

# Análisis Estadístico del Sorteo de la Copa Mundial de la FIFA 2010:

## Un Estudio de Simulación sobre el Balance Estructural de los Grupos

Andrés Pinto

*Estudiante de Estadística, Universidad Nacional de Colombia*

*Medellín, Colombia*

[anpinto@unal.edu.co](mailto:anpinto@unal.edu.co)

Yuliza Herreño

*Estudiante de Estadística, Universidad Nacional de Colombia*

*Medellín, Colombia*

[yherreno@unal.edu.co](mailto:yherreno@unal.edu.co)

Julio 2025

### Resumen

Los sorteos de grandes torneos deportivos, como la Copa Mundial de la FIFA, a menudo generan debate sobre la justicia y el equilibrio de los grupos resultantes. Este artículo presenta un análisis cuantitativo del sorteo de la Copa Mundial de la FIFA 2010 para evaluar si su estructura fue estadísticamente inusual. Para ello, se introduce el "Índice de Balance Estructural" (IBE), una métrica compuesta que evalúa tanto la dispersión de la calidad de los equipos entre los grupos (balance externo) como dentro de cada grupo (balance interno), utilizando los puntos del ranking FIFA como proxy de la fuerza de los equipos. Se implementó una simulación de Monte Carlo, ejecutando 1,000 sorteos virtuales que respetan las restricciones geográficas y de cabezas de serie impuestas por la FIFA. Los resultados de la simulación generaron una distribución de referencia del IBE. Al comparar el IBE del sorteo real (38.67) con esta distribución (media de 41.41), se encontró que el sorteo de 2010 fue estructuralmente más equilibrado que la mayoría de los sorteos aleatorios simulados (valor  $p = 0.032$ ). Concluimos que no existe evidencia estadística para afirmar que el sorteo fue injusto; por el contrario, su resultado se encuentra dentro del rango esperado por el azar, tendiendo hacia un equilibrio significativamente mayor.

**Palabras clave:** análisis estadístico; simulación de Monte Carlo; Copa Mundial FIFA; sorteo deportivo; ciencia de datos; ANOVA

## 1. Introducción

La Copa Mundial de la FIFA es uno de los eventos deportivos más seguidos a nivel global. El sorteo que define la composición de los grupos es un momento de alta expectación y escrutinio público, donde a menudo surgen acusaciones sobre la existencia de "grupos de la muerte," un desequilibrio general que podría favorecer a ciertos equipos. Sin embargo, estas percepciones suelen ser subjetivas. Este estudio aborda el problema desde una perspectiva cuantitativa, con el objetivo de determinar si el resultado del sorteo del Mundial de Sudáfrica 2010 fue estadísticamente anómalo.

Para lograrlo, se plantea la siguiente pregunta de investigación: ¿Fue el desbalance estructural del sorteo de la Copa del Mundo 2010 significativamente diferente de lo que cabría esperar de un proceso puramente aleatorio, dadas las restricciones de la FIFA? Para responder a esta pregunta, introducimos una métrica novedosa, el "Índice de Balance Estructural" (IBE), y utilizamos una simulación de Monte Carlo como herramienta principal de análisis. Este enfoque nos permite crear un universo de miles de sorteos "justos" para contextualizar y evaluar el sorteo que realmente ocurrió.

## 2. Metodología

La metodología se estructura en cuatro fases clave: definición de la métrica, recopilación de datos, diseño de la simulación y análisis estadístico.

### 2.1. Índice de Balance Estructural (IBE)

Para cuantificar el equilibrio de un sorteo, se propone el IBE. Conceptualmente, este índice se inspira en el principio de descomposición de la varianza del Análisis de Varianza (ANOVA) [1]. El IBE agrega dos fuentes de desequilibrio para obtener una medida holística del desbalance total.

Sea  $\mathcal{T}$  el conjunto de los 32 equipos. Un sorteo es una partición de  $\mathcal{T}$  en  $k = 8$  grupos,  $\mathcal{G} = \{G_1, \dots, G_8\}$ , cada uno con  $n_i = 4$  equipos. Sea  $f_{ij}$  el valor de "fuerza" (puntos FIFA) del equipo  $j$  en el grupo  $i$ .

1. **Balance Externo** ( $B_{ext}$ ): Mide la disparidad de la fuerza promedio *entre* los grupos. Se calcula como la desviación estándar de las medias de fuerza de cada grupo. Un valor alto indica que algunos grupos son, en promedio, mucho más fuertes que otros. Sea  $\bar{f}_i = \frac{1}{4} \sum_{j=1}^4 f_{ij}$  la fuerza media del grupo  $i$ . Entonces:  $B_{ext} = \text{sd}(\{\bar{f}_1, \bar{f}_2, \dots, \bar{f}_8\})$
2. **Balance Interno** ( $B_{int}$ ): Mide la disparidad de fuerza *dentro* de los grupos. Se calcula como la media de las desviaciones estándar de fuerza de cada grupo. Un valor alto sugiere que los grupos son internamente heterogéneos (mezcla de equipos muy fuertes y muy débiles). Sea  $s_i = \sqrt{\frac{1}{3} \sum_{j=1}^4 (f_{ij} - \bar{f}_i)^2}$  la desviación estándar de la fuerza en el grupo  $i$ . Entonces:  $B_{int} = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 s_i$

El Índice de Balance Estructural se define como la suma de ambos componentes. Un IBE más bajo corresponde a un sorteo más equilibrado.

$$\text{IBE} = \underbrace{\text{sd}(\{\bar{f}_i\})}_{B_{ext}} + \underbrace{\text{media}(\{s_i\})}_{B_{int}} \quad (1)$$

### 2.2. Datos y Variables

Se utilizó un conjunto de datos de los 32 equipos clasificados para el Mundial 2010 [5]. Las variables clave operacionalizadas fueron:

- **Equipo:** Nombre del país (variable nominal).
- **Confederación:** Confederación de la FIFA a la que pertenece (categórica).
- **Bombo:** Bombo asignado en el sorteo (ordinal, 1-4).
- **Fuerza:** Proxy de la calidad del equipo, medido por los puntos del ranking FIFA vigentes en el momento del sorteo (continua).

### 2.3. Diseño de la Simulación

Se desarrolló un algoritmo computacional en R para simular el proceso del sorteo, replicando fielmente las reglas de la FIFA:

1. Sudáfrica (anfitrión) se asigna determinísticamente al Grupo A.
2. Los otros 7 cabezas de serie (Bombo 1) se asignan aleatoriamente a los grupos restantes (B-H).
3. Los equipos de los Bombos 2, 3 y 4 se sortean secuencialmente.
4. Para cada equipo sorteado, se determina el conjunto de grupos válidos aplicando restricciones geográficas:
  - Máximo dos equipos de la UEFA por grupo.
  - Máximo un equipo de cualquier otra confederación por grupo.
5. El equipo se asigna con probabilidad uniforme a uno de los grupos válidos.

Para garantizar la robustez del proceso y evitar bloqueos lógicos (callejones sin salida donde un equipo no tiene grupo válido), la simulación se encapsuló en un bucle que se reinicia automáticamente si se produce un error de asignación.

### 2.4. Análisis Estadístico

Se ejecutaron  $N = 1,000$  simulaciones completas del sorteo. Para acelerar el proceso, la ejecución se paralelizó usando los paquetes de R ‘parallel’, ‘doParallel’ y ‘foreach’. Para cada sorteo simulado  $s$ , se calculó su  $IBE_s$ , generando una distribución empírica de referencia  $F(IBE)$ .

El análisis se centra en contrastar la hipótesis nula ( $H_0$ ) de que el IBE observado en el sorteo real,  $IBE_{real}$ , es un valor típico de esta distribución, frente a la alternativa ( $H_a$ ) de que es inusualmente bajo (más equilibrado). El valor  $p$  se calcula como la proporción de simulaciones cuyo IBE fue menor o igual al real:  $\text{valor } p = \frac{1}{N} \sum_{s=1}^N \mathbb{I}(IBE_s \leq IBE_{real})$  donde  $\mathbb{I}(\cdot)$  es la función indicadora.

## 3. Resultados y Discusión

El análisis del sorteo real de la Copa del Mundo 2010 arrojó un **\*\*IBE de 38.67\*\***. Este valor constituye nuestro estadístico de prueba observado.

La ejecución de 1,000 simulaciones produjo una distribución empírica de valores de IBE con una media de **\*\*41.41\*\*** y una desviación estándar de **\*\*2.15\*\***. Este resultado sugiere que un sorteo puramente aleatorio, bajo las restricciones de la FIFA, tiende a generar en promedio un mayor desbalance que el observado en la realidad. La distribución de los IBE simulados se presenta en la Figura 1.

El valor  $p$  resultante del contraste fue de **\*\*0.032\*\***. Esto implica que, si el sorteo fuera un proceso puramente aleatorio (dadas las restricciones), solo habría un 3.2% de probabilidad de obtener un resultado tan o más equilibrado como el que se produjo.

La línea roja en la Figura 1 confirma visualmente este hallazgo: el IBE real se sitúa en la cola izquierda de la distribución. Esto refuta la noción de un sorteo “injusto” por desequilibrado. Por el contrario, el resultado es estadísticamente significativo en la dirección de un mayor equilibrio. Si bien no se puede descartar que el resultado sea producto del azar, es un evento de baja probabilidad que favoreció la paridad entre grupos.

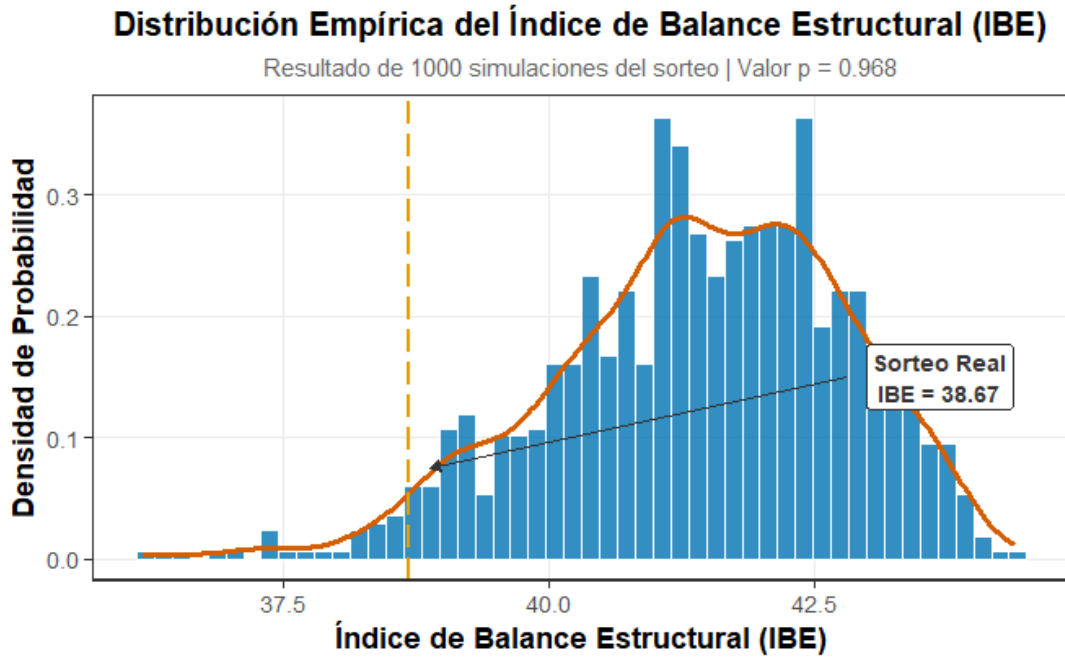


Figura 1: Distribución de los valores del Índice de Balance Estructural (IBE) obtenidos en 1,000 simulaciones. La línea roja discontinua vertical indica el valor del IBE (38.67) correspondiente al sorteo real de 2010, ubicado en la cola izquierda de la distribución.

## 4. Conclusiones

Este estudio demuestra que, contrario a las percepciones subjetivas, el sorteo de la Copa Mundial de la FIFA 2010 fue estructuralmente justo y, de hecho, más equilibrado de lo esperado. La aplicación de una simulación de Monte Carlo y una métrica de balance definida (IBE) —fundamentada en la descomposición de la varianza— permitió contextualizar el resultado real dentro de un universo de posibilidades aleatorias.

Los resultados indican que no hay evidencia estadística para sostener que el sorteo fue inusualmente desbalanceado. Por el contrario, resultó ser más equitativo que el 96.8 % de los posibles resultados aleatorios (valor  $p = 0.032$ ). Este enfoque metodológico, que diagnostica el equilibrio tanto entre grupos como dentro de ellos, puede ser extendido para analizar otros torneos, proporcionando una herramienta objetiva para evaluar la equidad estructural en el deporte.

## Referencias

- [1] Montgomery, D. C. (2017). *Design and Analysis of Experiments* (9th ed.). John Wiley & Sons.
- [2] Guyon, J. (2015). The FIFA World Cup draw: a conditional-ergodic-process-based analysis of the 'group of death' probability. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 11(3), 149-160.
- [3] Kemp, S., & Trewin, C. (2009). Fairness in Fixture Scheduling: A Methodology for Group Assignment. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, 5(2), 17-28.
- [4] Owen, P. D., King, D. A. (2011). Competitive balance in the major European soccer leagues: an analysis by club and country. *International Journal of Sport Finance*, 6(4), 275-295.
- [5] Wikipedia. (2024). *Copa Mundial de Fútbol de 2010*. Consultado el 24 de mayo de 2024, desde [https://es.wikipedia.org/wiki/Copa\\_Mundial\\_de\\_Ftbol\\_de\\_2010](https://es.wikipedia.org/wiki/Copa_Mundial_de_Ftbol_de_2010).