15º	Alonso	13
16º	Magnussen	15.25
17º	Russell	15.5
18º	Latifi	16
19º	Schumacher	17

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Vettel	3
2°	Leclerc	5
3°	Hamilton	5.6
4°	Norris	6.5
5°	Perez	6.8
6°	Tsunoda	7
7°	Bottas	8.4
8°	Sainz	9.8
9°	Stroll	10.25
10°	Alonso	10.75
11°	Albon	11
12°	Magnussen	11.75
13°	Ricciardo	11.8
14°	Gasly	12
15°	Schumacher	13
16°	Verstappen	15
17°	Ocon	16
18°	Latifi	16

19°	Russell	18
-----	---------	----

9.3.7 CIRCUITO GILLES VILLENEUVE

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	2.35
2°	Bottas	4.14
3°	Vettel	4.23
4°	Alonso	7.11
5°	Ricciardo	7.5
6°	Leclerc	8
7°	Norris	8
8°	Verstappen	8.2
9°	Ocon	8.5
10°	Gasly	10.5
11°	Perez	11.75
12°	Magnussen	12.6
13°	Sainz	12.8
14°	Albon	13
15°	Stroll	17

16°	Russell	18
-----	---------	----

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Vettel	2.92
2°	Bottas	5
3°	Leclerc	6.5
4°	Hamilton	7.5
5°	Ocon	7.5
6°	Ricciardo	7.87
7°	Gasly	9.5
8°	Verstappem	9.6
9°	Perez	9.62
10°	Sainz	12.2
11°	Alonso	12.5
12°	Stroll	13
13°	Magnussen	13.4
14°	Russell	16
15°	Albon	DNF
16°	Norris	DNF

9.3.8 CIRCUITO DE SILVERSTONE

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1º	Hamilton	3
2º	Verstappen	4.62
3º	Vettel	5.5
4º	Leclerc	5.6
5º	Bottas	6
6º	Norris	7
7º	Alonso	9.05
8º	Ricciardo	9.5
9º	Gasly	9.6
10º	Ocon	9.8
11º	Albon	10
12º	Perez	10.1
13º	Sainz	10.75
14º	Magnussen	13
15º	Stroll	13
16º	Tsunoda	16
17º	Russell	16.5

18°	Latifi	17.6
19°	Schumacher	18

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	2.2
2°	Bottas	5.8
3°	Leclerc	6.6
4°	Norris	7.25
5°	Ocon	7.6
6°	Albon	8.33
7°	Alonso	8.4
8°	Ricciardo	9
9°	Gasly	9.2
10°	Verstappen	9.62
11°	Vettel	9.86
12°	Tsunoda	10
13°	Stroll	10.67
14°	Perez	12.6
15°	Sainz	13.625

16°	Russell	14
17°	Magnussen	15.43
18°	Latifi	16
19°	Schumacher	18

9.3.9 RED BULL RING

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1°	Bottas	3.5
2°	Verstappen	3.55
3°	Hamilton	3.7
4°	Norris	4.4
5°	Gasly	8.5
6°	Vettel	8.7
7°	Tsunoda	9
8°	Russell	9.2
9°	Albon	9.33
10°	Ricciardo	9.5
11°	Leclerc	9.83

12°	Sainz	10.89
13°	Perez	11
14°	Alonso	12
15°	Stroll	12.14
16°	Ocon	12.17
17°	Magnussen	12.43
18°	Latifi	18
19°	Schumacher	19

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Norris	4.4
2°	Hamilton	4.6
3°	Bottas	5
4°	Verstappen	6.55
5°	Perez	7.9
6°	Leclerc	8.17
7°	Sainz	10.55
8°	Albon	10.66

9°	Ricciardo	10.8
10°	Tsunoda	11
11°	Vettel	11.5
12°	Gasly	11.67
13°	Stroll	12.42
14°	Ocon	13
15°	Alonso	13.14
16°	Magnussen	14.14
17°	Latifi	15.25
18°	Schumacher	17
19°	Russell	17.4

9.3.10 CIRCUITO DE PAUL RICARD

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	1.3333
2°	Bottas	2.333
3°	Verstappen	3
4°/5	Sainz	6
4°/5°	Leclerc	6

6°	Norris	6.5
7°	Vettel	7.333
8°	Ricciardo	7.667
9°	Gasly	9.667
10°	Perez	10.333
11°/12°	Ocon	11
11°/12°	Albon	11
13°	Magnusen	12
14°	Alonso	12.5
15°	Schumacher	15
16°	Latifi	16
17°	Russel	17
18°	Stroll	18.33

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	1.333
2°	Verstappen	2.333
3°	Bottas	4.333
4°	Vettel	6.333

5º/6º	Norris	7
5º/6º	Ricciardo	7
7º	Sainz	8.333
8º	Leclerc	9.667
9º	Magnussen	11.5
10º/11º	Perez	12
10º/11º	Alonso	12
12º	Gasly	12.667
13º	Tsunoda	13
14º	Stroll	13.334
15º	Albon	15
16º	Russell	15.5
17º	Ocon	17.5
18º	Latifi	18
19º	Schumacher	19

9.3.11 CIRCUITO DE HUNGARORING

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1º	Hamilton	3.286

2º	Bottas	5.111
3º	Verstappen	5.143
4º	Vettel	5.21
5º	Gasly	6.75
6º	Norris	7
7º	Alonso	7.7
8º	Leclerc	8.5
9º	Sainz	9.143
10º	Ricciardo	10.82
11º	Perez	11.545
12º	Albon	12.5
13º	Ocon	12.75
14º/15º	Stroll	13
14º/15º	Magnussen	13
16º	Russell	14.666
17º	Tsunoda	16
18º	Latifi	16.5
19º	Schumacher	20

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	3.714
2°	Tsunoda	6
3°	Alonso	6.588
4°	Vettel	6.714
5°	Verstappen	6.857
6°	Alonso	7.5
7°	Sainz	8.857
8°	Ocon	9.25
9°	Gasly	9.5
10°	Ricciardo	10.09
11°	Bottas	10.111
12°	Magnussen	11.667
13°	Schumacher	12
14°	Latifi	13
15°	Perez	13.818
16°	Russell	14
17°	Leclerc	14.25
18°	Norris	14.333
19°	Stroll	14.6

9.3.12 CIRCUITO DE SPA-FRANCOCHAMPS

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	3.57
2°	Verstappen	5.86
3°	Vettel	5.93
4°	Perez	6.9
5°	Ocon	8.6
6°	Bottas	8.67
7°	Leclerc	8.75
8°	Ricciardo	9.54
9°	Alonso	10.06
10°	Gasly	10.25
11°	Russell	10.33
12°	Albon	11
13°	Magnussen	11.33
14°/15°	Sainz	12
14°/15°	Norris	12
16°	Latifi	14.5
17°	Stroll	15.2

18°	Tsunoda	16
19°	Schumacher	17

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Albon	5.5
2°	Hamilton	6.21
3°	Vettel	6.64
4°	Bottas	6.77
5°	Gasly	8
6°	Ocon	8.6
7°	Verstappen	9.71
8°	Ricciardo	10
9°	Norris	10.67
10°	Leclerc	11
11°	Perez	11.63
12°	Alonso	11.93
13°	Latifi	12.5
14°	Stroll	12.6
15°	Russell	12.67

16°	Magnussen	14.16
17°	Tsunoda	15
18°	Schumacher	16
19°	Sainz	16.43

9.3.13 CIRCUITO DE ZANDVOORT

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1°	Verstappen	1
2°	Hamilton	2
3°	Bottas	3
4°	Gasly	4
5°	Leclerc	5
6°	Sainz	6
7°	Ocon	8
8°	Alonso	9
9°	Ricciardo	10
10°	Russell	11
11°	Stroll	12
12°	Norris	13

13°	Tsunoda	14
14°	Vettel	15
15°	Schumacher	17
16°	Perez	18
17°	Latifi	20

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Verstappen	1
2°	Hamilton	2
3°	Bottas	3
4°	Gasly	4
5°	Leclerc	5
6°	Alonso	6
7°	Sainz	7
8°	Perez	8
9°	Ocon	9
10°	Norris	10
11°	Ricciardo	11
12°	Stroll	12

13°	Vettel	13
14°	Latifi	16
15°	Russell	17
16°	Schumacher	18
17°	Tsunoda	DNF

9.3.14 AUTÓDROMO NAZIONALE DI MONZA

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	3.64
2°	Vettel	6
3°	Bottas	7.11
4°	Stroll	7.6
5°	Norris	8.33
6°	Leclerc	8.5
7°	Albon	8.5
8°	Alonso	9.59
9°	Verstappen	10
10°	Sainz	10

11°	Perez	10.36
12°	Ocon	11.4
13°	Ricciardo	11.54
14°	Magnussen	12
15°	Gasly	14
16°	Russell	15.66
17°	Latifi	16.5
18°	Schumacher	18
19°	Tsunoda	20

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Bottas	4.88
2°	Norris	5.33
3°	Hamilton	5.78
4°	Stroll	7.8
5°	Vettel	7.92
6°	Ricciardo	8.54
7°	Perez	8.63

8°	Leclerc	9.5
9°	Ocon	9.8
10°	Alonso	10.47
11°	Albon	10.5
12°	Latifi	11
13°	Sainz	11.14
14°	Verstappen	12
15°	Gasly	12
16°	Russell	12.33
17°	Schumacher	15
18°	Magnussen	16.16
19°	Tsunoda	DNF

9.3.15 CIRCUITO DE MARINA BAY

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	2.9
2°	Verstappen	4
3°	Vettel	4.27
4°	Albon	6

5°	Leclerc	7
6°	Alonso	7.8
7°	Bottas	8
8°	Norris	9
9°	Ricciardo	9.22
10°	Sainz	9.8
11°	Gasly	13
12°	Perez	13.11
13°	Magnussen	13.8
14°	Ocon	14.66
15°	Stroll	18
16°	Russell	18

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Vettel	3.9
2°	Leclerc	5.5
3°	Albon	6
4°	Norris	7

5°	Alonso	7.1
6°	Hamilton	7.81
7°	Verstappen	8
8°	Ricciardo	8.66
9°	Bottas	8.85
10°	Sainz	9.4
11°	Perez	10.22
12°	Gasly	10.5
13°	Stroll	11.66
14°	Magnussen	15.2
15°	Ocon	16.33
16°	Russell	DNF

9.3.16 CIRCUITO DE SUZUKA

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	3.5
2°	Vettel	3.5
3°	Bottas	5.85

4°	Leclerc	6
5°	Albon	6
6°	Verstappen	6.4
7°	Norris	8
8°	Gasly	10
9°	Perez	10.11
10°	Alonso	10.57
11°	Ricciardo	11.44
12°	Ocon	12
13°	Sainz	12.6
14°	Magnussen	13.4
15°	Stroll	13.66
16°	Russell	18

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Albon	4
2°	Vettel	4.5
3°	Hamilton	4.6

4°	Bottas	6.42
5°	Verstappen	7.4
6°	Alonso	10.28
7°	Gasly	10.33
8°	Perez	10.55
9°	Ricciardo	10.88
10°	Norris	11
11°	Ocon	12
12°	Sainz	12.6
13°	Leclerc	13.5
14°	Magnussen	14.4
15°	Stroll	15.66
16°	Russell	16

9.3.17 CIRCUITO DE LAS AMÉRICAS

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	2.33
2°	Leclerc	5.66

3°	Albon	6
4°	Bottas	6.5
5°	Ricciardo	6.88
6°	Vettel	7.33
7°	Norris	7.5
8°	Verstappen	8.33
9°	Sainz	10
10°	Alonso	10
11°	Tsunoda	10
12°	Perez	10.11
13°	Ocon	11.25
14°	Gasly	12.33
15°	Magnussen	13.2
16°	Latifi	14
17°	Stroll	14.25
18°	Schumacher	16
19°	Russell	19

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	1.77
2°	Albon	5
3°	Verstappen	5.83
4°	Vettel	6
5°	Sainz	7
6°	Norris	7.5
7°	Bottas	8.37
8°	Perez	9
9°	Tsunoda	9
10°	Leclerc	9.66
11°	Ricciardo	10.22
12°	Alonso	11.62
13°	Stroll	12.5
14°	Magnussen	15
15°	Latifi	15
16°	Russell	15.5
17°	Schumacher	16
18°	Gasly	16.33
19°	Ocon	16.5

9.3.18 AUTÓDROMO HERMANOS RODRÍGUEZ

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	2.33
2°	Versappen	3.66
3°	Vettel	4.33
4°	Bottas	5
5°	Albon	5
6°	Leclerc	6
7°	Ricciardo	7.66
8°	Sainz	8.33
9°	Perez	9.66
10°	Norris	13
11°	Latifi	13
12°	Gasly	13.75
13°	Ocon	14
14°	Schumacher	14
15°	Alonso	14.2
16°	Magnussen	15.25
17°	Stroll	16

18°	Tsunoda	17
19°	Russell	17.5

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	3.16
2°	Verstappen	3.66
3°	Albon	5
4°	Leclerc	5.33
5°	Bottas	6
6°	Vettel	6.83
7°	Gasly	9
8°	Perez	9.33
9°	Stroll	11
10°	Ricciardo	11.66
11°	Ocon	12.5
12°	Magnussen	13.75
13°	Alonso	14.8
14°	Sainz	15
15°	Norris	15.5

16°	Russell	16
17°	Latifi	17
18°	Schumacher	DNF
19°	Tsunoda	DNF

9.3.19 AUTÓDROMO JOSÉ CARLOS PACE

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1°	Verstappen	4.16
2°	Vettel	4.38
3°	Hamilton	4.53
4°	Albon	5
5°	Bottas	5.5
6°	Norris	7.5
7°	Alonso	8.52
8°	Leclerc	9
9°	Gasly	10.25
10°	Magnussen	11.4
11°	Sainz	11.83

12°	Perez	12.2
13°	Ricciardo	12.5
14°	Ocon	14.5
15°	Tsunoda	15
16°	Latifi	16
17°	Stroll	16.5
18°	Russell	17.5
19°	Schumacher	18

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Verstappen	3.66
2°	Vettel	6.38
3°	Hamilton	6.53
4°	Alonso	6.76
5°	Gasly	8.5
6°	Norris	9
7°	Bottas	9.75
8°	Sainz	9.83

9°	Leclerc	10
10°	Perez	10.3
11°	Ricciardo	12
12°	Russell	12.5
13°	Magnussen	12.8
14°	Ocon	14
15°	Albon	14
16°	Tsunoda	15
17°	Latifi	16
18°	Schumacher	18
19°	Stroll	18.5

9.3.20 CIRCUITO DE YAS MARINA

A. Predicción parrilla de salida

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	1.91
2°	Norris	4.33
3°	Verstappen	4.71
4°	Albon	5
5°	Bottas	7.33

6°	Leclerc	7.5
7°	Tsunoda	8
8°	Vettel	8.75
9°	Alonso	9.4
10°	Perez	9.81
11°	Ricciardo	10
12°	Sainz	10.42
13°	Ocon	11.4
14°	Gasly	13.2
15°	Stroll	13.6
16°	Magnussen	14.66
17°	Russell	17
18°	Latifi	17
19°	Schumacher	19

B. Predicción carrera.

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	3.66
2°	Tsunoda	4

3°	Verstappen	4.57
4°	Albon	5
5°	Vettel	6.33
6°	Norris	6.66
7°	Bottas	7.77
8°	Alonso	8
9°	Leclerc	8.25
10°	Perez	10.27
11°	Ricciardo	10.63
12°	Sainz	11.14
13°	Ocon	12
14°	Gasly	13.6
15°	Schumacher	14
16°	Magnussen	14.5
17°	Stroll	15
18°	Russell	17.66
19°	Latifi	19

9.4 CALIDAD DE PILOTOS EN LA CLASIFICACIÓN DE F1 Y SU TÍPICA POSICIÓN EN CARRERAS EN CIRCUITOS CON FILTRACIÓN DE DATOS ATÍPICOS

9.4.1 CIRCUITO DE HUNGARORING

Posición	Sin filtración de datos atípicos	Con filtración de datos atípicos
1°	Hamilton	Verstappen
2°	Tsunoda	Leclerc
3°	Alonso	Sainz
4°	Vettel	Norris
5°	Verstappen	Perez
6°	Alonso	Hamilton
7°	Sainz	Russell
8°	Ocon	Albon
9°	Gasly	Bottas
10°	Ricciardo	Ocon
11°	Bottas	Ricciardo
12°	Magnussen	Magnussen
13°	Schumacher	Gasly
14°	Latifi	Vettel

15°	Perez	Stroll
16°	Russell	Tsunoda
17°	Leclerc	Zhou
18°	Norris	Alonso
19°	Stroll	Schumacher
20°	-	Latifi

9.4.2 CIRCUITO DE SPA-FRANCOCHAMPS

Posición	Sin filtración de datos atípicos	Con filtración de datos atípicos
1°	Albon	Leclerc
2°	Hamilton	Verstappen
3°	Vettel	Perez
4°	Bottas	Sainz
5°	Gasly	Norris
6°	Ocon	Russell
7°	Verstappen	Hamilton
8°	Ricciardo	Magnussen
9°	Norris	Ocon
10°	Leclerc	Gasly

11°	Perez	Alonso
12°	Alonso	Bottas
13°	Latifi	Albon
14°	Stroll	Vettel
15°	Russell	Ricciardo
16°	Magnussen	Schumacher
17°	Tsunoda	Tsunoda
18°	Schumacher	Zhou
19°	Sainz	Latifi
20°		Stroll

9.4.3 CIRCUITO DE ZANDVOORT

Posición	Sin filtración datos atípicos	Con filtración datos atípicos
1°	Verstappen	Hamilton
2°	Hamilton	Verstappen
3°	Bottas	Leclerc
4°	Gasly	Sainz
5°	Leclerc	Norris
6°	Alonso	Russell

7°	Sainz	Perez
8°	Perez	Ocon
9°	Ocon	Magnussen
10°	Norris	Bottas
11°	Ricciardo	Gasly
12°	Stroll	Vettel
13°	Vettel	Ricciardo
14°	Latifi	Albon
15°	Russell	Stroll
16°	Schumacher	Tsunoda
17°	Tsunoda	Zhou
18°	-	Latifi
19°	-	Alonso
20°	-	Schumacher

9.4.4 AUTÓDROMO NAZIONALE DI MONZA

Posición	Sin filtración de datos atípicos	Con filtración de datos atípicos
1°	Bottas	Leclerc
2°	Norris	Sainz

3°	Hamilton	Norris
4°	Stroll	Bottas
5°	Vettel	Verstappen
6°	Ricciardo	Perez
7°	Perez	Hamilton
8°	Leclerc	Russell
9°	Ocon	Ricciardo
10°	Alonso	Ocon
11°	Albon	Magnussen
12°	Latifi	Gasly
13°	Sainz	Latifi
14°	Verstappen	Albon
15°	Gasly	Vettel
16°	Russell	Alonso
17°	Schumacher	Tsunoda
18°	Magnussen	Stroll
19°	Tsunoda	Schumacher
20°	-	Zhou

9.4.5 CIRCUITO DE MARINA BAY

Posición	Sin filtración de datos atípicos	Con filtración de datos atípicos
1°	Vettel	Hamilton
2°	Leclerc	Leclerc
3°	Albon	Sainz
4°	Norris	Perez
5°	Alonso	Norris
6°	Hamilton	Verstappen
7°	Verstappen	Vettel
8°	Ricciardo	Bottas
9°	Bottas	Russell
10°	Sainz	Ricciardo
11°	Perez	Albon
12°	Gasly	Magnussen
13°	Stroll	Ocon
14°	Magnussen	Gasly
15°	Ocon	Stroll
16°	Russell	Tsunoda
17°	-	Latifi

18°	-	Zhou
19°	-	Alonso
20°	-	Schumacher

9.4.6 CIRCUITO DE SUZUKA

Posición	Sin filtración de datos atípicos	Con filtración de datos atípicos
1°	Albon	Verstappen
2°	Vettel	Perez
3°	Hamilton	Sainz
4°	Bottas	Norris
5°	Verstappen	Hamilton
6°	Alonso	Russell
7°	Gasly	Leclerc
8°	Perez	Ricciardo
9°	Ricciardo	Ocon
10°	Norris	Bottas
11°	Ocon	Gasly
12°	Sainz	Vettel
13°	Leclerc	Albon

14°	Magnussen	Magnussen
15°	Stroll	Alonso
16°	Russell	Tsunoda
17°	-	Latifi
18°	-	Zhou
19°	-	Stroll
20°	-	Schumacher

9.4.7 CIRCUITO DE LAS AMÉRICAS

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	Hamilton
2°	Albon	Verstappen
3°	Verstappen	Leclerc
4°	Vettel	Norris
5°	Sainz	Russell
6°	Norris	Sainz
7°	Bottas	Perez
8°	Perez	Magnussen
9°	Tsunoda	Ricciardo

10°	Leclerc	Bottas
11°	Ricciardo	Gasly
12°	Alonso	Ocon
13°	Stroll	Vettel
14°	Magnussen	Alonso
15°	Latifi	Albon
16°	Russell	Schumacher
17°	Schumacher	Tsunoda
18°	Gasly	Stroll
19°	Ocon	Zhou
20°	-	Latifi

9.4.8 AUTÓDROMO HERMANOS RODRÍGUEZ

Posición	Sin filtración de datos atípicos	Con filtración de datos atípicos
1°	Hamilton	Hamilton
2°	Verstappen	Verstappen
3°	Albon	Perez
4°	Leclerc	Norris
5°	Bottas	Leclerc

6°	Vettel	Russell
7°	Gasly	Sainz
8°	Perez	Vettel
9°	Stroll	Magnussen
10°	Ricciardo	Gasly
11°	Ocon	Ocon
12°	Magnussen	Albon
13°	Alonso	Bottas
14°	Sainz	Ricciardo
15°	Norris	Tsunoda
16°	Russell	Zhou
17°	Latifi	Stroll
18°	Schumacher	Latifi
19°	Tsunoda	Alonso
20°	-	Schumacher

9.4.9 AUTÓDROMO JOSÉ CARLOS PACE

Posición	Sin filtración de datos atípicos	Con filtración de datos atípicos
1°	Verstappen	Perez

2°	Vettel	Norris
3°	Hamilton	Verstappen
4°	Alonso	Leclerc
5°	Gasly	Russell
6°	Norris	Hamilton
7°	Bottas	Sainz
8°	Sainz	Ricciardo
9°	Leclerc	Gasly
10°	Perez	Ocon
11°	Ricciardo	Bottas
12°	Russell	Magnussen
13°	Magnussen	Vettel
14°	Ocon	Albon
15°	Albon	Schumacher
16°	Tsunoda	Tsunoda
17°	Latifi	Alonso
18°	Schumacher	Stroll
19°	Stroll	Zhou
20°	-	Latifi

9.4.10 CIRCUITO DE YAS MARINA

Posición	Piloto	Posición media
1°	Hamilton	Verstappen
2°	Tsunoda	Leclerc
3°	Verstappen	Sainz
4°	Albon	Perez
5°	Vettel	Vettel
6°	Norris	Hamilton
7°	Bottas	Norris
8°	Alonso	Gasly
9°	Leclerc	Russell
10°	Perez	Ocon
11°	Ricciardo	Magnussen
12°	Sainz	Bottas
13°	Ocon	Albon
14°	Gasly	Ricciardo
15°	Schumacher	Alonso
16°	Magnussen	Tsunoda
17°	Stroll	Stroll
18°	Russell	Schumacher

19°	Latifi	Zhou
20°	-	Latifi

Capítulo 10. ANEXO OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

El clima de nuestro planeta se está calentando como consecuencia de las emisiones de gases de efecto invernadero, especialmente de dióxido de carbono (CO_2) procedente de la combustión de combustibles fósiles. Las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 , como el metano, el óxido nitroso y las sustancias que agotan la capa de ozono (en gran parte procedentes de fuentes distintas de los combustibles fósiles), también contribuyen de forma significativa al calentamiento. Algunos gases de efecto invernadero distintos del CO_2 tienen una vida mucho más corta que éste, por lo que la reducción de sus emisiones ofrece una oportunidad adicional para disminuir el cambio climático en el futuro. Aunque está claro que la reducción sostenible de la influencia del calentamiento de los gases de efecto invernadero sólo será posible con recortes sustanciales de las emisiones de CO_2 , la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero distintos del CO_2 sería una forma relativamente rápida de contribuir a este objetivo. Por ello este proyecto conseguirá la reducción de las emisiones de CO_2 en forma de recortes de combustible.

La Formula 1 es una competición de automovilismo muy contaminante y el objetivo de este proyecto es ayudar a las escuderías a plantear mejor sus estrategias para la siguiente temporada y de esa manera, hacer una buena gestión de los recursos y reducir la contaminación.

En 2019, la Formula 1 emitió 256.551 toneladas de CO_2 , distribuidos de la siguiente manera:

- El 0,7% ligada a los motores.
- El 7,3% viene de otras actividades en los circuitos (patrocinios, consumo de energía, difusión televisiva, etc).
- El 45% a través del transporte de material.
- El 27,7% el desplazamiento de personal.
- El 19,3% por el funcionamiento de oficinas y fábricas

Además, cada coche de Formula 1 dispone de 100 kilos de combustible cada carrera. El ingeniero Juan De Norverto Morñigo, profesor de motores en Grado y Máster de Competición en la Universidad Antonio de Nebrija, calculó que en una carrera de 305 kilómetros gastaría 46 litros/100 Km, por lo que sabiendo que la equivalencia con el CO_2 es que, por cada Kg de gasolina, se emiten 2,3 Kg de CO_2 .

Por lo tanto, cada carrera, un monoplaza emite alrededor de 230Kg de CO_2 .

La optimización de las estrategias en los Grandes Premios de Formula 1 conseguirán reducir las emisiones, tanto en los Libres, la Clasificación y la Carrera. Se podrán reducir el número de accidentes y el número de neumáticos usados. Si con antelación se tiene una estrategia acorde con lo que va a suceder en la carrera, las escuderías podrán calcular de antemano cuántos y cuáles serán los neumáticos que se usarán durante el Fin de Semana. Al saber los tipos de neumático, se sabrán las velocidades estimadas a las que irá el coche en cada tramo de la carrera y de aquella manera se sabrá de antemano cuantos litros de gasolina se usarán, y de aquella manera la escudería conseguirá reducir la cantidad de CO_2 emitida en un fin de semana.

También, los sistemas de recuperación de energía se optimizarán, los cuales aprovechan el calor residual que deja la frenada, que contribuyen a la energía de cada coche. Con la estrategia planteada se tratará de conseguir la mayor recuperación de energía posible para así reducir el uso de combustible y la huella de carbono de la competición.

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
**APLICACIÓN PARA LA PREDICCIÓN Y LA OPTIMIZACIÓN DE LAS
POSICIONES DE LAS COMPETICIONES DE FÓRMULA 1 MEDIANTE
ALGORITMOS DE MACHINE LEARNING**

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el

curso académico 2021-2022 es de mi autoría, original e inédito y

no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni
total ni parcialmente y la información que ha sido tomada

de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Ana Urquidi Castro

Fecha: 20/ 07/2022

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Firmado por SANZ BOBI MIGUEL ANGEL - ***6599** el día
29/08/2022 con un certificado emitido por AC FNMT Usuarios

Fdo.: Miguel Ángel Sanz Bobi

Fecha: 29/ 08/ 2022

