

## Capítulo 2

# Práctica de simulación de Monte Carlo para generar lanzamientos de tiro al blanco simulados

*Monte Carlo simulation practice to generate  
simulated target shooting shots*

Mario Julián Cañon Ayala

Correo electrónico: [mcanon@poligran.edu.co](mailto:mcanon@poligran.edu.co)  
Institución Universitaria Politécnico Grancolombiano

### Resumen

La simulación es una herramienta de la ingeniería industrial que permite crear representaciones aleatorias de modelos físicos y electrónicos que ayudan a tomar decisiones fuera del ambiente real ya que resultaría costoso experimentar. Para generar estas representaciones aleatorias se requiere conocer la aplicación de las distribuciones de probabilidad acumuladas e inversa que tienen fundamento en el análisis de los datos de entrada. En esta práctica de laboratorio se propone simular la puntuación obtenida en un tiro al blanco en la que se requiere una toma de datos junto con la creación de las distribuciones de probabilidad acumulada e inversa del jugador. Luego, se crearán simulaciones de tiro a partir de lanzamientos simulados por medio de simulaciones de Monte Carlo. Como resultado de la práctica, se espera que los estudiantes apliquen los conceptos de probabilidad acumulada, transformada inversa y creación de observaciones discretas simuladas a partir de datos de una experiencia real. Con esta práctica, el estudiante de ingeniería industrial conocerá el proceso de simulación de un sistema físico desde la toma de datos, pasando por el análisis y la simulación, que es el proceso resumido de simulación de cualquier proceso físico o electrónico.

**Palabras clave:** análisis de datos, distribución acumulada de probabilidad, simulación de Monte Carlo, transformada inversa de probabilidad.

## Abstract

Simulation is a tool in industrial engineering that allows the creation of random representations of physical and electronic models, aiding decision-making outside the real decision-making environment where experimentation can be costly. To generate these random representations, it is necessary to understand the application of cumulative and inverse probability distributions, which are based on the analysis of input data. In this lab practice, we propose simulating the score obtained in a target shooting scenario, which requires data collection along with the creation of the player's cumulative and inverse probability distributions. Then, shooting simulations will be created using simulated shots through Monte Carlo simulations. As a result of this practice, students are expected to apply concepts of cumulative probability, inverse transform, and the creation of discrete simulated observations from real experience data. Through this practice, the industrial engineering student will become familiar with the simulation process of a physical system, from data collection through analysis and simulation, which is the summarized process of simulating any physical or electronic process.

**Keywords:** data analysis, cumulative probability distribution, Monte Carlo simulation, inverse probability transform.

## Introducción

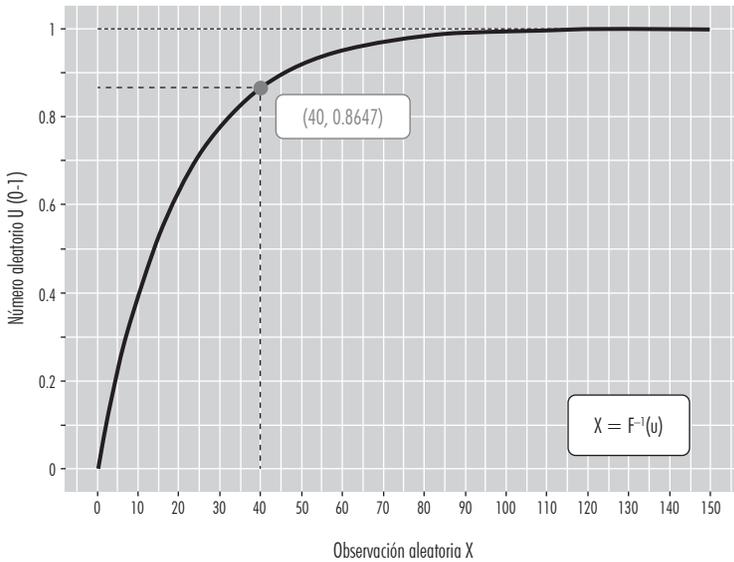
La simulación es una herramienta de la ingeniería que permite representar el comportamiento operacional de un sistema para aplicar cambios artificiales. Esta metodología se basa en un modelo del sistema que relaciona las entradas y las salidas del sistema, asumiendo condiciones en forma matemática, lógica y de interacción entre las entidades del sistema. Una de las metodologías utilizadas para representar eventos discretos en un sistema son las simulaciones de Monte Carlo.

La simulación se puede crear a partir de modelos físicos como las plantas piloto y los modelos matemáticos que pueden ser determinísticos y estocásticos. Dentro de los modelos estocásticos (probabilísticos) se encuentran los modelos de simulación de tiempo discreto. Estas simulaciones representan eventos aleatorios independientes, como la llegada de un paciente a urgencias de un hospital, que depende de su condición de

salud más que de los demás pacientes. La naturaleza discreta de estas simulaciones pasa de la simulación manual a eventos que son fáciles de implementar en ambientes digitales. Este tipo de simulaciones no solo pueden simular eventos discretos, sino que también pueden discretizar eventos continuos como niveles en tanques de líquidos y variables físicas como altura y peso.

Las simulaciones de Monte Carlo representan el comportamiento de un sistema en un tiempo específico y se pueden categorizar como simulaciones estáticas. Esta metodología fue desarrollada en la Segunda Guerra Mundial y aplicada al desarrollo de la bomba atómica. En las aproximaciones civiles, las simulaciones de Monte Carlo se han aplicado en modelos financieros, de manufactura, de logística, de distribución eléctrica, atención al cliente, líneas de espera, ciencias ambientales, control de calidad, entre otras.

El comportamiento del sistema depende solo de ese punto de tiempo, como el lanzamiento de una moneda donde obtener cara no depende del lanzamiento de un tiempo anterior. No obstante, las simulaciones de eventos discretos independientes pueden generar una salida conjunta. Ese es el caso de pensar en simular el lanzamiento de una moneda durante 10 ocasiones y ganar \$ 1000 por cada cara y \$ 0 por cada sello, por lo tanto, se tendría una ganancia que depende de la cantidad de caras obtenidas. Estas simulaciones dependen de las probabilidades de ocurrencia de cada evento que se obtienen del comportamiento real del sistema. Por ejemplo, una ventanilla de un aeropuerto puede recibir entre *cero* y *n* personas, y cada cantidad tiene una probabilidad de ocurrencia entre el 0 % y 100 %.



**Figura 1.** Transformada inversa

La distribución de probabilidad inversa es una función que permite pasar de aleatorios uniformes  $U$  entre 0 y 1, que representan probabilidades acumuladas de una variable, a valores de la variable  $X$  que queremos simular. Por ejemplo, un dado de 6 caras tiene probabilidades de  $1/6$  por cara, y la distribución acumulada puede arrojar un aleatorio uniforme entre 0 y 1 que pueda corresponder a una de las caras, con lo cual, se pueden generar lanzamientos de dado simulados a partir de aleatorios uniformes entre 0 y 1. Los generadores de números aleatorios representan el fundamento de las simulaciones de Monte Carlo y la distribución de probabilidad inversa es la encargada de utilizar los aleatorios uniformes para generar una observación simulada a partir de la distribución de probabilidad acumulada. En esta práctica de laboratorio aprenderemos a aplicar este proceso de simulación a partir de una toma de datos de un sistema real para generar observaciones simuladas.

Esta actividad permitirá conocer el proceso de simulación de eventos discretos que es fácil de implementar en escenarios de producción y

servicios, y complementarán el aprendizaje en el campo del modelado y simulación en ingeniería industrial. En esta actividad se simulará el puntaje obtenido en un juego de tiro al blanco a partir de la recolección de datos, el histograma, la distribución de probabilidad acumulada, la transformada inversa para, finalmente, generar lanzamientos simulados de acuerdo con la precisión del jugador.

## Objetivos de aprendizaje

- Realizar análisis de datos mediante las distribuciones de densidad de probabilidad y probabilidad acumulada.
- Implementar una distribución de probabilidad inversa para generar datos simulados.

## Desarrollo

Esta práctica debe ser realizada en grupos de entre dos y cinco personas que utilizarán un tiro al blanco de círculos que tenga puntuaciones entre uno y diez por lanzamientos con dardos (ver figura 2). Adicionalmente, se requiere un computador con Word y Excel.



**Figura 2.** Tiro al blanco circular de 10 puntos

Fuente: <https://www.freepik.es/>

Una vez conformados los grupos, se deben realizar las siguientes actividades:

- El grupo debe seleccionar dos personas para que realicen cinco lanzamientos de tiro al blanco cada uno. Los jugadores se alternarán cada tres lanzamientos y las puntuaciones deben ser consignados en una tabla como la siguiente:

**Tabla 1.** Tabla de datos

| Lanzamiento | Puntuación jugador 1 (0-10) | Puntuación jugador 2 (0-10) |
|-------------|-----------------------------|-----------------------------|
| 1           |                             |                             |
| 2           |                             |                             |
| ...         |                             |                             |
| 50          |                             |                             |

- Calcular el promedio y la desviación del puntaje de lanzamiento de cada jugador utilizando los datos recolectados. Según estos indicadores, ¿cuál es el mejor jugador y por qué?
- Realice una distribución de frecuencias de las puntuaciones obtenidas y calcule las frecuencias relativas simple y acumulada por cada jugador.
- Realice los histogramas de las puntuaciones de los jugadores y analice su comportamiento.
- Investigue lo que es la distribución inversa en simulación. No se olvide citar los textos utilizados.
- Considerando el punto anterior, realice la distribución inversa para cada jugador que permita obtener puntuaciones por lanzamiento a partir de números aleatorios uniformes.
- Cree una hoja de cálculo en la que realice una partida simulada de cincuenta lanzamientos entre el jugador 1 y el jugador 2. Calcule la puntuación total de cada jugador.

- Con la hoja de cálculo anterior realice cien partidas y determine el porcentaje de partidas ganadas por cada jugador.
- Sí el jugador que ganó menos partidas mejora en un punto sus lanzamientos, a excepción de cuando obtenga diez puntos, ¿podría tener un porcentaje de partidas ganadas superior al otro jugador? Realice cien nuevas partidas para probar esta afirmación.

### Producto esperado

Los grupos deben entregar un informe en el que coloquen las respuestas y la justificación para cada numeral del desarrollo adjuntando las hojas de cálculo utilizadas.

### Requerimientos técnicos para los inscritos

- Es importante que los estudiantes tengan los libros guía disponibles para consultar en el aula evitando el uso de fuentes que puedan tener errores.
- Los estudiantes deben tener un manejo básico de Excel y conocer la manera de hacer gráficos y cálculos simples.
- Los estudiantes deben conocer conceptos básicos de probabilidad y estadística.
- Los documentos presentados como contribución deben entregarse en el formato indicado con fuente Arial tamaño 12.
- Recuerde que debe durar 120 minutos y el docente estará dispuesto a responder preguntas que tengan los estudiantes en el desarrollo de la práctica.

## Conclusiones

La práctica de generación de números aleatorios con simulaciones de Monte Carlo con lanzamientos simulados permite aprender el proceso de simulación desde la adquisición de datos hasta la generación de eventos aleatorios discretos. En esta experiencia, el estudiante debe aprender y aplicar el proceso técnico de toma de datos, generación de distribuciones de densidad y probabilidad acumulada, transformada inversa y generación de observaciones aleatorias simuladas. Finalmente, la comparación entre resultados de partidas simuladas y la mejora experimental de uno de los jugadores muestran el potencial de las simulaciones en tiempo discreto para la toma de decisiones en escenarios simulados.

## Referencias

- Banks, J., Carson, J., Nelson, B. y Nicol, F. (2005). *Discrete Event System Simulation* (4ª ed.). Prentice Hall.
- Kelton, W., Sadowski, R. y Sturrock, D. (2004). *Simulation with ARENA* (3ª ed.). McGraw-Hill.
- Law, A. (2014). *Simulation Modeling and Analysis* (5ª ed.). McGraw-Hill.