



LA FORMACIÓN DE INGENIEROS:
UN COMPROMISO PARA EL
DESARROLLO Y LA SOSTENIBILIDAD

15 al 18
DE SEPTIEMBRE

20
20

www.acofi.edu.co/eiei2020

SIMULACIÓN COMO MÉTODO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE. APLICACIÓN EN PREDICCIONES PARA EVENTOS DEPORTIVOS. CASO DE ESTUDIO: ESTIMACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL MANCHESTER CITY DENTRO DE LA PREMIER LEAGUE PARA LAS TEMPORADAS COMPRENDIDAS ENTRE LA 2020-2021 Y 2023-2024

Óscar M. Gelves, Linda L. Narváez, Laura C. Navarrete, Sebastián F. Parra, Gineth C. Torres

**Universidad Santo Tomás
Bogotá D.C., Colombia**

Resumen

Una de las aplicaciones de la simulación de Montecarlo es la predicción y estimación de posibles resultados de un evento a partir de un grupo de datos históricos sobre el mismo. **Objetivo:** Simular por medio de la metodología de Montecarlo el comportamiento de los resultados de los partidos del Manchester City F.C. entre las temporadas 2020-2021 y 2023-2024 de la Premier League, de acuerdo a los resultados comprendidos entre las temporadas 2014-2015 y 2018-2019, incluyendo los 28 partidos jugados a la fecha en la temporada 2019-2020, cumpliendo con las pruebas de uniformidad e independencia de los números aleatorios utilizados para la simulación. **Metodología:** El estudio es cuantitativo, transversal y exploratorio. Se realizó un registro cuantitativo de las variables de interés (partidos victoriosos, partidos derrotados y partidos empatados) para cada una de las temporadas de interés de la Premier League. La población de estudio está representada por 218 partidos que permitirán la predicción de los resultados de los próximos 152 partidos en la liga inglesa del equipo. **Resultados:** Con los datos arrojados por la simulación se estima que al finalizar la temporada 2020-2021 el Manchester City tendrá un balance en liga de 26 victorias, 5 empates y 7 derrotas con 83 puntos conseguidos (Efectividad del 73%). Para el año siguiente, es decir, la temporada 2021-2022, se esperan unos resultados de 27 victorias, 7 empates y 4 derrotas con un total de 88 puntos conseguidos (Efectividad del

77%). Posteriormente, al cierre de la temporada 2022-2023 se pronostican 26 victorias, 8 empates y 4 derrotas, para un acumulado de 86 puntos (Efectividad del 75%). Y finalmente, en la temporada 2023-2024 se esperan un total de 68 puntos (Efectividad del 60%) representados en 20 victorias, 8 empates y 10 derrotas. Además, se aprueba la hipótesis de que los números aleatorios utilizados pertenecen a una distribución uniforme y son estadísticamente independientes. **Conclusiones:** De acuerdo con la simulación aplicada, el Manchester City no podrá ser campeón en las siguientes 4 temporadas de Premier League, sin embargo, estará en puestos de acceso directo a competiciones europeas, lo cual asegurará un ingreso extra para los socios del club.

Palabras clave: simulación de Montecarlo; partidos de fútbol; simulación educativa

Abstract

*One of the applications of the Monte Carlo simulation is the prediction and estimation of possible results of an event from a group of historical data about it. **Objective:** To simulate the behavior of the results of the matches of Manchester City F.C. using the Monte Carlo methodology between the 2020-2021 and 2023-2024 seasons of the Premier League, according to the results between the 2014-2015 and 2018-2019 seasons, including the 28 games played till the date in the 2019-2020 season, complying with the tests of uniformity and independence of the random numbers used for the simulation. **Methodology:** The study is quantitative, cross-sectional and exploratory. A quantitative record of the variables of interest (victorious matches, defeated matches and tied matches) was made for each of the Premier League seasons of interest. The study population is represented by 218 matches that will allow prediction of the results of the next 152 matches in the team's English league. **Results:** With the data provided by the simulation, it is estimated that at the end of the 2020-2021 season, Manchester City will have a balance in the league of 26 wins, 5 draws and 7 defeats with 83 points achieved (73% effectiveness). For the following year, that is, the 2021-2022 season, results of 27 wins, 7 draws and 4 losses are expected with a total of 88 points achieved (77% effectiveness). Subsequently, at the end of the 2022-2023 season, 26 wins, 8 draws and 4 losses are forecast, for a cumulative 86 points (75% effective). And finally, in the 2023-2024 season a total of 68 points (60% effective) expected in 20 wins, 8 draws and 10 losses are expected. Furthermore, the hypothesis that the random numbers used belong to a uniform distribution and are statistically independent is approved. **Conclusions:** According to the simulation applied, Manchester City won't be able to be champion in the following 4 Premier League seasons, however, the team will be in direct access positions to classify to European competitions, which will ensure extra income for club partners.*

Keywords: Monte Carlo simulation; football games; educational simulation

1. Introducción

Cada año, 49 clubes de fútbol europeos se enfrentan entre sí en una de las ligas más reconocidas del mundo, la Premier League. Esta tiene lugar en Inglaterra y Gales entre los meses de agosto y mayo, reuniendo a una enorme fanaticada del fútbol. La Premier League se celebra desde año

1992 y a pesar del gran número de clubes que han participado en el torneo, sólo 6 han logrado conseguir el trofeo de la liga, estos son el Manchester United, Chelsea, Arsenal, Manchester City, Blackburn Rovers y Leicester City (Premier league official news, stats, results & videos).

Manchester City Football Club (MCFC) es un equipo de fútbol originado en Inglaterra en 1880 por la Iglesia de San Marcos. Su amplia participación y rendimiento en torneos nacionales e internacionales ha logrado posicionarlo entre unos de los mejores clubes del país. Dentro de los torneos más reconocidos en los que participa el club, se encuentra la Premier League, torneo en el que participa desde el año 1992, fecha de la fundación del mismo. En su trayectoria se han registrado 876 partidos jugados, en los cuales ha obtenido 409 victorias, 199 empates y 268 derrotas. Por otro lado, ha generado 1442 goles a favor y recibido 1006 goles en contra, lo que equivale a una diferencia de 436 goles, y una puntuación de 1426. MCFC se ha coronado campeón de la Premier League en 5 ocasiones, correspondientes a las temporadas 2011-2012 / 2013-2014 / 2017-2018 / 2018-2019 (Manchester City FC - official website).

En cada una de las temporadas de liga, se denota una variación del rendimiento de cada uno de los equipos, lo cual repercute directamente en los resultados generales (Premier league official news, stats, results & videos.). Lo anterior genera el interés por plantear un proyecto de investigación que pretende tomar la información de cada uno de los partidos de MCFC entre las temporadas 2014-2015 y 2018-2019, incluyendo los 28 partidos jugados en la temporada 2019-2020 que se suspendió debido a la emergencia sanitaria global generada por el COVID-19, para posteriormente realizar una simulación de los posibles comportamientos que el club pueda tener en los partidos comprendidos entre las temporadas 2020-2021 y 2023-2024 de la Premier League. Dicha simulación se ejecuta con la metodología de Montecarlo y además se cumple con las pruebas de independencia y uniformidad para los números aleatorios planteados en la simulación. Dichos resultados se verán reflejados en este artículo y a su vez plasmará cómo la simulación puede ser un método de enseñanza y aprendizaje que se puede aplicar en predicciones de situaciones reales y cotidianas.

2. Marco Teórico

2.1. Simulación de Montecarlo

La simulación busca desarrollar un modelo lógico-matemático de un sistema, buscando predecir, e imitar a través del tiempo el comportamiento de los involucrados en un proceso, para esto se buscan datos históricos que puedan generar una historia artificial con posibilidades de adecuación y observación, permitiendo inferir características del sistema y lograr una representación de la realidad (Azofeifa Z., 2004). La Simulación de Montecarlo, permite simular el comportamiento de las variables de un problema que va a ser analizado, se utiliza cuando existe incertidumbre en el comportamiento y los efectos en la variable dependiente, esta simulación se apoya en muestreos de números pseudoaleatorios generados por una computadora, y se aplica a problemas que sean estocástico o determinísticos (Salazar Jiménez et al., 2018). Para esta simulación se establecen distribuciones de probabilidad, la probabilidad acumulada, e intervalos de números aleatorios; posteriormente se generan sobre el conjunto de números pseudoaleatorios pruebas de uniformidad e independencia. (García Dunna et al., 2015).

2.2. Pruebas de uniformidad e independencia de números aleatorios

Para verificar que los números aleatorios son adecuados para una simulación, es importante que identificar si estos son uniformes e independientes. Existen diferentes tipos de pruebas que permiten verificar esto, en el caso de la uniformidad, se encuentran las pruebas de promedio y chi-cuadrada; según García Dunna et al. (2015) la primera de estas comprueba que los números generados tengan una media estadísticamente igual a 0.5, para esto se plantean dos hipótesis, posteriormente se saca el promedio, y se comparan con el límite superior e inferior a 0.5, teniendo en cuenta además una aceptación del $1-\alpha$; cabe resaltar que las hipótesis se aprueban o rechazan teniendo en cuenta un estadístico $Z_{\alpha/2}$ determinado por la tabla de distribución normal. A continuación, las ecuaciones necesarias:

$$\begin{aligned} H_0: \mu_{ri} &= 0.5 \\ H_1: \mu_{ri} &\neq 0.5 \end{aligned} \quad \bar{r} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n r_i \quad (1) \quad Z_0 = \frac{(\bar{r} - \frac{1}{2})\sqrt{N}}{\sqrt{\frac{1}{2}}} \quad (2)$$

Por otro lado, para García Dunna et al. (2015), la prueba chi-cuadrada busca determinar si los números del conjunto se distribuyen uniformemente en el intervalo de 0 a 1; inicialmente los números se dividen en intervalos, para así determinar la frecuencia esperada (FE), y la frecuencia observada (FO), además de un estadístico de prueba, el cual se compara con la tabla de la distribución chi-cuadrada con $n-1$ grados de libertad. Si el valor del estadístico es menor al arrojado por la tabla, se rechaza la uniformidad de los números aleatorios. A continuación, se presenta la ecuación del estadístico de prueba:

$$X_0^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(Fe_i - Fo_i)^2}{Fe_i} \quad (3)$$

Según García Dunna et al. (2015) para probar la independencia existe la prueba de corridas de arriba y abajo, para realizar esta prueba es necesario ordenar los números de menor a mayor, y determinar si los números son menores o mayores a 0,5; de acuerdo con esto se realiza una secuencia de unos y ceros; posteriormente se observan las corridas de 0 y de 1. Con los datos anteriores se calcula el valor esperado, la varianza del número de corridas y el estadístico, este último se compara con la tabla de la distribución normal, si Z_o es mayor que $Z_{\alpha/2}$, se determina que los números no son independientes. A continuación, las ecuaciones que se deben utilizar:

$$\mu_{Co} = \frac{2n-1}{3} \quad (4) \quad \sigma_{Co} = \frac{16n-29}{90} \quad (5) \quad Z_o = \left| \frac{Co - \mu_{Co}}{\sigma_{Co}} \right| \quad (6)$$

3. Metodología

3.1. Población y muestra

Para la selección de la población potencial en la simulación, se seleccionó al Manchester City Football Club y el comportamiento de cada uno de los 38 partidos jugados en cada una de las 5 temporadas pasadas de la Premier League, es decir, temporadas 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019, incluyendo los 28 partidos jugados en la temporada 2019-2020 que se suspendió hasta el 17 de junio del presente año debido a la emergencia sanitaria global generada por el COVID-19. Como resultado, la población de estudio está representada

por 218 partidos.

3.2. Diseño del estudio

El presente estudio es cuantitativo, transversal y exploratorio. Se realizó un registro cuantitativo de las variables de interés (partidos victoriosos, partidos derrotados y partidos empatados) para cada una de las temporadas de interés de la Premier League.

3.3. Procedimiento

Se realiza la búsqueda y documentación de los resultados obtenidos por el Manchester City Football Club en la Premier League durante las temporadas 2014-2015, 2015-2016, 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019 y los 28 partidos jugados correspondientes a la actual temporada 2019-2020 (suspendida hasta el 17 de junio). Al documentar los datos se tiene en cuenta si los partidos han sido jugados como local o visitante, con el fin de realizar la simulación de la misma manera y obtener datos más precisos. Una vez registrados estos valores, se procede a simular los resultados esperados del Manchester City en la liga inglesa durante las temporadas 2020-2021, 2021-2022, 2022-2023 y 2023-2024, es decir, los próximos 152 partidos de liga.

4. Resultados

4.1. Resultados del club en temporadas anteriores

De acuerdo a los resultados de los 218 partidos de fútbol del Manchester City F.C. en la Premier League, correspondientes a las temporadas 2014-2015, 2015-2017, 2016-2017, 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019, incluyendo los 28 partidos jugados en la temporada 2019-2020, se obtiene dos tablas resumen correspondientes a los partidos locales y visitantes, representadas a continuación:

Tabla I. Resumen de resultados de los partidos locales.

Local				
		Intervalos		
	# Observaciones	Probabilidad	Inferior	Superior
Victoria	80	74,07%	0,00%	74,07%
Empate	16	14,81%	74,07%	88,89%
Derrota	12	11,11%	88,89%	100,00%

Tabla II. Resumen de resultados de los partidos de visitante.

Visitante				
# Observaciones	Probabilidad	Intervalos		
		Inferior	Superior	
Victoria	68	61,82%	0,00%	61,82%
Empate	18	16,36%	61,82%	78,18%
Derrota	24	21,82%	78,18%	100,00%

En la Tabla I, se evidencia que el número de partidos que el Manchester F.C. jugó de local fue de 108, en donde el 74,07% representó una victoria, el 14,81% un empate y el 11,11% derrota. En la Tabla II, se evidencia que el número de partidos que el Manchester F.C. jugó de visitante fue de 110, en donde el 61,82% representó una victoria, el 16,36 % un empate y el 21,82% derrota.

4.2. Simulación de las próximas temporadas en la Premier League del MCFC.

Para la simulación, se generan 38 números aleatorios para cada temporada, los cuales corresponden a los 38 partidos de liga, discriminando los partidos por aquellos jugados de local y visitante. A partir de los números aleatorios y de los intervalos hallados en las Tablas I y II, se determina el resultado del partido, el cual puede ser victoria (V), empate (E) o derrota (D), asimismo el recuento de los puntos que se obtendrán (PO) conforme a los resultados. A continuación, se evidencia las tablas resumen de los resultados de la simulación.

Tabla III. Resultados de la simulación de las próximas temporadas del MCFC.

2020 - 2021								2021 - 2022								2022 - 2023								2023 - 2024											
Local				Visitante				PO	Local				Visitante				PO	Local				Visitante				PO	Local				Visitante				PO
V	E	D	V	E	D	V	E		D	V	E	D	V	E	D	V		E	D	V	E	D	V	E	D		V	E	D						
14	3	2	12	2	5	83	16	2	1	11	5	3	88	15	3	1	11	5	3	86	13	5	1	7	3	9	68								

De acuerdo con la Tabla III, se evidencia que para la temporada 2020-2021 el club podría obtener 26 partidos victoriosos, 5 partidos empatados y 7 derrotados, generando una puntuación de 83. Para la temporada 2021-2022, se obtendrán 17 victorias, 7 empates y 4 derrotas, con 88 puntos. Para la siguiente temporada, se alcanzarán 26 victorias, 8 empates y 4 derrotas, con 86 puntos. En la última temporada se logrará obtener 20, 8 y 10, victorias, empates y derrotas respectivamente, lo que equivale a una puntuación de 68.

4.3. Pruebas de uniformidad para los números aleatorios de la simulación.

Para comprobar la uniformidad de los números aleatorios utilizados en la simulación de las temporadas de interés, se realizaron las pruebas de promedio y chi-cuadrada. En la prueba de promedios a los números aleatorios de la simulación. En la Tabla IV se puede observar el promedio de los números aleatorios, valor estadístico (Z_0), nivel de confianza y valor crítico (Z). Además, se evidencia que en ninguno de los casos el valor estadístico (Z_0) es mayor al valor crítico (Z), lo que refiere que se cumple la uniformidad de los números aleatorios.

Tabla IV. Resultados de pruebas de promedios.

Temporada	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024
Promedio	0,51	0,45	0,47	0,53
Total aleatorios	38,00	38,00	38,00	38,00
Z₀	0,28	0,88	0,61	0,75
Nivel de confianza	95%	95%	95%	95%
Z	1,96	1,96	1,96	1,96

En cuanto a la prueba de chi cuadrado, para fijar la frecuencia esperada (FE) se estableció en cada grupo de números aleatorios un $n=2$, lo que a su vez se toma como el número de intervalos que tendrá la prueba; de acuerdo con esto la FE está dada por la división de la cantidad de los números aleatorios de cada grupo ($N=38$) entre los intervalos estipulados, resultando una $FE=19$. Luego, se estimó la frecuencia observada (FO) para calcular el estadístico de prueba (X^2_0), donde se evidenció que los respectivos a cada liga son menores al valor crítico ($X^2_{n-1,\alpha}$), por lo tanto se cumple la uniformidad de los números aleatorios.

4.4. Prueba de independencia para los números aleatorios de la simulación.

Para determinar la independencia de los números aleatorios utilizados en la simulación, se realizó la prueba de corridas arriba-abajo, obteniendo:

Tabla V. Resultados de pruebas de corrida arriba-abajo.

Temporada	2020-2021	2021-2022	2022-2023	2023-2024
Valor esperado (μ_0)	25	25	25	25
Varianza (σ^2)	6,43	6,43	6,43	6,43
Desviación estándar (σ)	2,53	2,53	2,53	2,53
Valor estadístico (Z_0)	1,57	9,85	9,85	9,85

En la Tabla V, se evidencia los valores estadísticos (Z_0) encontrados para cada una de las temporadas de la simulación, con lo que se puede corroborar la independencia de los números aleatorios ya que son inferiores al valor crítico estipulado ($Z=1,96$).

5. Conclusiones

La siguiente tabla muestra los pronósticos obtenidos durante las temporadas de estudio:

Tabla VI. Resumen de los resultados obtenidos por el Manchester City.

Temporada	Victorias	Empates	Derrotas	Puntos	Efectividad
2020 – 2021	26	5	7	83	73%
2021 – 2022	26	8	4	88	77%
2022 – 2023	27	6	5	86	75%
2023 – 2024	20	8	10	68	60%

Tomando en cuenta que el promedio de puntos que ha necesitado un equipo inglés para ser campeón de liga desde el uso del formato actual ha sido de 87, se concluiría que el MCFC aspira a ser campeón en 2 temporadas. Sin embargo, desde la llegada de Pep Guardiola al banquillo del MCFC en el verano de 2016, este promedio de puntos ha aumentado a 97 (efectividad del 85%), sin tener en cuenta que en la actual temporada el Liverpool lleva 82 puntos de 87 posibles (94,2% de efectividad). Según este aumento en la competitividad de la Premier League, se concluye que el MCFC no será campeón de ninguna de las temporadas simuladas. Por otra parte, el Manchester City no tendrá problemas para poder competir en la Champions League en ninguna temporada simulada, pues el promedio de puntos necesario para esto, tomando las 27 ligas jugadas con el formato actual, es de 73. Este dato es primordial para los socios del club ya que desde la temporada 2018–2019 la UEFA implantó un sistema de ganancias en el que los equipos participantes se aseguran 15,25M€. Además, el rendimiento que demuestre el MCFC durante esta competición podría hacer que las ganancias aumenten. También existen otros beneficios que convierten a esta competición en un medio deseado para los dueños y socios de los clubes más importantes de Europa.

6. Referencias

- Azofeifa Z., C. (2004). Aplicación de la Simulación Monte Carlo en el cálculo del riesgo usando Excel. Tecnología En Marcha, Vol. 17, No. 1, pp. 97–109.
- Salazar Jiménez, E. J., Alexander, W., & Castro, A. (2018). Aplicación de la simulación Monte Carlo en la proyección del estado de resultados. Un estudio de caso. Revista Espacios, Vol. 39, No. 55, pp. 11-19.
- Garcia Dunna, E., García Reyes, H., & Cárdenas Barron, L. D. (2013). Simulación y análisis de sistemas con ProModel. Pearson Educación de México, Naucalpan de Juárez, pp.2-41.
- Manchester City FC- official website. (2020). Consultado el 9 de abril de 2020 en <https://www.mancity.com/>
- Premier league official news, stats, results & videos. (2020). Consultado el 9 de abril de 2020 en <https://www.premierleague.com/home>

Sobre los autores

- **Óscar M. Gelves:** Ingeniero Industrial, Máster en Ingeniería de Dirección Industrial. Profesor titular. oscargelves@usantotomas.edu.co
- **Linda L. Narváez:** Estudiante de Ingeniería Industrial, Universidad Santo Tomás. Email: lindanarvaez@usantotomas.edu.co
- **Laura C. Navarrete:** Estudiante de Ingeniería Industrial, Universidad Santo Tomás. Email: lauranavarrete@usantotomas.edu.co
- **Sebastián F. Parra:** Estudiante de Ingeniería Industrial, Universidad Santo Tomás. Email: sebastianparrap@usantotomas.edu.co
- **Gineth C. Torres:** Estudiante de Ingeniería Industrial, Universidad Santo Tomás. Email: ginethtorres@usantotomas.edu.co

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2020 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)