



Universidad de Valladolid

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Trabajo Fin de Grado

Grado en Administración y Dirección de Empresas

Economía del Deporte: rankings y ratings

Presentado por:

Gonzalo Esgueva Mariño

Tutelado por:

Miguel Martínez Panero

Valladolid, 21 de julio de 2022

Resumen

Este Trabajo de Fin de Grado analiza, desde la perspectiva de la Economía del Deporte, los sistemas de clasificación utilizados en el ámbito deportivo, enfocándose en los conceptos de ranking y rating. El estudio aborda sus diferencias metodológicas, características y funciones económicas, así como su interrelación. Se presta especial atención al sistema de rating ELO en ajedrez, utilizado por la FIDE, y al ranking del medallero olímpico, explorando distintos modelos de ordenación (lexicográfico, ponderado, per cápita, ajustado al PIB y por eficiencia deportiva). Se realiza una comparación empírica de estos modelos usando datos reales de los Juegos Olímpicos de París 2024, aplicando análisis estadísticos como el coeficiente de correlación de Spearman para evaluar similitudes y divergencias entre ellos. El trabajo subraya la importancia de utilizar criterios objetivos y transparentes para una clasificación justa y eficiente, ya que las diferencias metodológicas pueden alterar significativamente los resultados y percepciones del éxito deportivo.

Abstract

This Final Degree Project analyzes, from the perspective of Sports Economics, the classification systems used in sports, focusing on the concepts of ranking and rating. The study addresses their methodological differences, characteristics and economic functions, as well as their interrelationship. Special attention is paid to the ELO rating system in chess, used by FIDE, and the Olympic medal ranking, exploring different ranking models (lexicographic, weighted, per capita, GDP-adjusted, and by sporting efficiency). An empirical comparison of these models is made using real data from the Paris 2024 Olympic Games, applying statistical analyses such as Spearman's correlation coefficient to assess similarities and divergences between them. The project emphasizes the importance of using objective and transparent criteria for fair and efficient classification, since methodological differences can significantly alter results and perceptions of sporting success.

Palabras clave

Economía del Deporte, Ranking, Rating ELO, Medallero Olímpico

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ECONOMÍA DEL DEPORTE	2
2.1. Orígenes y desarrollo de la disciplina.....	3
2.2. La Sociedad Económica Española del Deporte (SEED)	5
3. RANKINGS Y RATINGS	5
3.1. Ratings	6
3.1.1. Definición.....	6
3.1.2. Características	6
3.2. Rankings	7
3.2.1. Definición.....	8
3.2.2. Estatismo y dinamismo	8
3.3. La relación entre ranking y ratings	9
3.3.1. Diferencias.....	9
3.3.2. Similitudes	10
3.3.3. La interdependencia de los rankings respecto de los ratings.....	10
3.4. Elementos de los ratings	12
3.4.1. Criterios de evaluación en un rating.....	12
3.4.2. Base de datos	13
3.4.3. Sistema de ponderación	13
3.4.4. Sistema de puntuación	14
3.4.5. Actualización regular.....	14
3.4.6. Aplicación práctica	14
4. RATING DE AJEDREZ ELO	15
4.1. Introducción	15
4.2. Funcionamiento	16
4.3. La actualización de los ratings de cada jugador y la distribución normal.	17
4.3.1. Fórmula y parámetros.....	17
4.3.2. Variables y distribuciones.....	18
4.3.3. Aplicación práctica	21
4.4. Rangos, niveles o categorías.....	22
4.5. Federación Internacional de Ajedrez (FIDE).....	22
5. EL RANKING DEL MEDALLERO OLÍMPICO	23
5.1. Introducción	23
5.2. Fundamentos matemáticos y estadísticos.....	24
5.2.1. Modelo de ordenación inicial	24
5.2.2. Modelo de ordenación lexicográfico	25

5.2.3.	<i>Modelo de ordenación ponderado</i>	26
5.3.	Limitaciones del ranking lexicográfico	28
5.4.	Diferentes propuestas de rankings alternativos	29
5.4.1.	<i>Ranking ponderado por población (Ranking per cápita)</i>	29
5.4.2.	<i>Ranking por medallas ajustadas al PIB (Producto Interior Bruto)</i>	32
5.4.3.	<i>Ranking por eficiencia deportiva</i>	33
5.5.	Análisis de correlación entre modelos	36
5.5.1.	<i>Lexicográfico vs total de medallas</i>	37
5.5.2.	<i>Lexicográfico vs per cápita</i>	37
5.5.3.	<i>Lexicográfico vs ajustado al PIB</i>	38
5.5.4.	<i>Lexicográfico vs eficiencia deportiva</i>	39
5.5.5.	<i>Relación entre los rankings y el ranking según el PIB</i>	40
5.5.6.	<i>Relación entre los rankings y la población</i>	42
6.	CONCLUSIONES	44
7.	BIBLIOGRAFÍA	47
7.1.	Fuentes tradicionales (libros, revistas, artículos, etc.)	47
7.2.	Referencias Web (documentos online)	49
7.3.	Bases de Datos	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Niveles, categorías o título en función del rating ELO en el ajedrez.....	22
Tabla 2.	Ranking del Medallero Olímpico en función del total de medallas	25
Tabla 3.	Ranking del Medallero Olímpico en función del modelo lexicográfico	26
Tabla 4.	Ranking en función de la ponderación	28
Tabla 5.	Ratings y ranking de medallas per cápita del Medallero Olímpico.....	31
Tabla 6.	Ratings y ranking del Medallero Olímpico ajustado por el PIB.....	32
Tabla 7.	Ratings de los países en función de la eficiencia deportiva.....	35
Tabla 8.	Comparativa del ranking lexicográfico del Medallero Olímpico con los rankings ajustados por la eficiencia deportiva	36
Tabla 9.	Comparación de los puestos de los países en el ranking lexicográfico y el ranking en función del total de medallas	37
Tabla 10.	Comparación de los puestos de los países en el ranking lexicográfico y en el ranking per cápita.....	38
Tabla 11.	Comparación de los puestos de los países en el ranking lexicográfico y en el ranking ajustado al PIB.....	38

Tabla 12. Comparación de los puestos de los países en el ranking lexicográfico y en el ranking según la eficiencia por atleta y la eficiencia por disciplina.....	39
Tabla 13. Ranking en función del PIB de los países.....	40
Tabla 14. Relación ranking lexicográfico y ranking según el PIB	40
Tabla 15. Ranking en función de la población de los países	42
Tabla 16. Relación ranking lexicográfico y ranking según población	42

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Diagrama de dispersión de la relación entre el ranking lexicográfico y el ranking según el PIB	41
Gráfico 2. Diagrama de dispersión de la relación entre el ranking lexicográfico y el ranking según el PIB	43

1. INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el deporte ha dejado de ser exclusivamente una manifestación cultural y recreativa para convertirse en un fenómeno de alta relevancia económica, política y social. Estas condiciones han hecho del deporte una palanca generadora de industria y riqueza no solo a nivel nacional, sino internacional, aportando en España el 3,3% del PIB y generando 414.000 puestos de trabajo (FUNCAS, 2025). Al mismo tiempo la partida presupuestaria del Consejo Superior de deporte en 2023 y 2024 (prorrogado) alcanza unas cifras de récord, habiéndose incrementado un 19,5% en comparación con el ejercicio anterior: un total de 375 millones de euros.

La creciente profesionalización, comercialización y mediatización de las actividades deportivas ha generado la necesidad de abordarlas desde una perspectiva analítica que permita comprender su lógica económica, siendo este contexto el idóneo para que surja la Economía del Deporte, entendiendo esta a grandes rasgos como una disciplina académica que aplica los principios y herramientas de la teoría económica al estudio del funcionamiento de los mercados deportivos, tanto profesionales como amateurs.

Esta disciplina ha constituido desde su aparición un campo de estudio en constante crecimiento, el cual busca comprender, entre otras cosas, los mecanismos de evaluación del rendimiento y la distribución de recursos en el ámbito deportivo. Por tanto, el desarrollo riguroso de este campo de investigación exige la utilización de herramientas científicamente demostradas y validadas, las cuales se inscriben, en términos generales, dentro del ámbito de las Matemáticas Aplicadas a la Economía. No obstante, otras disciplinas como la Econometría y la Estadística, como después se verá, ocupan un lugar central al proporcionar los métodos necesarios para el análisis cuantitativo y la verificación empírica de hipótesis económicas. Es en este contexto, dónde los ratings y los rankings se han consolidado como herramientas fundamentales para organizar la competición, asignar incentivos, facilitar decisiones estratégicas y generar valor mediático y comercial. Sin embargo, aunque su uso es generalizado, las bases metodológicas y consecuencias económicas de estos sistemas suelen ser poco analizadas en profundidad.

El objetivo general del trabajo es analizar, desde el enfoque de la Economía del Deporte, los sistemas de clasificación deportiva con una perspectiva económico-deportiva, prestando especial atención al rating ELO y al ranking olímpico.

Este trabajo se divide en dos grandes bloques, combinando una metodología descriptiva, analítica y comparativa. En el primer bloque trataremos la parte teórica dónde se llevará a cabo una revisión bibliográfica de literatura académica, analizando fuentes como libros, artículos científicos, informes de organismos, bases de datos deportivas y recursos digitales específicos. Este primer bloque estará compuesto de la sección 2, que realizará una introducción a la disciplina de la Economía del Deporte, y de la sección 3, cuyo contenido consistirá en una aproximación a los conceptos, elementos y relaciones de los ratings y rankings. El segundo bloque abarca la parte empírica, que consistirá en el uso de análisis estadísticos básicos como correlaciones de Spearman y tablas a partir de datos históricos, así como en la elaboración de ejemplos ilustrativos que permitan su entendimiento. Englobará la sección 4, en la cuál se realizará un estudio de la aplicación de la noción del rating al sistema ELO, y la sección 5, que constituye un análisis de la implementación del ranking en los Juegos Olímpicos. Aparte y por último, se finalizará con la sección 6, relativa a las conclusiones extraídas del trabajo, y con la sección 7, dónde se indican las referencias bibliográficas.

2. ECONOMÍA DEL DEPORTE

En primer lugar, el deporte, como actividad social que es, requiere en la mayoría de sus casos una serie de gastos necesarios para su práctica, así como correlativamente produce una gran cantidad de ingresos. Es por ello por lo que es recomendable, o cuanto menos interesante, analizarlo desde un punto de vista económico, que es a grandes rasgos lo que trata de realizar la Economía del Deporte.

Antes de centrarnos en la economía dentro del deporte, es necesario precisar qué entendemos exactamente por deporte, para lo que nos remitimos a la definición que da el Consejo de Europa en 1992: *El deporte es cualquier forma de actividad física que, a través de la participación casual u organizada, pretenda expresar o mejorar la forma física y el bienestar mental, estableciendo relaciones sociales u obteniendo resultados en competición a todos los niveles.*

Por el contrario, no existe una definición universal sobre qué debe entenderse por Economía del Deporte. No obstante, una definición acertada es la que propone el economista Stefan Szymanski, uno de los principales en este campo: *La economía del deporte se ocupa del estudio de la asignación de recursos escasos en el contexto de las actividades deportivas, utilizando herramientas analíticas propias de la Teoría Económica para explicar el comportamiento de los agentes y el funcionamiento de las instituciones deportivas* (Szymanski, 2003). Así pues, puede decirse que se trata a grandes rasgos de la aplicación de las herramientas de análisis propias de la Economía en el deporte teniendo en cuenta las características distintivas de la singularidad del mercado de competiciones profesionales, dando lugar a este campo de investigación específico.

Las interrelaciones entre la Economía y el deporte, o con mayor precisión, entre el análisis económico y el sistema deportivo, presentan una amplia variedad de dimensiones y posibilidades de interacción. La Economía del Deporte se nutre, en gran medida, de los aportes teóricos y metodológicos provenientes del análisis económico, los cuales constituyen su principal marco de referencia.

2.1. Orígenes y desarrollo de la disciplina

La Economía del Deporte como disciplina se considera que comenzó con el análisis de Rottenberg en 1956 sobre el mercado de trabajo de los jugadores de beisbol (García, 2019), por lo que se ha desarrollado en un tiempo relativamente corto. No obstante, hay quienes consideran que hasta finales de los 80 no es cuando su interés académico acaba de despegar.

En nuestro país, dicha disciplina se encuentra todavía en una etapa emergente y su desarrollo se concentra en un número relativamente limitado de investigadores e instituciones. No obstante, en los últimos años ha experimentado un avance significativo, tanto en términos cuantitativos como cualitativos, habiendo crecido a un ritmo exponencial los artículos relacionados con la Economía del Deporte en revistas académicas de prestigio. De manera paralela, se ha observado un notable incremento en la oferta académica de grados especializados y de los congresos académicos en este ámbito y se ha producido una considerable publicación de manuales.

Así mismo, esta tendencia ha provocado que se hayan creado y publicado diferentes revistas sobre la ciencia de la Economía del Deporte en diferentes países, por lo que todas ellas son revistas internacionales de carácter científico, especializadas a grandes rasgos en el análisis económico aplicado al ámbito deportivo, teniendo en cuenta, no obstante, las particularidades de cada una de ellas. Estas son algunas de las más importantes:

- Journal of Sports Economics;
- International Journal of Sport Finance;
- European Sport Management Quarterly;
- Journal of Sport Management;
- Sports Management Review;
- Papeles de Economía (Deporte y Economía)

A la hora de analizar la Economía del Deporte se pueden distinguir dos grandes líneas de trabajo, las cuales no son excluyentes sino complementarias: el punto de vista microeconómico y el macroeconómico. Dichas formas de aproximar la Economía al deporte consisten simplemente en aplicar sus características generales al ámbito deportivo, centrándose en el punto de vista del individuo, sus decisiones y comportamientos, y en la sociedad (como una agregación de individuos) respectivamente.

Además, uno de los campos importantes dentro de esta disciplina es el estudio de los mecanismos de clasificación y evaluación del rendimiento, ya que estos sistemas no solo organizan la competición, sino que condicionan los flujos económicos derivados del deporte. Los rankings y ratings, en este sentido, no son simples herramientas estadísticas, sino que actúan como mecanismo de señalización del valor deportivo, determinan el acceso a incentivos económicos (premios, patrocinios, derechos) y repercuten directamente sobre las decisiones estratégicas de clubes, federaciones o gobiernos. El diseño del sistema de clasificación influye en las decisiones y en las percepciones de valor, tanto a nivel competitivo como económico. Este tipo de análisis no solo es relevante para los organismos deportivos internacionales, sino también para los gobiernos que diseñan políticas deportivas, los patrocinadores que deciden invertir en ciertos países o atletas, o incluso los medios de comunicación que moldean la percepción pública del éxito deportivo. Comprender las implicaciones económicas de los

rankings y ratings en el deporte ayuda a tomar decisiones más informadas y justas y estratégicas.

2.2. La Sociedad Económica Española del Deporte (SEED)

Se trata de una asociación científica sin ánimo de lucro fundada en junio de 2017, fruto de la iniciativa de participantes del Congreso Iberoamericano de Economía del Deporte (CIED), el cual se celebra anual e ininterrumpidamente desde 2010, y que consiste en un encuentro anual donde se reúnen investigadores, académicos y profesionales interesados en la economía y gestión del deporte. De esta forma, dicho congreso no solo supuso la semilla de este gran proyecto, sino que constituye una de sus principales actividades, experimentando desde su comienzo un crecimiento notable, tanto desde el punto de vista cuantitativo de sus participantes, como desde el punto de vista de la calidad y especialización de estos.

Como prevén los propios estatutos de la asociación, esta tiene como objetivo, entre otros, fomentar la actividad investigadora desde la perspectiva del análisis económico y la gestión de las entidades y empresas deportivas. Para ello su página web¹ constituye un punto de interés en el que se hace acopio de publicaciones y artículos de diversos autores relacionados con la disciplina, así como ha desarrollado el libro *Economía del Deporte y Gestión basada en la Evidencia. La visión de los Expertos*, el cual recopila más de 60 contribuciones de expertos y profesores universitarios, ofreciendo una visión global del sector deportivo desde una perspectiva económica y de gestión. Además, colabora activamente con diversas entidades para acercar la investigación académica al mundo empresarial.

3. RANKINGS Y RATINGS

El deporte, tanto de alto nivel como amateur, necesita mecanismos que permitan ordenar, clasificar y comparar el rendimiento de atletas, equipos o países, pues la competitividad y la rivalidad son algo intrínseco a él, estando siempre presente la aspiración de ser mejor deportista que el resto. Estas clasificaciones, como se ha mencionado previamente, no solo facilitan la estructura de las competiciones, sino que

¹ <https://www.seed-deporte.es/>

también cumplen una función económica y simbólica. Es en este contexto donde las herramientas de los rankings y ratings se han consolidado como dos pilares esenciales de medición en el deporte moderno.

3.1. Ratings

Hasta hace relativamente poco los ratings en la Economía del Deporte eran algo más exótico que verdadera información. La situación comenzó a cambiar drásticamente desde finales del siglo XX, cuando las posibilidades instrumentales de los ratings se mejoraron drásticamente debido a los progresos en las tecnologías de la información².

3.1.1. Definición

Un rating consiste en un indicador cuantitativo, generalmente expresado como un número, que estima la capacidad relativa, nivel de rendimiento o el desempeño esperado de un determinado elemento dentro de un sistema de evaluación determinado. Otras definiciones acertadas son la de Glickman, que mantenía que son una expresión numérica de la fuerza de juego, en la que una calificación más alta implica un juego más fuerte, o la de Krasilnikov, para quien los ratings muestran la valoración de los atletas según el nivel de los resultados deportivos que han demostrado (Karminsky y Polozov, 2016).

3.1.2. Características

Los ratings se construyen con metodologías consistentes y estandarizadas con la finalidad de asegurar que los resultados sean comparables. No obstante, las características de estos dependen mucho del contexto en el que se usen, sin perjuicio de que compartan una serie de propiedades comunes. Así, han de ser:

- Resumidos en una escala o símbolo. Los resultados de los ratings deben estar siempre comprendidos en una escala comprensible (del 0 al 10 por ejemplo), sin

² La popularidad de los ratings y rankings también creció debido a otros factores, tales como:

- Internacionalización de los flujos de inversión y deseo de los inversionistas de estar al tanto de las evaluaciones de expertos sobre los riesgos financieros para invertir en diversas ramas de la economía en todo el mundo.
- El deseo de ser el número uno en el deporte.
- El deseo de la comunidad de los deportes y de la sociedad en general de tener acceso a verdaderas evaluaciones independientes, como ha demostrado el creciente uso del big data.

que esta deba ser necesariamente numérica, sino que puede basarse, entre otros, en letras o en estrellas (como los hoteles). Esta escala o símbolo es la forma de comunicar de forma simplificada la información que esté siendo objeto de medición.

- Simples en su interpretación. El objetivo principal de un rating es que cualquier persona, sin necesidad de que sea especialista, pueda entender las implicaciones que conlleva el rating en concreto con un simple vistazo.
- Comparativos. El objetivo principal de cualquier rating es valorar o puntuar de acuerdo con un determinado sistema. No obstante, como todos los elementos que han sido objeto de medición por el rating lo han sido conforme a los mismos estándares o criterios, vamos a poder compararlos unos con otros y saber cuáles ostentan mejor valoración. Esta comparativa es posible gracias a la uniformidad que proporcionan los criterios estandarizados en los que se basan. Además, no solo permiten conocer quién está por delante de quién, sino al mismo tiempo cuánto mejor o peor se considera que es. Además, en ciertas ocasiones, después de medir los diferentes desempeños y con la finalidad de hacer más rápidas y sencillas las comparaciones, se determina lo que se conoce como un overall rating. Este no es más que un rating global que simplemente recoge la media de las puntuaciones obtenidas en los diferentes ratings. Esta forma de trabajar nos permite hacer una comparación global, desde un punto de vista general, sin perjuicio de observar cuales son los puntos fuertes o débiles en cada uno de los diferentes casos.

En conclusión, los ratings no son más que una serie de metodologías de medición y comunicación estandarizadas que se usan en una gran variedad de ámbitos³, permitiéndonos comparar unos con otros influyendo así en la toma de decisiones.

3.2. Rankings

La necesidad de comparar a los participantes surgió desde los inicios de la competencia humana. En las primeras competiciones deportivas, especialmente aquellas entre pares

³ Uno de los ámbitos donde los ratings cobran mayor importancia es el de las finanzas e inversiones, pero también se usan en los servicios, en la salud, la educación, etc.

(uno contra uno), la clasificación era simple: el ganador estaba por encima del perdedor. Sin embargo, a medida que aumentó el número de competidores, fue necesario desarrollar sistemas de clasificación más complejos (Karminsky y Polozov, 2016).

3.2.1. Definición

Un ranking constituye una lista de un grupo de elementos los cuales están posicionados unos respecto a otros en un determinado orden, el cual se establece en función de uno o varios criterios. En otras palabras, no es más que una relación de elementos ordenados generalmente en orden descendente, es decir, de mayor a menor, apareciendo primero los mejores posicionados hasta concluir con los peores, por lo que su principal característica es su utilidad comparativa y versatilidad, dado que puede utilizarse en cualquier ámbito. Como consecuencia de esa utilidad comparativa, las clasificaciones facilitarán, en su caso, el emparejamiento de personas o contrincantes del mismo nivel

3.2.2. Estaticismo y dinamismo

Las clasificaciones en general se caracterizan de una cierta dosis de estaticidad y de dinamismo al mismo tiempo. Esto se debe a que cualquier consulta que se realice en un ranking en un determinado momento, está condicionada por los acontecimientos que hayan ocurrido hasta ese mismo momento. Así mismo, el dinamismo es algo intrínseco a los propios rankings, pues como ya se ha comentado lo que hace es realizar una lista ordenada de mayor a menor, una jerarquización, de los competidores. De esta forma, para que una clasificación o ranking se vea alterado o modificado es estrictamente necesario que se produzcan enfrentamientos entre dos o más competidores, en su caso, que formen parte de dicha lista. Así, en caso de que un participante se enfrentase a cualquier otro que no formase parte de dicho ranking, este último no se modificaría en ningún caso, sin perjuicio de que pueda servir para modificar el rating, la valoración o el status de cada uno de ellos de una forma no “oficial”.

Por lo que, dicho esto, si no se producen estos enfrentamientos, que condicionan y modifican las posiciones en la clasificación entre los competidores, esta se mantendrá inalterada, lo que justifica esas connotaciones de dinamismo y estaticidad.

Consecuentemente, el diseño de un sistema de ranking deportivo requiere encontrar un equilibrio entre estaticidad y dinamismo, de modo que se reconozca la trayectoria

histórica del atleta o equipo, pero sin dejar de reflejar el momento competitivo actual. Esta tensión entre estabilidad y adaptabilidad es uno de los elementos clave en la construcción de modelos de clasificación eficaces y justos.

3.3. La relación entre ranking y ratings

Una vez definidos y caracterizados cada uno de ellos y dada la confusión que se puede generar entre ambos conceptos dadas sus similitudes, es necesario tener presente que se trata de dos nociones diferentes, por lo que para un mayor análisis en profundidad se van a tratar tanto sus semejanzas como sus diferencias. Cotidianamente ambos términos se usan de forma indistinta, pero desde una perspectiva técnica y académica poseen significados, estructura y objetivos diferentes.

3.3.1. Diferencias

Dentro de las diferencias existentes, estas son algunas de las más reseñables (RedKiwi, s. f.):

- Tienen una naturaleza diferente, pues mientras el ranking realiza una evaluación relativa a través de una jerarquización de los diferentes elementos o componentes, el rating supone la evaluación (generalmente numérica), de cada elemento o componente. En otras palabras, se trata de enfrentar la naturaleza ordinal en el caso del ranking a la naturaleza cuantitativa del rating.
- A pesar de la similitud entre ambos, su variación se produce de forma totalmente diferente. Mientras el rating cambia a través de del propio rendimiento de cada participante o jugador, el ranking únicamente varía cuando el rating de uno o varios partícipes empeora o mejora respecto al de otros.
- Ambos indicadores difieren también en la forma de su medición, lo que está directamente relacionado con su distinta naturaleza. La medición del ranking se lleva a cabo a través de números ordinales, es decir, números que indicación posición u orden (primero, segundo tercero...). Por el contrario, la medición del rating se realiza a través de números cardinales, es decir, números que expresan cantidades o magnitudes, cuyo rango puede variar de una situación a otra.

3.3.2. Similitudes

Estas nociones de ranking y rating, distintas respecto a su definición y función como se acaba de exponer, comparten varias similitudes que pueden resultar cruciales para su completo entendimiento (RedKiwi, s. f.):

- Ambos conceptos tratan de medir cuál es el rendimiento o el nivel competitivo de cada jugador o participante, es decir, ambos evalúan el desempeño dentro de una área determinada, en este caso el deporte.
- Se trata de conceptos dinámicos, es decir, su actualización se realiza en atención a los diferentes resultados que se van obteniendo.
- Permiten las comparaciones entre los participantes, aunque en distinta medida, el rating, en términos absolutos; mientras que el ranking, en términos relativos.
- Para que sean funcionales y válidos es necesario que dependan de criterios objetivos, reglas y modelos matemáticos que aseguren en cierta medida su coherencia y validez.

3.3.3. La interdependencia de los rankings respecto de los ratings

La interdependencia se hace explícita cuando se observa que el ranking se deriva directamente del rating, es decir, el ranking consiste en una mera ordenación de los ratings. Esto se realiza mediante una operación de ordenación decreciente (o, aunque en menos ocasiones, creciente) de los ratings obtenidos por los deportistas o equipos. Es decir, se asigna el puesto n.º 1 al participante con mayor rating, el puesto n.º 2 al segundo mayor, y así sucesivamente. Por tanto, el ranking es una función del rating:

$$\text{Ranking}(i) = \text{posición de } i \text{ según su Rating}(i)$$

Dado que los ratings pueden ser valores continuos o discretos, esta transformación puede producir o no un ranking sin empates.

En caso de que se produzcan estos empates, se pueden adoptar diferentes estrategias para deshacerlos. Todos los ejemplos siguientes se basan en el siguiente esquema

$\left[\begin{smallmatrix} \vdots \\ \vdots \end{smallmatrix} \right]$ (Ranking, s.f.):

- Standard ranking: los elementos de la clasificación que empaten recibirán la misma posición dejando un espacio después en los puestos del ranking. El número de puestos del ranking que se van a omitir será igual al número de elementos que empatan reducido en una unidad, es decir, si empatan dos elementos, habrá un solo espacio o, si por el contrario empatan tres elementos, habrá entonces dos espacios. Podría decirse que este sistema no incentiva la competición al otorgar a ambos elementos la posición más alta en la clasificación. Visualmente se resume así: 1224.
- Modified ranking: Este método funciona de la misma forma que el standard con la única diferencia de que el espacio en los puestos de la clasificación se produce antes en vez de después. Al otorgar a los elementos que empatan la posición inferior, al contrario del sistema standard, podría afirmarse que incentiva el espíritu competitivo, pues si uno de ellos quisiese optar por el 2º puesto deberán volver a enfrentarse para deshacer dicho empate. Visualmente se resume así: 1334.
- Dense ranking: Los elementos que empatan recibirán el mismo puesto, igual que en los otros dos modelos, con la diferencia de que los siguientes elementos no empatados recibirán el puesto inmediatamente siguiente sin producir espacios. Visualmente se resume así: 1223.
- Ordinal ranking: Todos los elementos recibirán, a pesar de que se produzca el empate, números ordinales diferentes. Por tanto, habrá de decidir que puesto asignar a cada uno de los elementos que han empatado, pudiendo realizarse tanto de forma aleatoria como arbitraria. Visualmente se resume así: 1º, 2º, 3º y 4º o 1234.
- Fractional ranking: Aquellos elementos entre los que se produzca el empate recibirán el mismo puesto en la clasificación, el cual no será más que la media de los puestos que obtendrían según la clasificación ordinal. Visualmente se resume así: 1 2,5 2,5 4.

Además, la relación entre ambos conceptos de rankings y ratings es asimétrica: todo ranking puede derivarse de un conjunto de ratings, pero no todo conjunto de rankings permite recuperar los ratings originales por la pérdida de información cuantitativa.

En definitiva, los ratings constituyen la base matemática sobre la que se construyen los rankings, que a su vez sirven como herramienta comunicativa, operativa y comparativa dentro del ámbito competitivo.

3.4. Elementos de los ratings

Dada la importancia, como se acaba de ver, de los ratings, se va a proceder a un estudio en mayor profundidad desde el punto de vista teórico. Todo rating deportivo (incluso no deportivo) puede desagregarse en los siguientes elementos:

- a) Criterios de evaluación
- b) Una base de datos
- c) Sistema de puntuación
- d) Asignación de ponderación (en caso de que coexistan múltiples criterios)
- e) Actualización regular
- f) Aplicación

3.4.1. Criterios de evaluación en un rating

Estos se conforman a través de la aplicación de una serie de elementos establecidos que pueden clasificarse en subjetivos y objetivos según estén condicionados por la perspectiva individual o sean independientes de la opinión o sentimiento del individuo en cuestión que evalúa. A grandes rasgos, los criterios o indicadores elegidos deberán ser cuanto menos:

- Relevantes: deben estar directamente relacionados con el objetivo
- Medibles: cuantificables o evaluables
- Comparables: aplicables a todos los elementos del ranking

Dada la importancia, sobre todo a nivel profesional, que conlleva el posicionamiento en el ranking, este debe desarrollarse de la manera más objetiva posible. No obstante, una objetividad absoluta es imposible, dado que la misma elección de los criterios que servirán para confeccionar el propio ranking no deja de ser hasta cierto punto algo discrecional y subjetivo. Es por esta razón por lo que dos rankings diferentes sobre un mismo aspecto pueden hacer aflorar listas o resultados completamente diferentes.

3.4.2. Base de datos

Una vez que se ha determinado el objeto o actividad a clasificar y se han elegido los diversos criterios en los que este se va a sustentar, es necesario recopilar todos aquellos datos que sean necesarios para su confección. Lógicamente, estos datos necesarios estarán estrictamente relacionados con los criterios que se hayan fijado, por lo que si, a modo de ejemplo, se quiere desarrollar el ranking de goleadores en el mundo del fútbol, será necesario recopilar los goles que hayan ido marcando los diferentes jugadores a lo largo de la competición. Esta tarea no tiene mayor complicación, más aún en la época que vivimos donde la inteligencia artificial y el big data se han impuesto como una de las principales herramientas no solo en el ámbito deportivo⁴, sino en todas las disciplinas.

3.4.3. Sistema de ponderación

Esta etapa a la hora de la confección de un ranking solamente será necesaria en aquellos casos en los que vayan a coexistir diferentes criterios, siendo esta no obstante la regla general. En estos supuestos será necesario decidir qué peso o porcentaje de la puntuación final se le otorga a cada uno de los criterios. De esta forma, a través de la ponderación de los criterios se abre la posibilidad de otorgar mayor valor a un criterio que a otro.

Un ejemplo futbolístico muy conocido que implementa este sistema de ponderación en su clasificación y que ha determinado en 2025 quién finalmente ha resultado ganador es el trofeo de la bota de oro (concedido cada año al máximo goleador de todas las ligas europeas). Para la realización de dicha clasificación se lleva a cabo un recuento de los goles marcados en las competiciones de liga de los países afiliados a la UEFA. No obstante, no todos los goles ponderan igual, pues a estos se les asigna valor conforme al coeficiente de dificultad de cada liga. De esta forma, y en beneficio de esta ponderación, ha resultado galardonado un jugador (K. Mbappé) que ha marcado menos goles en comparación con otros de otras ligas.

⁴ Para observar la implementación del big data en el ámbito futbolístico consúltese: <https://www.maximaformacion.es/blog-ciencia-datos/que-hace-un-data-scientist-del-futbol/>.

3.4.4. Sistema de puntuación

Esta característica del ranking no hace referencia al peso que cada criterio tiene, si no al baremo o rango con el que podemos medir cada uno de los criterios (conocida en términos matemática como homogeneidad de escala). De esta forma, un mismo criterio de valoración puede calificarse dentro de un baremo de puntuación del 1 al 5, o del 1 al 50, pudiendo incluso optar por números que no sean enteros.

3.4.5. Actualización regular

Para que un ranking sea funcional y práctico es necesario que, según se vayan produciendo los enfrentamientos o los diferentes hechos que dan lugar a los ratings, estos últimos se vayan actualizando. La interdependencia de la que se hablaba previamente obliga a que la actualización de los rankings dependa de la actualización de los ratings. La frecuencia con la que se realizan estas actualizaciones puede distar mucho de unos ratings a otros, no obstante, en la era de la información e inmediatez en la que nos encontramos, la mayor parte de los ratings, y por tanto de los rankings, se actualiza en vivo. Sin embargo, existen casos en los que la puesta al día de los rankings no se produce después de cada enfrentamiento, sino únicamente cuando la competición o torneo finaliza.

Ejemplo de ello es el ranking ELO de ajedrez que más adelante se tratará, cuya primera lista se publica en 1971, actualizándose con irregularidad hasta 1975, cuando comenzó a publicarse cada mes de enero hasta 1981. A partir de entonces el ranking pasó a revisarse semestralmente hasta el año 2000, fecha a partir de la cual dicha revisión se realizaría con una periodicidad trimestral. Por último, a partir del año 2012, el ranking se actualiza mensualmente de manera oficial (Sistema de puntuación Elo, 2025).

Así mismo, es necesario que cada cierto tiempo los criterios elegidos para la conformación de los ratings sean revisados con la finalidad de mejorarlos y adaptarlos las características de cada competición.

3.4.6. Aplicación práctica

Para visualizar una implementación de todas estas características y de su funcionamiento se desarrollará en la siguiente sección un análisis del rating ELO. No obstante, se debe tener presente que se trata de una aplicación específica de un rating y que, como se ha

mencionado previamente, dichas características y funcionamiento concreto pueden variar de un sistema a otro.

4. RATING DE AJEDREZ ELO

4.1. Introducción

Realizar una clasificación en función de un enfrentamiento de todos contra todos es completamente inviable en un deporte como el ajedrez, donde hay miles y miles de jugadores. Por esta razón es necesario introducir un modelo (el sistema de rating) que permita reflejar la clasificación de cada jugador en función únicamente de los enfrentamientos que se han producido de forma real, previendo el resultado del resto de los posibles enfrentamientos (Karminsky y Polozov, 2016). Dicho modelo puede configurarse según múltiples formas y modelos, pero la calidad de dicho sistema se medirá en función de la convergencia entre los resultados esperados y los reales. Por tanto, cuanto mayor semejanza o menor sea el margen de error mejor será el modelo. Es con esta finalidad con la que se ideó uno de los ratings más famosos del mundo, el rating ELO del ajedrez.

Este sistema ELO constituye el método empleado por la Federación Internacional de Ajedrez (FIDE) para clasificar a los jugadores en función de su nivel de juego y sus destrezas, y predecir con precisión los resultados de las partidas entre competidores. Este sistema fue desarrollado en los años 60 por el físico y estadístico húngaro Árpád Élő⁵, el cual posee una sólida base matemática, fundamentada principalmente en la teoría de la probabilidad. Inicialmente fue ideado para el ajedrez, aunque hoy se aplica en otros deportes como el tenis e incluso en contextos no deportivos como el emparejamiento en los videojuegos.

El ELO tiene como propósito asignar un valor numérico único a cada jugador que sirva como estimación de su fuerza relativa en el juego, es decir, de sus aptitudes. Aunque este concepto de “fuerza” no se define de forma estrictamente matemática, el sistema permite establecer comparaciones razonables entre distintos jugadores. En términos generales, se asume que a mayor puntuación ELO, mayor es el nivel de juego teórico del

⁵ Élő describió su trabajo con cierto detalle en el libro *The Rating of Chessplayers, Past and Present*, publicado en 1978.

jugador. No obstante, dicha relación no es absoluta, ya que en la práctica es perfectamente posible que un jugador con menor puntuación derrote a otro con un ELO superior.

4.2. Funcionamiento

Las hipótesis centrales del sistema sostienen que el rendimiento de un jugador de ajedrez en una partida individual puede modelarse como una variable aleatoria con distribución normal, y que la diferencia entre los rendimientos determina la probabilidad de que un jugador venza a otro. Si bien es posible que un jugador experimente variaciones significativas en su rendimiento de una partida a otra, se postuló que la media de estos rendimientos (entendida como una estimación o aproximación de su habilidad verdadera) evoluciona lentamente a lo largo del tiempo. Es en este marco teórico donde la habilidad real de un jugador se conceptualiza como la media estadística de la variable aleatoria que representa su rendimiento en las partidas disputadas.

En el ajedrez, el rendimiento de un jugador solo puede inferirse a partir del resultado obtenido en una partida⁶, es decir, una victoria, un empate o una derrota. En consecuencia, cuando un jugador gana, se asume que su nivel de juego ha sido superior al de su oponente en ese encuentro concreto. De manera inversa, una derrota indica que ha rendido a un nivel inferior. Por último, en caso de empate se presume que ambos jugadores han competido con un rendimiento similar, sin que exista una diferencia significativa entre sus niveles de juego durante la partida. Es decir, el funcionamiento es el siguiente (Marino, 2024):

- Si un jugador con una puntuación ELO relativamente baja obtiene victorias frente a oponentes con un ELO significativamente superior, el sistema interpretará que su calificación inicial no refleja adecuadamente su verdadera destreza, procediendo consecuentemente a ajustar su puntuación al alza. En otras palabras, cuando los resultados reales obtenidos en una partida o torneo por un jugador determinado superan las puntuaciones esperadas se evidencia que la puntuación que tenía

⁶ Esta es la idea de dinamismo que destacábamos en el apartado “Estaticidad y dinamismo”, es decir, el rating Elo únicamente varía en función de los resultados obtenidos en partidas oficiales. En otras palabras, nos muestra como es nuestro nivel a través de los resultados obtenidos contra otros adversarios de un nivel determinado.

asignada dicho jugador es baja y debe ser reajustada al alza. Es decir, si $ELO(A) < ELO(B)$ y (A) gana a (B), entonces $ELO(A) \uparrow$, pues por la diferencia de ELOs se esperaba que este perdiese. En cambio, si con la misma diferencia de ELOs, (B) gana a (A), el ELO de (B) $\uparrow$ pero mínimamente, pues la expectativa es que este ganase.

- De manera análoga, si un jugador con una puntuación ELO elevada sufre derrotas ante rivales con menor ELO, el sistema revisará su puntuación a la baja, al considerar que su rendimiento real está por debajo del nivel que su puntuación indicaba. Es decir, el razonamiento es el mismo pero a la inversa, por lo que si $ELO(A) < ELO(B)$ y (A) gana a (B), entonces el ELO (B) $\downarrow$, pues por la diferencia de ELOs se esperaba que este ganase.

4.3. La actualización de los ratings de cada jugador y la distribución normal.

La fuente principal sobre el funcionamiento del sistema ELO ha sido Benítez y Roca (2018).

4.3.1. Fórmula y parámetros

En primer lugar, la expresión matemática que nos va a permitir actualizar los ratings de cada jugador es la siguiente:

$$R_{nuevo} = R_{viejo} + K \cdot (P - E)$$

Sus parámetros son los siguientes:

- R es el rating del jugador.
- K es un factor de ajuste positivo y constante que varía según el sistema. Será 10 para los jugadores más fuertes (más de 2400), 20 (antes 15) para los que están por debajo de 2400, y 40 (antes 30) para los jugadores nuevos hasta completar 30 partidas con clasificación FIDE.
- P es el resultado real del partido (1 victoria, 0,5 empate, 0 derrota).
- E es la expectativa estadística de victoria, calculada según la diferencia de rating

Al observar la fórmula se deduce que el nuevo rating cambiará en función de si el jugador ha superado, igualado o decepcionado las expectativas:

- Si $P > E$: el jugador obtiene mejor resultado del esperado $\rightarrow$ su rating aumenta.
- Si $P = E$: resultado conforme a la expectativa $\rightarrow$ el rating permanece estable.
- Si $P < E$: resultado inferior al esperado $\rightarrow$ el rating disminuye.

Por tanto, sin dejar a un lado la importancia del factor de ajuste, los conceptos centrales para actualizar el rating entre dos jugadores cualquiera, por ejemplo, A y B, son el resultado real obtenido (P), y la expectativa de victoria del Jugador A en su enfrentamiento contra B (E_{AB}) y viceversa (E_{BA}), los cuales como se verá a continuación pueden modelarse como dos variables aleatorias de distribución normal.

4.3.2. Variables y distribuciones

Como se ha mencionado previamente, el resultado de una partida de ajedrez no es algo que pueda determinarse a priori, por lo que a grandes rasgos puede considerarse, desde una perspectiva probabilística, como si de un experimento aleatorio se tratase (Benítez y Roca, 2018). Consecuentemente, el resultado real obtenido en un enfrentamiento entre el jugador A y B (P_{AB}) puede considerarse una variable aleatoria discreta que tomará como posibles valores: $[0, \frac{1}{2}, 1]$, los cuales se corresponden respectivamente con una derrota, un empate o una victoria (Artículo 10.1 del Reglamento de Ajedrez de FIDE):

1 si A gana a B

$P_{AB} = \frac{1}{2}$ si A y B empatan (que en el argot del ajedrez se denomina tablas)

0 si A pierde frente a B

En cualquier caso, debe cumplirse que: $E_{AB} + E_{BA} = 1$. Esto es totalmente coherente con su aplicación práctica, puesto que independientemente del resultado en el enfrentamiento la suma de las puntuaciones obtenidas va a ser siempre 1, ya gane A ($1 + 0$) o B ($0 + 1$), o ya empaten ($0,5 + 0,5$). Esto es algo que se ajusta a lo que establece el artículo 10.2 de la normativa de la FIDE: *La puntuación total de cualquier partida nunca puede exceder de la máxima puntuación de una partida normal. Las puntuaciones dadas a un jugador individual deben ser aquellas normalmente asociadas con el juego.*

Por otro lado, dado que no es posible conocer de antemano el desempeño específico de un ajedrecista en una partida concreta, Árpád Élő propuso modelar el rendimiento individual de un jugador en una partida concreta al azar como una variable aleatoria de

distribución normal, cuya media coincidirá con la puntuación ELO del jugador que se trate. Como se puede intuir, este planteamiento se basa en el supuesto de que el rendimiento fluctúa en torno al nivel teórico (el rating ELO) del jugador, reflejando la naturaleza aleatoria y variable del rendimiento en contextos reales de competición.

Con el objetivo de mantener cierta coherencia con el sistema Harkness, precursor del sistema ELO, Éllo fijo en doscientos puntos la desviación típica de esta distribución normal. Aunque en la práctica es evidente que algunos jugadores presentan una mayor regularidad que otros (algo que implicaría distintas desviaciones típicas para cada jugador), su autor se decantó por asumir un valor constante para todos ellos a fin de simplificar el modelo matemático y su posterior aplicación operativa (Benítez y Roca, 2018).

En resumen, si denominamos *el rendimiento del Jugador A en una partida concreta al azar* como r_A , y μ_A a su *puntuación ELO conocida*, entonces el rendimiento será una variable aleatoria normal con los siguientes parámetros:

$$r_A \sim N(\mu_A, 200)$$

De esta forma las variables aleatorias que se han fijado previamente, es decir, P_{AB} (resultado), r_A (rendimiento de A) y r_B (rendimiento de B), se relacionan de la siguiente manera:

$$P_{AB} = \begin{cases} 1 & \text{si } r_A > r_B \text{ El rendimiento de A es mayor que el de B, A gana la partida} \\ \frac{1}{2} & \text{si } r_A = r_B \text{ Los rendimientos son iguales y termina en tablas} \\ 0 & \text{si } r_A < r_B \text{ El rendimiento de B es mayor que el de A, B gana la partida} \end{cases}$$

Establecidos estos patrones, entonces la expectativa de victoria del Jugador A en un enfrentamiento contra B (E_{AB}) será la *esperanza de la variable aleatoria* P_{AB} . Dicha esperanza no será más que la suma de las probabilidades de cada uno de los 3 resultados posibles:

$$E_{AB} = 1 \cdot \text{pr}(r_A > r_B) + \frac{1}{2} \cdot \text{pr}(r_A = r_B) + 0 \cdot \text{pr}(r_A < r_B) = \text{pr}(r_A > r_B) + \frac{1}{2} \cdot \text{pr}(r_A = r_B).$$

Pasamos por tanto a calcular $\text{pr}(r_A > r_B)$ y $\text{pr}(r_A = r_B)$, pues el tercer elemento de la ecuación es 0. Por implicaciones estadísticas del modelo que exceden de este estudio, la probabilidad de $r_A = r_B$ es también igual a 0⁷, por lo que únicamente nos quedaría el estudio de la probabilidad de $r_A > r_B$, y para ello consideraremos nuevamente otra variable aleatoria ($r_A - r_B$). Para llevar a cabo el estudio de esta nueva variable se asume que los rendimientos de los distintos jugadores son estadísticamente independientes, es decir, las variables aleatorias r_A y r_B (rendimientos de los Jugadores A y B en una partida concreta al azar) no están correlacionadas entre sí. Con esta suposición (ya realizada por el profesor Élló en su momento) la diferencia de dichos rendimientos se constituye, según ya se ha dicho como otra variable normal, cuyos parámetros son los siguientes:

- $E(r_A - r_B) = E(r_A) - E(r_B) = \mu_A - \mu_B$
 - $\text{Var}(r_A - r_B) = \text{Var}(r_A) + \text{Var}(r_B) = 200^2 + 200^2 = 2 \cdot 200^2$
 - σ (Desviación típica) $= \sqrt{\sigma} = \sqrt{2 \cdot 200^2} = 200 \cdot \sqrt{2}$
- $$r_A - r_B \sim N(\mu_A - \mu_B, 200 \cdot \sqrt{2})$$

A partir de todas las consideraciones que se han hecho, se llega finalmente a la conclusión de que la variable expectativa de victoria del jugador A en su enfrentamiento contra B (E_{AB}) sigue una distribución normal con los siguientes parámetros:

$$E_{AB} = N\left(\frac{\mu_A - \mu_B}{200\sqrt{2}}\right)$$

No obstante, las expectativas de victorias del jugador A y del jugador B se pueden resumir de la siguiente forma:

$$E_A = \frac{1}{1 + 10^{(R_B - R_A)/400}}$$

$$E_B = \frac{1}{1 + 10^{(R_A - R_B)/400}} = 1 - E_A$$

⁷ Esto se debe a que la probabilidad de que $r_A = r_B$ en una distribución continua es igual a 0. Para su completo entendimiento, véanse las páginas 519-521 de Benítez y Roca (2018).

Resumiendo, la expectativa de victoria de A sobre B (E_{AB}) es igual a la esperanza de la variable P_{AB} que a su vez es equivalente a la probabilidad de que el rendimiento de A sea mayor que el rendimiento de B:

$$E_{AB} = \text{Esperanza } (P_{AB}) = \text{Probabilidad } (r_A > r_B)$$

4.3.3. Aplicación práctica

Supongamos a un jugador A con un ELO = 2.179 y a un jugador B con un ELO = 1.834

$$\Pr(z \leq \frac{2.179-1.834}{200\sqrt{2}}) = \Pr(z \leq 1,22) = 0,8888$$

Las expectativas de victoria del jugador A frente al jugador B son de 0,888, lo que significa que tiene un 88,8% de victoria mientras que la victoria del jugador B frente al jugador A tiene una probabilidad de 11,2%. Si aplicásemos las fórmulas antes indicadas, nos proporcionaría el mismo resultado.

Una vez que ya tenemos las expectativas de victoria de cada uno de los jugadores, podríamos calcular, aplicando la fórmula indicada al principio de esta sección, cuales serían los nuevos ratings ELO para cada uno de ellos. Supongamos para ello que finalmente, como era previsible, el jugador A sale vencedor, y que el factor corrector K es igual a 20:

$$R_{\text{nuevo del jugador A}} = R_{\text{viejo}} + K \cdot (P-E) = 2.179 + 20 \cdot (1 - 0,8888) = 2.181,224$$

$$R_{\text{nuevo del jugador B}} = R_{\text{viejo}} + K \cdot (P-E) = 1.834 + 20 \cdot (0 - 0,8888) = 1.816,224$$

Es por ello que la valoración de la actuación o el rendimiento obtenido en un enfrentamiento determinado no se basa estrictamente en el propio jugador, sino también en la diferencia de clasificación existente con su competidor. Además, se debe tener presente que la fuerza teórica estimada por el ELO no siempre se corresponde con el rendimiento efectivo en una partida concreta, el cual puede verse influido por múltiples factores.

En conclusión, el cálculo del nuevo rating de un jugador se realiza comparando el resultado obtenido con la expectativa estadística de victoria, que se calculará teniendo en cuenta la diferencia de ratings entre los jugadores (Karminsky y Polozov, 2016). Por tanto el rating ELO no se modifica solamente en función del resultado en el

enfrentamiento, sino que la diferencia entre los ELOs iniciales determina las expectativas de victoria que servirán como elemento de ajuste. En otras palabras, no vale lo mismo una victoria (o derrota o empate) contra cualquier contrincante, sino que el nivel ELO de este último influye mucho.

4.4. Rangos, niveles o categorías

A partir de la aplicación de este sistema, se reconocen en la Tabla 1 las distintas categorías y títulos, tanto para jugadores aficionados como para maestros titulados:

Tabla 1. Niveles, categorías o título en función del rating ELO en el ajedrez

Rating ELO	Nivel, categoría o título
≥ 2.500	Gran Maestro (GM), nivel de élite mundial
[2.400, 2.499]	Maestro Internacional (IM) / Gran Maestro en ascenso
[2.300, 2.399]	Maestro FIDE (FM), jugadores maestros experimentados
[2.200, 2.299]	Candidato a Maestro (CM), fuerte jugador de club nacional
[2.000, 2.199]	Jugador experto / alto nivel amateur
[1.800, 1.999]	Jugador intermedio-avanzado
[1.600, 1.799]	Jugador intermedio
[1.400, 1.599]	Jugador aficionado
[1.200, 1.399]	Principiante con conocimiento básico
≤ 1.199	Principiante o jugador sin experiencia formal

Fuente: Elaboración propia con datos del Reglamento de Título Internacionales de la FIDE

(Aprobado por el Consejo de la FIDE el 25/11/2022)

4.5. Federación Internacional de Ajedrez (FIDE)

La Federación Internacional de Ajedrez (Fédération Internationale des Échecs) constituye una organización internacional que agrupa, a su vez, a las diversas federaciones nacionales de ajedrez (en la actualidad, la FIDE cuenta con 195 federaciones nacionales inscritas, siendo 176 de ellas pertenecientes a países de la ONU), por lo que se erige como el organismo rector del ajedrez a nivel mundial. Su origen fue en París, Francia, lugar donde fue fundada el 20 de julio de 1924. Su actual presidente, vigente en el cargo desde el 2018, es Arkady Dvorkovich.

Entre las funciones principales que esta organización debe desempeñar se encuentran la organización del Campeonato Mundial de Ajedrez, la redacción y actualización de las reglas oficiales del Juego, la publicación de material especializado, así como la concesión de títulos internacionales, tales como Maestro Internacional, Gran Maestro y Árbitro Internacional. También es responsable la FIDE del cálculo y actualización de las puntuaciones de los jugadores en las distintas modalidades de partida (clásica, rápida y blitz). Es para esta última tarea para la cual emplea el sistema de clasificación ELO que se acaba de exponer.

5. EL RANKING DEL MEDALLERO OLÍMPICO

5.1. Introducción

Los Juegos Olímpicos son uno de los eventos deportivos más importantes y mediáticos del mundo, congregando a miles de atletas de diferentes disciplinas y nacionalidades. Uno de sus elementos que más atención atrae es el medallero olímpico final, entendido como la clasificación o ranking por países en función de las medallas que hayan obtenido respectivamente. Este ranking, además de reflejar el evidente desempeño deportivo de cada uno de los países, se interpreta también como un indicador o símbolo de prestigio, desarrollo y poder internacional, de ahí la gran competitividad existente entre ciertos países⁸. El medallero olímpico surge como una herramienta informativa para resumir el desempeño de los países en los Juegos Olímpicos, convirtiéndose en el elemento central de los medios de comunicación durante su desarrollo. A pesar de esta gran funcionalidad y difusión, el Comité Olímpico Internacional (COI) no ha reconocido nunca oficialmente un ranking por países.

En el sistema de clasificación utilizado habitualmente, y que posteriormente se explicará con más detalle, se priman las medallas de oro seguidas de las de plata y bronce. Este es el método de clasificación elegido de manera no oficial por el Comité Olímpico Internacional (COI), pero es absolutamente arbitrario y se pueden elegir otros (De Villegas, 2022). Sin embargo, este sistema no está exento de ciertas limitaciones desde el punto de vista matemático, estadístico y ético, lo que genera debates sobre la justicia

⁸ Las grandes potencias mundiales compiten por ser la primera en el medallero, como China y EEUU.

y representatividad, así como diversas alternativas al sistema. Por eso mismo la creciente preocupación por encontrar modelos de rankings más justos y realistas ha motivado el desarrollo de rankings alternativos.

Por tanto, con la finalidad de validar y valorar la funcionalidad de los modelos principalmente usados y las propuestas alternativas, se llevará a cabo la correspondiente simulación con datos reales. En esta ocasión vamos a utilizar para ello los resultados históricos de 10 países en los Juegos Olímpicos de París 2024 para comparar los cambios que se producen en el ranking en función de la aplicación de un modelo u otro. Esta metodología permite observar qué países se ven favorecidos o perjudicados en función del enfoque que se tome, así como estudiar la estabilidad o sensibilidad del ranking frente a los cambios en la metodología.

5.2. Fundamentos matemáticos y estadísticos

A pesar de que el ranking del medallero olímpico puede parecer a primera vista una simple ordenación de resultados, su formulación matemática implica una elección metodológica que puede modificar sustancialmente el orden final. A continuación, se analizarán los principales enfoques matemáticos y estadísticos utilizados para la construcción de este ranking deportivo.

5.2.1. Modelo de ordenación inicial

En las primeras ediciones de los Juegos Olímpicos, así como actualmente en diversos países, debido a su simplicidad⁹, se utilizaba un modelo de ordenación que únicamente seguía el criterio de considerar el número total de medallas obtenidas por los deportistas de los diferentes países, independientemente de que estas fuesen oro, plata o bronce, es decir, “este ranking no hace más que asignar el mismo valor a todas las medallas” (Yaroslav, 2015). De esta forma el rating que asignará el correspondiente puesto en el ranking se obtiene de la siguiente forma:

$$n^{\text{º}} \text{ medallas obtenidas} \rightarrow f(O_A, P_A, B_A) = O_A + P_A + B_A$$

⁹ Aunque este no es el sistema oficial, el modelo de ordenación inicial (en función del total de medallas) ha sido defendido por instituciones como el Comité Olímpico de Estados Unidos, que históricamente ha promocionado este enfoque para justificar su liderazgo frente a China en ediciones recientes de los Juegos. Esto refleja que la elección del modelo de clasificación no es neutral, sino que su uso responde en ocasiones a los intereses del país que lo defiende.

O_A = nº de medallas de oro,

P_A = nº de medallas de plata,

B_A = nº de medallas de bronce.

Por lo que el país A estará mejor clasificado en el ranking que el país B si $f_A > f_B$. La Tabla 2 muestra la aplicación de esta función y criterio.

Tabla 2. Ranking del Medallero Olímpico en función del total de medallas

POSICIÓN	PAÍS	ORO	PLATA	BRONCE	TOTAL
1º	EEUU	40	44	42	126
2º	CHINA	40	27	24	91
3º	REINO UNIDO	14	22	29	65
4º	FRANCIA	16	26	22	64
5º	AUSTRALIA	18	19	16	53
6º	JAPÓN	20	12	13	45
7º	ITALIA	12	13	15	40
8º	PAISES BAJOS	15	7	12	34
9º	ALEMANIA	12	13	8	33
10º	COREA DEL SUR	13	9	10	32

Fuente: Elaboración propia con datos de París 2024 en Olympics.com

Desde el momento en que este ranking proporciona el mismo valor o peso a cada una de las medallas, surgen diferentes propuestas para mejorar dicho sistema que reflejen de manera más fiel el real desempeño de los deportistas y de los países, pues resulta evidente que obtener un oro resulta más complicado que una plata, y una plata más complicado que un bronce (Yaroslav, 2015). No obstante, como ventaja ofrece una visión más global del rendimiento.

5.2.2. Modelo de ordenación lexicográfico

Este es el modelo más comúnmente usado del medallero olímpico, el cual consiste, resumidamente, en considerar primero el número de medallas de oro, luego el de platas en caso de empate y, por último, el de bronce. Se conoce con este nombre como consecuencia de que es el mismo método usado en los diccionarios para ordenar las palabras: primero las palabras son ordenadas con respecto a su primera letra; después con respecto a su segunda si hay coincidencia en la primera, y así sucesivamente (De Villegas, 2022). Es decir, el funcionamiento es el siguiente (obsérvese la Tabla 3 para su aplicación práctica):

Primero, los países son ordenados de mayor a menor en función del número de medallas de oro obtenidas. En caso de que ningún país coincida en el número de medallas de oro obtenidas, estas últimas asignarán eficazmente el ranking pertinente. Suponiendo un País A y un País B, el primero estará mejor posicionado si $O_A > O_B$.

Por el contrario, en caso de que exista un empate en los oros obtenidos ($O_A = O_B$), se tomará en consideración el siguiente criterio, el número de medallas de plata, colocándose en el puesto superior a aquel país que tenga más (*País A > País B si $P_A > P_B$*). Nuevamente, en caso de que ningún país empate en el número de medallas de oro y de plata, estas últimas servirán para deshacer el empate de los oros y asignar los puestos en la clasificación.

En caso de haber un empate en el número de platas ($P_A = P_B$), habiéndose producido previamente empate también respecto a los oros ($O_A = O_B$), se observará el número de medallas de bronce obtenidas por los países empatados, resultando “vencedor” aquel que tenga más ($B_A > B_B$).

Por último, en el hipotético caso de que hubiese un triple empate, es decir, dos países con el mismo número de medallas de oro, de plata y de bronce, se les asignará la misma posición, apareciendo en primer lugar aquel que se designe por orden alfabético.

Tabla 3. Ranking del Medallero Olímpico en función del modelo lexicográfico

POSICIÓN	PAÍS	ORO	PLATA	BRONCE	TOTAL
1º	EEUU	40	44	42	126
2º	CHINA	40	27	24	91
3º	JAPÓN	20	12	13	45
4º	AUSTRALIA	18	19	16	53
5º	FRANCIA	16	26	22	64
6º	PAISES BAJOS	15	7	12	34
7º	REINO UNIDO	14	22	29	65
8º	COREA DEL SUR	13	9	10	32
9º	ITALIA	12	13	15	40
10º	ALEMANIA	12	13	8	33

Fuente: Elaboración propia con datos de París 2024 en Olympics.com

5.2.3. Modelo de ordenación ponderado

Este es otro modelo bastante extendido que, al igual que el lexicográfico, asigna los puestos en el ranking de los diferentes países teniendo en cuenta el diferente valor que

se asignan a cada una de las medallas. Las ponderaciones que se asignen a cada una de las respectivas son totalmente libres y arbitrarias, por lo que las posibilidades dentro de este modelo son infinitas. De esta forma el rating que asignará el correspondiente puesto en el ranking se obtiene de la siguiente forma:

$$f(o_A, p_A, b_A) = \alpha \cdot O_A + \beta \cdot P_A + \gamma \cdot B_A$$

Siendo α, β, γ , las ponderaciones de las medallas de oro, plata y bronce respectivamente. Por lo que el país A estará mejor clasificado en el ranking que el país B si $f_A > f_B$, es decir, si su rating es más alto¹⁰.

A pesar de que no existe ninguna ponderación “oficial”, estas son las diferentes ponderaciones utilizadas dentro de uno de los países con más trascendencia en los Juegos Olímpicos, Estados Unidos:

- Diferentes medios de comunicación de algunos estados como NBC Philadelphia, NBC Los Ángeles, NBC New York e incluso el propio New York Times han utilizado en ocasiones la siguiente ponderación:

$$\alpha = 3, \beta = 2, \gamma = 1.$$

Este uso ha sido criticado según algunos como consecuencia de su uso exclusivamente cuando el modelo lexicográfico no los situaba en primer lugar (Otto, 2024). A pesar de ello, esta ponderación es la más extendida dentro de este modelo no solo en Estados Unidos, sino en el mundo entero. Para ver su aplicación en los Juegos de París 2024, véase la Tabla 4.

- Otro medio de comunicación, CBS Sports, aplica una fórmula más sofisticada basada en la Ley de Zipf¹¹ que establece que la importancia de algo es inversamente proporcional a su rango.

¹⁰ Pongamos un ejemplo, suponiendo que las ponderaciones son $\alpha = 3, \beta = 2, \gamma = 1$, las medallas obtenidas por el País A son $o_A = 3, p_A = 0, b_A = 0$ y las medallas del País B son $o_B = 1, p_B = 9, b_B = 0$. Con estos datos el País B estará mejor posicionado que el País A gracias a la ponderación:

$$f_A = 3 \cdot 3 + 2 \cdot 0 + 1 \cdot 0 = 9 + 0 + 0 = 9$$

$$f_B = 3 \cdot 1 + 2 \cdot 9 + 1 \cdot 0 = 3 + 18 + 0 = 21$$

¹¹ Para más información consúltase <https://www.colleynrankings.com/olympics2024/>

- La cadena de televisión CNN utiliza una ponderación totalmente diferente basado en los bonos que otorga el Comité Olímpico de Estados Unidos a sus atletas (Tuggle y Coche, 2018):

$$\alpha = 5, \beta = 3, \gamma = 2.$$

Tabla 4. Ranking en función de la ponderación

POSICIÓN	PAÍS	ORO	PLATA	BRONCE	PONDERACIÓN	TOTAL
1º	EEUU	40	44	42	250	126
2º	CHINA	40	27	24	198	91
3º	FRANCIA	20	12	13	122	45
4º	REINO UNIDO	18	19	16	115	53
5º	AUSTRALIA	16	26	22	108	64
6º	JAPÓN	15	7	12	97	34
7º	ITALIA	14	22	29	77	65
8º	PAISES BAJOS	13	9	10	71	32
9º	ALEMANIA	12	13	15	70	40
10º	COREA DEL SUR	12	13	8	67	33

Fuente: Elaboración propia con datos de París 2024 en NBC Philadelphia

5.3. Limitaciones del ranking lexicográfico

Resulta evidente que en este modelo las medallas de oro son radicalmente más importantes que las de plata, y que estas últimas son más importantes que las de bronce. Un problema interesante a la hora de proceder con este ranking es el hecho de que una vez que es posible adjudicar la correspondiente posición en el ranking en función de las medallas de oro, el número de medallas de plata y de bronce resulta totalmente irrelevante¹². Es por este motivo por el que este sistema de ranking ha recibido numerosas críticas, dado que situaciones como estas son en cierto modo injustas o, cuanto menos, discutibles. Es importante recordar que dicha situación únicamente se daría en caso de que el número de medallas de oros fuese diferente, pues en caso de empate el número de medallas de plata y, en su caso, el de medallas de bronce, sí que se tomarían en consideración para deshacer esas tablas. En síntesis, lo que muestra este criterio de clasificación es que una medalla de oro es superior que cualquier número de

¹² Pongamos un ejemplo: supongamos que España tiene un total de 4 medallas de oro y que Francia tiene respectivamente 5. No obstante, España ha obtenido 8 medallas de plata y Francia ninguna. Siendo estos los datos, Francia obtendría una posición en el ranking más elevada que España por el mero hecho de tener una medalla de oro más, de tal forma que como se comentaba anteriormente, la cantidad de medallas de plata que tiene España de más carecen completamente de valor.

medallas de plata, incluso en aquellos casos que estas últimas fuesen muy superiores a las primeras. Este sistema no reflejaría realmente de forma jerárquica que país ha desempeñado una mejor actuación en los juegos olímpicos.

En otro orden de cosas, una de las claves para seguir avanzando en la calidad de los rankings es la transformación de los datos ordinales, es decir, de las posiciones en el ranking, en datos cardinales que permitirán medir cuantitativamente cuánto mejor ha sido la actuación de los deportistas de un país respecto de otro. Esta es otra limitación presente en el modelo lexicográfico, pues mientras los otros dos modelos mencionados brindan la posibilidad de producir coeficientes numéricos para cada país que permiten ordenarlos, el modelo lexicográfico no produce ningún resultado numérico similar que pudiese ser usado con el mismo propósito (Yaroslav, 2015). De esta forma, al primar los oros, este modelo tiende a beneficiar a las naciones con grandes recursos deportivos frente al mérito relativo de otras naciones más pequeñas.

Así mismo, es necesario tener presente que ignora por completo el contexto socioeconómico y demográfico de los países participantes. No distingue entre una potencia deportiva como Estados Unidos y un país pequeño con una delegación limitada, lo que introduce sesgos en el ranking. Este sistema favorece a países con mayores recursos y capacidad organizativa, y penaliza a aquellos con menor representación o presupuesto.

5.4. Diferentes propuestas de rankings alternativos

Además de los dos enfoques más extendidos, el modelo lexicográfico y el modelo ponderado, existe otro posible enfoque, el proporcional, consistente en producir un ranking relativo a través de la evaluación del rendimiento de cada país en relación a diversos indicadores externos, generando rankings que intentan reflejar, desde un punto más realista y ajustado, el verdadero rendimiento de los distintos países. Estos son algunos de los modelos propuestos por De Villegas y Royo-Letelier (2022).

5.4.1. *Ranking ponderado por población (Ranking per cápita)*

El ranking seguido por el COI de manera no oficial (el modelo de ranking lexicográfico), ordena los países por número de medallas de oro, seguido por las de plata y, por último, las de bronce, sin tomar en consideración el tamaño de cada uno de los países participantes. Es por este motivo que este modelo beneficia a aquellos países con

grandes poblaciones, puesto que a mayor población más cantidad de deportistas habrá y, consecuentemente, si participan un mayor número de deportistas en los Juegos Olímpicos, más posibilidades habrá de conseguir mayor cantidad de medallas.

Con la finalidad de relativizar los resultados obtenidos con la población del país se modela el ranking per cápita. Bajo este enfoque, el rating que servirá de base para ordenar jerárquicamente el ranking se obtiene de la división del número total de medallas entre la población del país. Dicho rating muestra la cantidad de medallas obtenidas por cada unidad de población elegida (la unidad más práctica son los millones de personas).

El fundamento de esta alternativa es sencillo y lógico pues no tiene el mismo mérito obtener 10 medallas en un país de 1.500 millones habitantes que en uno de 100 millones. De esta manera se consigue poner el énfasis en la eficiencia del sistema deportivo nacional y la capacidad de los pequeños países para llegar al éxito a pesar de las limitaciones demográficas.

En definitiva, este ranking no pretende reemplazar al ranking lexicográfico, sino ofrecer una perspectiva complementaria para poner el primero en contexto y proporcionar una mejor comprensión del rendimiento de los países. Se podría decir que este modelo introduce en cierto modo una dimensión de justicia deportiva al reconocer las desigualdades (en este caso poblacionales) en las que compiten los diferentes países, permitiendo una comprensión más matizada del éxito en el medallero olímpico. Obsérvese la Tabla 5 para ver como cambian los puestos respecto al ranking lexicográfico.

Ventajas:

- La principal ventaja consiste en premiar el éxito relativo de aquellos países que tienen menos población
- Introduce criterios de proporcionalidad y equidad
- Permite dar visibilidad a aquellos países que utilizando el modelo lexicográfico resultarían ignorados.

Limitaciones:

- La principal desventaja de este sistema es que no toma en consideración la participación efectiva, es decir, cuantas personas de esa población realmente compiten
- En casos extremos en países con una población muy muy reducida la obtención de medallas puede desvirtuar su uso (como por ejemplo podría ser San Marino, con una población de 34.000 habitantes). Esta limitación podría remediarse a través de umbrales de corrección para países con menos de un determinado número de habitantes.
- A semeja el total de la población a nacionales, sin tener en cuenta los extranjeros residentes en el país.

Aplicación práctica

Si tomamos los datos los de los últimos Juegos Olímpicos, París 2024, en relación a los 10 primeros clasificados:

Tabla 5. Ratings y ranking de medallas per cápita del Medallero Olímpico

PAISES (ord. lexicográfico)	TOTAL MEDALLAS	POBLACIÓN (millones)	RATING	POSICIÓN
EEUU	126	340	0,371	8º
CHINA	91	1.408	0,065	10º
JAPÓN	45	124	0,363	9º
AUSTRALIA	53	28	1,893	1º
FRANCIA	64	69	0,928	4º
PAISES BAJOS	34	18	1,889	2º
REINO UNIDO	65	68	0,956	3º
COREA DEL SUR	32	52	0,615	6º
ITALIA	40	59	0,678	5º
ALEMANIA	33	84	0,393	7º

Fuente: Elaboración propia con datos de París 2024 en Olympics.com

5.4.2. Ranking por medallas ajustadas al PIB (Producto Interior Bruto)

Otra alternativa cada vez más utilizada para evaluar el rendimiento olímpico de una manera más justa es este ranking ajustado al PIB¹³. El fundamento del desarrollo de esta alternativa reside en la evidencia de que los recursos económicos de un país influyen directamente en su capacidad para formar atletas de élite que obtengan medallas olímpicas, siendo el posible fin de las inversiones muy diverso como infraestructuras deportivas, ayudas para la adquisición de equipos, programas públicos de deporte etc.

Desde este punto de vista el número total de medallas obtenidas se divide por el PIB nacional, generando un rating que muestra la eficiencia económica deportiva, es decir, cuántas medallas se obtienen por cada unidad de riqueza nacional tal como se muestra en la Tabla 6. Este indicador nos ayuda a identificar que países rinden por encima y por debajo de sus posibilidades económicas.

Tabla 6. Ratings y ranking del Medallero Olímpico ajustado por el PIB

PAISES (ord. Lexicográfico)	TOTAL MEDALLAS	PIB €(billones ¹⁴)	RATING	POSICIÓN
EEUU	126	26,972	4,67	10º
CHINA	91	17,326	5,25	9º
JAPÓN	45	3,721	12,09	7º
AUSTRALIA	53	1,661	31,91	1º
FRANCIA	64	2,921	21,91	3º
PAISES BAJOS	34	1,122	30,30	2º
REINO UNIDO	65	3,368	19,30	4º
COREA DEL SUR	32	1,728	18,52	5º
ITALIA	40	2,192	18,25	6º
ALEMANIA	33	4,305	7,67	8º

Fuente: Elaboración propia con datos de París 2024 en Olympics.com y Datosmacro.com

Ventajas

- Sirve para relativizar los éxitos deportivos en función de la dimensión económica del país, de tal manera que países con menos recursos pueden ser reconocidos.

¹³ Estudios como los de Bernard y Busse (2004) han demostrado que el PIB es uno de los factores más fuertemente correlacionados con el número de medallas olímpicas.

¹⁴ Se utilizará el billón europeo (o billón en escala larga) equivalente a un millón de millones: 10¹².

- Permite realizar comparaciones más equitativas entre países con economías totalmente diferentes.

Limitaciones

- La principal desventaja de este modelo reside en que la riqueza del país medida a través de este indicador no implica necesariamente que sea un gasto deportivo. De esta forma, dos países con un PIB parecido pueden tener planes de inversión en deporte completamente diferentes.
- No considera variables complementarias como población, infraestructura deportiva o tradición olímpica. Un posible ajuste con la finalidad de evitar distorsiones podría ser el uso del PIB per cápita, midiendo así de forma más precisa la eficiencia.
- Ciertas limitaciones del propio indicador del PIB pueden afectar al propio ranking
- Puede ser distorsionado en aquellos casos de países con PIB muy bajos que obtienen varias medallas olímpicas, como podrían ser los casos de ciertos países africanos¹⁵.

En conclusión, el ranking ajustado al PIB introduce un enfoque económico necesario para contextualizar los resultados olímpicos. Más allá del número total de medallas obtenidas, invita a reflexionar sobre la relación entre recursos disponibles y éxito deportivo, y premia a los países que logran más con menos. Es, por tanto, una herramienta adecuada y poderosa para evaluar la eficiencia estructural del rendimiento económico.

Aplicación práctica

5.4.3. Ranking por eficiencia deportiva

Este ranking por eficiencia deportiva tiene el fin de medir más allá del total de las medallas obtenidas por los diferentes países, atendiendo a la eficacia de estos en relación con su participación real en los Juegos Olímpicos. Este modelo surge como una respuesta a la crítica de que ciertos países participen en los juegos con delegaciones conformadas por una gran cantidad de deportistas, optando consecuentemente a una

¹⁵ Si tomamos como ejemplo a Zambia, con un PIB en 2024 según datosmacro de 0,024311 billones de euros y una medalla de bronce obtenida, nos asignaría un rating de 41,13.

mayor posibilidad de obtener medallas, lo que evidentemente sesga los rankings si solamente se toman en consideración las medallas obtenidas.

Desde esta perspectiva se trata de analizar cuántas medallas son capaces de obtener los países en atención a los recursos humanos que son partícipes tal y como muestran las Tablas 7 y 8. Este modelo de ranking puede realizarse desde dos puntos de vista, cada uno con un rating particular y que permitirá ordenar jerárquicamente a los diferentes países:

- a) Medallas por atleta: desde el enfoque del número total de atletas que han sido enviados y que conforman la delegación de cada país. El rating consiste en dividir el total de medallas entre el número total de atletas enviados.

$$\text{Eficiencia por atleta} = \frac{\text{Total de medallas}}{\text{Número total de atletas enviados}}$$

- b) Medallas por disciplina: desde el enfoque de las disciplinas en la que ha competido cada país. El rating consiste en dividir el número de medallas obtenidas entre el número de participantes que forman la delegación de cada país.

$$\text{Eficiencia por disciplina} = \frac{\text{Total de medallas}}{\text{Número de disciplinas en las que el país compitió}}$$

Ventajas:

- Este modelo permite medir fielmente cual ha sido la eficacia real del desempeño nacional
- Valora la calidad sobre la cantidad, pues una gran cantidad de participantes sin podio perjudica mucho a los países.
- Puede ser muy útil para los análisis internos de las distintas federaciones deportivas nacionales.

Limitaciones:

- No contempla en algunos deportes concretos en los que un solo atleta puede competir en varias pruebas, como puede ser la natación o atletismo.

- En caso de países que envíen delegaciones muy reducidas de deportistas y obtengan alguna medalla el rating puede resultar distorsionado, algo que podría corregirse estableciendo umbrales mínimos de participación
- No tiene en cuenta otros factores como puede ser la competitividad diferente en cada disciplina o prueba.
- No se tiene en cuenta los deportes colectivos en los que, por ejemplo, el baloncesto, un equipo este compuesto por muchos deportistas que únicamente pueden optar una medalla en conjunto.
- No toma en consideración que, en ocasiones, por elevado que sea el número de deportistas enviados, estos solamente competirán en un número reducido de disciplinas, reduciendo las posibilidades de obtener medallas¹⁶.

En resumen, el ranking por eficiencia deportiva permite valorar no solo el rendimiento bruto, sino la rentabilidad del esfuerzo y la planificación. Ofrece una perspectiva distinta a la tradicional, que puede ser muy útil para diseñar políticas deportivas nacionales y para reconocer el mérito de delegaciones pequeñas, pero altamente efectivas.

Aplicación práctica

Tabla 7. Ratings de los países en función de la eficiencia deportiva

PAÍS	TOTAL DE MEDALLAS	N.º ATLETAS ENVIADOS	N.º DISCIPLINAS COMPETIDAS	EFICIENCIA POR ATLETA	EFICIENCIA POR DISCIPLINA
EEUU	126	592	34	0,213	3,706
CHINA	91	388	33	0,235	2,758
REINO UNIDO	65	327	26	0,199	2,50
FRANCIA	64	573	35	0,112	1,829
AUSTRALIA	53	460	33	0,115	1,606
JAPÓN	45	393	34	0,115	1,324
ITALIA	40	370	30	0,108	1,333
PAISES BAJOS	34	258	26	0,132	1,308
ALEMANIA	33	428	30	0,077	1,100
COREA DEL SUR	32	144	27	0,222	1,185

Fuente: Elaboración propia con datos de París 2024 en Olympics.com y Wikipedia

¹⁶ Un claro ejemplo de ello podría ser el caso de Jamaica, especialista en atletismo, que en París 2024, a pesar de enviar a 58 deportistas, solamente compitió en 4 disciplinas.

Tabla 8. Comparativa del ranking lexicográfico del Medallero Olímpico con los rankings ajustados por la eficiencia deportiva

PAÍS	RANKING LEXICOGRÁFICO	EFICIENCIA POR ATLETA	EFICIENCIA POR DISCIPLINA
EEUU	1º	3º	1º
CHINA	2º	1º	2º
JAPÓN	3º	7º	7º
AUSTRALIA	4º	6º	5º
FRANCIA	5º	8º	4º
PAISES BAJOS	6º	5º	8º
REINO UNIDO	7º	4º	3º
COREA DEL SUR	8º	2º	9º
ITALIA	9º	9º	6º
ALEMANIA	10º	10º	10º

Fuente: Elaboración propia con datos de París 2024 en Olympics.com y Wikipedia

5.5. Análisis de correlación entre modelos

Una vez que han sido definidos algunos de los distintos modelos de ranking olímpico existentes (por totales, lexicográfico, ponderado, per cápita, ajustado al PIB y por eficiencia deportiva) y se ha apreciado que su implementación realmente produce resultados diversos, es recomendable ver con qué intensidad se producen esas semejanzas o diferencias entre los posibles enfoques. Para ello, se empleará el análisis de correlación. Esto se debe a que este tipo de análisis mide la relación existente entre dos variables. En este contexto, se comparará la posición que los países ocupan en cada uno de los rankings. Cuanto más parecidos sean los rankings, mayor será la correlación entre ellos.

En concreto, utilizaremos el coeficiente de correlación de Spearman (ρ), que mide la relación entre rangos ordinales, es decir, las posiciones en los rankings. El coeficiente toma como posibles valores:

- +1: una correlación perfecta positiva, es decir, los rankings coinciden exactamente
- 0: sin correlación aparente, es decir, son independientes
- -1: una correlación perfecta negativa, es decir, los rankings están completamente invertidos

Como este análisis de correlación no es adecuado para comparar más de dos variables de forma simultánea, se procederá a comparar el ranking lexicográfico (que es el utilizado por el COI) con el resto de los modelos.

5.5.1. *Lexicográfico vs total de medallas*

Se comparan las posiciones de los distintos países en función del uso de un ranking u otra como muestra la tabla 9. En este caso, la correlación de Spearman entre el ranking lexicográfico y el ranking por total de medallas es aproximadamente 0.76, lo que indica una correlación positiva fuerte pero no perfecta. Dicho valor sugiere que ambos rankings coinciden en gran medida, pero existen diferencias entre ambos.

Tabla 9. Comparación de los puestos de los países en el ranking lexicográfico y el ranking en función del total de medallas

POSICIÓN	RANKING LEXICOGRÁFICO	RANKING POR TOTAL
1º	EEUU	EEUU
2º	CHINA	CHINA
3º	JAPÓN	REINO UNIDO
4º	AUSTRALIA	FRANCIA
5º	FRANCIA	AUSTRALIA
6º	PAISES BAJOS	JAPÓN
7º	REINO UNIDO	ITALIA
8º	COREA DEL SUR	HOLANDA
9º	ITALIA	ALEMANIA
10º	ALEMANIA	COREA

Fuente: Elaboración propia

5.5.2. *Lexicográfico vs per cápita*

En esta ocasión, la correlación de Spearman entre el ranking lexicográfico y el ranking per cápita (ajustado por millones de personas) es aproximadamente -0.33, lo que indica que los dos rankings ofrecen perspectivas completamente diferentes. Es significativo que justamente, como se observa en la Tabla 10, los países que ocupan los tres primeros puestos según el ranking lexicográfico caigan a las tres últimas posiciones en función del ranking per cápita.

Tabla 10. Comparación de los puestos de los países en el ranking lexicográfico y en el ranking per cápita

POSICIÓN	RANKING LEXICOGRÁFICO	RANKING PER CÁPITA
1º	EEUU	AUSTRALIA
2º	CHINA	PAISES BAJOS
3º	JAPÓN	REINO UNIDO
4º	AUSTRALIA	FRANCIA
5º	FRANCIA	ITALIA
6º	PAISES BAJOS	COREA DEL SUR
7º	REINO UNIDO	ALEMANIA
8º	COREA DEL SUR	EEUU
9º	ITALIA	JAPÓN
10º	ALEMANIA	CHINA

Fuente: Elaboración propia

5.5.3. Lexicográfico vs ajustado al PIB

La correlación de Spearman entre el ranking lexicográfico y el ranking ajustado al PIB de cada país muestra un valor de -0,25, lo que indica una correlación negativa débil, es decir, ambos rankings son bastante dispares y relativamente inversos. Dicho en otras palabras, el ranking ajustado al PIB corrige bastante el orden lexicográfico como se ve en la tabla 11, dándole más valor relativo a países con una economía con menos peso, pero con buenos resultados deportivos. En necesario destacar que los tres primeros clasificados según el primer modelo se encuentran ocupando las cuatro últimas posiciones en el segundo modelo, de modo similar a como ocurría en la comparación del ranking lexicográfico con el ranking per cápita.

Tabla 11. Comparación de los puestos de los países en el ranking lexicográfico y en el ranking ajustado al PIB

POSICIÓN	RANKING LEXICOGRÁFICO	RANKING AJUSTADO AL PIB
1º	EEUU	AUSTRALIA
2º	CHINA	PAISES BAJOS
3º	JAPÓN	FRANCIA
4º	AUSTRALIA	REINO UNIDO
5º	FRANCIA	COREA DEL SUR
6º	PAISES BAJOS	ITALIA
7º	REINO UNIDO	JAPÓN
8º	COREA DEL SUR	ALEMANIA
9º	ITALIA	CHINA
10º	ALEMANIA	EEUU

Fuente: Elaboración propia

5.5.4. Lexicográfico vs eficiencia deportiva

Como se vio en el subapartado 5.4.3. la eficiencia deportiva puede medirse a través de dos magnitudes diferentes, la eficiencia por atleta y la eficiencia por disciplina, que a su vez proporcionan los correspondientes rankings como se ve en la Tabla 12:

A) Ranking lexicográfico vs Ranking según la eficiencia por atleta

La correlación de Spearman es aproximadamente 0.52, lo que indica una correlación positiva moderada entre ambos rankings. Consecuentemente, existe cierta semejanza entre ambos rankings, pues a medida que un país tiene mejor posición en el ranking lexicográfico, tiende también a tener una mejor eficiencia por atleta, aunque no siempre. No obstante, la correlación no es lo suficientemente fuerte como para concluir que un mejor ranking lexicográfico implique necesariamente una mejor eficiencia por atleta.

B) Ranking lexicográfico vs Ranking según la eficiencia por disciplina

La correlación de Spearman es aproximadamente 0.71, lo que muestra una correlación positiva fuerte entre ambos rankings, es decir, existe una gran semejanza. Esto sugiere que los países que dominan en termino de medallas también lo hacen en términos de las diferentes disciplinas en las que ganan, reflejando una gran versatilidad deportiva.

Tabla 12. Comparación de los puestos de los países en el ranking lexicográfico y en el ranking según la eficiencia por atleta y la eficiencia por disciplina

POSICIÓN	RANKING LEXICOGRÁFICO	RANKING SEGÚN LA EFICIENCIA POR ATLETA	RANKING SEGÚN LA EFICIENCIA POR DISCIPLINA
1º	EEUU	CHINA	EEUU
2º	CHINA	COREA DEL SUR	CHINA
3º	JAPÓN	EEUU	REINO UNIDO
4º	AUSTRALIA	REINO UNIDO	FRANCIA
5º	FRANCIA	PAISES BAJOS	AUSTRALIA
6º	PAISES BAJOS	AUSTRALIA	ITALIA
7º	REINO UNIDO	JAPÓN	JAPÓN
8º	COREA DEL SUR	FRANCIA	PAISES BAJOS
9º	ITALIA	ITALIA	COREA DEL SUR
10º	ALEMANIA	ALEMANIA	ALEMANIA

Fuente: Elaboración propia

En conclusión, el análisis de correlaciones entre modelos muestra que no existe un único modo objetivo de ordenar a los países en un medallero olímpico. Cada modelo responde

a valores distintos y conocer su grado de similitud o diferencia permite enriquecer la discusión académica y deportiva sobre el sentido del éxito de cada país.

5.5.5. Relación entre los rankings y el ranking según el PIB

No solo es posible realizar un análisis de la importancia de la economía de un país en los Juegos Olímpicos a través de la confección de un ranking ajustado por su PIB, sino también relacionando directamente la posición de los países en el medallero olímpico y su posición respecto al PIB. Para poder realizar una comparación homogénea primero se ha obtenido el ranking de países en función de su población (Tabla 13) y, posteriormente, se ha comparado con el ranking lexicográfico (Tabla 14).

Tabla 13. Ranking en función del PIB de los países

RANKING	PAÍS	PIB € (billones)
1º	EEUU	26,972
2º	CHINA	17,326
3º	ALEMANIA	4,305
4º	JAPÓN	3,721
5º	REINO UNIDO	3,368
6º	FRANCIA	2,921
7º	ITALIA	2,192
8º	COREA DEL SUR	1,728
9º	AUSTRALIA	1,661
10º	PAISES BAJOS	1,122

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Relación ranking lexicográfico y ranking según el PIB

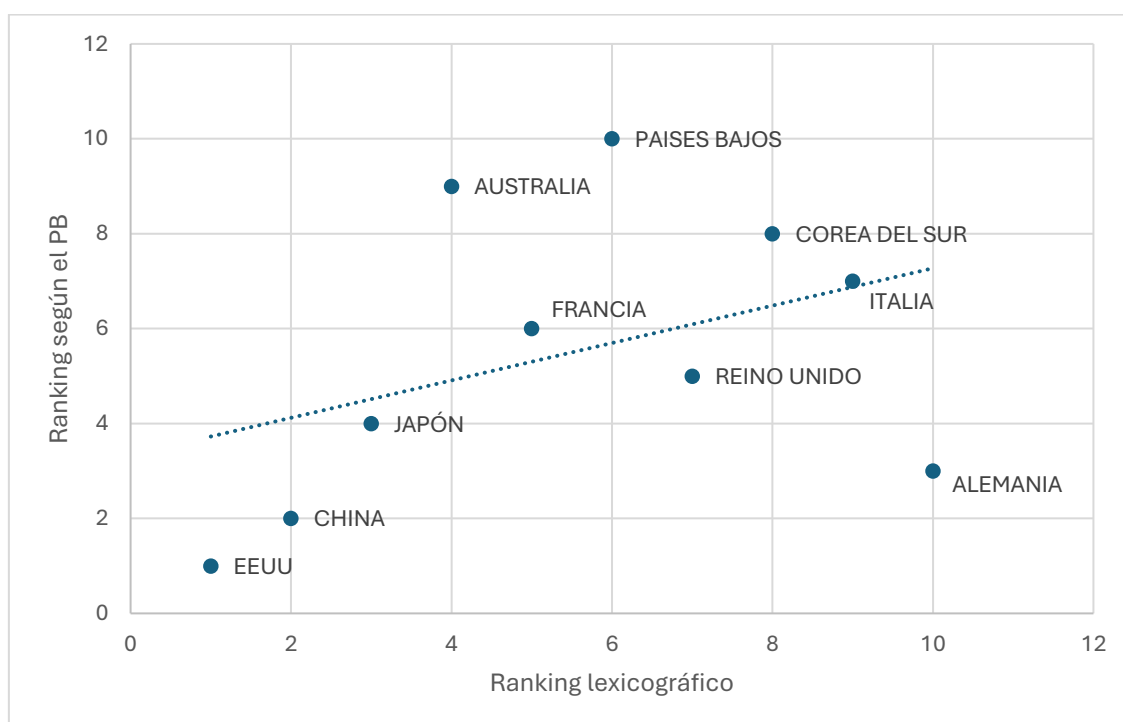
POSICIÓN	RANKING LEXICOGRÁFICO	RANKING SEGÚN PIB
1º	EEUU	EEUU
2º	CHINA	CHINA
3º	JAPÓN	ALEMANIA
4º	AUSTRALIA	JAPÓN
5º	FRANCIA	REINO UNIDO
6º	PAISES BAJOS	FRANCIA
7º	REINO UNIDO	ITALIA
8º	COREA DEL SUR	COREA DEL SUR
9º	ITALIA	AUSTRALIA
10º	ALEMANIA	PAISES BAJOS

Fuente: Elaboración propia

Esta comparación permite ver con claridad que los dos rankings no coinciden de forma exacta excepto en los dos primeros casos, EEUU y China. En el resto de los casos las posiciones difieren considerablemente como es el ejemplo de Alemania o Australia.

El Gráfico 1 muestra visualmente los resultados y la relación de ambos rankings, estando cada país representado como un punto, ubicado según sus posiciones en las tablas. Para una interpretación correcta es necesario tener presente que los ejes representan las posiciones en los respectivos rankings, por lo que 1 es mejor que 2, 2 mejor que 3 y así sucesivamente. La recta de regresión tiene una pendiente ligeramente ascendente lo que indica que hay cierta relación positiva: una buena posición en el ranking según el PIB esta asociada a una buena posición en el ranking lexicográfico y viceversa¹⁷. Esta relación se confirma por el coeficiente de correlación de Spearman que es igual a 0.394, es decir, una relación positiva débil. En conclusión, la relación no es lo suficientemente fuerte como para inferir la posición que ocupará un país en un ranking a partir del otro, lo que se demuestra a través de la amplia dispersión de los puntos.

Gráfico 1. Diagrama de dispersión de la relación entre el ranking lexicográfico y el ranking según el PIB



Fuente: Elaboración propia

¹⁷ Más cerca del origen de coordenadas y más alejado, respectivamente.

5.5.6. Relación entre los rankings y la población

De la misma manera que en el subapartado anterior, no solo es posible realizar un análisis de la importancia de la población de un país en los Juegos Olímpicos a través de la confección de un ranking ajustado por esta, sino también relacionando directamente la posición de los países en el medallero olímpico y su posición respecto a un ranking poblacional. La metodología es igual, procediendo en primer lugar a confeccionar un ranking en función de la población (Tabla 15) y comparándolo después con el ranking lexicográfico (Tabla 16).

Tabla 15. Ranking en función de la población de los países

RANKING	PAÍS	POBLACIÓN (millones)
1º	CHINA	1.408
2º	EEUU	340
3º	JAPÓN	124
4º	ALEMANIA	84
5º	FRANCIA	69
6º	REINO UNIDO	68
7º	ITALIA	59
8º	COREA DEL SUR	52
9º	AUSTRALIA	28
10º	PAISES BAJOS	18

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Relación ranking lexicográfico y ranking según población

POSICIÓN	RANKING LEXICOGRÁFICO	RANKING SEGÚN POBLACIÓN
1º	EEUU	CHINA
2º	CHINA	EEUU
3º	JAPÓN	JAPÓN
4º	AUSTRALIA	ALEMANIA
5º	FRANCIA	FRANCIA
6º	PAISES BAJOS	REINO UNIDO
7º	REINO UNIDO	ITALIA
8º	COREA DEL SUR	COREA DEL SUR
9º	ITALIA	AUSTRALIA
10º	ALEMANIA	PAISES BAJOS

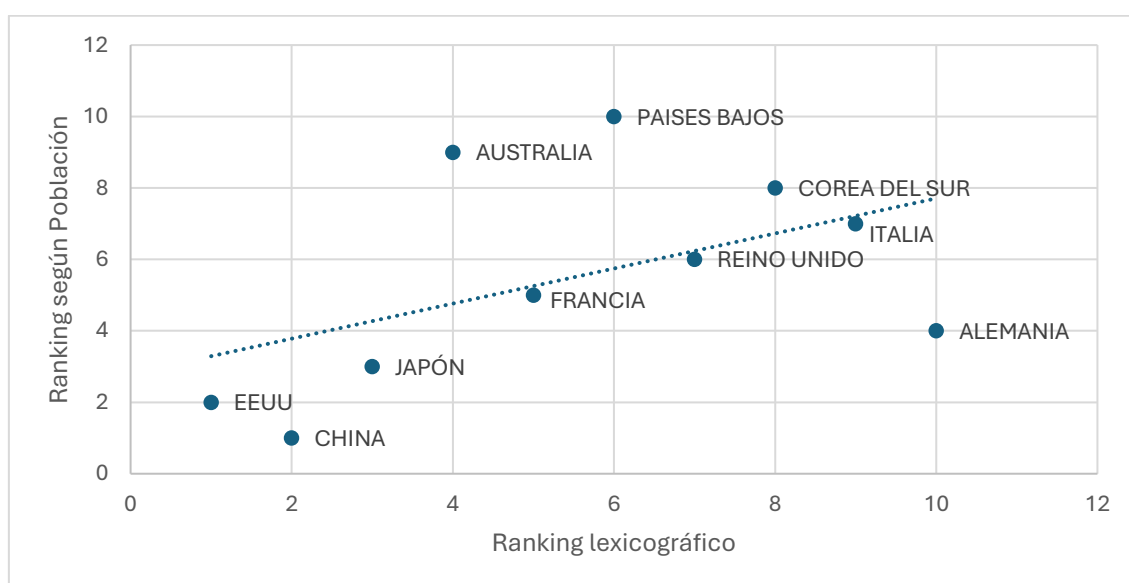
Fuente: Elaboración propia

La primera observación que debe hacerse es la gran diferencia poblacional entre los dos primeros países y el resto, lo que muestra la gran concentración demográfica de estas

potencias mundiales. Asimismo, estos dos países se intercambian los puestos en los rankings estando en las dos primeras posiciones en ambos casos. En cuanto al resto de países, al igual que en el análisis del subapartado anterior, algunos coinciden en sus posiciones como Japón, Francia o Corea del Sur mientras que otros difieren de forma notable como Alemania o Países Bajos.

El Gráfico 2 muestra visualmente los resultados y la relación de ambos rankings, estando cada país representado como un punto, ubicado según sus posiciones en las tablas. Para su análisis es necesario seguir el mismo criterio de interpretación que en el subapartado anterior¹⁸. A primera vista se aprecia una relativa dispersión de los puntos por lo que consecuentemente no existe una fuerte correlación entre ambos rankings. No obstante, la tendencia es que los países que ocupan buenos puestos en el ranking según la población ocuparan también buenos puestos en el ranking lexicográfico y viceversa. En otras palabras, existe una relación moderada y positiva como muestra el coeficiente de correlación de Spearman igual a 0.491. En conclusión, el ranking lexicográfico no guarda una relación clara con el tamaño de los países analizados.

Gráfico 2. Diagrama de dispersión de la relación entre el ranking lexicográfico y el ranking según la población



Fuente: Elaboración propia

¹⁸ Los ejes representan las posiciones en los respectivos rankings, por lo que 1 es mejor que 2, 2 mejor que 3 y así sucesivamente.

6. CONCLUSIONES

Este Trabajo de Fin de Grado ha permitido realizar un análisis pormenorizado de los conceptos de ranking y rating dentro del ámbito de la Economía del Deporte, con especial atención a dos sistemas de clasificación concretos: el sistema de rating ELO aplicado en ajedrez y las diversas posibilidades en el ranking del medallero olímpico. A través del estudio teórico, empírico y estadístico se ha puesto de manifiesto la complejidad y relatividad a la hora de medir el rendimiento deportivo, así como la importancia de elegir el sistema adecuado según el contexto competitivo.

En primer lugar, el análisis del sistema ELO ha evidenciado su solidez matemática, lo que le ha permitido adaptarse a diferentes disciplinas más allá del ajedrez. Su base estadística, centrada en la estimación de probabilidades de victoria en función de la diferencia de rendimiento esperado, lo convierte en un modelo eficaz para calcular rankings dinámicos.

En segundo lugar, el estudio del ranking del medallero olímpico ha demostrado que el medallero olímpico, lejos de ser un simple ranking o tabla de resultados, es un sistema complejo en el que las matemáticas nuevamente tienen un papel clave. Además, ha revelado cómo la interpretación de los resultados y del éxito puede variar drásticamente en función del criterio adoptado, es decir, la elección de un modelo u otro para determinar el ranking no es neutra, sino completamente determinante a la hora de obtener unos resultados u otros. Esta diversidad de enfoques refleja que no existe una única manera absoluta y justa de clasificar el rendimiento de los países, sino que cada sistema de ranking responde a valores y objetivos distintos: justicia, eficiencia, proporcionalidad, etc. Es necesario tener presente que cada uno de los sistemas de clasificación del medallero olímpico, presentan importantes limitaciones metodológicas que deben tenerse en cuenta a la hora de interpretarlos y utilizarlos para sacar conclusiones. Es a través de dichas limitaciones como se ha demostrado que el ranking lexicográfico, a pesar de ser el más difundido, no es necesariamente el más justo ni el más informativo.

Por tanto, si bien los diferentes rankings cumplen una función informativa y comparativa, es fundamental no absolutizarlos ni tomarlos como únicos indicadores del éxito

deportivo. Reconocer sus limitaciones y sesgos permite promover un análisis más justo, equilibrado y coherente, por lo que cualquier clasificación debe acompañarse de una reflexión crítica que considere el contexto global y las condiciones particulares de cada país y atleta.

Estos son los motivos por los que se plantea avanzar hacia modelos de clasificación más inclusivos, transparentes y representativos, capaces de reflejar no solo la cantidad de medallas, sino también la eficiencia, la diversidad y la equidad del rendimiento deportivo.

Los distintos análisis de correlación de Spearman realizados entre los rankings muestran, en algunos casos, relaciones fuertes y significativas, mientras que en otros, la correlación es débil o prácticamente inexistente. Esto respalda la idea y conclusión antes mencionada de que cada método de clasificación capta dimensiones diferentes del rendimiento deportivo, y que no son necesariamente equivalentes entre sí.

Asimismo, se ha discutido cómo los rankings y ratings son herramientas interdependientes: los rankings se construyen habitualmente sobre la base de ratings individuales o colectivos, y a su vez estos ratings se ven reforzados por las posiciones obtenidas en los rankings. Esto genera una retroalimentación entre desempeño pasado, expectativas futuras y toma de decisiones (como puede ser el diseño de calendarios, la financiación o la asignación de plazas), lo cual requiere una aplicación rigurosa y transparente de estos sistemas.

En definitiva, este TFG pone de manifiesto que el uso de rankings y ratings en el deporte, aunque aparentemente técnico y objetivo, está condicionado por decisiones metodológicas.

7. BIBLIOGRAFÍA

7.1. Fuentes tradicionales (libros, revistas, artículos, etc.)

- [1] Alejandro Cea Bontá, S. (2016). *Métodos cuantitativos para la generación de rankings de selecciones de futbol y su aplicación a la confección de grupos balanceados en la copa del mundo* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Chile].
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140831/Metodos-cuantitativos-para-la-generacion-de-rankings-de-selecciones-de-futbol-y-su-aplicacion-a-la-confeccion.pdf>
- [2] Benítez, J., Roca, A. (2018). Las matemáticas escondidas en la puntuación Elo del ajedrez. *La Gaceta de la RSME, Volumen* (21), 517-525.
<https://gaceta.rsme.es/abrir.php?id=1467>
- [3] Elo, A. E. (1978). *The Rating of Chessplayers, Past and Present*. B. T. Batsford Limited.
- [4] François Bourg, J. y François Nys, J. (1994). Intereses Complementarios. *TELOS, Volumen* (38). <https://telos.fundaciontelefonica.com/archivo/numero038/intereses-complementarios/?output=pdf>
- [5] García Martínez, P. (2022). *Modelos de prediccion para partidas de élite en ajedrez* [Tesis de Máster, Universidad de Oviedo].
https://digibuo.uniovi.es/dspace/bitstream/handle/10651/64081/TFM_PabloGarciaMartinez.pdf?sequence=4
- [6] García, J. (2019). Deporte y Economía: Una relación peculiar, creativa y beneficiosa para ambas partes. *Papeles de Economía Española, Volumen* (159).
https://www.funcas.es/wp-content/uploads/Migracion/Articulos/FUNCAS_PEE/159art02.pdf
- [7] Glickman, M.E. (6 de enero de 2002). Parameter estimation in large dynamic paired comparison experiments. *Journal of the Royal Statistical Society Series C: Applied Statistics*. <https://www.glicko.net/research/glicko.pdf>

- [8] Heinemann, K. (2001). La repercusión económica del deporte: marco teórico y problemas prácticos. *EFDeportes, Volumen (42)*.
<https://www.efdeportes.com/efd42/econom.htm>
- [9] Karminsky, A., Polozov, A. (2016). *Handbook of ratings: Approaches to Ratings in the economy, Sports, and Society*. (1ª ed.). Springer.
- [10] Mislej, P. (2023). *Sistemas de ranking con aplicaciones a deportes* [Tesis de Licenciatura, Universidad de Buenos Aires].
https://web.dm.uba.ar/files/tesis_lic/2022/Mislej.pdf
- [11] Murillo, C. y Sánchez, J.M. (2023). *Economía del deporte y gestión basada en la evidencia: la visión de los expertos*, (1ª ed.). SEED.
- [12] Polozov, A.A. (2019). Computer model of the Russian team matches at the FIFA world cup Russia 2018. *International Journal of Physical Education, Sports and Health, Volumen (2)*, 35-40. <https://www.kheljournal.com/archives/2019/vol6issue2/PartA/6-1-27-940.pdf>
- [13] Rodríguez, P. (2012). La economía del deporte. *Estudios de Economía Aplicada, Volumen (30)*, 387-417. <https://www.redalyc.org/pdf/301/30124481001.pdf>
- [14] Ryan, J. y Nicholas, J. (12 de agosto de 2024). Why Olympic medal tables don't tell the whole story. *The Guardian*.
- [15] Sánchez Santo, J.M., Castellanos García, P. (2012). La economía del deporte en España: Análisis bibliométrico de una década (2002-2011). *Estudios de Economía Aplicada, Volumen (30)*, 419-440. <http://www.revista-eea.net/volumen.php?Id=78&vol=30&ref=2>
- [16] Stefani, R. (1997). Survey of the major world sports rating systems. *Journal of Applied Statistics, Volumen (24)*, 635-646.
<https://ideas.repec.org/a/taf/japsta/v24y1997i6p635-646.html>
- [17] Yaroslav D. Ssergeyev (2015). The Olympic Medals Ranks, lexicographic ordering and numerical infinities. *The Mathematical Intelligencer, Volumen (37)*, 4-8.

7.2. Referencias Web (documentos online)¹⁹

[18] Ajedrez Fandom. (2024). *Sistema de puntuación Elo*.

https://ajedrez.fandom.com/es/wiki/Sistema_de_puntuaci%C3%B3n_Elo

[19] Anexo: Medallero de los Juegos olímpicos de París 2024. (30 de marzo de 2025).

En Wikipedia.

https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Medallero_de_los_Juegos_Ol%C3%ADmpicos_de_Par%C3%ADs_2024

[20] Anexo: Medallero de los juegos Olímpicos. (26 de abril de 2025). En Wikipedia.

https://es.wikipedia.org/wiki/Anexo:Medallero_de_los_Juegos_Ol%C3%ADmpicos

[21] Consejo Superior de Deportes. (2023). *Presupuestos del CSD en 2023*. Ministerio de Educación, Formación Profesional y Deportes.

<https://www.csd.gob.es/es/presupuestos-del-csd-en-2023>

[22] De Villegas, J. E. y Royo-Letelier, J. (26 de noviembre de 2022). *Clasificación*. En

F. Sauvageot (Ed.), *Images des Mathématiques*. CNRS. Recuperado de

<https://paisajes.matcuer.unam.mx/spip.php?article3354&lang=fr>

[23] EAE Business School. (10 de enero de 2020). *Economía del Deporte | ¿Qué es y*

cómo afecta a la gestión?. <https://www.eae.es/actualidad/noticias/economia-del-deporte-que-es-y-como-afecta-la-gestion>

[24] Gerardo Arias Odón, F. (26 de abril de 2020). ¿Qué es la Economía del Deporte?.

Blogger. [https://fidiasarias.blogspot.com/2020/04/que-es-la-economia-del-deporte-por.html#:~:text=%C2%ABLa%20Econom%C3%ADa%20del%20Deporte%20es,28\)](https://fidiasarias.blogspot.com/2020/04/que-es-la-economia-del-deporte-por.html#:~:text=%C2%ABLa%20Econom%C3%ADa%20del%20Deporte%20es,28)).

https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_puntuaci%C3%B3n_Elo

[25] Juegos Olímpicos de París 2024. (24 de junio de 2025). En Wikipedia.

https://es.wikipedia.org/wiki/Juegos_Ol%C3%ADmpicos_de_Par%C3%ADs_2024#Medallero

¹⁹ Todas las webs citadas estaban activas en el momento de publicación del trabajo.

- [26] Marino, M. (17 de junio de 2024). *El Elo en Ajedrez: El Reconocido Sistema de Rating*. En Ajedrez. <https://enajedrez.com/reglas-del-ajedrez/elo>
- [27] Muñoz, D. (3 de enero de 2025). Como saber mi Elo en ajedrez: guía rápida y herramientas. *Thezugzwangmembers*. <https://thezugzwangmembers.com/como-saber-mi-elo-si-no-tengo-elo/>
- [28] Otto, T. (29 de julio de 2024). *Weird way America is rigging medal tally*. News. <https://www.news.com.au/sport/olympics/weird-way-america-is-rigging-medal-tally-at-olympics/news-story/0a79464d3536d9918894fb75211fe202?>
- [29] Pérez Porto, J. y Gardey, A. (30 de junio de 2020). *Qué es, definición y concepto*. <https://definicion.de/ranking/>
- [30] Ranking. (14 de mayo de 2025). En Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Ranking>
- [31] RedKiwi. (s. f.). *Ranking vs. Rating: Conoce la diferencia*. <https://redkiwiapp.com/es/english-guide/synonyms/ranking-rating>
- [32] Sistema de puntuación Elo. (17 de mayo de 2025). En Wikipedia.
- [33] Sports Rating System. (10 de marzo de 2025). En *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/Sports_rating_system
- [34] Tuggle, C. y Coche R. (9 de enero de 2018). Let's rethink how we determine Olympic successs. CNN. <https://edition.cnn.com/2018/01/06/opinions/olympic-medal-premium-calculations-opinion-tuggle-coche/index.html?>
- [35] Westricher, G. (18 de diciembre de 2020). *Ranking*. <https://economipedia.com/definiciones/ranking.html#:~:text=Los%20rankings%20suelen%20presentar%20un,atletas%20de%20una%20determinada%20disciplina>.
- [36] World Athletics Rankings. (1 de abril de 2025). En *Wikipedia*. https://en.wikipedia.org/wiki/World_Athletics_Rankings

7.3. Bases de Datos

Comité Olímpico Internacional (COI) – www.olympics.com

Olympedia – www.olympedia.org

World Bank Open Data – indicadores de PIB y población <https://data.worldbank.org/>

World Athletics <https://worldathletics.org/>

Datosmacro <https://datosmacro.expansion.com/pib>