

Escuela de Negocios
Tipo de documento: Tesis de maestría



Master in Management + Analytics

El impacto del fixture en el orden competitivo: Un estudio sobre el nuevo formato de la Champions League

Autoría: Córdoba, Matías Gabriel

Año: 2025

¿Cómo citar este trabajo?

Córdoba, M. (2025) "El impacto del fixture en el orden competitivo: Un estudio sobre el nuevo formato de la Champions League".

[Tesis de maestría. Universidad Torcuato Di Tella]. Repositorio Digital Universidad Torcuato Di Tella

<https://repositorio.utdt.edu/handle/20.500.13098/13670>

El presente documento se encuentra alojado en el **Repositorio Digital de la Universidad Torcuato Di Tella** bajo una licencia Creative Commons Atribución-No Comercial-Compartir Igual 4.0 Internacional

Dirección: <https://repositorio.utdt.edu>



UNIVERSIDAD
TORCUATO DI TELLA

MASTER IN MANAGEMENT + ANALYTICS

EL IMPACTO DEL FIXTURE EN EL ORDEN COMPETITIVO:

UN ESTUDIO SOBRE EL NUEVO FORMATO DE LA
CHAMPIONS LEAGUE

TESIS

Matías Gabriel Córdoba

Mayo 2025

Tutor: Javier Marengo y Juan José Miranda Bront

Resumen

A partir de la temporada 2024/2025, la UEFA implementó un nuevo sistema de competición para sus torneos principales, reemplazando el tradicional formato de grupos por un modelo de tabla única inspirado en el sistema suizo. Este cambio busca mejorar la equidad competitiva mediante una asignación más representativa de partidos entre equipos de distinto nivel. Sin embargo, la eficacia real de este nuevo sistema aún no ha sido validada empíricamente.

Esta tesis analiza el impacto de distintos esquemas de asignación de partidos sobre el ordenamiento final de los equipos, comparándolos con una jerarquía ideal generada a partir de un torneo de todos contra todos (doble Round Robin). Utilizando datos históricos de la Premier League y La Liga, así como simulaciones sintéticas de partidos, se evalúan tres grandes enfoques: el sistema suizo, el sistema tradicional de grupos y la asignación aleatoria.

Se propone una métrica de distancia entre rankings para medir la fidelidad de cada sistema respecto al orden ideal. Los resultados muestran que ni el sistema suizo ni el tradicional mejoran significativamente al azar. Además, se construyen modelos extremos: un modelo "pesimista", que amplifica la distorsión del ranking, y un modelo "optimista", optimizado mediante Simulated Annealing, que logra reducir dicha distancia. Se concluye que la asignación de partidos sí puede influir en los resultados y que existe una tensión no resuelta entre eficiencia y equidad deportiva, abriendo la puerta al diseño de algoritmos de asignación más sofisticados.

Abstract

Starting from the 2024/2025 season, UEFA adopted a new competition format for its main tournaments, replacing the traditional group stage with a single league table inspired by the Swiss system. This reform aims to improve competitive fairness by assigning opponents from different tiers to each team. However, the actual effectiveness of this new approach remains empirically unproven.

This thesis investigates how different match assignment methods influence the final team rankings, using a double Round Robin tournament as the ideal benchmark. Historical data from the Premier League and La Liga, along with synthetic match simulations, are used to compare three systems: the Swiss model, traditional groups, and random scheduling.

A custom ranking distance metric is introduced to evaluate the fidelity of each system relative to the ideal hierarchy. Results indicate that neither the Swiss nor the traditional formats systematically outperform random scheduling. Additionally, two extreme models are introduced: a "bad" model that intentionally distorts rankings, and a "good" model, built using simulated annealing, that improves alignment with the ideal ranking. The findings reveal that fixture structure can affect outcomes and highlight an unresolved trade-off between efficiency and sporting fairness, motivating the future development of smarter scheduling algorithms.

Índice

1. Capítulo 1: Introducción	9
a. Contexto	9
b. Problema y contexto bibliografico	10
c. Objetivo	11
d. Coeficiente ELO	12
e. Contenido de la tesis	14
2. Capítulo 2: Datos	15
3. Capítulo 3: Metodología	22
a. Diseño general del estudio	22
b. Sistemas de ordenamientos de equipos	22
c. Métricas para la comparación entre modelos	27
Distancia Dk	27
Distancia Dk a nivel cluster	27
d. Formatos de torneos	28
Modelo Ideal de Referencia: Double Round Robin (2RR)	28
Modelo Suizo o Round Robin incompleto	28
Modelo Random	30
Modelo Tradicional de Grupos	30
Modelo Pesimista	31
Modelo Optimista	32
e. Supuestos del Modelo	37
f. Simulacion de partidos	38
4. Capítulo 4: Comparacion entre Formato Suizo y Otros modelos, con datos historicos	41
a. Comparacion basica entre el formato suizo y un sistema aleatorio	41
b. Comparacion de sistemas a partir de la clasificacion por clusters	44
5. Capítulo 5: Comparacion entre Formato Suizo y Otros modelos, con datos simulados	50
a. Comparacion basica entre el formato suizo y un sistema aleatorio, utilizando partidos simulados	50
b. Comparacion de sistemas a partir de la clasificacion por clusters, utilizando partidos simulados	52
6. Capítulo 6: Analisis al extremod el corportamiento de las curvas DK	57
a. Evaluacion de la vulnerabilidad del sistema: El modelo "pesimista"	57
b. Optimizacion del sistema de emparejamientos, Analisis del modelo "optimista"	61

7. Capítulo 7: Conclusiones	63
Referencias	65

Índice de tablas

1. Tabla de comparación entre sistema tradicional de grupos y sistema suizo UEFA	10
2. Muestra de tabla de datos históricos de Premier League	15
3. Muestra de tabla de datos historicos de La Liga.....	16
4. Muestra de coeficientes ELO para equipos de la Premier League para la temporada 2000/2001	17
5. Estadísticos de coeficientes ELO para distintas competencias y años.....	19
6. Muestra de coeficientes UEFA para equipos de la Premier League para la temporada 2000/2001	20
7. Matriz G de goles ponderada para los equipos de la Premier League para la temporada 2023/2024	24
8. Tabla 7: Tabla final de torneo de Premier League para la temporada 2023/2024 bajo el sistema de tradicional 3-1-0 y el sistema Perron-Frobenius.....	26
9. Tabla con las distintas configuraciones de los modelos suizos implementados en este trabajo	29
10. Tabla de resultados simulados entre dos equipos con coeficientes ELO de 2000 y 1900	40

Índice de figuras

1. Relación entre Esperanza de victoria para jugador 1, y diferencia de coeficientes entre jugadores	13
2. Evolución de los coeficientes ELO de la Premier League para múltiples temporadas a lo largo del tiempo.....	17
3. Comparacion de densidades de coeficiente ELO en competiciones de Champions League, Premier League y La Liga	19
4. Evolución de los coeficientes UEFA ajustados de la Premier League para múltiples temporadas a lo largo del tiempo.....	21
5. Frecuencia de aparición de distintos partidos en conjuntos para el universo de K=6. Datos generados para temporadas 1995/1996 a 2023/2024 para Premier League.....	34
6. Frecuencia de aparición de distintos partidos en conjuntos para el universo de K=8. Dato generados para temporadas 1995/1996 a 2023/2024 para Premier League.....	35
7. Frecuencia de aparición de distintos partidos en conjuntos para el universo de K=10. Datos generados para temporadas 1995/1996 a 2023/2024 para Premier League.....	36
8. Evolución de la distancia promedio en la clasificación normal solo para La Liga española....	42
9. Evolución de la distancia promedio en la clasificación normal solo para Premier League.....	42
10. Evolución de la distancia promedio en la clasificación de Perron-Frobenius solo para La Liga española	43
11. Evolución de la distancia promedio en la clasificación de Perron-Frobenius solo para Premier League	43
12. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para La Liga española según clasificación normal.....	45
13. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para Premier League según clasificación normal.....	46
14. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para La Liga española según clasificación Perron-Frobenius.	46
15. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para Premier League según clasificación Perron-Frobenius.	46
16. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random y modelo suizo para La Liga española según clasificación tradicional o normal.	47

17. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random y modelo suizo para Premier League según clasificación tradicional o normal.	47
18. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random y modelo suizo para La Liga española según clasificación tradicional o normal..	48
19. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random y modelo suizo para La Liga española según clasificación Perron-Frobenius.	48
20. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para La Liga española según clasificación normal.....	50
21. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para Premier League según clasificación normal.....	51
22. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para La Liga española según clasificación Perron-Frobenius.	51
23. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para Premier League según clasificación Perron-Frobenius.	52
24. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para La Liga española según clasificación normal, con simulación de partidos.	53
25. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para Premier League según clasificación normal, con simulación de partidos.	53
26. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para La Liga española según clasificación Perron-Frobenius, con simulación de partidos.....	54
27. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para Premier League según clasificación Perron-Frobenius, con simulación de partidos.....	54
28. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random y modelo suizo para La Liga española según clasificación tradicional o normal, con simulación de partidos.....	55
29. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random y modelo suizo para Premier League según clasificación tradicional o normal, con simulación de partidos.....	55

30. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random y modelo suizo para La Liga española según clasificación Perron-Frobenius, con simulación de partidos.....	55
31. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random y modelo suizo para Premier League según clasificación Perron-Frobenius, con simulación de partidos.....	56
32. Distancia promedio de los equipos con respecto a la tabla ideal 2RR, con modelos Random, pesimista y suizo, en sus dos variables, bajo clasificación tradicional para ambos países.	58
33. Distancia promedio de los equipos con respecto a la tabla ideal 2RR, con modelos Random, pesimista y suizo, en sus dos variables, bajo clasificación Perron-Frobenius para ambos países.	58
34. Distancia promedio de los equipos con respecto a la tabla ideal 2RR, con modelos Random, pesimista y suizo, en sus dos variables, bajo clasificación tradicional para ambos países y con partidos simulados.....	59
35. Distancia promedio de los equipos con respecto a la tabla ideal 2RR, con modelos Random, pesimista y suizo, en sus dos variables, bajo clasificación Perron-Frobenius para ambos países y con partidos simulados	59
36. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random, modelo suizo y modelo pesimista para todas las ligas según clasificación Normal.	59
37. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random, modelo suizo y modelo pesimista para todas las ligas según clasificación Perron Frobenius	60
38. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random, modelo suizo y modelo pesimista para todas las ligas según clasificación Normal con partidos simulados.....	60
39. Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random, modelo suizo y modelo pesimista para todas las ligas según clasificación Perron Frobenius con partidos simulados	60
40. Distancia promedio de los equipos con respecto a la tabla ideal 2RR, con modelos Random, pesimista, optimista y suizo, en sus dos variables, bajo clasificación tradicional para Premier League.	61
41. Distancia promedio de los equipos con respecto a la tabla ideal 2RR, con modelos Random, pesimista, optimista y suizo, en sus dos variables, bajo clasificación tradicional para Premier League. Únicamente se muestra el universo de 4 a 12 fechas.....	61

1. Introducción

a. Contexto

En el pasado reciente, la UEFA anunció un cambio sustancial en el formato de la fase de grupos de sus principales competiciones continentales de clubes: la Champions League, la Europa League y la Conference League. Esta reforma, que comenzó a implementarse en la temporada 2024/2025, reemplaza el sistema tradicional basado en grupos de cuatro equipos que se enfrentan todos contra todos en partidos de ida y vuelta, por un nuevo formato de liga general.

El formato tradicional de grupos de la UEFA consistía en una fase de grupos con 32 equipos divididos en 8 grupos de 4. Cada equipo disputaba seis partidos en esta etapa, ida y vuelta contra los tres rivales de su grupo, y luego los dos primeros equipos de cada grupo avanzaban hacia los octavos de final. Los grupos se conformaban mediante un sistema de bombos (agrupaciones de equipos ordenados por un coeficiente, en este caso el coeficiente UEFA) y algunas restricciones, como por ejemplo que dos equipos del mismo país se enfrenten en esta fase. Este sistema, ampliamente utilizado en distintas competencias a nivel global dentro del fútbol, no dejaba de presentar ciertas limitaciones, como posibles desigualdades en la dificultad de distintos grupos, y una cantidad reducida de partidos que a veces dificultaba una evaluación completa del rendimiento relativo de los equipos.

La reforma implementada por la UEFA es una adaptación del sistema suizo. Este es un sistema de formato de competencia utilizado principalmente en torneos de ajedrez, y se encuentra dentro de los denominados Incomplete Round Robin (Devriesere et al., 2025) o todos contra todos incompleto, en el sentido que se caracteriza por no enfrentar a todos los rivales entre sí, como en una liga tradicional, si no por generar conjuntos de enfrentamientos de dificultad similar basados en alguna métrica o coeficiente.

En este nuevo esquema, en lugar de 32 equipos divididos en 8 grupos, se conforma una única tabla de 36 equipos, y cada rival disputa ocho partidos contra ocho rivales distintos. Estos rivales son seleccionados en base a 4 bombos predeterminados, de conformación similar a la utilizada para formar los bombos del sistema tradicional de grupos, de manera que cada equipo se enfrente a dos clubes de cada uno de los cuatro bombos, buscando así un equilibrio competitivo (UEFA, 2021).

Las bases del modelo suizo propuesto por la UEFA (UEFA, 2021) son las siguientes:

- Los equipos se dividen en 4 bombos de 9 equipos cada uno.
- Cada equipo se enfrentará a 2 equipos de cada bombo.
- Cada equipo enfrentará a 1 equipo de cada bombo de local, y a un equipo de cada bombo de visitante.
- El criterio de clasificación de los equipos en los bombos se realizará en base al coeficiente UEFA.

Al finalizar esta fase, los primeros 8 equipos de la tabla general clasifican directamente a octavos, mientras que los ubicados entre el puesto noveno y vigésimo cuarto disputan una instancia de repechaje para definir a los otros 8 clasificados a la siguiente instancia.

La modificación fue presentada como una forma de aumentar la justicia competitiva, diversificar los enfrentamientos y potenciar el atractivo comercial del torneo, al ofrecer más partidos entre clubes de diferentes niveles. (UEFA, 2021).

Característica	Sistema Tradicional de Grupos	Sistema Suizo UEFA
Cantidad de equipos	32	36
Cantidad de partidos	6 (3 rivales, ida y vuelta)	8 (8 rivales distintos, un solo partido)
Selección de rivales	Sorteo por grupos, con bombos	Sorteo por bombos, enfrentando a 2 equipos de cada bombo
Tipo de competencia	Double Round Robin, dentro de cada grupo	Incomplete Round Robin
Clasificación a octavos de final	2 primeros de cada grupo	8 primeros clasifican directamente.

Tabla1: Tabla de comparación entre sistema tradicional de grupos y sistema suizo UEFA

b. Problema y contexto bibliográfico

En los últimos años, el interés por el diseño o la organización de competiciones deportivas ha crecido de manera exponencial, constituyéndose como un campo central en la investigación operativa. Dentro de esta lógica novedosa, emergen 3 factores que conviven con cierta tensión, no necesariamente como antípodas, que son las siguientes: la eficiencia (capacidad para reflejar con precisión la verdadera fortaleza de los equipos), la equidad (garantía de que todos los participantes tengan oportunidades competitivas similares) y el atractivo comercial y deportivo (capacidad para generar interés, audiencia y valor económico) (Devriesere et al., 2025). Bajo esta perspectiva, la reciente reforma introducida por la UEFA para la temporada 2024/2025 plantea interrogantes en torno a su verdadero impacto competitivo.

Ha su vez, ha cobrado mayor relevancia el uso de herramientas de simulación así como también modelos de Machine Learning y técnicas estadísticas más complejas para predecir resultados en ligas deportivas o evaluar como los distintos formatos de organización afectan el resultado y la incertidumbre del mismo (Hassanzadeh, Hosseini & Turner, 2024). Este tipo de investigaciones incrementa la relevancia que toma entonces el análisis o estudio del formato nuevo de la UEFA, desde una posición crítica y analítica, para determinar la eficiencia y justicia que tiene este tipo de formato (Devriesere et al., 2025).

Dentro de este contexto, la novedad del nuevo formato de organización de fase preliminar, abre el terreno para la investigación de sus potenciales consecuencias en los ámbitos anteriormente nombrados. Investigaciones y trabajos recientes muestran que el sistema suizo usado frecuentemente en torneos de ajedrez y otros deportes, han revelado sesgos y desigualdades inherentes en su estructura cuando el número de rondas es limitado o los emparejamientos se realizan de forma poco equilibrada (Csató, 2024).

Para poder tener una información completa de las relaciones entre los distintos equipos, el sistema Double Round Robin resulta un formato de torneo que nos ofrece un conjunto de partidos completo, en donde cada equipo juega contra el resto a dos series, ida y vuelta. Este

formato es considerado el más representativo en términos de equidad y eficacia competitiva, ya que maximiza la información obtenida sobre la verdadera jerarquía entre equipos al enfrentar a todos los participantes entre sí en igualdad de condiciones (Devriesere et al., 2025). La restricción que presenta este tipo de formato es la imposibilidad de realizarlo por restricciones de calendario, en el sentido que si se tuviera que jugar la fase eliminatoria con los 32 o 36 equipos, se deberían disputar 62 o 70 fechas respectivamente, cuestión que resulta imposible, si además consideramos la existencia de ligas locales y partidos de selecciones.

Si se toma al sistema Double Round Robin (2RR) como el modelo más eficiente y justo para evaluar el rendimiento de los equipos, tanto el sistema tradicional de grupos como el sistema suizo resultan estructuralmente ineficientes, dado que caen en la misma trampa de basarse o tomar un subconjunto de partidos del universo total. Este subconjunto de partidos, puede considerarse como una muestra no representativa del total, lo que genera una variabilidad considerable con la verdadera fuerza o calidad competitiva (Sziklai, Csató & Biró, 2022). En ambos casos, la dificultad del fixture varía entre equipos debido a la selección parcial de rivales: en el sistema de grupos, por la conformación desigual de los grupos según el seeding; y en el sistema suizo, por la selección limitada de oponentes, que aunque distribuida por bombos, no impide que equipos enfrenten niveles de dificultad promedio distintos.

Finalmente, aparece también un debate acerca del impacto económico y de audiencia, lo que anteriormente definimos como atractivo, generado por estos cambios. Algunos autores argumentan que formatos más complejos pueden aumentar la incertidumbre y, por ende, la audiencia promedio, mientras otros sostienen que la pérdida potencial de equidad podría afectar negativamente la percepción general del torneo a largo plazo (Gyimesi, 2024). Este debate pone en primer plano la necesidad de investigaciones rigurosas que permitan medir estos efectos y proponer ajustes o alternativas que equilibren adecuadamente las dimensiones mencionadas.

En definitiva, la reforma introducida por la UEFA abre una serie de interrogantes centrales y altamente relevantes tanto para la comunidad académica como para la industria del deporte. En particular en este trabajo nos disponemos a entender y responder a las siguientes pregunta:

- El nuevo sistema propuesto por la UEFA, es realmente más eficiente a la hora de ordenar a los equipos en base a su jerarquía deportiva?
- ¿Puede el propio sistema de asignación distorsionar tanto los enfrentamientos que termine ocultando la verdadera jerarquía competitiva?

c. Objetivo

El objetivo principal de este trabajo es analizar si el nuevo sistema de emparejamientos implementado por la UEFA en la temporada 2024/2025 para la fase de grupos de sus competiciones continentales tiene un impacto significativo en los resultados deportivos, particularmente en la clasificación de los equipos a las instancias eliminatorias.

Para ello, se busca:

- Evaluar si el nuevo formato refleja con mayor fidelidad la jerarquía real entre los equipos en comparación con el sistema tradicional, utilizando como métrica la distancia que tienen estos sistemas contra un modelo 2RR como medida ideal.
- Determinar si existen configuraciones alternativas que puedan superar en eficiencia y equidad al formato propuesto por la UEFA.

Este enfoque permite aportar evidencia empírica sobre la efectividad del nuevo diseño competitivo y contribuir a la discusión sobre cómo mejorar los sistemas de torneo desde una perspectiva basada en datos y en criterios de equidad deportiva.

d. Coeficiente ELO

Para el desarrollo de esta tesis incorporamos el reconocido coeficiente ELO. El mismo fue desarrollado originalmente por el físico húngaro-estadounidense Arpad Elo para poder medir y comparar la fuerza o habilidad relativa de los jugadores de ajedrez. El sistema parte de una lógica comparativa, en donde el propósito del coeficiente ELO además de medir la fuerza relativa de los jugadores, nos permitía calcular la probabilidad de victoria de cada uno de estos en un enfrentamiento en particular.

Una de las ventajas que tiene este sistema es que los coeficientes pueden ser rápidamente ajustados luego de cualquier enfrentamiento entre dos competidores. Los ajustes se realizan en base a la diferencia entre lo esperado y lo que efectivamente ocurrió (ELO, 1978).

Con el paso del tiempo, el sistema fue adaptado a otros deportes y juegos competitivos, desde el fútbol y los videojuegos, con variantes ajustadas según el tipo de competición y la posibilidad o no de que un encuentro termine en empate. La FIFA provee de un ranking oficial calculado de coeficientes ELO, pero el mismo está calculado únicamente para selecciones, por lo que no existe un órgano oficial que nucleee el cálculo a nivel clubes, aunque si existen distintas fuentes no oficiales que realizan un cálculo propio de coeficientes basándose en datos históricos. Una de dichas fuentes es [Clubelo](#), que sido utilizado como fuente en múltiples trabajos académicos para el desarrollo de simulaciones de partidos a partir de los coeficientes calculados (Sziklai, B., Csató, L., & Biró, P., 2022) (Devriesere et al., 2025)(Csato, 2020).

La lógica de funcionamiento del sistema ELO se basa en que se puede calcular una esperanza de victoria o puntuación para cada jugador en base a su coeficiente y el de su rival.

$$E_1 = \frac{1}{10^{-\frac{d_r}{400}} + 1}$$

$$d_r = ELO_1 - ELO_2$$

Siendo ELO_1 y ELO_2 los coeficientes de los jugadores uno y dos respectivamente, por lo tanto d_r es la diferencia entre los coeficientes de los jugadores. Por lo que la puntuación, o esperanza de victoria E_1 del jugador 1 está definida por la diferencia de coeficiente que existe entre el jugador 1 y el jugador 2.

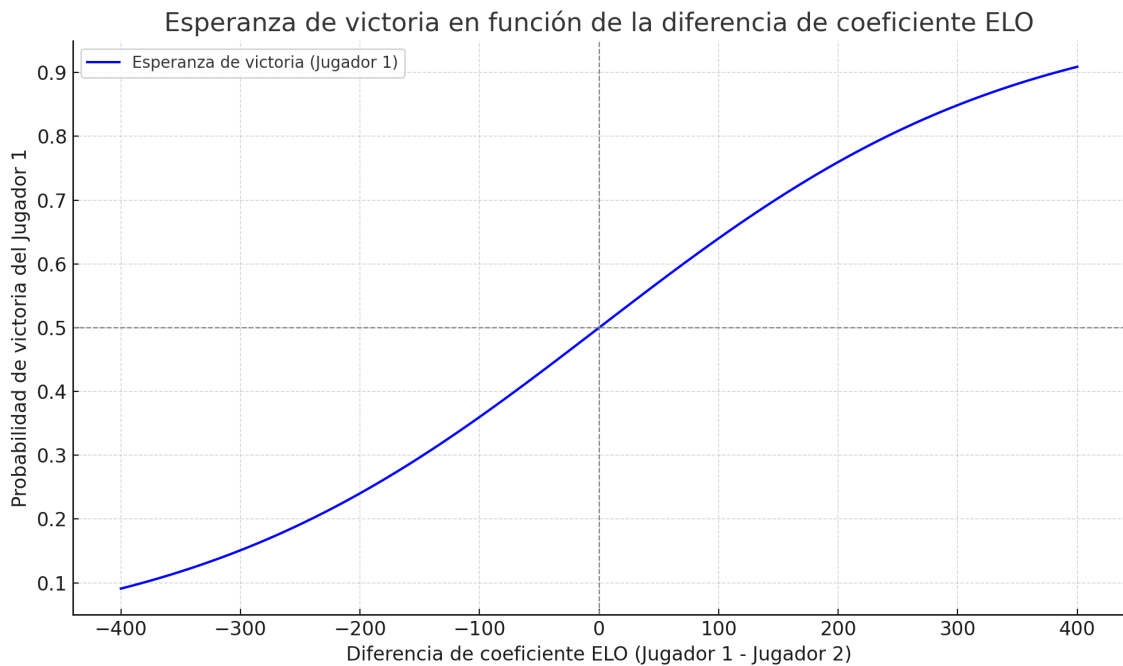


Figura 1: Relación entre Esperanza de victoria para jugador 1, y diferencia de coeficientes entre jugadores

La esperanza de victoria de un jugador, siguiendo la fórmula ELO, tiene una relación basada en una función logística, en donde a medida que aumenta la diferencia entre ambos jugadores, aumenta la probabilidad de victoria del jugador 1.

Este sistema de coeficientes es dinámico, en el sentido a que en base a los resultados de los partidos, se pueden ajustar los coeficientes de los participantes, en lo que denominamos un intercambio de puntos.

$$\Delta ELO_{1x2} = (R - E_1) k$$

En donde R representa el resultado del partido, siendo 1 si la victoria es para el equipo 1, 0,5 si el encuentro termina en empate o tablas, y 0 si la victoria es para el jugador o equipo 2. El factor o constante k es un valor que multiplica y ajusta el intercambio de puntos entre jugadores o equipos. Según la bibliografía que utiliza [clubelo](#) es de 20 para el fútbol.

Supongamos que estamos considerando el ejemplo del Manchester United y el Arsenal. En este caso, la variable d_r para el Manchester United es de

$$d_r = ELO_{Manchester\ United} - ELO_{Arsenal}$$

$$d_{r_{Manchester\ United}} = 1931.9 - 1871.6 = 60,3$$

Por lo que la expectativa de victoria para el Manchester United es de

$$E_{Manchester\ United} = \frac{1}{10^{\frac{d_{r_{Manchester\ United}}}{400}} + 1}$$

$$E_{Manchester\ United} = \frac{1}{10^{\frac{60.3}{400}} + 1}$$

$$E_{Manchester\ United} = \frac{1}{10^{-0.15075} + 1}$$

$$E_{Manchester\ United} \approx \frac{1}{0.70672 + 1}$$

$$E_{Manchester\ United} \approx 0.5859$$

El resultado del partido en la temporada 2000/2001, temporada de la cual tomamos los datos de coeficiente ELO fue de 6 a 1 para el Manchester United. Por lo que el intercambio de puntos de coeficiente fue el siguiente:

$$\Delta ELO_{1X2} = (1 - 0.5859) 20 = 11.7183$$

Esto quiere decir, que después del partido entre Manchester United y Arsenal, los nuevos coeficientes de los equipos deberían haber sido.

- Nuevo coeficiente ELO para el Manchester United

$$ELO_{Manchester\ United} + \Delta ELO_{margen} = 1931.9 + 11.7183 = 1943.61$$

- Nuevo coeficiente ELO para el Arsenal

$$ELO_{Arsenal} - \Delta ELO_{margen} = 1871.6 - 11.7183 = 1859.88$$

e. Contenido de la tesis

El trabajo presente está estructurado en 6 capítulos. En Capítulo 2 describe las bases de datos empleadas, con sus respectivas fuentes, estructuras y un breve análisis exploratorio, mientras que el capítulo 3 expone el marco teórico y metodológico, en donde se definen los modelos de asignación de partidos, las métricas de comparación y el procedimiento de simulación.

Luego, el capítulo 4 compara los distintos esquemas de fixture utilizando resultados históricos, mientras que en el capítulo 5 replicamos el mismo análisis, pero con partidos simulados. Para finalizar los análisis, en el capítulo 6 se indagan la existencia de potenciales fixtures o modelos pesimistas y optimistas.

Finalmente, en el capítulo 7 se hace una conclusión general del estudio, priorizando las conclusiones más relevantes y abriendo las puertas a los potenciales trabajos del futuro para la continuación de la investigación.

Capítulo 2: Datos

Se utilizaron datos históricos de resultados de dos de las ligas más relevantes de Europa: la Premier League (temporadas 1995/1996 a 2023/2024) y La Liga (temporadas 1997/1998 a 2016/2017). Los datasets fueron obtenidos de la plataforma Kaggle:

- Premier League: <https://www.kaggle.com/datasets/evangora/premier-league-data>
- La Liga: <https://www.kaggle.com/datasets/kishan305/la-liga-results-19952020>

Estos datos permiten analizar múltiples temporadas bajo distintos esquemas de emparejamiento y comparar sus resultados de forma sistemática. Ambas tablas fueron normalizadas para poder tener las mismas columnas para el análisis.

Tabla 1 -Datos Históricos Premier League | Tabla 2- Datos Históricos La Liga

- I. Equipo Local: Nombre del equipo local. Campo en formato STRING.
- II. Equipo Visitante: Nombre del equipo visitante. Campo en formato STRING.
- III. Temporada: Temporada en la cual fue disputado el encuentro. El formato es el del tipo YYYY/(YYYY+1). Campo en formato STRING.
- IV. Fecha: Fecha del encuentro del partido. Campo en formato DATE (dd-mm-YYYY)
- V. Goles Local: Cantidad de goles convertidos por el equipo local. Campo en formato INT.
- VI. Goles Visitante: Cantidad de goles convertidos por el equipo visitante. Campo en formato INT.

Temporada	Fecha	Equipo Local	Equipo Visitante	Goles Local	Goles Visitante
2000/2001	19/8/00	Leeds United	Everton	2	0
2000/2001	19/8/00	Liverpool	Bradford City	1	0
2000/2001	19/8/00	Chelsea	West Ham	4	2
2000/2001	19/8/00	Tottenham	Ipswich Town	3	1
2000/2001	19/8/00	Coventry City	Middlesbrough	1	3
2000/2001	19/8/00	Derby County	Southampton	2	2
2000/2001	19/8/00	Sunderland	Arsenal	1	0
2000/2001	19/8/00	Charlton Ath	Manchester City	4	0
2000/2001	19/8/00	Leicester City	Aston Villa	0	0
2000/2001	20/8/00	Manchester Utd	Newcastle Utd	2	0

Tabla 2: Muestra de tabla de datos históricos de Premier League (Tabla 1)

Temporada	Fecha	Equipo Local	Equipo Visitante	Goles Local	Goles Visitante
2000/2001	9/9/00	Barcelona	Málaga	2	1
2000/2001	9/9/00	Deportivo	Atlético de Bilbao	2	0
2000/2001	9/9/00	Real Sociedad	Santander	2	2
2000/2001	9/9/00	Real Madrid	Valencia	2	1
2000/2001	9/9/00	Zaragoza	Espanol	1	2
2000/2001	10/9/00	Las Palmas	Alaves	0	3
2000/2001	10/9/00	Mallorca	Valladolid	1	1
2000/2001	10/9/00	Numancia	Oviedo	1	0
2000/2001	10/9/00	Osasuna	Celta de Vigo	0	2
2000/2001	10/9/00	Villarreal	Rayo Vallecano	1	5

Tabla 3: Muestra de tabla de datos históricos de La Liga (Tabla 2)

Además, como parte del análisis de simulación de partidos y para poder asignar a los distintos equipos a los grupos como parte del coeficiente ELO se añadieron datos desde clubelo.com. Esta plataforma recopila información detallada del rendimiento de equipos europeos desde mediados del siglo XX, y permite generar un ranking continuo y actualizado que representa la fuerza relativa de cada equipo de forma dinámica.

Para la extracción del coeficiente ELO se utilizó el criterio de utilizar los coeficientes de principio de temporada de todos los equipos tanto para La Liga como para la Premier League.

Tabla 3 – Coeficientes ELO

- I. Equipo: Nombre del equipo del Coeficiente. Campo en formato STRING.
- II. Coeficiente: Coeficiente asignado al equipo X. Campo en formato DECIMAL (10,6).

Equipo	Coficiente
Manchester Utd	1931,9031
Arsenal	1871,6606
Liverpool	1770,0992
Leeds United	1782,3816
Ipswich Town	1638,0343
Chelsea	1800,1169
Sunderland	1712,0765
Aston Villa	1728,1528
Charlton Ath	1608,7174
Southampton	1629,9707
Newcastle Utd	1712,1412
Tottenham	1676,7479
Leicester City	1687,8446
Middlesbrough	1679,1334
West Ham	1681,3120
Everton	1685,5023
Derby County	1636,0322
Manchester City	1579,9393
Coventry City	1635,5583
Bradford City	1578,6722

Tabla 4: Muestra de coeficientes ELO para equipos de la Premier League para la temporada 2000/2001.

Tabla 3.

Como se observa en la tabla 4, los coeficientes correspondientes pertenecen al inicio de la temporada 2000/2001 en Inglaterra. Lo primero que se logra apreciar es que los equipos con mayor Coeficiente ELO son el Manchester United, el Arsenal, Liverpool, Leeds y Chelsea, que en la temporada anterior, la 1999/2000, habían terminado en los primeros 5 puestos.

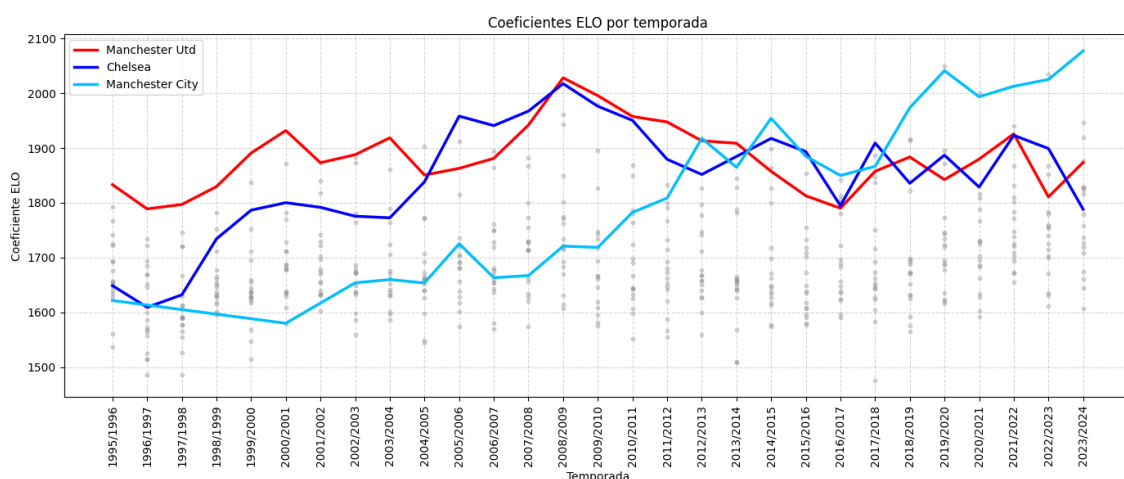


Figura 2: Evolución de los coeficientes ELO de la Premier League para múltiples temporadas a lo largo del tiempo

La figura 2 muestra la evolución de los coeficientes ELO para los distintos equipos de la Premier League. Resaltamos la performance de los equipos Manchester City, Manchester United y Chelsea para mostrar como el coeficiente ELO se ajusta en base a los resultados de los equipos. El Manchester City era un equipo de segundo orden hasta la llegada de inversiones extranjera a partir de la temporada 2008/2009. Desde la temporada 2011/2012, el Manchester City ha sido

uno de los principales protagonistas de la Premier League, ganando 8 de las últimas 13 ligas (hasta la temporada 2023/2024). Por su parte, tanto el Manchester United como el Chelsea, dominaron la década entre 1999/2000 y 2008/2009, ganando entre ambos 8 de las 10 ligas disputadas.

También, es importante recalcar que el nivel de los equipos que compiten en la Champions League es en promedio superior al de los equipos que compiten en las ligas locales, como la Premier League y La Liga española.

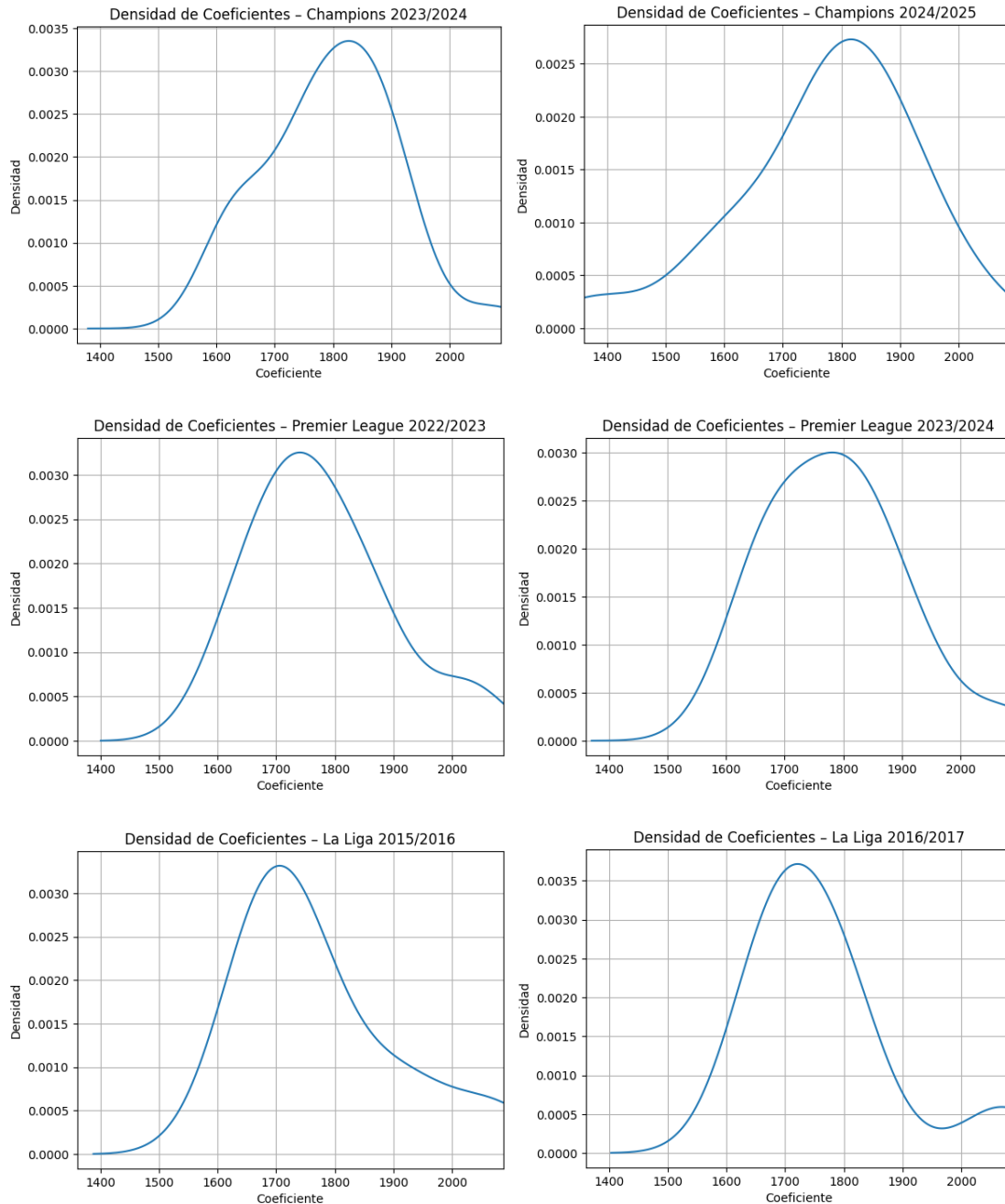


Figura 3: Comparación de densidades de coeficiente ELO en competiciones de Champions League, Premier League y La Liga

La figura 3 nos permite apreciar verdaderamente que los coeficientes ELO en promedio son mayores en la Champions League que con respecto a la Premier League y La Liga. A su vez, nos permite visualizar también que la Premier League tiene también un promedio ligeramente mayor.

Como el coeficiente ELO se utilizara en simulaciones de partidos, más que el promedio nominal de los coeficientes ELO, es importante la distancia entre ellos porque es el factor primordial a la hora del cálculo y simulación de partidos.

Competicion	Año	Promedio	Desvio Estandar	Mediana	Desvio Estandar Normalizado
Champions	2023/2024	1795,93	110,26	1810	0,061398
Champions	2024/2025	1772,58	153,66	1794	0,086689
Premier League	2022/2023	1777,25	117,8	1758	0,066285
Premier League	2023/2024	1786,4	116,44	1783	0,065183
La Liga	2015/2016	1776	135,13	1732	0,07609
La Liga	2016/2017	1761,95	122,15	1734	0,069329

Tabla 5: Estadísticos de coeficientes Elo para las distintas competencias y años.

Como se puede observar arriba en la tabla 5, el desvío se encuentra en el orden de entre los 110 y 153 puntos de coeficiente Elo. Es importante resaltar que la Champions League tiene una mayor cantidad de equipos, 32 y 36 en comparación a las ligas locales que tienen 20.

Esta diferencia de desvío promedio puede disminuir la variabilidad de resultados, debido a que habrá mayor probabilidad de que gane el equipo que mayor coeficiente tiene, pero también el promedio de las competencias quitando los años queda relativamente parecido, en. El ámbito de los 116 a 130.

Tabla 4 – Coeficientes UEFA

- I. Equipo: Nombre del equipo del Coeficiente. Campo en formato STRING.
- II. Coeficiente: Coeficiente asignado al equipo. Campo en formato DECIMAL (10,6).

Equipo	Coeficiente
Manchester Utd	404
Arsenal	360
Liverpool	325
Chelsea	312
Aston Villa	294
Newcastle Utd	288
Leeds United	284
West Ham	261
Tottenham	251
Everton	236
Coventry City	217
Southampton	212
Leicester City	204
Derby County	191
Middlesbrough	188
Sunderland	98
Manchester City	38
Charlton Ath	36
Bradford City	36
Ipswich Town	0

Tabla 6: Muestra de coeficientes UEFA para equipos de la Premier League para la temporada 2000/2001.

Tabla 4.

Se replica una lógica aproximada al coeficiente UEFA, que consiste en la sumatoria de puntos obtenidos por un equipo en competiciones UEFA durante las últimas tres temporadas. Si bien el coeficiente oficial también incluye bonificaciones por pasar de fase o por desempeño en competiciones europeas, esos factores son omitidos en este estudio, ya que el análisis se centra exclusivamente en datos de ligas nacionales (Premier League y La Liga). Básicamente es la sumatoria de puntos de los distintos equipos en la primera división de sus respectivos países en los últimos 3 años.

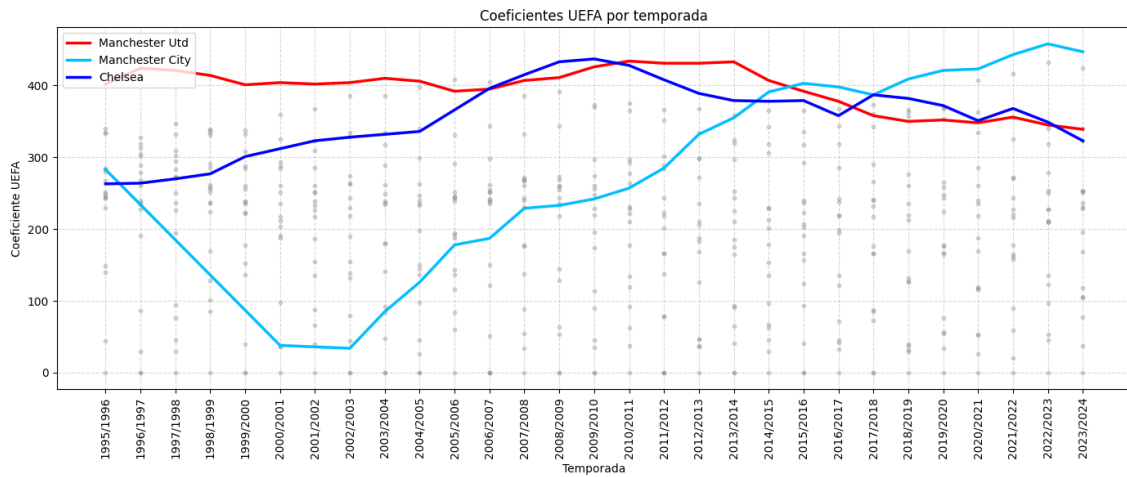


Figura 4: Evolución de los coeficientes UEFA ajustados de la Premier League para múltiples temporadas a lo largo del tiempo

La figura 3 describe los coeficientes UEFA ajustados a los desempeños locales en la Premier League. Aquí también se visualiza el repentino surgimiento del Manchester City a partir de la temporada 2012/2013, año posterior a la primer Premier League obtenida luego de décadas, y el dominio del Manchester United y Chelsea durante la primer década del 2000.

Capítulo 3: Metodología

a. Diseño general del estudio

El estudio se estructura como una comparación entre distintos sistemas de asignación de partidos, denominados modelos, con el objetivo de evaluar el impacto que los mismos tienen sobre el ranking final de los equipos, y como estos se desvían de un formato de torneo con un conjunto de partidos completo (Double Round Robin, 2RR) (Devriesere et al., 2025).

Dado que no existe un conjunto de partidos completos verificables dentro del universo de las competiciones UEFA -ya que los equipos no se enfrentan todos contra todos en un mismo torneo-, utilizamos datos históricos de las ligas nacionales (La Liga Española y la Premier League) donde cada equipo disputa una temporada bajo el formato 2RR. Esto nos permite contar con una muestra completa y observada de los enfrentamientos reales, y de esta manera poner a extraer los correspondientes subconjuntos de partidos que simulen los distintos esquemas de asignación o formatos de torneos.

Para cada uno de estos subconjuntos, calcularemos su correspondiente ranking parcial de equipos, utilizando distintos métodos de ordenamiento, para luego comparar dicho ranking parcial contra el ranking generado a partir del conjunto completo de partidos del formato 2RR.

Adicionalmente, para reforzar la validez general de los resultados, se incorpora un conjunto de simulaciones de partidos. Estas simulaciones, sugerida en la metodología propuesta por Gyimesi (2024) y basada en la diferencia de coeficientes ELO entre equipos, permiten replicar los enfrentamientos en un entorno controlado. Así, se puede estudiar el efecto estructural de los diferentes formatos sobre el ranking sin depender de los datos históricos.

b. Sistemas de ordenamiento de equipos

En el mundo deportivo, existen diversas formas de ordenar y clasificar a los participantes según la naturaleza de la competición y el tipo de desempeño que se busca valorar. En disciplinas como el atletismo o la natación, el criterio de ordenamiento suele basarse en la distancia recorrida o el tiempo empleado. En otros casos, como por ejemplo la NBA, se utiliza simplemente el número de victorias obtenidas. En el caso particular del fútbol, la forma tradicional de clasificación en torneos de liga se estructura a partir de un sistema de puntos, conocido como sistema 3-1-0: se otorgan tres puntos por cada victoria, un punto por empate y cero puntos por derrota. Este esquema reemplazo ya hace unas décadas al formato 2-1-0 tratando de recompensar el triunfo de manera más significativa, fomentando un estilo de juego más ofensivo.

Además de los rankings basados en puntos, incorporamos un método alternativo de ordenamiento basado en el trabajo de James P. Keener (Keener, 1993), que utiliza el teorema de Perron Frobenius para obtener una medida continua de la fuerza de cada equipo a partir de los enfrentamientos observados. El procedimiento consiste en construir una matriz de adyacencia ponderada, donde cada elemento representa el resultado de los enfrentamientos entre equipos, y luego calcular el autovector principal (asociado al mayor autovalor) de dicha matriz. Este vector proporciona una medida continua de la "fuerza" relativa de cada equipo, considerando no solo los resultados directos, sino también la calidad de los oponentes enfrentados. El razonamiento que existe es que no importa solamente ganar la mayor cantidad

de puntos, si no que los partidos contra los mejores equipos son más importantes que los partidos contra los peores equipos.

$$A v = \lambda v$$

En donde A es la matriz de adyacencia ponderada, λ es el autovalor dominante (el de valor mas grande) y v es el autovector asignado al autovalor λ , que nosotros utilizaremos como ranking final.

Para poder construir la matriz de adyacencia ponderada, se decidió utilizar una matriz de goles ponderada, en donde cada equipo tiene un valor correspondiente a la cantidad de goles que le convirtió a otro equipo, dividido por la cantidad de goles que hubo en el encuentro, pero ajustado por 1 para evitar el problema en donde un encuentro termine 0-0. Es decir, si un equipo empata 0-0 contra otro equipo, los coeficientes de ambos serán de 0.5, mientras que si un equipo vence a otro por 1-0, su coeficiente será 0.66 mientras que el del otro equipo será de 0.33.

$$a_{i,j} = \frac{Goles_i + 1}{Goles_i + Goles_j + 2}$$

La propuesta de Keener (1993) considera que los equipos solo se pueden enfrentar en un único partido, pero como este trabajo se enmarca en un conjunto de partidos completos ida y vuelta, la entrada $a_{i,j}$ tendrá dos partidos de aporte, siendo el primero cuando i sea local, y el segundo cuando j sea local. Por lo que la entrada $a_{i,j}$ queda de la siguiente manera:

$$a_{i,j} = \frac{Goles_i^1 + 1}{Goles_i^1 + Goles_j^1 + 2} + \frac{Goles_i^2 + 1}{Goles_i^2 + Goles_j^2 + 2}$$

Finalmente, se realiza una última transformación a la matriz, en donde se divide a cada columna por la suma de sí misma para volverla columna-estocástica. De esta manera también podemos normalizar los valores de las distintas columnas, y que no encontremos diferencias generadas por que algunos equipos se enfrentan dos veces dentro de los distintos subconjuntos de análisis.

Equipos	Burnley	Arsenal	Everton	Sheffield Utd	Brighton	Bournemouth	Newcastle Utd	Brentford	Chelsea	Manchester Utd	Nott'ham Forest	Fulham	Liverpool	Wolves	Tottenham	Manchester City	Aston Villa	West Ham	Crystal Palace	Luton Town
Burnley	0.00	1.52	1.42	0.43	1.00	1.35	1.46	1.20	1.21	1.17	1.10	0.75	1.42	1.17	1.27	1.47	1.24	1.10	1.55	0.90
Arsenal	0.48	0.00	0.73	0.27	0.45	0.37	0.95	0.73	0.64	0.67	0.80	1.10	0.83	0.65	0.93	0.33	1.42	0.88	0.48	0.69
Everton	0.58	1.27	0.00	0.83	1.00	0.80	0.70	0.67	1.12	1.55	0.58	0.67	1.00	1.47	1.10	1.42	0.83	1.00	0.93	1.10
Sheffield Utd	1.57	1.73	1.17	0.00	1.36	1.17	1.65	1.08	1.25	1.23	1.27	1.17	1.42	1.07	1.40	1.35	1.36	1.25	1.24	0.90
Brighton	1.00	1.55	1.00	0.64	0.00	1.13	0.83	0.40	1.17	1.08	0.76	1.30	1.10	0.29	0.98	1.43	1.11	0.67	0.79	1.12
Bournemouth	0.65	1.63	1.20	0.83	0.87	0.00	0.75	1.10	0.60	0.70	0.93	0.87	1.50	0.93	1.42	1.44	1.17	1.00	0.58	1.04
Newcastle Utd	0.54	1.05	1.30	0.35	1.17	1.25	0.00	0.71	0.86	0.90	1.10	0.53	1.23	0.70	0.88	1.24	0.58	0.94	0.92	1.17
Brentford	0.80	1.27	1.33	0.92	0.60	0.90	1.29	0.00	0.75	1.10	0.93	0.20	1.51	0.96	1.07	1.33	1.10	1.05	1.17	0.58
Chelsea	0.79	1.36	0.88	0.75	0.83	0.40	1.14	1.25	0.00	1.04	1.10	0.58	1.21	1.23	0.54	1.00	1.17	0.81	0.73	0.63
Manchester Utd	0.83	1.33	0.45	0.78	0.92	1.30	1.10	0.90	0.96	0.00	1.03	0.93	0.50	0.78	1.25	1.47	0.83	0.95	1.50	0.73
Nott'ham Forest	0.90	1.20	1.42	0.73	1.24	1.07	0.90	1.07	0.90	0.97	0.00	1.19	1.47	1.00	1.42	1.50	0.88	0.82	0.50	1.00
Fulham	1.25	0.90	0.33	0.83	0.70	1.13	1.47	0.80	1.42	1.07	0.81	0.00	1.22	1.03	0.95	1.58	1.27	0.39	0.50	0.71
Liverpool	0.58	1.17	1.00	0.58	0.90	0.50	0.78	0.49	0.79	0.50	0.53	0.78	0.00	0.58	0.98	1.00	0.70	0.83	1.07	0.79
Wolves	0.83	1.35	0.53	0.93	0.71	1.07	1.30	1.04	0.78	1.22	1.00	0.97	1.42	0.00	0.80	1.15	1.25	1.40	1.24	0.90
Tottenham	0.73	1.07	0.90	0.60	1.02	0.58	1.12	0.93	1.46	0.75	0.58	1.05	1.02	1.20	0.00	1.25	0.77	1.10	0.73	0.73
Manchester City	0.53	0.67	0.58	0.65	0.57	0.56	0.76	0.67	1.00	0.53	0.50	0.42	1.00	0.85	0.75	0.00	0.95	0.67	0.88	0.65
Aston Villa	0.76	0.58	0.17	0.64	0.89	0.83	1.42	0.90	0.83	1.17	1.12	0.73	1.30	0.75	1.23	1.05	0.00	0.79	1.19	0.76
West Ham	0.90	1.12	1.00	0.75	0.33	1.00	1.06	0.95	1.19	1.05	1.18	1.61	1.17	0.60	0.90	1.33	1.21	0.00	1.17	0.73
Crystal Palace	0.45	1.52	1.07	0.76	1.21	1.42	1.08	0.83	1.27	0.50	0.50	0.50	0.93	0.76	1.27	1.12	0.81	0.83	0.00	1.10
Luton Town	1.10	1.31	0.90	1.10	0.88	0.96	0.83	1.42	1.37	1.27	1.00	1.29	1.21	1.10	1.27	1.35	1.24	1.27	0.90	0.00

Tabla 7: Matriz G de goles ponderada para los equipos de la Premier League en la temporada 2023/2024

Tomemos el ejemplo del Burnley contra el Arsenal. Los encuentros terminaron 5-0 y 1-3 en favor del Arsenal. Los coeficientes para el Arsenal serán los siguientes

$$\begin{aligned}
& \text{Coeficiente}_{\text{Arsenal, Burnley}} \\
&= \frac{\text{Goles}_{\text{Arsenal}}^1 + 1}{\text{Goles}_{\text{Arsenal}}^1 + \text{Goles}_{\text{Burnley}}^1 + 2} + \frac{\text{Goles}_{\text{Arsenal}}^2 + 1}{\text{Goles}_{\text{Arsenal}}^2 + \text{Goles}_{\text{Burnley}}^2 + 2} \\
& \text{Coeficiente}_{\text{Arsenal, Burnley}} = \frac{5 + 1}{5 + 0 + 2} + \frac{3 + 1}{3 + 1 + 2} \\
& \text{Coeficiente}_{\text{Arsenal, Burnley}} = \frac{6}{7} + \frac{4}{6} \\
& \text{Coeficiente}_{\text{Arsenal, Burnley}} = 0.857 + 0.66 \\
& \text{Coeficiente}_{\text{Arsenal, Burnley}} = 1.52
\end{aligned}$$

Mientras que para el Burnley será de

$$\begin{aligned}
& \text{Coeficiente}_{\text{Burnley, Arsenal}} \\
&= \frac{\text{Goles}_{\text{Burnley}}^1 + 1}{\text{Goles}_{\text{Burnley}}^1 + \text{Goles}_{\text{Arsenal}}^1 + 2} + \frac{\text{Goles}_{\text{Burnley}}^2 + 1}{\text{Goles}_{\text{Burnley}}^2 + \text{Goles}_{\text{Arsenal}}^2 + 2} \\
& \text{Coeficiente}_{\text{Burnley, Arsenal}} = \frac{0 + 1}{0 + 5 + 2} + \frac{1 + 1}{1 + 3 + 2} \\
& \text{Coeficiente}_{\text{Burnley, Arsenal}} = \frac{1}{7} + \frac{2}{6} \\
& \text{Coeficiente}_{\text{Burnley, Arsenal}} = 0.143 + 0.33 \\
& \text{Coeficiente}_{\text{Burnley, Arsenal}} = 0.48
\end{aligned}$$

Como se puede comparar con la imagen 5, ambos coinciden los dos coeficientes que se encuentran en la esquina superior derecha. Tras generar la matriz G de goles, se normaliza a la misma por columna, y se le realiza un proceso de damping, para garantizar irreductibilidad.

El ejemplo de utilización de estos sistemas, el tradicional 3-1-0 y el de Perron-Frobenius puede representarse en las siguientes tablas:

Equipo	PJ	G	E	P	GF	GC	DG	PTS	Coficiente Perron Frobenius	Ranking Perron Frobenius
Manchester City	38	28	7	3	96	34	62	91	0,063524	1
Arsenal	38	28	5	5	91	29	62	89	0,06302	2
Liverpool	38	24	10	4	86	41	45	82	0,060538	3
Aston Villa	38	20	8	10	76	61	15	68	0,054021	6
Tottenham	38	20	6	12	74	61	13	66	0,055074	5
Chelsea	38	18	9	11	77	63	14	63	0,053137	7
Newcastle Utd	38	18	6	14	85	62	23	60	0,055643	4
Manchester Utd	38	18	6	14	57	58	-1	60	0,049673	8
West Ham	38	14	10	14	60	74	-14	52	0,048502	10
Crystal Palace	38	13	10	15	57	58	-1	49	0,049215	9
Brighton	38	12	12	14	55	62	-7	48	0,045449	16
Everton	38	13	9	16	40	51	-11	48	0,047291	12
Bournemouth	38	13	9	16	54	67	-13	48	0,047643	11
Fulham	38	13	8	17	55	61	-6	47	0,045447	17
Wolves	38	13	7	18	50	65	-15	46	0,046787	13
Brentford	38	10	9	19	56	65	-9	39	0,046613	14
Nott'ham Forest	38	9	9	20	49	67	-18	36	0,045812	15
Luton Town	38	6	8	24	52	85	-33	26	0,044687	18
Burnley	38	5	9	24	41	78	-37	24	0,041147	19
Sheffield Utd	38	3	7	28	35	104	-69	16	0,036779	20

Tabla 8: Tabla final de torneo de Premier League para la temporada 2023/2024 bajo el sistema de tradicional 3-1-0 y el sistema Perron-Frobenius

Como se puede observar en la imagen 5 y 6, ambos sistemas logran llegar a una clasificación ordenada de los equipos. Las diferencias entre las mismas radican en el que el fundamento de ambos sistemas es distinto, mientras que en el sistema 3-1-0 lo que se busca es ganar la mayor cantidad de puntos, en el sistema Perron-Frobenius el objetivo es ganar los partidos frente a los mejores equipos.

c. Métricas para la comparación entre rankings

Distancia D_k

Para medir la “fidelidad” de cada formato con respecto a la jerarquía real, se utiliza una métrica de distancia de posiciones, definida como:

$$Distancia = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |r_i^{tabla\ 2RR} - r_i^{simulado}|$$

Donde

$N =$ Numero de equipos

$r_i^{tabla\ 2RR} =$ Posicion del equipo i en el conjunto de partidos completo (Modelo 2RR)

$r_i^{simulado} =$ Posicion del equipo i en la tabla generada por el sistema que se analiza

Esta distancia se interpreta como el promedio de las desviaciones en las posiciones de los equipos respecto del conjunto de partidos completos.

Distancia D_k a nivel cluster

La distancia de un equipo entre dos tablas nos da un indicio de que tan bien está calificando un subconjunto de partidos a un equipo en relación al conjunto completo. Pero también es relevante entender como estos subconjuntos de partidos clasifican a un equipo en alguna categoría.

Tradicionalmente, bajo el sistema de grupos, los equipos se clasifican en primeros, segundos, terceros y cuartos, clasificaciones que podemos denominar clusters. Esta clasificación tiene relevancia todavía en el formato suizo, debido a que nos indica si un equipo pasa primero a octavos, o debe enfrentar una ronda de repechaje.

Es por eso que adicionalmente agregamos una métrica que compara la asignación que provee cada subconjunto de partidos a cada equipo, y poder comparar la distancia entre estas asignaciones de clusters.

$$Distancia = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |C_i^{tabla\ 2RR} - C_i^{simulado}|$$

Donde

$N =$ Numero de equipos

$C_i^{tabla\ 2RR}$

$=$ Cluster asignado al equipo i en el conjunto de partidos completo (Modelo 2RR)

$C_i^{simulado}$

= Cluster asignado al equipo i en la tabla generada por el sistema que se analiza

Esta distancia se interpreta como el promedio de las desviaciones en las asignaciones de clusters de los equipos respecto del conjunto de partidos completo.

d. Formatos de torneos

En esta sección se desarrollan los distintos formatos de torneos que se utilizan dentro del estudio. Estos formatos de torneos no son más que los distintos modelos que se utilizan para seleccionar los subconjuntos de partidos.

Modelo Ideal de referencia: Doble Round Robin (2RR)

Como se indica en la sección [problema y contexto bibliográfico](#), el formato de torneo Double Round Robin (2RR) provee de un conjunto de partidos completo, en donde todos los equipos se enfrentan entre sí a dos partidos (ida y vuelta). Este es el modelo de referencia, con el cual se comparan todos los otros modelos. Todos los subconjuntos de partidos generados por los distintos modelos de asignación de partidos se comparan contra el conjunto completo generado por el modelo 2RR.

Modelo Suizo: Modelo Round Robin incompleto o parcial

El modelo suizo implementado por la UEFA a partir de la temporada 2024/2025 está basado en la división de los equipos en 4 bombos según el coeficiente UEFA. Los bombos son categorías o grupos de equipos generados a partir de una métrica, en este caso el coeficiente UEFA. Es decir, un bombo es una categoría a la cual la UEFA asigna a cada equipo, para evitar que los equipos más fuertes o débiles, se enfrenten todos entre sí, y para poder generar un fixture más parejo, por lo menos bajo la métrica de coeficiente UEFA que se genera a partir de los resultados de los últimos 3 años en competiciones UEFA. En este estudio, agregaremos también una versión en donde los bombos se generan a partir del coeficiente ELO de los distintos equipos.

Utilizando la lógica del modelo suizo, nosotros deberíamos analizar el comportamiento de los equipos y de las tablas de clasificación en un contexto de 8 partidos, pero en el presente trabajo, y considerando que el universo de equipos es de 20 y no de 36, se realizan modificaciones para que la lógica de emparejamiento del modelo suizo se extienda a una cantidad de fechas (K) mayor.

Las características del sistema suizo implementado en este trabajo son las siguientes

- Se dividen a los equipos en 2, 4 y 5 bombos, de 10, 5 y 4 equipos por bombos respectivamente, siendo N la cantidad de equipos por bombos.
- Cada equipo deberá jugar la misma cantidad de partidos de local como de visitante contra equipos de cada bombo.

- Cada equipo podrá jugar en total entre 2 y $2N - 2$ partidos contra equipos de cada bombo. No puede jugar $2N$ partidos contra equipos de cada bombo porque el equipo está dentro también de un bombo, por lo que la restricción de $2N - 2$ esta generada por el mismo bombo en donde está el equipo.

Considerando estas características, se generan modelos de asignación de partidos en base al sistema suizo, que permiten analizar una mayor cantidad de fechas, y no solamente 8 partidos en total. La imagen 11 muestra la cantidades de partidos en total que cada equipo podrá disputar considerando la cantidad de bombos en la cual dividimos a los 20 equipos.

Cantidad de Bombos	Equipos por Bombo	Partidos totales contra equipos de	
		cada bombo	Partidos Totales
2	10	2	4
2	10	4	8
2	10	6	12
2	10	8	16
2	10	10	20
2	10	12	24
2	10	14	28
2	10	16	32
2	10	18	36
4	5	2	8
4	5	4	16
4	5	6	24
4	5	8	32
5	4	2	10
5	4	4	20

Tabla 9: Tabla con las distintas configuraciones de los modelos suizos implementados en este trabajo

Para poder experimentar con diferentes variantes del modelo suizo, se establecen dos criterios distintos para asignar los equipos a los bombos. Estos criterios generan dos versiones distintas de análisis del modelo suizo dentro del análisis:

- Ranking ELO:
Se utiliza el coeficiente ELO histórico de cada equipo, obtenido a través de la base de datos pública del sitio clubelo.com. Se ordenan los equipos de manera descendiente por coeficiente ELO, y se completan los bombos a partir de este orden, por lo que los equipos con mayor coeficiente ELO quedan en el primer bombo, y los de menos ELO quedan en el último.
- Coeficiente UEFA:
Se replica una lógica aproximada al coeficiente UEFA, que consiste en la sumatoria de puntos obtenidos por un equipo en competiciones UEFA durante las últimas tres temporadas. Se ordenan los equipos de manera descendiente por coeficiente UEFA, y se completan los bombos a partir de este orden, por lo que los equipos con mayor coeficiente UEFA quedan en el primer bombo, y los de menos UEFA quedan en el último.

Dentro de la bibliografía general (Devriesere et al., 2025), este tipo de asignación o modelo de partidos se considera un Round Robin parcial, es decir, un torneo todos contra todos truncado, en donde se selecciona un subconjunto de partidos, en este caso utilizando un criterio.

Modelo Random

El modelo de asignación aleatoria de partidos es un procedimiento que nos permite seleccionar un subconjunto de partidos desprovisto de cualquier estructura jerárquica, agrupamiento predeterminado o restricción en cuanto a rivales y partidos de local o visitante. Este modelo se utiliza como Benchmark, en el sentido que sirve para medir hasta qué punto los criterios de asignación de partidos o de selección de subconjuntos realizan aportes respecto a una selección de partidos al azar, de manera que cualquier mejora que exhiban los distintos modelos sobre el modelo random puede atribuirse a las propiedades del modelo en sí.

Para seleccionar el subconjunto se sigue la siguiente lógica:

- I. Para cada temporada y liga analizada, se genera una lista con todos los equipos participantes.
- II. A partir de esa lista, se ejecuta una función que construye un fixture de tipo Round Robin doble, en el que cada equipo enfrenta a todos los demás dos veces: una como local y otra como visitante.
- III. Los enfrentamientos de cada jornada se determinan mediante una rotación aleatoria de la lista de equipos, de forma que el calendario resultante varíe entre simulaciones.
- IV. Una vez definida la fase de ida, se genera la fase de vuelta invirtiendo localía.
- V. Cada partido dentro de esa lista de enfrentamientos se asigna a una jornada. Es decir, se iban asignando partidos a los distintos subconjuntos de partidos (jornadas) garantizando que ningún equipo jugara más de un partido en la misma jornada, pero ignorando una lógica de respetar la alternancia local o visitante, o una alternancia de rivales. Al finalizar este proceso, se generaban 38 subconjuntos distintos.
- VI. Una vez generados estos subconjuntos de partidos, se seleccionan aleatoriamente una K cantidad de jornadas, que son utilizadas para conformar al subconjunto del análisis. Esa selección se realizaba de manera uniforme, sin priorizar fechas específicas. Para seleccionar X jornadas, se generan X valores entre 1 y 38, siendo todos estos valores distintos, y luego se filtran a los subconjuntos para quedarse solamente con los subconjuntos seleccionados por los X valores. Un ejemplo es que para seleccionar 8 jornadas, se generan de manera aleatoria 8 números entre 1 y 38, todos ellos distintos, y luego se filtran los partidos asignados a esos 8 números o jornadas.

Este proceso se repite en múltiples iteraciones, para todas las temporadas presentes, para los dos conjuntos de datos (Premier League y La Liga).

Modelo Tradicional de Grupos

El modelo tradicional de grupos sigue la lógica históricamente utilizada por la UEFA en sus fases de grupo, adaptada al contexto de ligas nacionales. La idea central consiste en dividir a los equipos en bombos, generados con la misma lógica del sistema suizo, es decir ordenados por coeficiente UEFA. El propósito de generación de bombos previo a la generación de los grupos finales era la de formar grupos balanceados, para que cada equipo enfrente a rivales, en promedio, de similar dificultad, siendo este objetivo similar al buscado por el sistema suizo, pero

de distinta implementación. Este tipo de formato de torneo se clasifica como un torneo Double Round Robin reducido dentro de cada grupo (Devriesere et al., 2025).

El procedimiento es el siguiente:

- I. Definición de la cantidad de bombos y grupos:
 1. Para simular torneos con 6 fechas, se utilizan grupos de 4 equipos → 5 bombos.
 2. Para simular torneos con 8 fechas, se utilizan grupos de 5 equipos → 4 bombos.
- II. Asignación de equipos a bombos:

Todos los equipos son ordenados y distribuidos en bombos utilizando tres criterios diferentes, siendo esta asignación similar a la realizada en el modelo suizo en la generación de los bombos. Cada una de estas distribuciones ofrece un escenario distinto:

 1. Coeficiente ELO: Los equipos se ordenan por coeficiente ELO y se asignan a los distintos bombos de manera descendente, de manera que los equipos con mayor coeficiente ELO quedan en el primer bombo, y los equipos con menor coeficiente ELO quedan en el último. Cada temporada analizada tiene una única configuración de bombos ordenados por coeficiente ELO.
 2. Coeficiente UEFA adaptado: Los equipos se ordenan por coeficiente UEFA y se asignan a los distintos bombos de manera descendente, de manera que los equipos con mayor coeficiente UEFA quedan en el primer bombo, y los equipos con menor coeficiente UEFA quedan en el último. Cada temporada analizada tiene una única configuración de bombos ordenados por coeficiente UEFA.
 3. Asignación aleatoria: sin ningún criterio, utilizada como caso de control. Este procedimiento se realiza en cada iteración, para todas las temporadas presentes, por lo que cada temporada analizada tendrá múltiples asignaciones aleatorias de bombos.
- III. Generación de los grupos:

Una vez armados los bombos, se seleccionan a los equipos de cada bombo, y se asignan a los mismos de manera aleatoria a los distintos grupos, garantizando que cada grupo tenga un equipo de cada bombo.

Este proceso se repite en múltiples iteraciones, para todas las temporadas presentes, para los dos conjuntos de datos (Premier League y La Liga). Por lo que cada temporada analizada, puede tener distintas configuraciones de grupos.

De esta manera, se puede simular o recrear la manera en la que la UEFA generaba antiguamente los grupos en la fase eliminatoria. La principal restricción de este modelo es que la cantidad de partidos a analizar es limitada, dado que en grupos de 4 equipos, cada equipo jugará 6 partidos (3 rivales, ida y vuelta), mientras que en grupos de 5 equipos, cada equipo jugará 8 partidos (4 rivales, ida y vuelta).

Modelo Pesimista

Con el objetivo de poder validar que los análisis anteriores no son inevitables, y que se puede encontrar de manera deliberada un conjunto o criterio de asignación que sirva de Benchmark, se diseñó un modelo extremo, denominado modelo pesimista, cuya lógica se basa en lo que denominamos el criterio de diario del lunes, donde se asume información perfecta: se conoce

de antemano el verdadero orden jerárquico de los equipos, tal como queda reflejado en la tabla ideal generada bajo el modelo 2RR (todos contra todos, ida y vuelta).

Este análisis busca responder a la pregunta: *¿puede el propio sistema de asignación distorsionar tanto los enfrentamientos que termine ocultando la verdadera jerarquía competitiva?*

La estrategia del modelo consiste en enfrentar sistemáticamente a los equipos de similar nivel, de manera que los equipos más fuertes compitan entre sí, y los más débiles hagan lo mismo. Esta elección intencional genera un entorno competitivo que se espera que distorsione el ranking final, alejándolo artificialmente de la jerarquía real de los equipos.

La implementación concreta varía según la cantidad de partidos a disputar:

- Para 2 partidos: el equipo que terminó 1° se enfrenta contra el 2°, el 3° contra el 4°, y así sucesivamente.
- Para 6 partidos: se agrupan los equipos en subconjuntos consecutivos de 4. Por ejemplo, los equipos que ocuparon las posiciones 1 a 4 forman un grupo, los puestos 5 a 8 otro, y así sucesivamente. Cada grupo disputa un mini torneo Round Robin.
- Para 8 partidos: se forman grupos de 5 equipos ordenados consecutivamente (1 al 5, 6 al 10, etc.), generando fixtures dentro de esos subconjuntos.
- Para 18 partidos: se divide a los 20 equipos en dos mitades: los mejores 10 por un lado y los peores 10 por otro. Cada mitad disputa un torneo todos contra todos, asegurando que los mejores no enfrenten a los más débiles en ningún momento.

Este tipo de construcción, que no es realista desde el punto de vista organizacional (pues requiere conocer los resultados antes de jugar), permite ilustrar el potencial efecto negativo que puede tener una mala asignación de partidos y al mismo tiempo, validar que los modelos anteriores tienen un comportamiento estándar.

Modelo Optimista

El denominado modelo “optimista” representa el enfoque opuesto al modelo “pesimista”. También se construye bajo un criterio de diario del lunes, es decir, con conocimiento perfecto de la jerarquía real de los equipos (extraída de la tabla ideal del modelo 2RR), pero con el objetivo inverso: maximizar la fidelidad del ranking final, es decir, lograr un fixture que refleje lo mejor posible la tabla ideal, incluso con una cantidad reducida de partidos.

El modelo busca identificar, para una cantidad dada de fechas $K \in \{6, 8, 10\}$, un subconjunto de enfrentamientos (fixture parcial) que minimice la distancia promedio respecto al ordenamiento ideal, respetando restricciones básicas de torneo: número equilibrado de partidos de local y visitante, sin enfrentamientos repetidos.

Para poder encontrar estos subconjuntos se emplea la técnica de Simulated Annealing (Kirkpatrick, Gelatt, Vecchi, 1983), un algoritmo de optimización utilizado para resolver problemas combinatorios complejos. La lógica fue la siguiente.

- Primero se selecciona al azar un conjunto de partidos que cumplan con las restricciones deseadas (No se permiten rivales repetidos para los equipos, y cada equipo disputa la misma cantidad de partidos de local que de visitante).
- En este momento, se calcula la distancia frente a la tabla ideal. Que denominamos D_{ideal} y el conjunto de partidos C_{ideal}

- Se seleccionan al azar dos partidos dentro del conjunto, y se alternan los rivales visitantes. Es decir, se seleccionan dos partidos A vs B y C vs D, y se intercambian a los visitantes para que los partidos queden A vs D y C vs B. A continuación se verifica si no se rompe ninguna de las restricciones anteriormente mencionadas.
- Se calcula una nueva distancia respecto a la tabla ideal. Si esta distancia es menor a D_{ideal} , esta distancia nueva pasa a ser la nueva D_{ideal} y se asigna a C_{ideal} al conjunto relacionado a esta distancia.
- Este proceso se repite hasta que la D_{ideal} sea 0 y se guarda el correspondiente D_{ideal} . Si al cabo de 5000 iteraciones no arribamos a una distancia D_{ideal} , se selecciona el C_{ideal} asignado a la D_{ideal} menor.
- Al finalizar el proceso, se modifican los equipos enfrentados por sus posiciones en la tabla ideal. Por ejemplo, si Manchester City termino primero en la temporada 2023/2024, en todos los enfrentamientos en donde este Manchester City, se cambia la variable Manchester City por 0 (Índice relacionado con la primera posición). Esto es necesario para que la relación de los subconjuntos, no esté relacionada directamente con los equipos, si no con las posiciones de estos equipos.

Este proceso anteriormente descrito, se repite para todas las temporadas posibles de la liga inglesa, para $K \in \{6, 8, 10\}$. Esto nos permitió generar decenas de subconjuntos que tienen una distancia de 0 frente a la tabla 2RR.

Finalmente, para entender la importancia relativa de los distintos partidos, se cuenta cuantas veces aparece cada partido dentro de estos subconjuntos ideales. Es decir, por ejemplo, cuantas veces se enfrenta el primero contra el segundo, o el primero contra el último en estos subconjuntos que tienen la distancia mínima, dentro de cada universo de $K \in \{6, 8, 10\}$.

Estos resultados pueden observarse en los siguientes gráficos de calor.

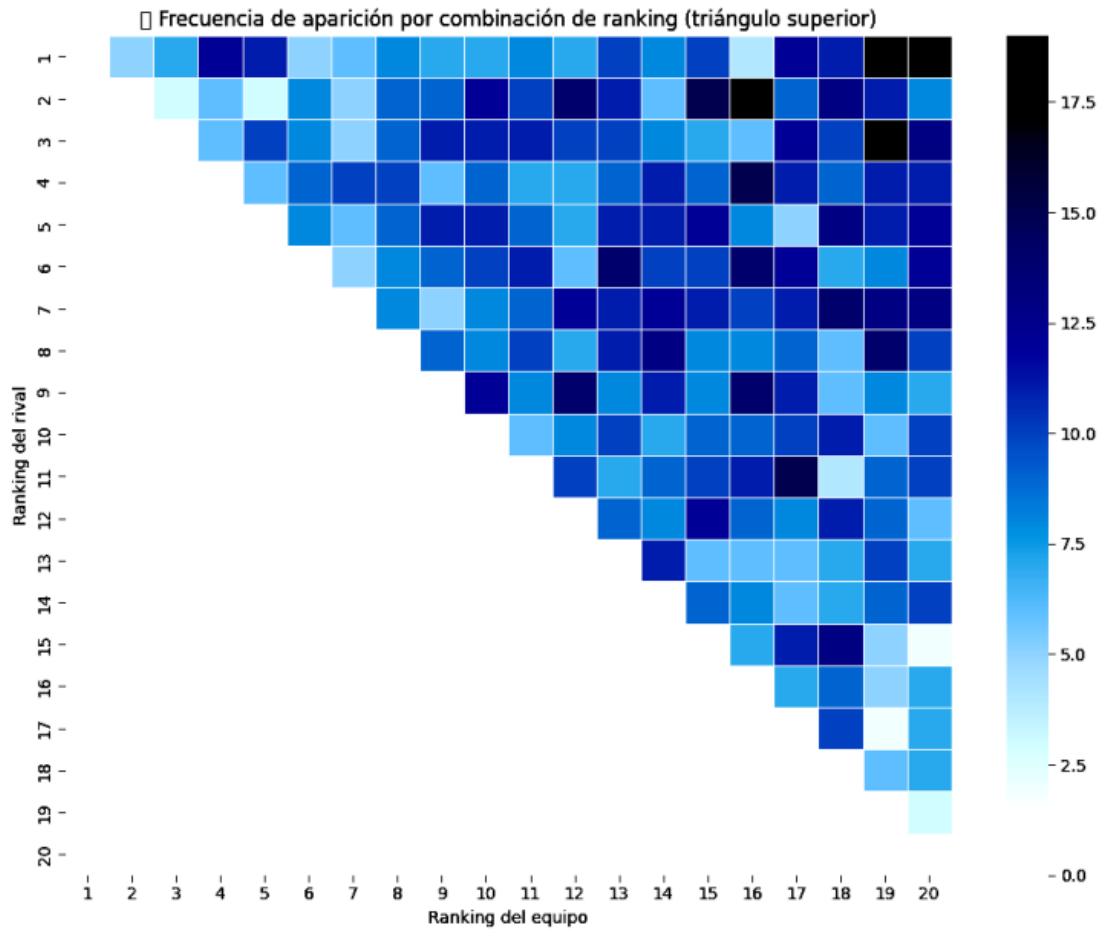


Figura 5: Frecuencia de aparición de distintos partidos en conjuntos para el universo de $K=6$. Datos generados para temporadas 1995/1996 a 2023/2024 para Premier League

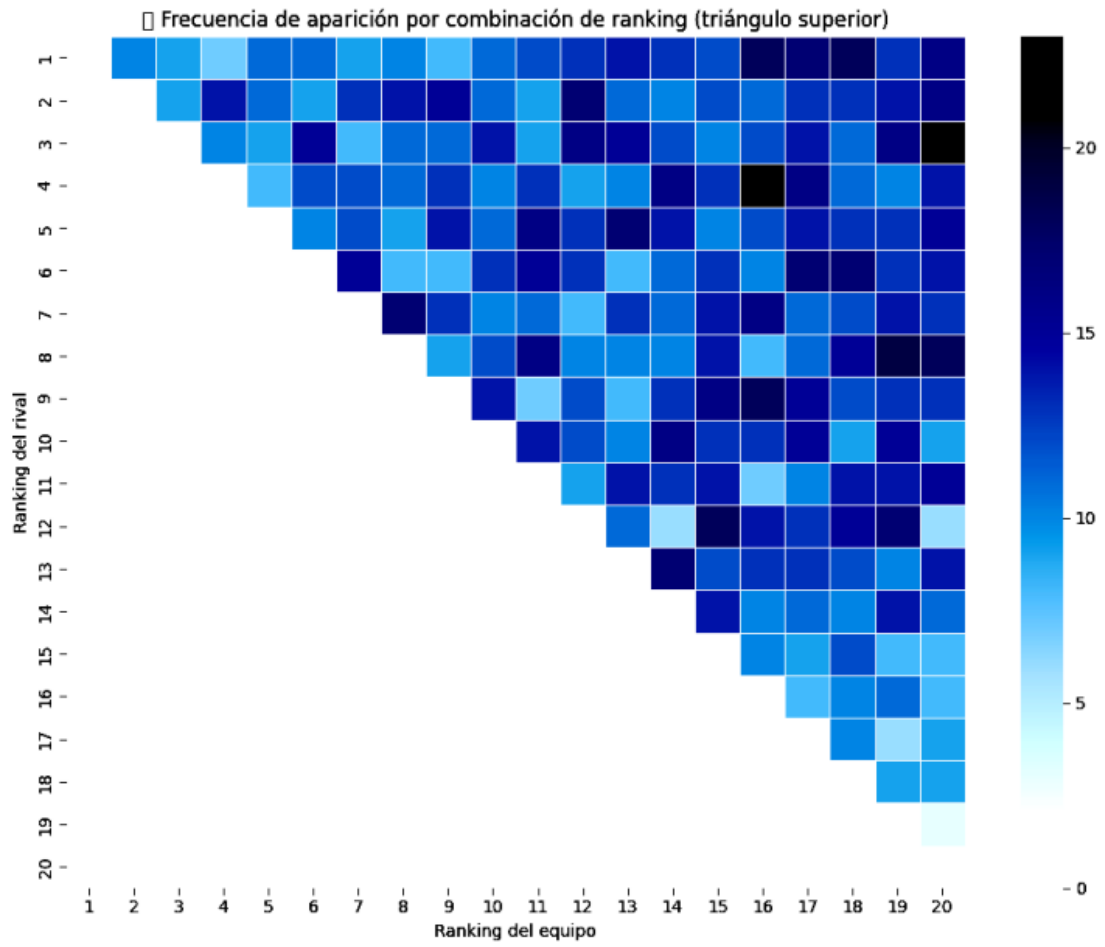


Figura 6: Frecuencia de aparición de distintos partidos en conjuntos para el universo de $K=8$. Datos generados para temporadas 1995/1996 a 2023/2024 para Premier League

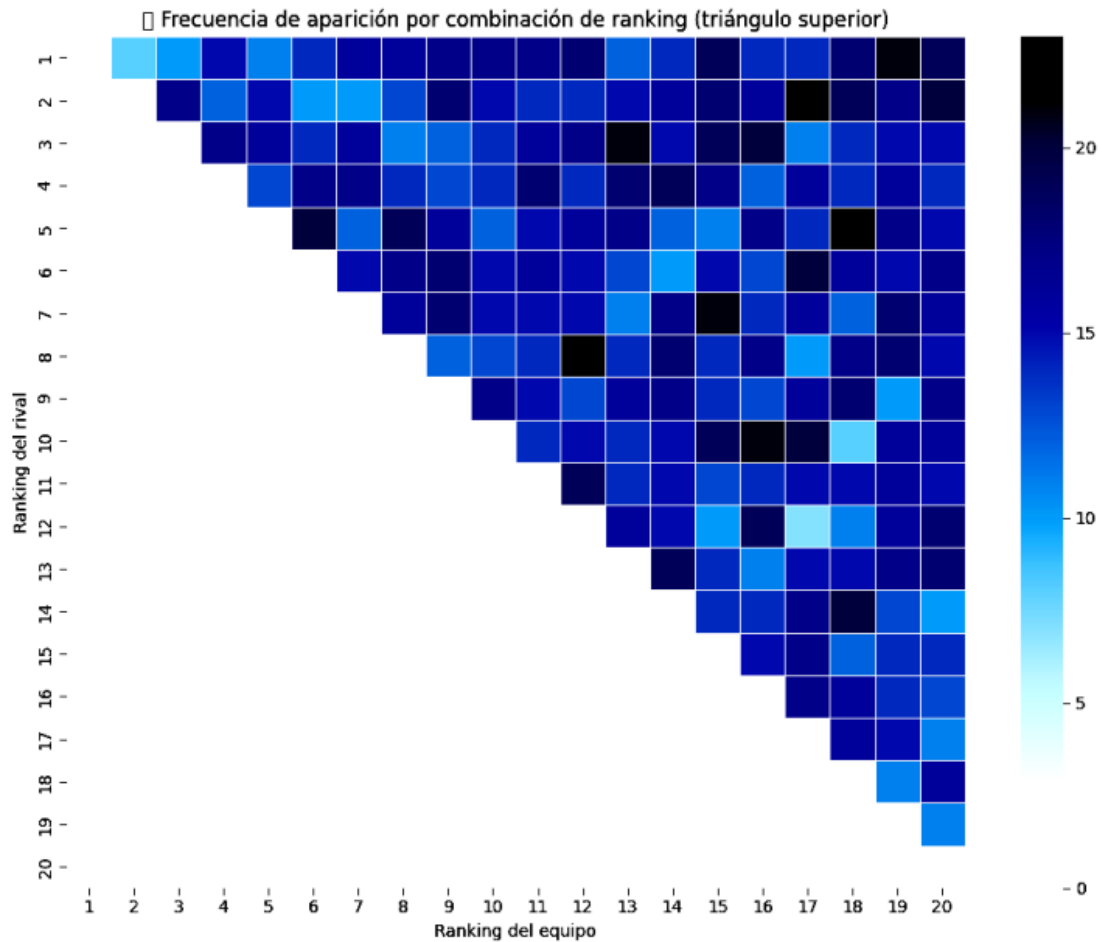


Figura 7: Frecuencia de aparición de distintos partidos en conjuntos para el universo de $K=10$. Datos generados para temporadas 1995/1996 a 2023/2024 para Premier League

Las figuras 4, 5 y 6, nos muestran, por lo menos de manera visual, un patrón claro: los partidos entre equipos con rankings extremos (es decir, entre los mejores y los peores) tienden a ser los más frecuentes en los subconjuntos optimizados. Esta lógica es, en muchos aspectos, la inversa al modelo pesimista, donde los buenos juegan contra los buenos y los malos contra los malos. Además, esta relación es muy notoria en el universo de menos partidos (6), siendo razonable debido que a medida que aumentamos la cantidad de partidos, es más probable que aparezcan más rivales, considerando sobre todo que 10, es más de la mitad de rivales posibles (19).

Esta evidencia sugiere que, bajo ciertos criterios de eficiencia (minimización de distancia respecto a una tabla de 2RR), enfrentar a equipos fuertes contra débiles ayuda a clarificar más rápidamente la clasificación. No obstante, este enfoque podría entrar en tensión con los principios de equidad deportiva, como se discute en Devriesere et al. (2025).

En definitiva, una vez identificados los partidos que más frecuentemente aparecen en los subconjuntos generados por Simulated Annealing (Kirkpatrick, Gelatt, Vecchi, 1983), se utiliza dicha frecuencia como criterio de prioridad para la construcción del fixture del modelo optimista.

El procedimiento es el siguiente:

1. Se ordenan todos los partidos en función descendente de su cantidad de apariciones dentro de los subconjuntos óptimos.
2. Luego, se seleccionan los partidos uno a uno, asignando de forma aleatoria la condición de localía (es decir, cuál de los dos equipos jugaría como local).
3. Cada partido se incorpora al fixture solo si no viola ninguna de las siguientes restricciones:
 - a. Ningún equipo puede enfrentar al mismo rival más de una vez.
 - b. Cada equipo puede disputar un máximo de $\frac{k}{2}$ partidos como local y $\frac{k}{2}$ como visitante.
 - c. Cada equipo puede disputar un máximo de K partidos en total.
4. Este proceso se repite hasta completar un fixture válido con K partidos por equipo.

Este procedimiento es aplicado para los universos de $K \in \{6, 8, 10\}$, para todas las temporadas disponibles de la Premier League, de manera que se puede equilibrar, en el caso que sea posible, la localía para los distintos equipos. De esta manera, se pudo construir un fixture eficiente, a priori, basado en la evidencia empírica de los subconjuntos que disminuían la distancia frente a la tabla final del modelo 2RR.

Se encontraron para todas las temporadas disponibles de Premier League, para los universos $K \in \{6, 8, 10\}$ al menos 1 subconjunto de partidos que tenía asignada una distancia de 0 frente al conjunto completo 2RR. Estos subconjuntos respetaron las restricciones de Localía (misma cantidad de partidos de local que de visitante).

e. Supuestos del Modelo

Se adoptan los siguientes supuestos para el desarrollo de las simulaciones:

- Independencia del orden de los partidos: Se asume que el rendimiento de un equipo contra otro no depende del momento en el cual se disputan los partidos durante el año. Este supuesto es importante debido a que nos permite trabajar con subconjuntos de partidos sin importar cuando ocurrieron dentro del calendario real.

El ejemplo que puede ilustrar mejor esta idea es el siguiente. Supongamos que tenemos 2 equipos que pelean por el título, los incentivos de ambos equipos pueden ser distintos si se enfrentan al inicio del torneo o al final del mismo. Esto es debido a que si dos equipos que van a pelear una posición se enfrentan en las primeras fechas, tienen todavía mucho tiempo y jornadas para poder corregir errores o volver a su rendimiento promedio. En cambio, si dos equipos que pelean una posición se enfrentan al final del torneo, los incentivos cambian, dado que empiezan a jugar con mucha mayor relevancia la distancia relativa de puntos entre ellos y la cantidad de puntos restantes, es decir, un equipo tiene más incentivos a ganar y el otro equipo tiene más incentivos a no perder.

- Independencia temporal de los resultados: Los resultados de los partidos no dependen de los resultados previos, lo cual justifica la aleatorización en la secuencia de partidos simulados.

La idea detrás de este supuesto, es que un equipo puede afrontar momentos altos y bajos a lo largo de una temporada. Una victoria en un partido importante, es razonable a priori que influya en los partidos siguientes. Como dentro de este estudio vamos a desordenar los partidos que

realizan los equipos, es relevante incorporar a este supuesto para que el efecto de los partidos anteriores deje de tener efecto.

f. Simulación de partidos

A la hora de simular partidos de fútbol, existe una amplia variedad de metodologías con distintos niveles de complejidad y precisión. Básicamente, y a grandes rasgos, hay dos formas de simular partidos, utilizando datos históricos para estimar la probabilidad de los resultados, y simular utilizando modelos estadísticos, como la distribución de Poisson, para estimar los goles de los distintos equipos (Goossens, 2012).

En el marco de este trabajo, se optó por una estrategia más simple, siguiendo la propuesta de Gyimesi (2024). Gyimesi propone una estrategia simple, basada en un único factor, la diferencia de los coeficientes ELO de los equipos.

La propuesta es la siguiente:

- I. En primer lugar se calcula la probabilidad de victoria de cada equipo utilizando la función típica del modelo ELO (ELO, 1978).
Utilizando el mismo criterio que utiliza Gyimesi, le agregamos 100 puntos de coeficiente a los equipos locales para agregar la variable de Localia.

$$w_{ij} = \frac{1}{1 + 10^{\frac{E_j - E_i}{400}}}$$

- II. En segunda instancia, pasamos a calcular los goles esperados de cada uno de los equipos, en función de su probabilidad de victoria, y en función de si el equipo es local o visitante. Gyimesi propone una ecuación polinómica de quinto orden.

$$\lambda_{ij}^{(h)} = 52.04334 * w_{ij}^5 - 118.35563 * w_{ij}^4 + 100.33434 * w_{ij}^3 - 38.17963 * w_{ij}^2 + 7.8895 * w_{ij} + 0.08699$$

$$\lambda_{ij}^{(a)} = -41.94165 * w_{ij}^5 + 116.75212 * w_{ij}^4 - 126.60916 * w_{ij}^3 + 61.6554 * w_{ij}^2 - 15.97493 * w_{ij} + 3.31293$$

- III. En último lugar, simulamos los goles mediante una distribución de Poisson. Esta técnica es bastante común en simulaciones deportivas debido a la capacidad de modelar eventos discretos y poco frecuentes (Csató, 2022a, 2023a, 2023b).

$$P_k = \frac{\left(\lambda_{ij}^{(f)}\right)^k \exp\left(-\lambda_{ij}^{(f)}\right)}{k!}$$

Donde $f = h$ si el equipo es local o $f = a$ si el equipo es visitante.

Como ultimo parámetro, por simplicidad y para continuar con la metodología propuesta por Gyimesi (2024), se decidió no actualizar los coeficientes ELO después de cada partido.

Para ejemplificar esto, proponemos la siguiente situación. Tenemos dos equipos, uno juega de local y tiene un coeficiente ELO de 2000 y el otro equipo, que juega de visitante tiene un coeficiente ELO de 1900.

La probabilidad de victoria para el equipo local es de

$$w_{local,visitante} = \frac{1}{1 + 10^{\frac{E_{visitante} - E_{local} + 100}{400}}}$$

$$w_{local,visitante} = \frac{1}{1 + 10^{\frac{1900 - 2000 - 100}{400}}}$$

$$w_{local,visitante} = \frac{1}{1 + 10^{\frac{-200}{400}}}$$

$$w_{local,visitante} = \frac{1}{1 + 0.31622}$$

$$w_{local,visitante} = 0.75974$$

Luego, calculamos la esperanza de goles tanto para el local como para el visitante

$$\lambda_{local,visitante}^{(local)} = -41.94165 * w_{local,visitante}^5 + 116.75212 * w_{local,visitante}^4 - 126.60916 * w_{local,visitante}^3 + 61.6554 * w_{local,visitante}^2 - 15.97493 * w_{local,visitante}^1 + 3.31293$$

$$\lambda_{local,visitante}^{(local)} = 52.04334 * 0.75974^5 - 118.35563 * 0.75974^4 + 100.33434 * 0.75974^3 - 38.17963 * 0.75974^2 + 7.8895 * 0.75974^1 + 0.08699$$

$$\lambda_{local,visitante}^{(local)} = 52.04334 * 0,25312 - 118.35563 * 0,33317 + 100.33434 * 0,438526 - 38.17963 * 0,57720 + 7.8895 * 0.75974^1 + 0.08699$$

$$\lambda_{local,visitante}^{(local)} = 13,1731647 - 39,432 + 43,999 - 22,037 + 5,9939 + 0.08699$$

$$\lambda_{local,visitante}^{(local)} = 1,7838$$

Mientras que los goles del visitante serán en promedio,

$$\lambda_{local,visitante}^{(visitante)} = 0.9283$$

De esta manera, podemos luego simular partidos, mediante una distribución de Poisson. En este caso simulamos 10 partidos.

Partido	Goles Local	Goles Visitante	Victoria Local
Partido 1	3	0	1
Partido 2	1	1	0.5
Partido 3	2	1	1
Partido 4	1	0	1
Partido 5	1	0	1
Partido 6	3	0	1
Partido 7	1	0	1
Partido 8	1	2	0
Partido 9	0	2	0
Partido 10	2	1	1
Promedio	1.5	0.7	0.75

Tabla 10: Tabla de resultados simulados entre dos equipos con coeficientes ELO de 2000 y 1900

Capítulo 4: Comparación entre Formato Suizo y otros modelos, con datos históricos

En esta sección se realizara primero un análisis entre el formato suizo, en sus dos variables (ordenado por coeficiente ELO y coeficiente UEFA), comparándolo con el modelo random, para entender si el formato suizo mejora, o no, a un sistema aleatorio.

Luego, se añadirá el formato tradicional de grupos, comparando si los movimientos o distancias entre las posiciones de los equipos se modifican o no.

a. Comparación básica entre el formato suizo y un sistema aleatorio

Esta primera etapa busca evaluar si el sistema suizo propuesto por la UEFA ofrece una mejora real respecto a una asignación completamente aleatoria en términos de fidelidad al ordenamiento ideal de los equipos.

Para ello, se generan 75 simulaciones por temporada y modelos, midiendo la distancia entre la tabla parcial obtenida tras una cantidad K de partidos y la tabla ideal del torneo 2RR. Se construyen curvas de distancia promedio en función de K (denominadas D_k) para ambos sistemas.

En el caso del sistema aleatorio, se evalúan todos los valores posibles de K entre 1 y 38, generando una curva completa. En cambio, el sistema suizo, debido a sus restricciones estructurales (balance local/visitante y uso de bombos), solo permite ciertos valores de K , que se detallan en la sección [Modelo Suizo](#). Las comparaciones se realizan en base a la métrica de distancia de posiciones desarrollada previamente.

Este enfoque permite observar la evolución del desempeño de cada sistema a medida que avanza el número de partidos disputados, evaluando si el sistema estructurado supera consistentemente al azar o si, por el contrario, su complejidad no se traduce en una mejora tangible.

Como mencionamos anteriormente, en esta primera parte se evalúa la capacidad de dos sistemas de asignación de partidos —el sistema suizo y el sistema aleatorio— para replicar la jerarquía ideal de los equipos, utilizando como referencia una tabla construida bajo un esquema Round Robin doble (2RR). El análisis se realiza tanto para la Premier League inglesa como para La Liga española, considerando todas las temporadas disponibles.

La comparación se lleva a cabo empleando dos métodos de clasificación:

- El sistema tradicional de puntuación (3 puntos por victoria, 1 por empate, 0 por derrota).
- El ranking basado en el método de Perron-Frobenius, que pondera los enfrentamientos en función de la calidad de los rivales.

Las figuras correspondientes a esta sección muestran la evolución de la distancia promedio entre la tabla parcial y la tabla ideal (D_k) en función de la cantidad de partidos disputados (K).

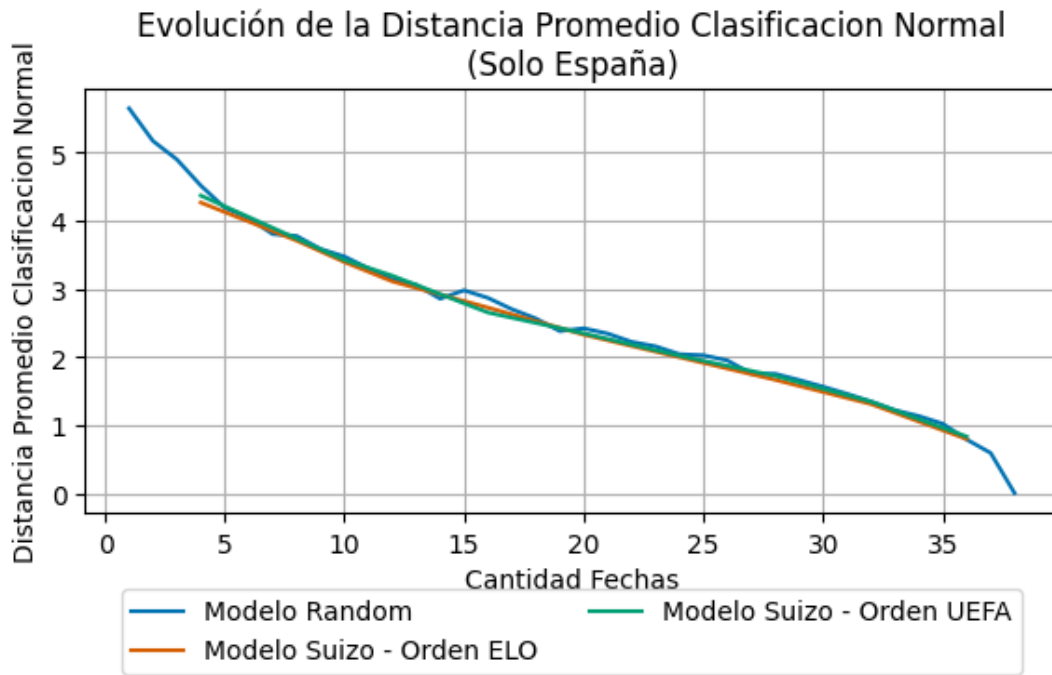


Figura 8: Evolución de la distancia promedio en la clasificación normal solo para La Liga española.

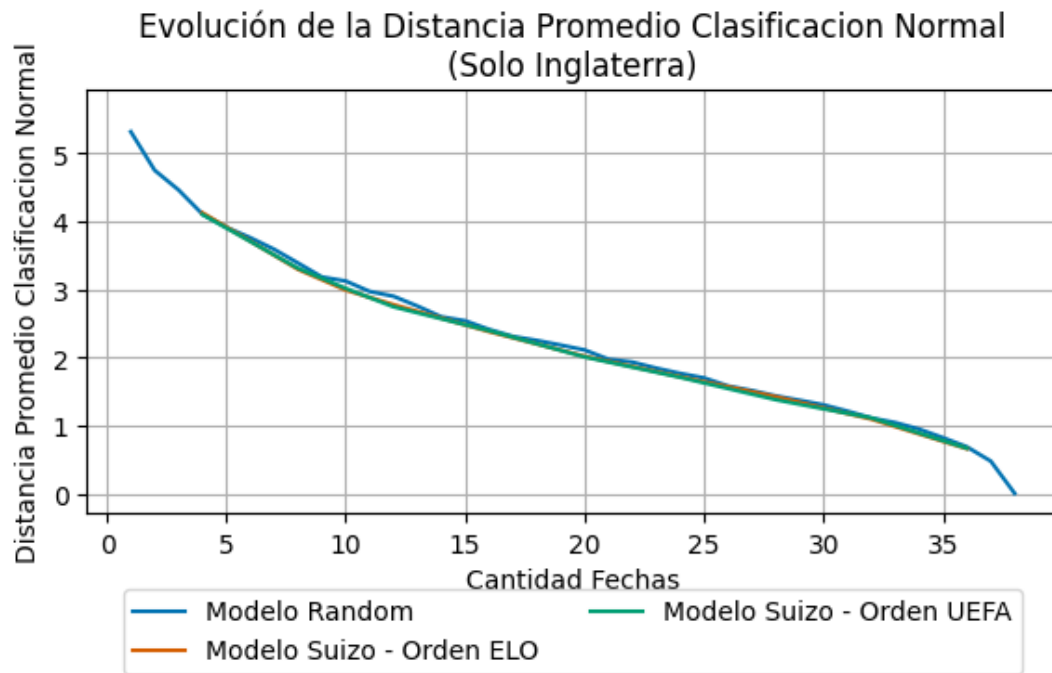


Figura 9: Evolución de la distancia promedio en la clasificación normal solo para Premier League

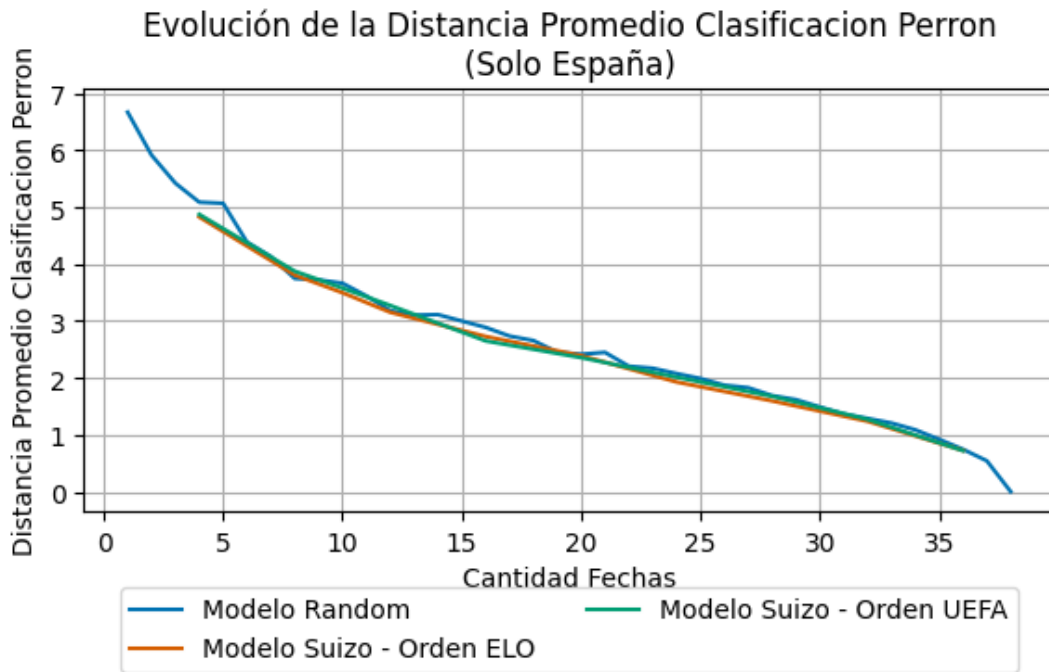


Figura 10: Evolución de la distancia promedio en la clasificación de Perron-Frobenius solo para La Liga española

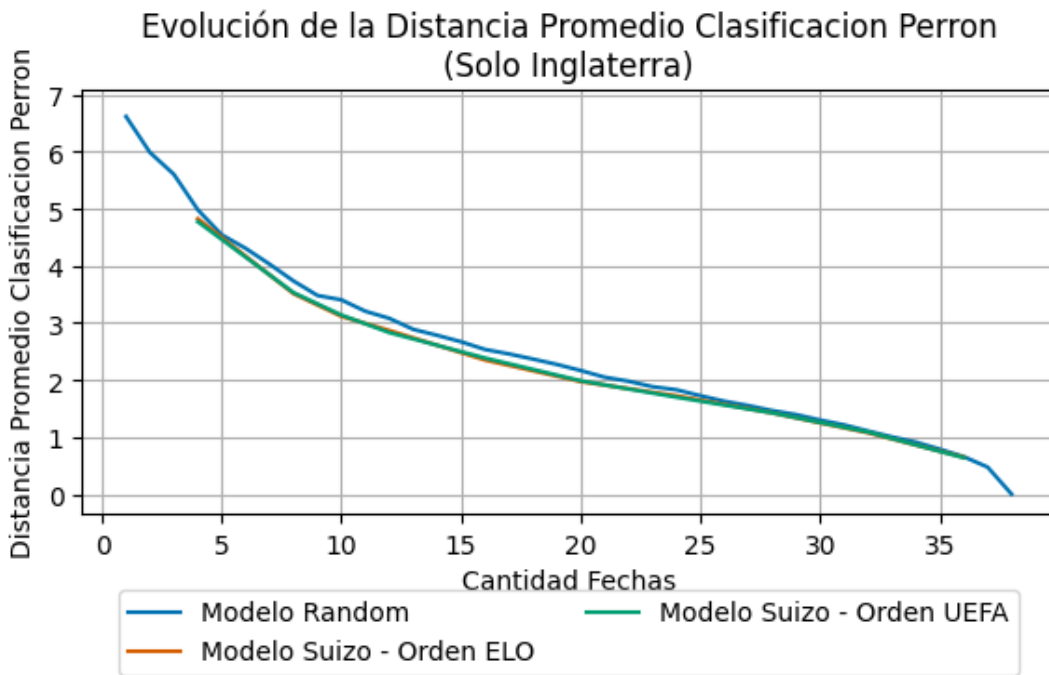


Figura 11: Evolución de la distancia promedio en la clasificación de Perron-Frobenius solo para Premier League

Lo primero que se puede destacar es que no se observa una diferencia sustancial entre los sistemas de puntuación utilizados. Tanto el ranking tradicional utilizado en el fútbol, como el sistema de ranqueo de Perron Frobenius convergen de manera similar a medida que se aumenta el número de fechas, mostrando un comportamiento equivalente.

También se observa que el sistema suizo no muestra una mejora significativa respecto a la aleatorización. En ambas ligas analizadas, española e inglesa, los resultados del sistema suizo, se superponen con el sistema random.

Estos resultados son coherentes con los hallazgos de Gyimesi (2024). A partir de simulaciones con ratings ELO, el autor muestra que la reforma 2024/25 de la Champions (formato suizo) mejora el equilibrio competitivo a corto y medio plazo —mayor incertidumbre de partido y menos encuentros sin incentivo—, pero no modifica de forma apreciable la dinámica de largo plazo: el porcentaje de clubes que repiten presencia en los cuartos de final permanece prácticamente igual al del formato tradicional de grupos.

Se observa que la evolución promedio de la distancia para España tiene un origen con mayor valor con respecto a la liga inglesa, tanto con el ordenamiento Perron como el tradicional, pero rápidamente ambas tienen a tener curvas similares. Es decir que aunque España tenga una distancia promedio mayor en un K de 2, las mismas convergen a valores similares a medida que K aumenta, manteniendo España una ligera distancia mayor. Esto se observa en todos los modelos.

Por último, se observa que el principal determinante para poder ordenar a los equipos de manera correcta, es la cantidad de partidos. Eso quiere decir, que a medida que el sistema de ranking tiene más información, más preciso es para poder determinar que equipos son más fuertes, y que equipos son más débiles.

b. Comparación de sistemas a partir de la clasificación por asignaciones o clusters

En esta segunda etapa se incorpora al análisis el [sistema tradicional de grupos](#), compuesto por bloques de 4 o 5 equipos, utilizado históricamente en torneos como la Champions League. A diferencia de la [Comparación básica entre el formato suizo y un sistema aleatorio](#), donde el foco está en el ordenamiento exacto de todos los equipos, aquí se introduce una lógica más cercana al funcionamiento real de las fases de grupos: la clasificación por asignaciones o clusters, en donde una asignación o clúster es categoría que ocupa un equipo dentro de una tabla.

En este contexto, lo que interesa no es únicamente la posición precisa de cada equipo, sino la categoría o clúster de rendimiento al que pertenece, en función de su ubicación relativa en la tabla: si se ubica entre los primeros, entre los segundos, terceros o cuartos, en función de un criterio predefinido. Por ejemplo, si los 20 equipos de una liga se agrupan en 4 clusters de 5 equipos cada uno, las posiciones 1 a 5 corresponden al primer clúster, las posiciones 6 a 10 al segundo, y así sucesivamente. Esta posición está determinada por los rendimientos de los equipos en el subconjunto analizado.

La métrica de análisis en esta etapa es la [distancia entre asignaciones de clusters](#), que compara el clúster en el que cada equipo se ubica en una tabla simulada (suizo, aleatorio, tradicional) con el clúster que le correspondería en la tabla ideal. Cuanto mayor sea la distancia promedio entre clusters, menor será la fidelidad del sistema respecto a la jerarquía real de los equipos.

Este enfoque se alinea con la lógica de torneos en los que el criterio clave es pasar o no pasar de ronda, o bien en qué posición relativa se clasifica un equipo dentro de su grupo. El análisis se

repite para diferentes configuraciones de clusters (por ejemplo, 4 o 5 grupos), y para distintos sistemas de asignación de partidos (aleatorio, sistema suizo, y sistema tradicional de grupos).

Antes de continuar con el análisis, se enumeran las siguientes razones por las cuales se divide el universo a analizar de fechas a 6 y 8.

1. En primer lugar, la fase de grupos tradicionalmente duraba 6 partidos, y ahora ocupa un espacio de 8. Es imposible agregar una mayor cantidad de partidos sin romper o quebrar a nivel calendario a las ligas locales para imponer más partidos. Por lo que el universo más importante a analizar es el de 6 y 8 partidos.
2. En segunda instancia, el sistema tradicional de grupos *todos contra todos* presenta un número limitado de configuraciones viables cuando se trabaja con una liga de 20 equipos. En grupos de 4 o 5 equipos, cada equipo puede disputar como máximo 6 u 8 partidos, respectivamente, por grupo. Para simular estos formatos de forma comparable, se utilizaron combinaciones de grupos que permitan llegar a 6 y 8 partidos por equipo sin violar las restricciones de equilibrio local/visitante.
3. Para finalizar el sistema suizo no permite una implementación factible con 6 fechas si se desea mantener una estructura simétrica de bombos. Para que cada equipo juegue 6 partidos contra rivales de 3 bombos distintos (2 partidos por bombo), se requeriría dividir los 20 equipos en 3 bombos de tamaño igual o similar, lo cual no es posible sin dejar equipos fuera o crear grupos desbalanceados. Por esta razón, el sistema suizo solo es considerado en el análisis comparativo con 8 fechas, donde la división en 4 bombos de 5 equipos sí resulta viable.

Una vez enumeradas las razones, seguimos con el análisis en esta segunda etapa.

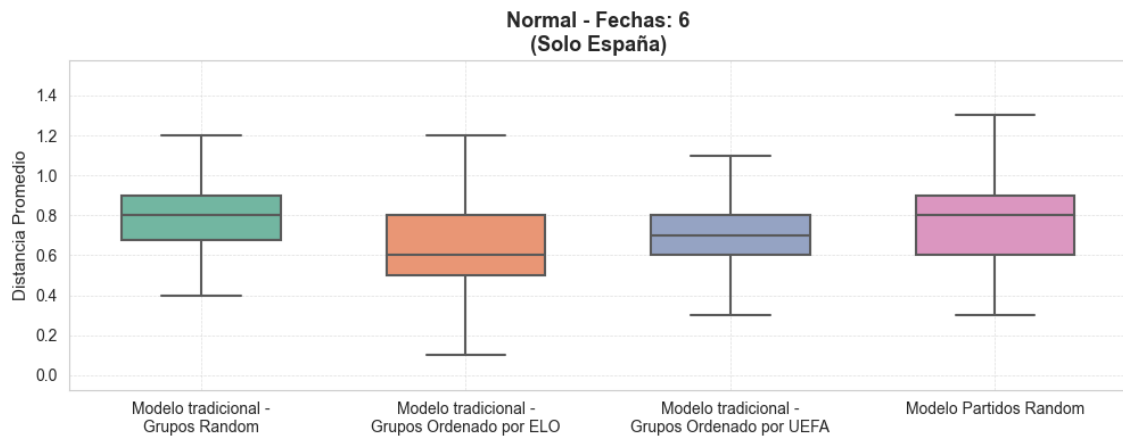


Figura 12: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para La Liga española según clasificación normal.

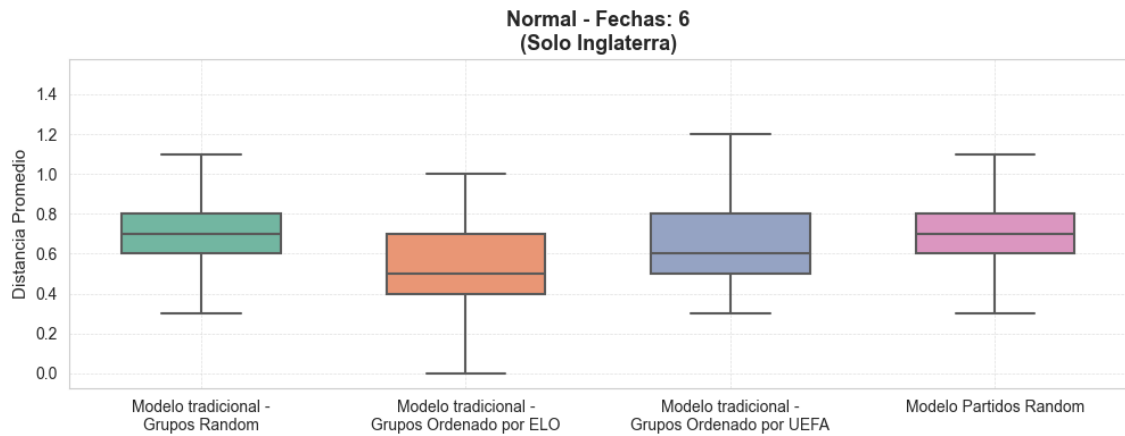


Figura 13: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para Premier League según clasificación normal.

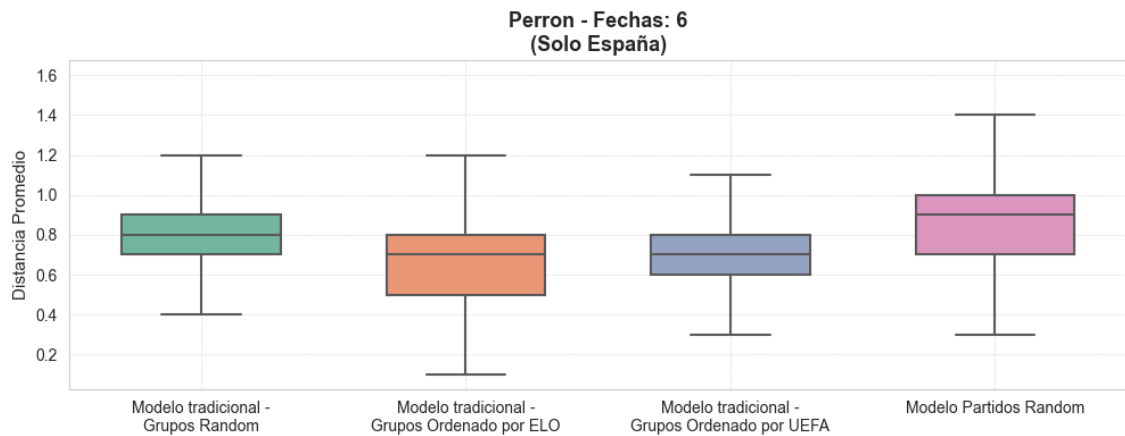


Figura 14: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para La Liga española según clasificación Perron-Frobenius.

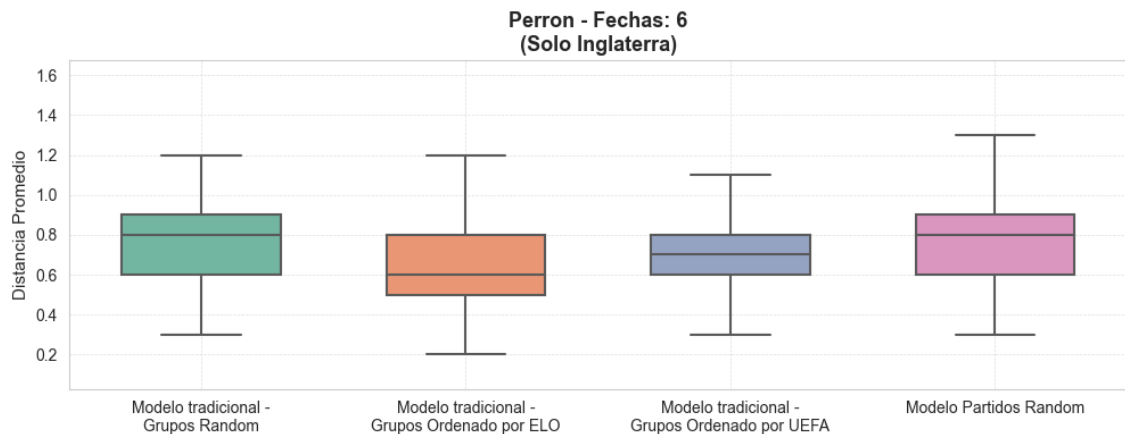


Figura 15: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para Premier League según clasificación Perron-Frobenius.

Dentro del universo de 6 fechas los resultados muestran que, independientemente del criterio utilizado para conformar los grupos, los sistemas tradicionales logran una clasificación por clusters (primeros, segundos, terceros y cuartos), similar a la obtenida mediante emparejamientos completamente aleatorios.

En otras palabras, los modelos tradicionales y los modelos aleatorizados tienden a agrupar a los equipos de manera similar, con distancias promedio casi equivalentes respecto al cluster al que pertenece cada equipo en la tabla ideal. Es importante mencionar que el efecto es el mismo tanto en la liga inglesa como en la liga española, por lo que otra vez se muestra que el efecto de la liga no tiene preponderancia, es decir, que ninguna liga tiene una mejora significativa per se a la hora de agrupar a los equipos.

Es importante notar, tal y como se menciona en la sección A, que la distancia de todos los modelos en España es mayor a la que encontramos en Inglaterra.

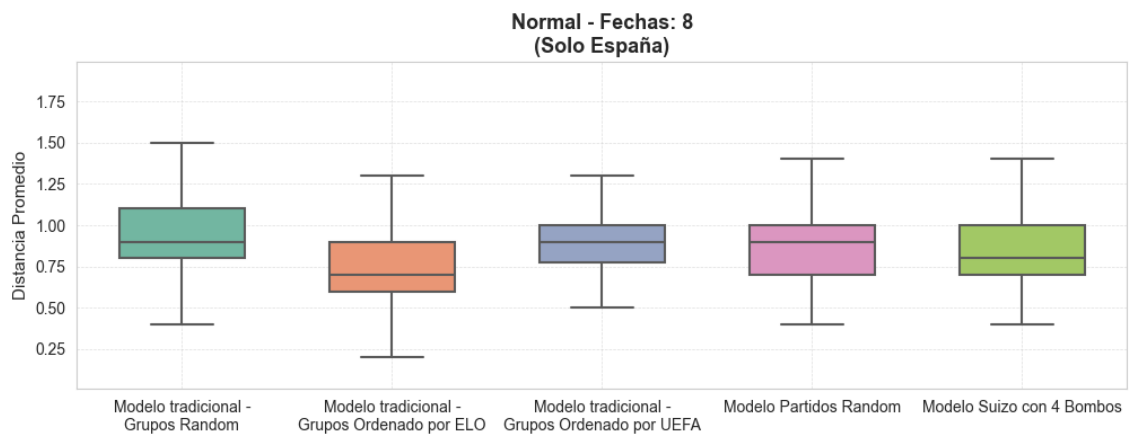


Figura 16: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random y modelo suizo para La Liga española según clasificación tradicional o normal.

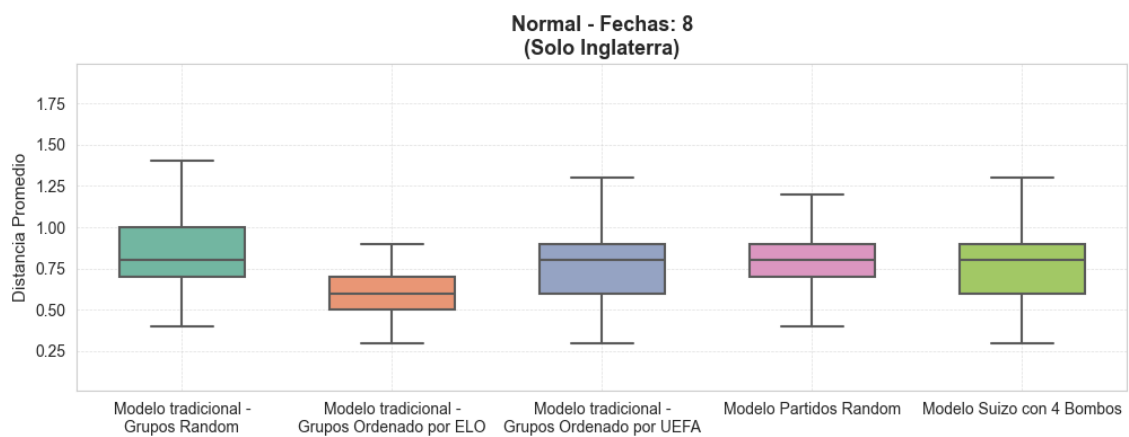


Figura 17: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random y modelo suizo para Premier League según clasificación tradicional o normal.

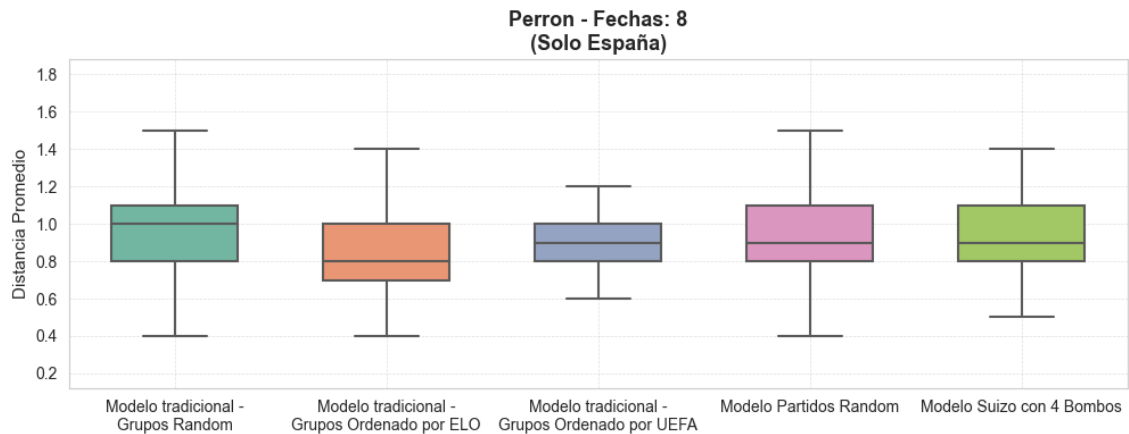


Figura 18: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random y modelo suizo para La Liga española según clasificación tradicional o normal.

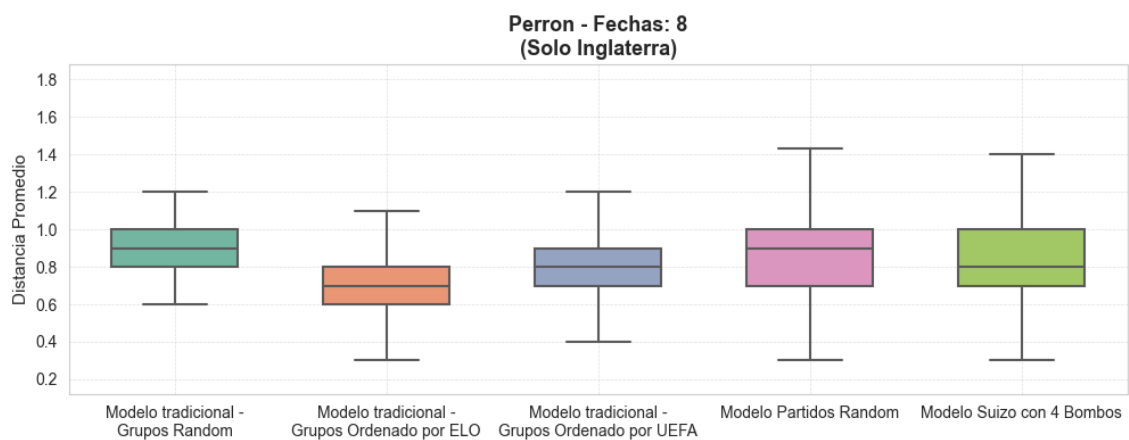


Figura 19: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random y modelo suizo para La Liga española según clasificación Perron-Frobenius.

En el universo de 8 fechas, el sistema tradicional con grupos aleatorios vuelve a mostrar una performance muy similar al modelo de partidos aleatorios. Esto indica que la estructura de grupos no muestra, sin importar la forma en la que se organicen los grupos, una mejora significativa a seleccionar los rivales de manera aleatoria.

El sistema suizo con 4 bombos (8 fechas) tampoco muestra una performance superior respecto a los modelos anteriores. Sus resultados se ubican en un nivel similar al del azar y al modelo tradicional de grupos, sin aportar beneficios evidentes en términos de ordenamiento por niveles.

La única mejora observable se da en el modelo tradicional con grupos ordenados por ranking ELO, que presenta una menor distancia promedio en comparación con los grupos aleatorios, pero solo en la liga inglesa. En el resto de los casos —incluyendo España y ambos rankings—, las diferencias son marginales o inexistentes.

Al igual que en la sección anterior, estos resultados también son coherentes con los hallazgos de Gyimesi (2024), El porcentaje de clubes que repiten presencia en los cuartos de final permanece prácticamente igual al del formato tradicional de grupos. El formato suizo, no asegura que los mejores equipos puedan pasar de fase de manera más consistente, en todo caso me aumenta o mejora otros factores, como disminuir la existencia de partidos sin relevancia o

aumentar la cantidad de partidos con final incierto, pero frente al análisis de que equipos pasan consistentemente de ronda, el parámetro es similar en ambos modelos (Gyimesi, 2024).

Los resultados sugieren que, incluso con 8 partidos disputados, ni la estructura de grupos ni el sistema suizo logran una mejora sistemática sobre el azar.

Capítulo 5: Comparación entre Formato Suizo y otros modelos, con datos simulados

En esta sección vuelve a repetir el mismo análisis realizado en el [capítulo 4](#), es decir, se vuelve a comparar al formato suizo, en sus dos variables (ordenado por coeficiente ELO y coeficiente UEFA), contra modelo random y el modelo tradicional de grupos. Para entender si el formato suizo mejora, o no, a un sistema aleatorio, esta vez en vez de utilizar datos históricos, se realiza una [simulación de partidos](#) siguiendo la metodología propuesta por Gyimesi (2024), que utiliza ratings Elo para estimar las probabilidades de victoria, empate o derrota en cada enfrentamiento. Este enfoque permite generar múltiples escenarios de competencia, manteniendo la coherencia con las diferencias de nivel entre equipos.

El procedimiento es similar al realizado en el [capítulo 4](#). Inicialmente, para cada temporada a analizar, se simula el conjunto completo de partidos de la misma, utilizando los coeficientes ELO de principios de dicha temporada, y luego se simulan las correspondientes selecciones de subconjuntos de partidos correspondientes a los respectivos modelos (modelo suizo, random y tradicional de grupos). Este procedimiento se repite 75 veces, por lo que se analizan 75 simulaciones de temporadas distintas para cada temporada disponible.

a. Comparación básica entre el formato suizo y un sistema aleatorio, utilizando partidos simulados.

En esta tercera etapa, se replica el análisis realizado en la sección [Comparación básica entre el formato suizo y un sistema aleatorio del capítulo 4](#), pero en lugar de utilizar resultados históricos reales, se emplean [simulaciones de partidos](#).

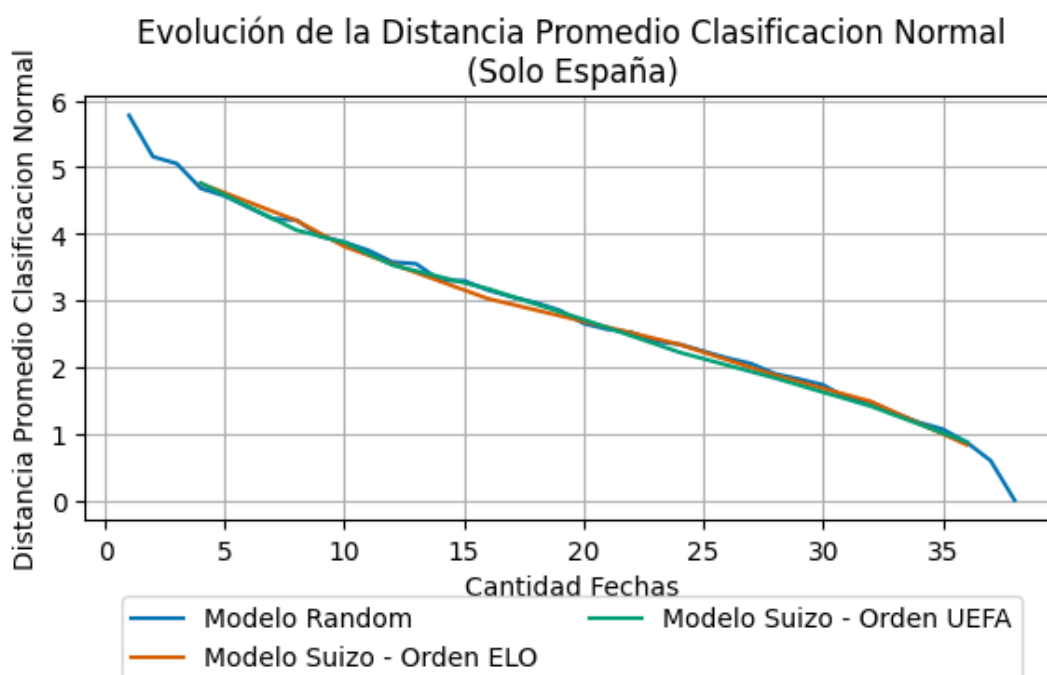


Figura 20: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para La Liga española según clasificación normal.

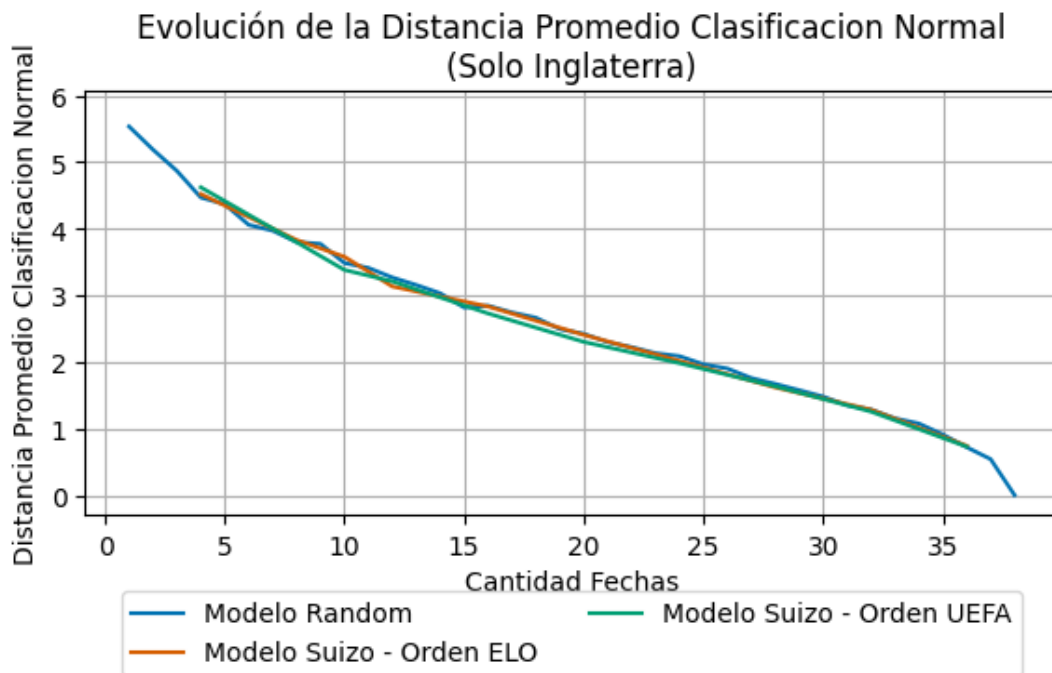


Figura 21: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para Premier League según clasificación normal.

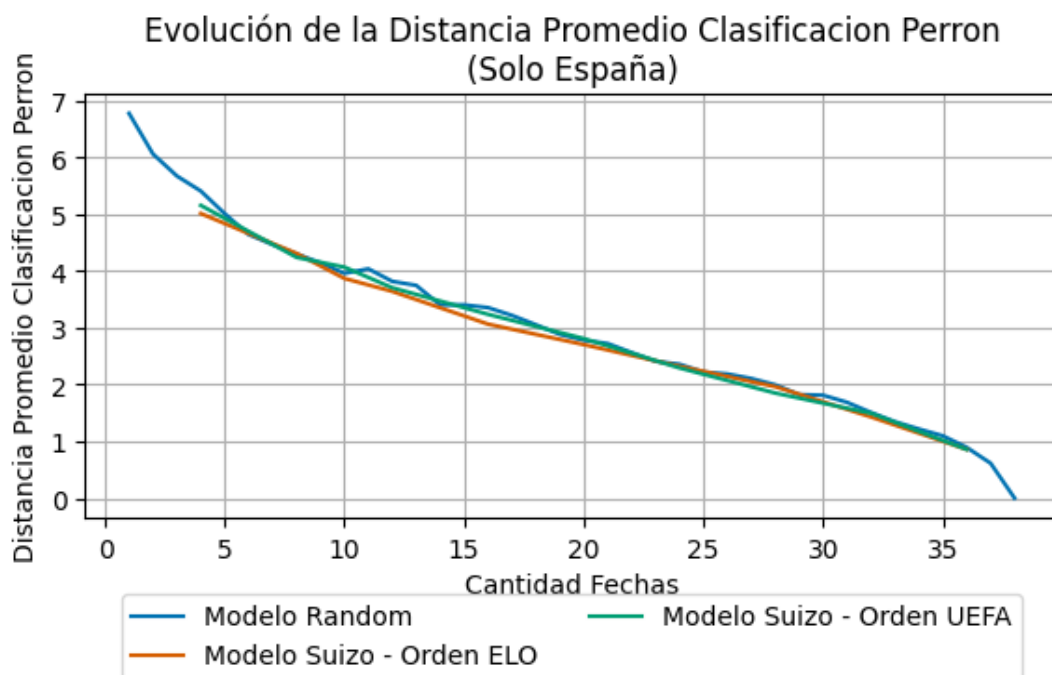


Figura 22: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para La Liga española según clasificación Perron-Frobenius.

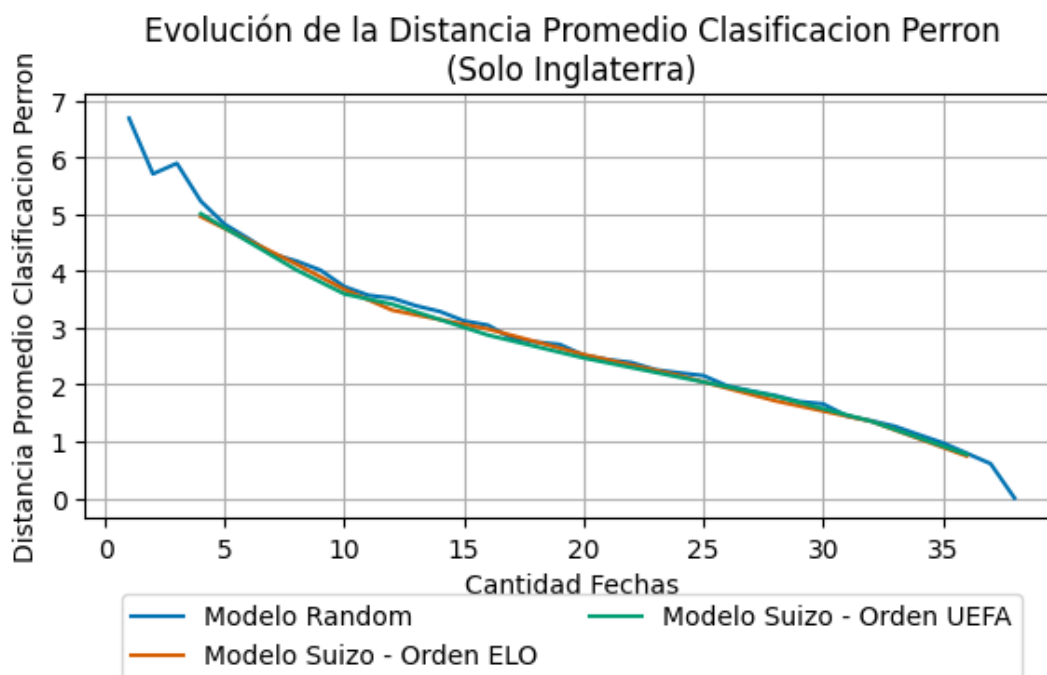


Figura 23: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para Premier League según clasificación Perron-Frobenius.

Las conclusiones son básicamente las mismas que las de la sección [Comparación básica entre el formato suizo y un sistema aleatorio del capítulo 5](#).

1. Las curvas D_k para los distintos sistemas muestran trayectorias casi idénticas, tanto en la clasificación general como en la de Perron.
2. El sistema suizo no presenta una mejora sistemática frente a la aleatorización total, incluso en un contexto simulado y controlado.
3. También se visualiza que España tiene una distancia mayor en promedio a la que se presenta en la liga inglesa. Esta distancia es más grande en los K pequeños, y rápidamente ambas convergen a valores similares a medida que K aumenta.
4. Al igual que en la sección [Comparación básica entre el formato suizo y un sistema aleatorio del capítulo 4](#), el factor que más incide en la aproximación al ordenamiento ideal es la cantidad de partidos disputados.

Estas conclusiones se mantienen tanto para Inglaterra como para España

b. Comparación de sistemas a partir de la clasificación por clusters, utilizando partidos simulados

Esta sección replica el enfoque desarrollado en la sección [Comparación de sistemas a partir de la clasificación por clusters del capítulo 4](#), pero bajo un entorno controlado de partidos simulados, en lugar de resultados históricos.

Como en la sección [Comparación de sistemas a partir de la clasificación por clusters del capítulo 4](#), se analiza la capacidad de los distintos sistemas de asignación de partidos (aleatorio, suizo, y tradicional por grupos) para clasificar correctamente a los equipos dentro de agrupamientos o clusters de rendimiento, simulando situaciones típicas de torneos donde el criterio central es

pasar o no de ronda, o el criterio es establecer si paso primero, segundo, tercero o cuarto, o quinto.

Se utiliza nuevamente la métrica de distancia entre clusters, comparando la clasificación final de cada equipo en la tabla generada con la que le correspondería en la tabla ideal, en función de agrupaciones predefinidas (por ejemplo: 4 grupos de 5 equipos, o 5 grupos de 4 equipos).

Los partidos utilizados para construir las tablas son simulados siguiendo la metodología descrita en la sección de [simulación de partidos](#), basada en ratings Elo y probabilidades de resultado propuestas por Gyimesi (2024).

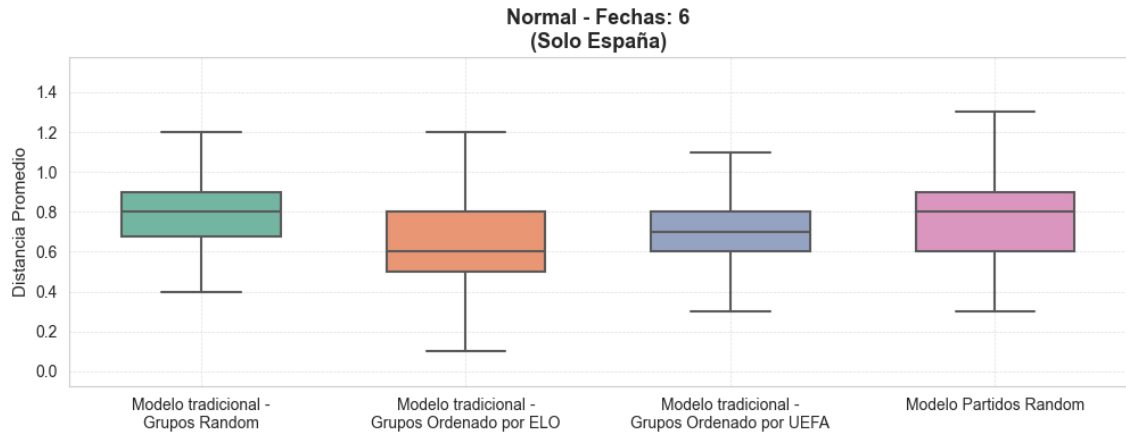


Figura 24: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para La Liga española según clasificación normal, con simulación de partidos.

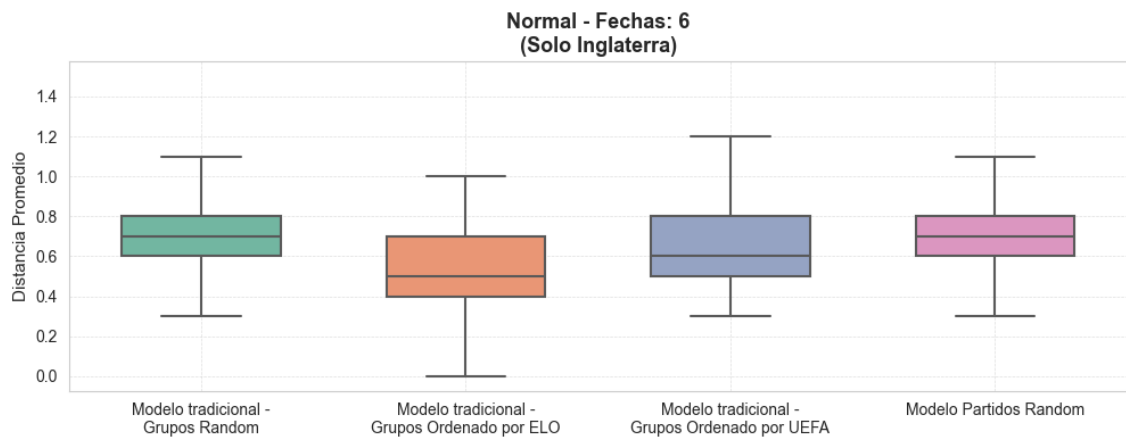


Figura 25: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para Premier League según clasificación normal, con simulación de partidos.

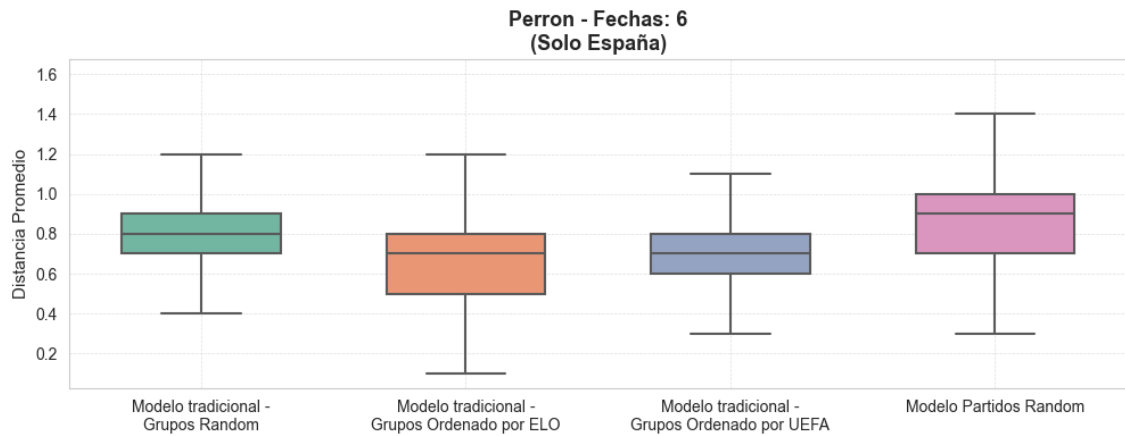


Figura 26: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para La Liga española según clasificación Perron-Frobenius, con simulación de partidos.

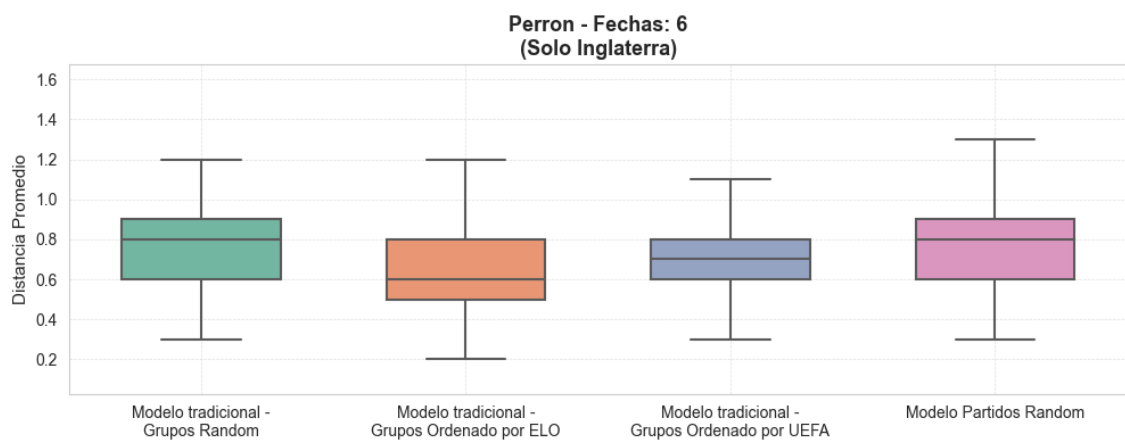


Figura 27: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales y el modelo random para Premier League según clasificación Perron-Frobenius, con simulación de partidos.

Replicando las conclusiones que se realizaron en la sección [Comparación de sistemas a partir de la clasificación por clusters del capítulo 4](#), no se observan diferencias significativas entre los distintos modelos en cuanto a su capacidad de agrupar correctamente a los equipos según su rendimiento. La distancia promedio al clúster ideal es muy similar entre todos los esquemas, dentro del universo de 6 fechas.

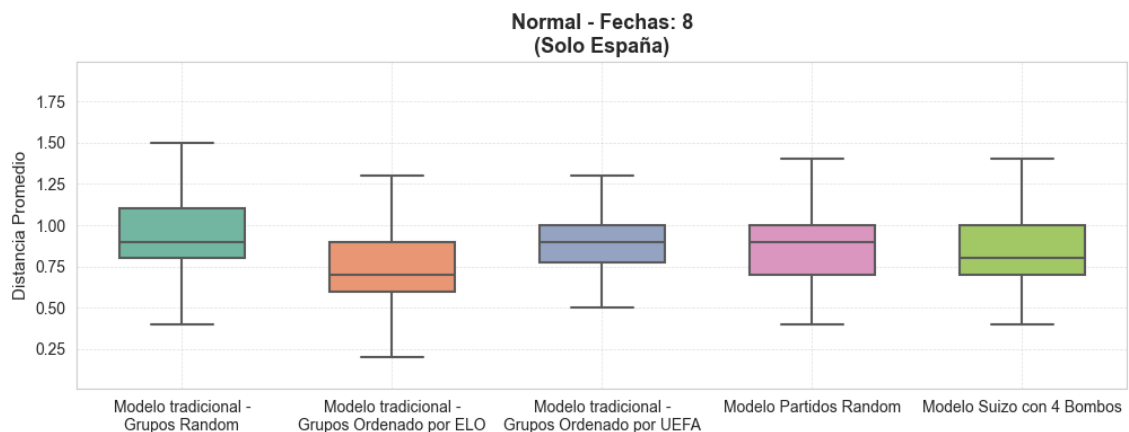


Figura 28: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random y modelo suizo para La Liga española según clasificación tradicional o normal, con simulación de partidos.

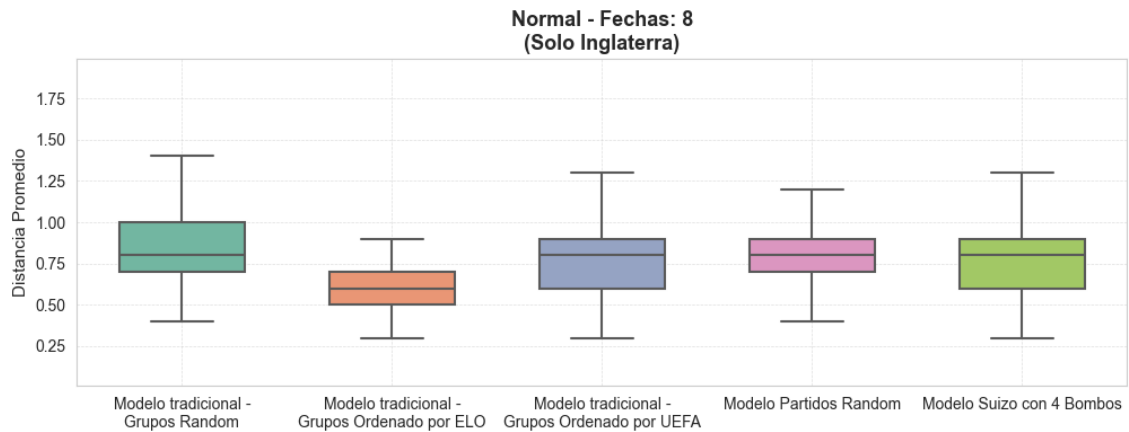


Figura 29: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random y modelo suizo para Premier League según clasificación tradicional o normal, con simulación de partidos.

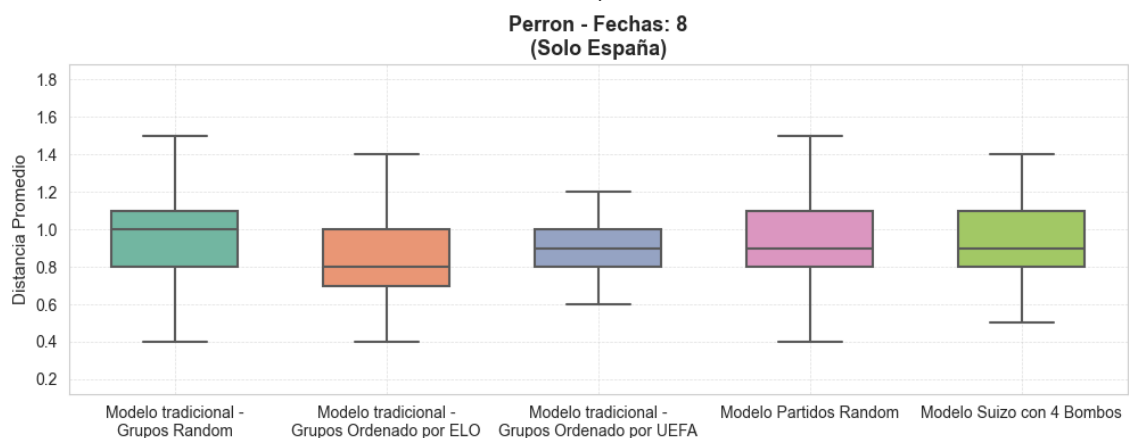


Figura 30: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random y modelo suizo para La Liga española según clasificación Perron-Frobenius, con simulación de partidos.

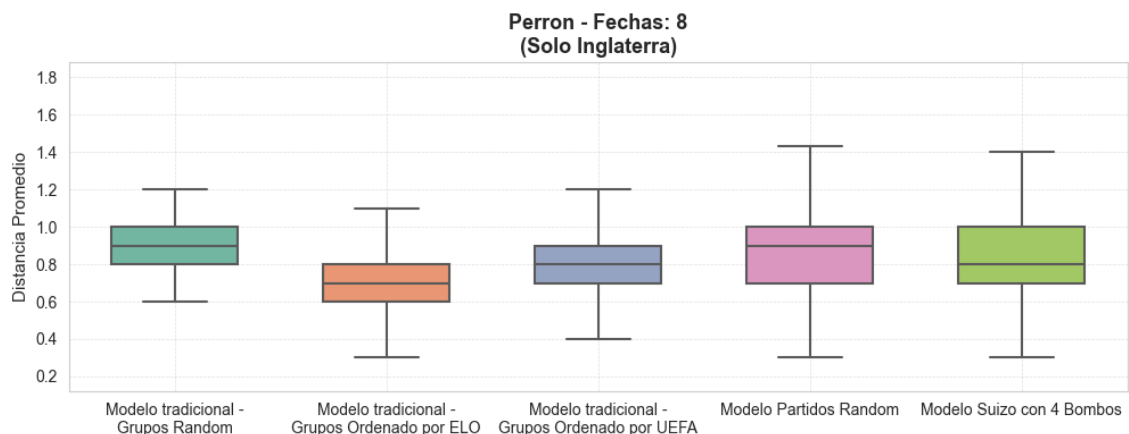


Figura 31: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random y modelo suizo para Premier League según clasificación Perron-Frobenius, con simulación de partidos

Finalmente, volvemos a analizar el comportamiento de los distintos modelos en el universo de 8 fechas, pero con datos simulados. Se incluyen nuevamente el sistema suizo (con 4 bombos), el modelo de partidos aleatorios, y los esquemas tradicionales con grupos de 5 equipos, utilizando diferentes criterios de ordenamiento (random, ELO y UEFA).

Las conclusiones son las mismas que en la [Comparación de sistemas a partir de la clasificación por clusters del capítulo 4](#), no se observan mejoras sustantivas entre los distintos modelos de asignación de partidos. Todos presentan una performance comparable en términos de fidelidad en la clasificación por clusters. El sistema suizo no muestra ventajas respecto a los modelos de grupos tradicionales ni frente al esquema completamente aleatorio.

El único modelo que presenta una ligera mejora es el de grupos ordenados por ELO, que logra distancias algo menores frente al modelo tradicional con grupos randomizados. Sin embargo, esta diferencia no se traduce en una mejora significativa respecto a los demás esquemas.

Capítulo 6: Análisis al extremo del comportamiento de las curvas DK .

Por los comportamientos analizados en el [capítulo 4](#) y [capítulo 5](#) surge la necesidad de analizar los límites en los que es posible modificar el formato del torneo para distorsionar la curva D_k .

Es por eso que se presentan dos etapas en este capítulo, en donde, en un primer plano, se intentará romper el comportamiento de las curvas D_k con un mal comportamiento, utilizando el ya presentado [modelo “pesimista”](#), y luego por un buen comportamiento, utilizando un modelo optimizado.

a. Evaluación de la vulnerabilidad del sistema: El modelo “pesimista”

En esta sección se investiga una dimensión clave del diseño de torneos: la vulnerabilidad estructural del sistema de asignación de partidos. El objetivo es analizar si es posible construir, de forma deliberada, un fixture que —sin alterar los resultados individuales— genere un ordenamiento final de equipos muy alejado del orden ideal, incluso peor que un sistema aleatorio.

Como se mostró en la presentación del [modelo “pesimista”](#), el objetivo del mismo es responder la pregunta. *¿puede el propio sistema de asignación distorsionar tanto los enfrentamientos que termine ocultando la verdadera jerarquía competitiva?*

Para la simulación de los escenarios y la iteración de los mismos volvemos a utilizar datos históricos, recorriendo los datos disponibles de la liga inglesa y la liga española. En este caso no hace falta iterar, dado que como usamos el modelo de diario del lunes, no va a modificar en nada que iteremos, dado que los rivales y los resultados son fijos.

Este análisis permite explorar los límites del sistema: si es posible construir fixtures “maliciosos” que generen distorsiones significativas, entonces se refuerza la importancia de diseñar esquemas de emparejamiento que sean robustos frente a sesgos estructurales.

El objetivo de este ejercicio es evaluar hasta qué punto la asignación de partidos puede sesgar la jerarquía final de los equipos, y si es posible construir estructuras que generen resultados claramente alejados del modelo ideal 2RR.

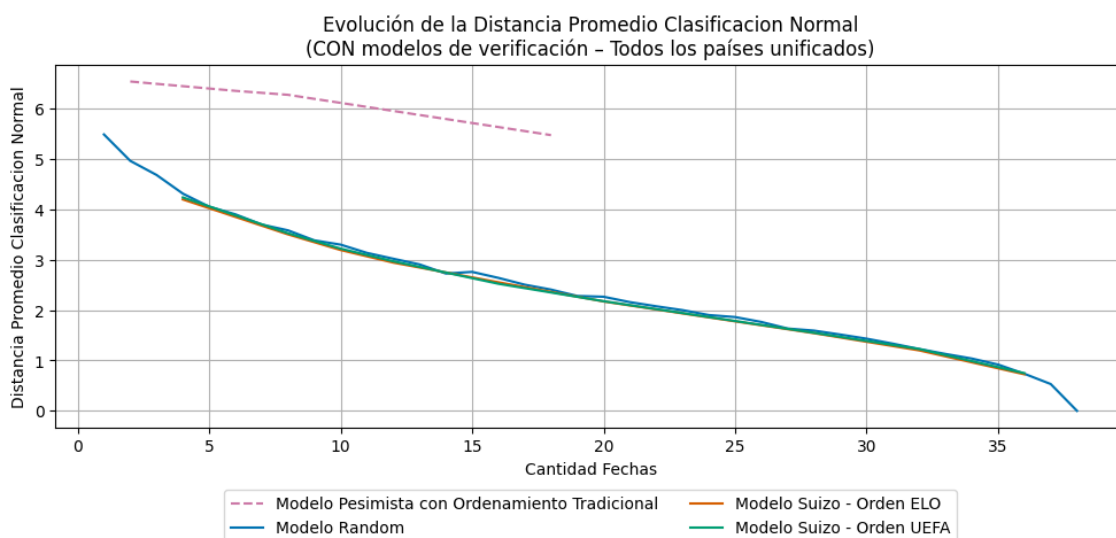


Figura 32: Distancia promedio de los equipos con respecto a la tabla ideal 2RR, con modelos Random, pesimista y suizo, en sus dos variables, bajo clasificación tradicional para ambos países.

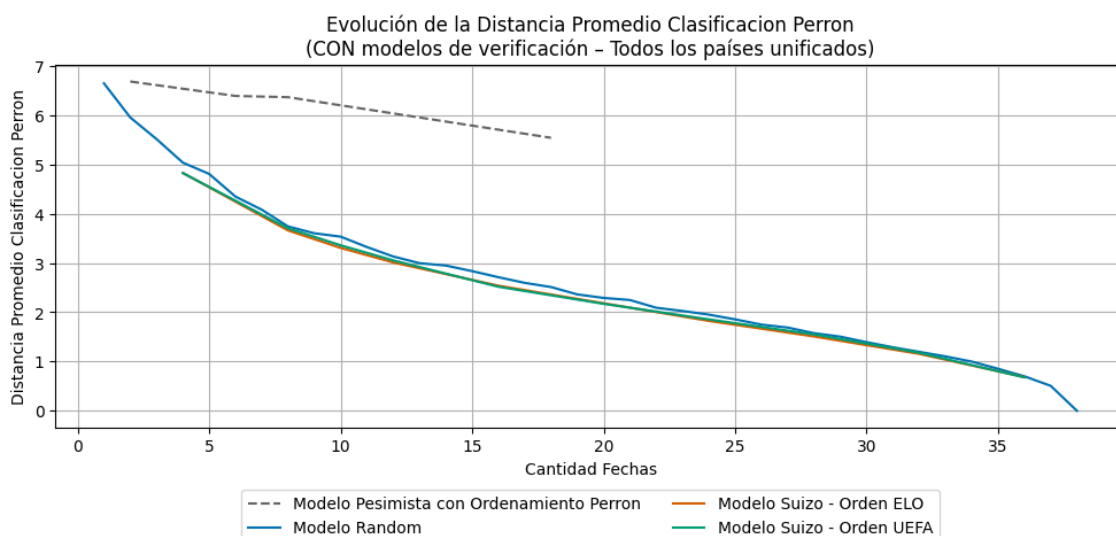


Figura 33: Distancia promedio de los equipos con respecto a la tabla ideal 2RR, con modelos Random, pesimista y suizo, en sus dos variables, bajo clasificación Perron-Frobenius para ambos países.

Como podemos observar, tanto bajo el sistema de puntuación tradicional como con el ranking Perron-Frobenius, los gráficos muestran que el [modelo "pesimista"](#) genera distancias promedio notablemente más altas que cualquiera de los otros sistemas evaluados (modelo suizo, partidos aleatorios, emparejamientos por ranking, etc.).

La distancia a la tabla ideal se mantiene persistentemente elevada a lo largo de todas las fechas, lo cual indica que el sesgo introducido por la estructura del fixture no se diluye con el avance de la competencia. En contraposición, los modelos evaluados anteriormente (suizo, aleatorio, tradicional) convergen progresivamente hacia la jerarquía ideal a medida que aumenta la cantidad de partidos jugados.

El mismo análisis fue realizado con los datos simulados, es decir, dentro de un ambiente controlado.

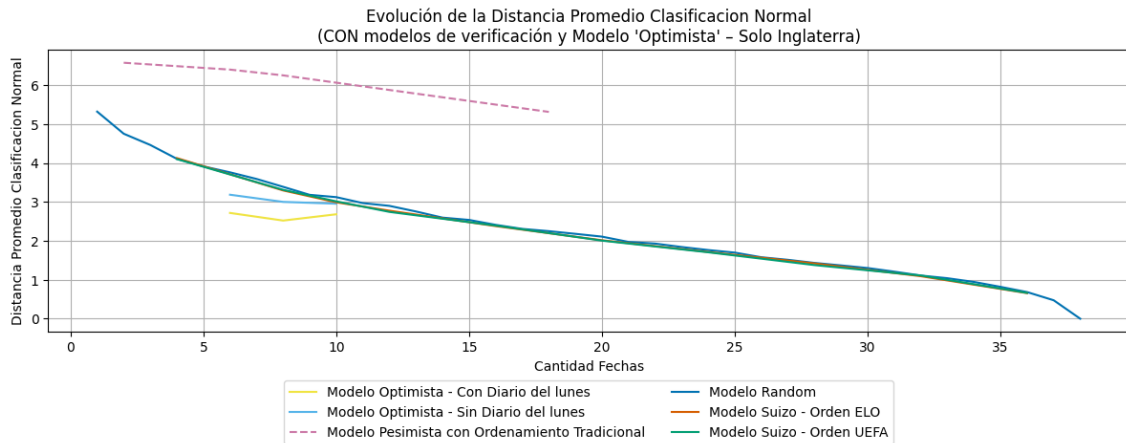


Figura 34: Distancia promedio de los equipos con respecto a la tabla ideal 2RR, con modelos Random, pesimista y suizo, en sus dos variables, bajo clasificación tradicional para ambos países y con partidos simulados

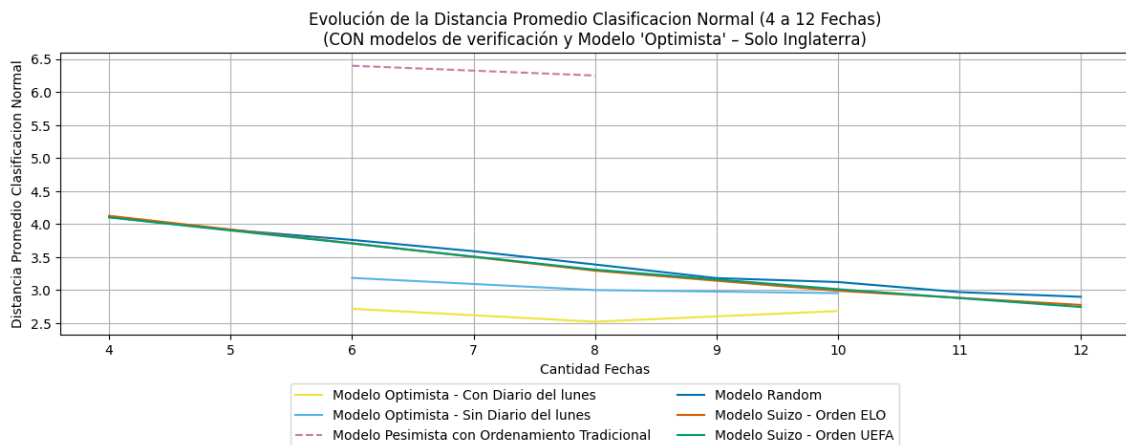


Figura 35: Distancia promedio de los equipos con respecto a la tabla ideal 2RR, con modelos Random, pesimista y suizo, en sus dos variables, bajo clasificación Perron-Frobenius para ambos países y con partidos simulados

Dentro de este universo, los resultados son similares a los observados dentro de los datos históricos. Se repite este comportamiento, y por lo tanto se puede establecer la siguiente conclusión.

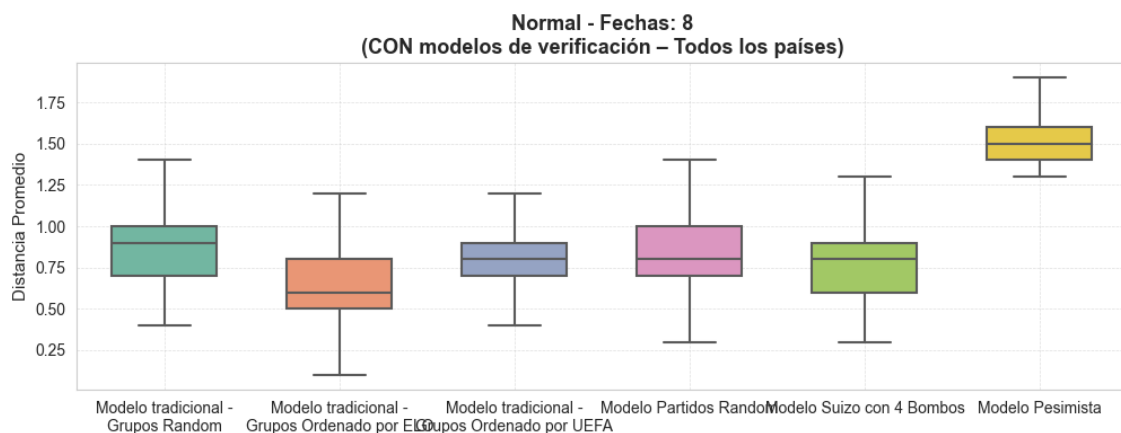


Figura 36: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random, modelo suizo y modelo pesimista para todas las ligas según clasificación Normal.

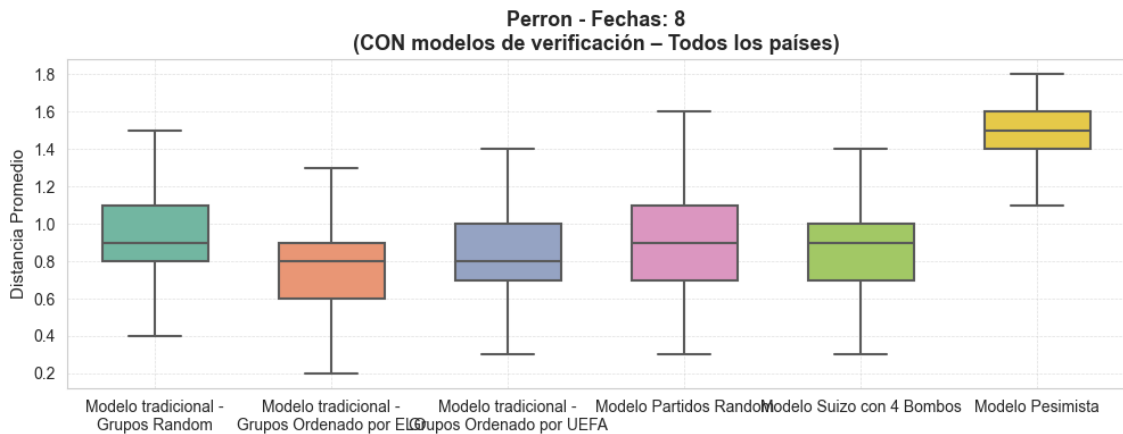


Figura 37: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random, modelo suizo y modelo pesimista para todas las ligas según clasificación Perron-Frobenius.

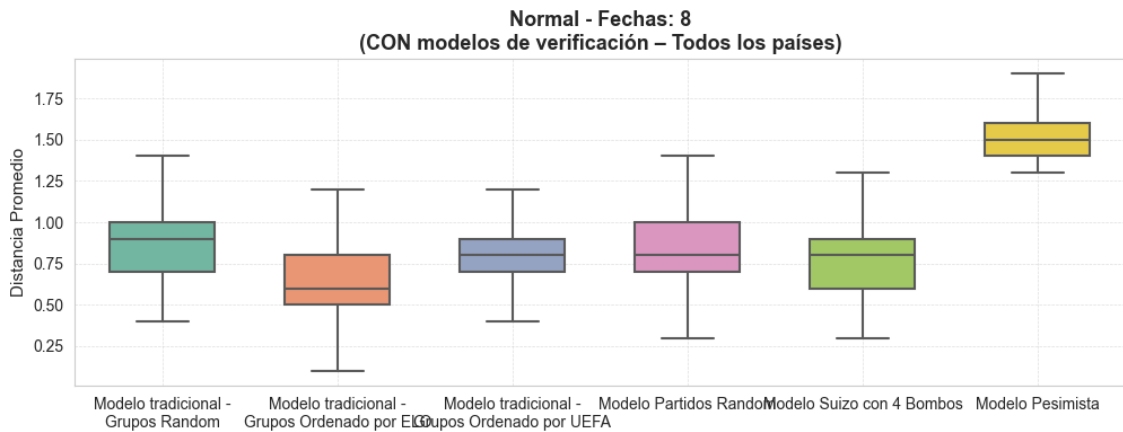


Figura 38: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random, modelo suizo y modelo pesimista para todas las ligas según clasificación Normal, con partidos simulados

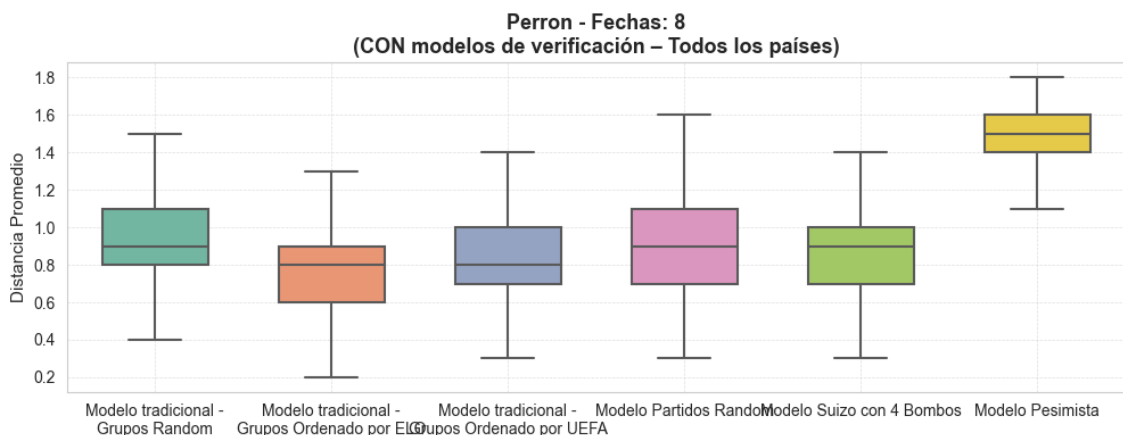


Figura 39: Diferencia promedio en la clasificación de los equipos según los modelos tradicionales, modelo random, modelo suizo y modelo pesimista para todas las ligas según clasificación Perron-Frobenius, con partidos simulados.

En las figuras 36 y 37, se puede observar claramente como el modelo pesimista tiene una performances muy inferior en comparación a los otros modelos en el universo de 8 fechas. Mismo efecto se da con los partidos simulados, en las figuras 38 y 39. Estos resultados,

comparten el razonamiento anteriormente expuesto. El modelo pesimista tiene una eficiencia de ordenamiento muy inferior al resto de los modelos.

Si bien el modelo pesimista es un caso extremo y poco realista, demuestra que la forma en la que se asignan los partidos puede tener un impacto significativo sobre el ordenamiento final. El resultado refuerza la idea de que no todos los sistemas son igualmente válidos, y que es posible diseñar fixtures que perjudiquen gravemente la representatividad del torneo.

b. Optimización del sistema de emparejamientos, Análisis del modelo "optimista"

El análisis fue aplicado exclusivamente a la Premier League, para las temporadas que van desde 1995/1996 hasta 2023/2024, y para la construcción del fixture se utilizaron los datos históricos. A su vez, y siguiendo lineamientos similares a los expresados en la sección de [Modelo "Optimista"](#).

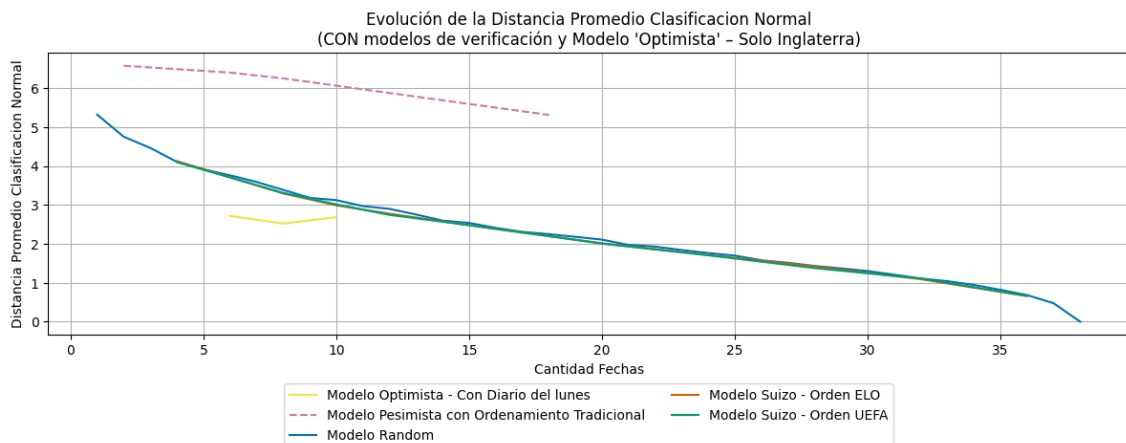


Figura 40: Distancia promedio de los equipos con respecto a la tabla ideal 2RR, con modelos Random, pesimista, optimista y suizo, en sus dos variables, bajo clasificación tradicional para Premier League.

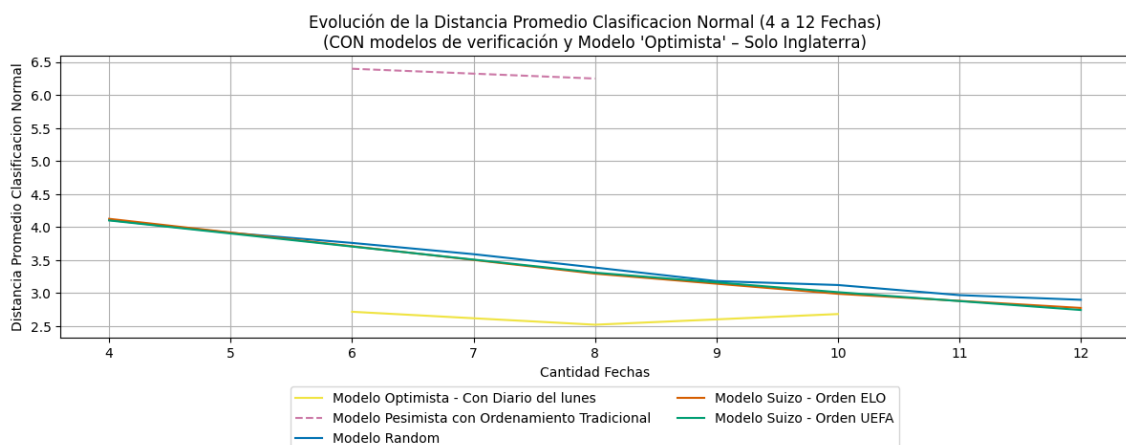


Figura 41: Distancia promedio de los equipos con respecto a la tabla ideal 2RR, con modelos Random, pesimista, optimista y suizo, en sus dos variables, bajo clasificación tradicional para Premier League. Únicamente se muestra el universo de 4 a 12 fechas.

Tal y como se observa en los figuras 35 y 36, el modelo optimista logra distancias promedio inferiores para un conjunto acotado de fechas (6, 8 y 10), lo que sugiere que es efectivamente

posible construir fixtures que, en promedio, reflejen de manera más precisa la jerarquía real de los equipos.

Este análisis sugiere que, si bien la mayoría de los modelos estándar (suizo, tradicional, aleatorio) convergen lentamente hacia el orden ideal, la calidad de los partidos asignados importa significativamente, especialmente en contextos con pocas fechas. El modelo optimista, siendo un experimento teórico con información perfecta, confirma que existen subconjuntos de emparejamientos con mayor poder explicativo, lo cual abre la puerta a investigaciones futuras sobre fixtures optimizados con información parcial o probabilística.

A su vez, y considerando las características de los partidos presentes en los subconjuntos optimizados de partidos, es importante recalcar que se observa una tendencia recurrente a incluir enfrentamientos entre equipos fuertes y débiles. Esto sugiere que una estrategia eficaz para garantizar que los equipos de mayor rendimiento terminen en posiciones altas es asignarles rivales de bajo rendimiento.

Si bien esta lógica aumenta la eficiencia del sistema en términos de ordenamiento de los equipos por fuerza, entra en tensión con los principios de equidad deportiva, donde se espera que los equipos enfrenten a oponentes de dificultad comparable. Tal como advierten Devriesere et al. (2025), la equidad en el diseño de torneos es un valor central que no siempre es compatible con los objetivos de maximizar la información jerárquica o la precisión clasificatoria. Por lo tanto, se plantea una tensión inherente entre eficiencia y equidad, cuya resolución dependerá de las prioridades del organismo organizador y del propósito del torneo.

Capítulo 7: Conclusiones

Como conclusiones generales, presentadas en esta tesis final, podemos enumerar las siguientes.

1. *La liga española muestra una distancia mayor en comparación con la liga inglesa*

Este efecto se nota sobre todo en los K pequeños, siendo que a media que el mismo crece, la distancia de ambos países convergen a valores similares, manteniendo ambos una curva de comportamiento similar.

2. *El sistema suizo no presenta ventajas evidentes frente a una asignación aleatoria de partidos.*

A lo largo de los distintos análisis, tanto con datos históricos como simulados, el sistema suizo implementado por la UEFA no logró superar, de forma sistemática, la performance de un fixture aleatorio, ni en fidelidad al ranking ideal ni en agrupamiento por niveles.

3. *El fixture tradicional de grupos tampoco muestra una mejora clara respecto a un fixture generado aleatoriamente.*

En configuraciones clásicas de grupos (de 4 o 5 equipos), los resultados muestran que la agrupación no mejora significativamente la calidad de la clasificación final, especialmente si los grupos son asignados de forma aleatoria.

4. *El formato suizo y el formato tradicional de grupos muestran comportamientos similares entre sí a la hora de ordenar a los equipos*

Los estudios realizados, tanto con datos históricos como con partidos simulados, muestran que ambos sistemas de selección de subconjuntos generan rankings con niveles de error similares respecto al conjunto completo del sistema 2RR. En consecuencia, el nuevo sistema implementado por la UEFA, no aporta una mejora significativa frente al diseño tradicional de grupos. Esta evidencia refuerza los resultados de Gyimesi (2024), quien tampoco encontró diferencias significativas en la recurrencia de los clubes que avanzan de ronda bajo ambos formatos.

5. *Existe evidencia empírica de que pueden construirse modelos de asignación que distorsionen intencionalmente el orden final.*

El modelo “pesimista”, que utiliza información perfecta para generar fixtures adversos, demuestra que es posible diseñar torneos con alta distorsión respecto a la jerarquía real. Esto valida la sensibilidad del sistema al diseño del fixture.

6. *También es posible construir modelos de asignación “optimistas” que reduzcan la distancia al ordenamiento 2RR.*

Utilizando técnicas de búsqueda guiadas por Simulated Annealing e información perfecta, se logra reducir de forma consistente la distancia respecto a la tabla ideal. Esto sugiere que ciertos emparejamientos poseen mayor poder explicativo sobre la jerarquía verdadera.

7. *La principal ventaja del cambio de formato se presenta por el aumento de la cantidad de partidos*

En base a las enumeraciones anteriores, es claro indicar que el cambio de formato propuesto por la UEFA es más eficiente y preciso a la hora de seleccionar los equipos, pero esto no es debido al cambio de asignación de partidos, si no al aumento de los mismos. Como tenemos ahora 8 partidos en vez de 6, la distancia promedio de la clasificación de los equipos en comparación con un modelo 2RR es menor.

Uno de los aspectos que se debería tomar en cuenta para el análisis de estas conclusiones es que el universo de equipos es mayor en la competencia europea internacional que en las ligas locales, pero tal y como vimos en el análisis exploratorio, las diferencias promedio de los equipos son similares, o por lo menos están en un rango similar, entre los distintos conjuntos de datos.

También mencionar que el universo de partidos, dado que tenemos más equipos en la Champions League que en las ligas locales, es mayor, siendo que un modelo 2RR en la Champions League tiene 70 partidos en vez de 38. Futuras investigaciones utilizando simulaciones, que mostraron resultados similares a los partidos reales, nos permitirían observar si hay diferencias evidentes o no por el aumento de partidos en el universo total.

En definitiva, la conclusión general es que ni el modelo suizo ni el formato tradicional de grupos superan sistemáticamente a un modelo generado aleatoriamente. Más aún, se demostró que, bajo ciertos criterios de diseño, es posible generar fixtures que optimicen la fidelidad jerárquica, aunque a costa de sacrificar potencialmente la equidad deportiva. Esta tensión entre eficiencia y justicia competitiva abre un debate profundo sobre el verdadero objetivo de un torneo: ¿ordenar con precisión a los mejores, o garantizar igualdad de condiciones para todos?.

El nuevo formato, tal y como se propone, mejora al formato tradicional, pero no por cómo se seleccionan los partidos del universo total de los mismos, si no porque se seleccionan más partidos. Aumentar la cantidad de partidos permitirá reducir la distancia promedio que tendrá cada equipo con respecto a su posición en un formato de torneo 2RR, por lo que bajo este punto de vista el nuevo formato de competición es beneficioso para la misma.

Como línea futura, queda abierta la posibilidad de investigar esta tensión entre equidad y eficiencia, y buscando el diseño de algoritmos que nos permitan encontrar asignaciones de partidos que permitan equilibrar esta tensión. Ya existen antecedentes relevantes en la literatura reciente que exploran esta problemática desde una perspectiva operativa. Por ejemplo, Dong et al. (2023) proponen un modelo de programación dinámica para torneos de esports, en el que se combinan rankings parciales actualizados ronda a ronda con técnicas de optimización para maximizar simultáneamente la equidad competitiva y el valor para los espectadores.

Referencias

- Brams, S. J., & Ismail, M. S. (2024). Multi-tier tournaments: Matching and scoring players. Retrieved from <https://arxiv.org/abs/2407.13845>
- Csató, L. (2020). The UEFA Champions League seeding is not strategy-proof since the 2015/16 season. *Journal of Sports Economics*, <https://doi.org/10.1177/1527002520927459>
- Csató, L. (2022a). Quantifying incentive (in)compatibility: A case study from sports. *European Journal of Operational Research*, 302(2), 717–726. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.01.042>
- Csató, L. (2023a). How to avoid uncompetitive games? The importance of tie-breaking rules. *European Journal of Operational Research*, 307(3), 1260–1269. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2022.11.015>
- Csató, L. (2023b). Quantifying the unfairness of the 2018 FIFA World Cup qualification. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 18(1), 183–196. <https://doi.org/10.1177/174795412111073455>
- Devriesere, K., Csató, L., & Goossens, D. (2025). Tournament design: A review from an operational research perspective. *European Journal of Operational Research*, 324(1), 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2024.10.044>
- Dong, Z.-L., Ribeiro, C. C., Xu, F., Zamora, A., Ma, Y., & Jing, K. (2023). Dynamic scheduling of e-sports tournaments. *Computers & Industrial Engineering*, 179, 109368. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.109368>
- Elo, A. E. (1978). *The Rating of Chessplayers, Past and Present*. Arco Publishing.
- Goossens, D. R., Beliën, J., & Spieksma, F. C. R. (2012). Comparing league formats with respect to match importance in Belgian football. *Annals of Operations Research*, 194(1), 223–240. <https://doi.org/10.1007/s10479-010-0764-4>
- Gyimesi, A. (2024). Competitive balance in the post-2024 Champions League and the European Super League: A simulation study. *Journal of Sports Economics*, 25(5), 707–734. <https://doi.org/10.1177/15270025241249362>
- Hassanzadeh, A., Hosseini, M., & Turner, J. G. (2024). How to conclude a suspended sports league? *Manufacturing & Service Operations Management*, 26(5), 1692–1711. <https://doi.org/10.1287/msom.2022.0558>
- Keener, J. P. (1993). The Perron-Frobenius theorem and the ranking of football teams. *SIAM Review*, 35(1), 80–93. <https://doi.org/10.1137/1035004>
- Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D., Jr., & Vecchi, M. P. (1983). Optimization by simulated annealing. *Science*, 220(4598), 671–680. <https://doi.org/10.1126/science.220.4598.671>
- Sziklai, B., Csató, L., & Biró, P. (2022). Fairer group draw for sports tournaments with restrictions. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 19(1), 1–14. <https://doi.org/10.1515/jqas-2021-0112>
- UEFA. (2021, abril 19). *New format for Champions League post-2024: Everything you need to know*. UEFA.com. <https://www.uefa.com/uefachampionsleague/news/0268-12157d69ce2d-9f011c70f6fa-1000--new-format-for-champions-league-post-2024-everything-you-ne/>

