

Diseño de Experimentos

Proyecto 1: Galton Board

Andrey Arguedas Espinoza - 2020426569, Michael Chen Wang - 2020426570

Abstract—Un Galton Board o Tablero de Galton generalmente se utiliza para visualizar el comportamiento de un fenómeno físico que aproxima una distribución normal. En este proyecto construiremos una versión que pueda aproximar esta distribución y que también sea capaz de aproximar la distribución uniforme. Este comportamiento se logrará modificando la entrada de las bolitas.

También se detallarán las versiones previas y pruebas que nos llevaron a obtener una versión final.

Resolución del proyecto 1 del curso de Diseño de Experimentos
- Tecnológico de Costa Rica.

Index Terms—Experimentos, Galton Board, Distribución Normal, Distribución Uniforme.

I. INTRODUCCIÓN

En el presente documento detallamos la realización de un Galton Board físico el cual es capaz de aproximar la distribución normal tanto como la uniforme por medio del cambio de elementos en la entrada. El dispositivo fue realizado con materiales fáciles de conseguir pero que a su vez dieran robustez a la solución.

Antes de llegar a la solución presentada se hicieron distintos intentos, los cuales serán detallados en las siguientes secciones.

Finalmente se presentaran los resultados obtenidos.

II. DISEÑOS INICIALES

Al inicio realizamos distintas pruebas con materiales como estereofón, paletas y pines, como se puede apreciar en la **imagen 1**, pero notamos que muchas veces obtenemos una distribución binomial, notamos también que el posicionamiento de los pines era vital para obtener el resultado correcto, sin embargo aún no descubrimos el por qué de un resultado tan diferente a otros Galton Boards que utilizaban el mismo patrón.

Por estas razones, decidimos hacer uso de un marco artístico, una cuadrícula y diseños realizados con Draw.io para tener más precisión con respecto al posicionamiento de los pines, como en la **imagen 2**, en este diseño también se incorpora un mecanismo para poder realizar la distribución uniforme. El pensamiento detrás del diseño se da a partir de la premisa de combinar 3 distribuciones normales (o las que se requieran), donde sus entradas están suficientemente distanciadas se podrían intercalar y darnos la distribución uniforme.

Con base en la premisa anterior, pudimos obtener la distribución uniforme, pero no logramos alcanzar obtener la distribución normal, en cambio seguimos obteniendo distribuciones binomiales de manera consistente. Entonces, al ver



Fig. 1: Primera versión con pines, paletas y estereofón

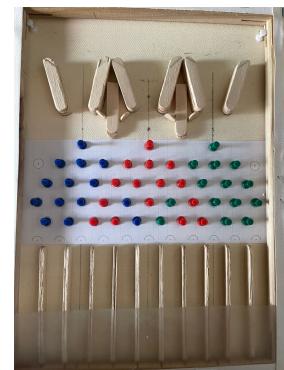


Fig. 2: Segunda versión con marco artístico y diseño para distribución uniforme.

diferentes materiales y videos de otras personas se notó que muchos de los videos se utilizan pines finos o clavos para la construcción del dispositivo. Por eso, nos dimos la tarea de realizar un diseño con plywood, clavos y bolinchas, como se puede apreciar en la **imagen 3**, con la cual pudimos obtener la distribución normal más consistentemente, sin embargo sucedía que en más ocasiones de las esperadas las bolinchas resbalaban hacia los lados, para evitar esto se pusieron unos pines que evitaran esto (**ver pin rojo y blanco en la imagen 3**), con esto entendimos que el diseño inicial tampoco era el correcto.

Además decidimos que nuestro uso de los pines estaba incorrecto, ya que la "cabeza" del pin no tiene una forma uniforme, haciendo que las bolitas utilizadas "reboten" o



Fig. 3: Versión con plywood, clavos y bolinchas

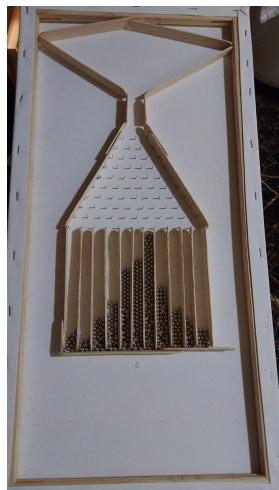


Fig. 4: Primera versión utilizando los pinos hacia arriba

”resbalen” de manera inconsistente. Por esta razón, se usa la parte puntiaguda y delgada del pin para que las bolitas reboten en ellas como en la **Imagen 4**

Una vez hecho este cambio, pudimos obtener resultados más consistentes en la distribución nominal, por lo que basandonos en esta versión combinado con el diseño de la **Imagen 2**, logramos el resultado final para ambas distribuciones.

III. DISEÑO FINAL

Nuestro diseño final esta basado en el uso de materiales simples que nos brindaran versatilidad, los cuales son los siguientes:

- 1) Marco artístico de 30x40 cm, específicamente la parte trasera es utilizada como base.
- 2) Paletas para crear los contenedores y la superficie superior de entradas.
- 3) Pines para la estructura central donde interactuan las bolas.
- 4) Estereofón como soporte para el marco.
- 5) Aproximandamente 250 bolitas de 0.5CM de diámetro.

Utilizando las paletas formamos 11 contenedores, los cuales tienen una separación de 2 centímetros entre ellos. En la sección de los pinos utilizamos el siguiente patrón mostrado en la **Imagen 5**, con una separación de 2.5 centímetros en la parte horizontal y 1.5 centímetros en la parte vertical. Finalmente en la parte superior de las entradas construimos figuras geométricas con paletas para crear las fases de obstáculos que nos permitiran generar las distribuciones según la necesidad. Finalmente se utilizan aproximadamente 250 bolitas para el experimento.

Finalmente, obtenemos el siguiente resultado [**Imagen 6**], el cual contiene 2 piezas hechas con paletas, que pueden ser removidas si se necesitara tener la distribución uniforme o reiniciar el tablero con todas las bolitas en la parte superior.

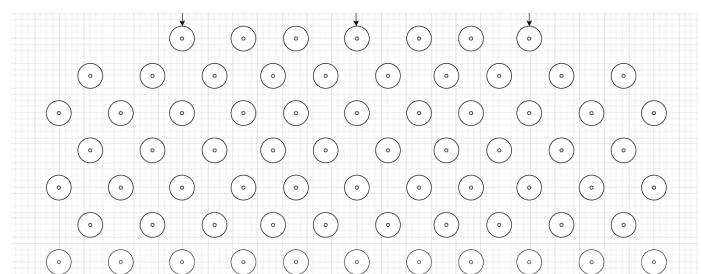


Fig. 5: Patrón triangular utilizado con 2.5 cm de separación horizontal y 1.5cm de separación vertical.



Fig. 6: Diseño final de nuestro Galton Board con una distribución normal como resultado.

IV. VALIDACIÓN

Se realizó el experimento 10 veces para probar cada distribución y se verificó visualmente que el resultado fuese el esperado, igualmente se realizaron 10 corridas pero intercaladas entre la distribución normal y la uniforme, igualmente los resultados eran positivos aunque se intercalaran los dispositivos de la entrada. En total se realizaron 30 corridas.

V. RESULTADOS

En la **Imagen 6** podemos apreciar uno de los resultados con las distribución normal, también en la **Imagen 7** podemos apreciar un resultado con la distribución uniforme.

Los resultados tambien pueden ser visualizados en el siguiente video: <https://youtu.be/paXfTGgkktM>



Fig. 7: Resultado con una distribución uniforme

VI. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

En las 30 veces que corrimos el experimento siempre la distribución esperada fue la generada, por lo que nuestro diseño cumple con lo requerido en el total de las veces que el experimento sea ejecutado.

VII. CONCLUSIÓN

Como equipo aprendimos la importancia de hacer pequeñas pruebas y el uso de materiales versátiles en las primeras fases del diseño, esto debido a que se cometen errores y desaciertos en las primeras fases de prueba. También es de suma importancia pensar un diseño que sea adaptable a todos los requisitos antes de empezar, tratar de evitar que primero salga una distribución y luego otra ya que esto puede generar más horas de trabajo de las necesarias.