

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y
MATEMÁTICAS
ESTADÍSTICA – ESTG1034

**Estudio de un experimento binomial de lanzamiento de pelotas
de volleyball**

Apolo Acosta Jorge Alberto

Mecatrónica - jaapolo@espol.edu.ec

Guaña Toapanta Wilson Darío

Mecatrónica - wilgtoap@espol.edu.ec

Sánchez Pincay Axel Fernando

Mecatrónica – axfesanc@espol.edu.ec

Sumba Correa David Salomón

Computación – dasucorr@espol.edu.ec

Docente: Ing. Joffre Sánchez

PAO II 2024-2025

Guayaquil, Ecuador – enero 2025

Estudio de un experimento binomial de lanzamiento de pelotas de volleyball

Tabla de contenido:

1.	Resumen.....	3
2.	Introducción	3
3.	Objetivos	4
4.	Variables	4
5.	Análisis descriptivo de datos.....	5
6.	Análisis Estadístico Bivariado	13
7.	Estadística Inferencial	18
	a.Bondad de ajuste.....	18
	b.Pruebas de hipótesis	19
	i.Prueba de medias para la variable continua.....	19
	ii.Prueba de proporción:	19
	iii.Diferencia de medias:.....	20
	c.Tablas de contingencia	20
8.	Conclusiones	21
9.	Bibliografía	22

1. Resumen

La presente investigación se centra en un análisis estadístico integral de un experimento basado en un juego de vóley. El tamaño de la muestra fue de $n = 300$, y se llevó a cabo un experimento binomial en el que se registró el número de éxitos cada cinco intentos. El documento incluye un análisis descriptivo de los datos, donde las variables cualitativas se representaron mediante diagramas de barras, mientras que para la variable continua se utilizó un histograma que muestra la proporción de la duración de cada intento.

Adicionalmente, se realizó un análisis bivariado que permitió evaluar la relación entre variables relevantes del experimento, destacándose la asociación entre el nivel de cansancio y el tipo de saque. Los resultados indicaron que la distribución del nivel de cansancio no se encuentra condicionada por el tipo de saque, evidenciando una distribución desigual. Asimismo, se elaboró una distribución conjunta que relaciona el nivel de cansancio con los intervalos de tiempo de cada intento, proporcionando un panorama más detallado de las dinámicas involucradas en el juego.

2. Introducción

El voleibol es uno de los deportes más practicados del mundo, ofreciendo un deporte enfocado en lanzamientos, saltos y tiros con las manos. Emplear estadística en temas de voleibol ofrece una descripción estructurada de las partidas y del rendimiento de los jugadores (Fossland, 2024). El deporte es importante para mantener un cuerpo sano, y muchos estudiantes de ingeniería sacrifican su salud durante el estudio, no llegando a un buen nivel físico mientras se encuentran en la carrera (aquí va una cita). Por ello, se ha decidido realizar un experimento binomial de voleibol con el objetivo de medir la puntería de las personas que realizan los tiros, en este caso, estudiantes de ingeniería.

La población objetiva se concentra en estudiantes politécnicos, y las personas encargadas de recolectar los datos fueron los integrantes del grupo de proyecto. El tamaño de nuestra muestra fue $n=300$ y realizamos un experimento binomial con un $n=5$, en donde se media cuantos x éxitos se lograban hacer en 5 intentos, se realizó el juego que era lanzar una pelota de vóley y que está Cruze la red y que caiga en uno de los 6 hula hula distribuidos en la cancha, es decir se realizaron 1500 tiros de la pelota hacia los hula.

3. Objetivos

Objetivo general

Realizar un análisis estadístico general de un experimento de distribución binomial del deporte vóley, el cual abarque el análisis descriptivo de datos, teniendo en cuenta 300 muestras.

Objetivos específicos

- Definir y establecer las variables continuas y categóricas que influyen significativamente en el experimento.
- Identificar las variables aleatorias y los parámetros del modelo binomial, como la probabilidad de éxito (p) por saque y el número de intentos (n).
- Registrar los resultados de 300 intentos, considerando para cada intento los 5 saques realizados y clasificando los resultados en éxitos y fracasos.
- Calcular la probabilidad empírica de éxito en cada saque, considerando la proporción de éxitos observados respecto al total de saques realizados en todas las muestras
- Verificar si el modelo binomial es adecuado para describir los resultados experimentales mediante pruebas estadísticas, como bondad de ajuste (chi-cuadrado o prueba de Kolmogórov-Smirnov)

4. Variables

Variables categóricas

- **Tipo de saque:** Realizado con la mano izquierda, con la mano derecha o con ambas manos simultáneamente.
- **Nivel de cansancio:** Clasificado en tres categorías: bajo, medio y alto-moderado, este nivel de cansancio se midió con ayuda de un reloj inteligente, el cual, con ayuda de un sensor, medía nuestra frecuencia cardíaca cada que hacíamos un intento del experimento.

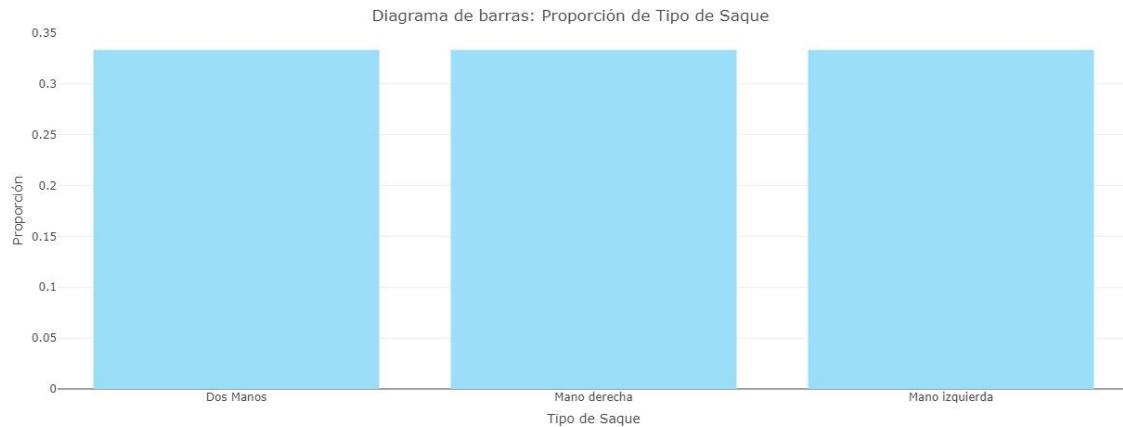
Variable continua:

- Tiempo de duración (medido en segundos) de cada experimento, con la misma justificación previa: el tiempo de concentración entre saques podría influir en el rendimiento.

5. Análisis descriptivo de datos

- Variable categórica: Tipo de saque

Diagrama de Barras



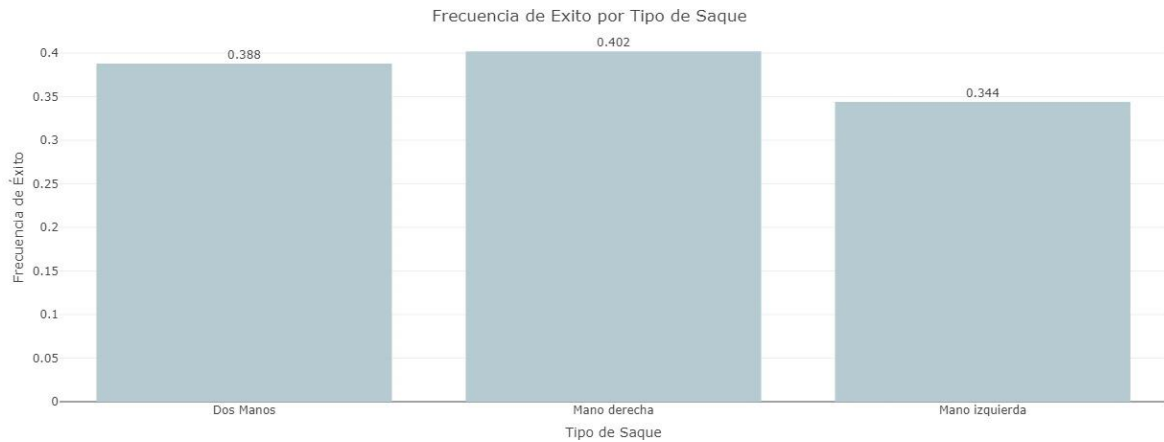
Categoría <chr>	Proporcion <chr>
Dos Manos	0.333
Mano derecha	0.333
Mano izquierda	0.333
Total	1.000

Fig 1. Diagrama de barras que muestra la proporción de diferentes tipos de saque clasificados como: Dos Manos, Mano derecha, Mano izquierda

Observaciones

Los tres tipos de saque se realizaron en proporciones iguales, es decir, cada uno representó el 33% del total. Esto se hizo intencionalmente para garantizar una distribución equitativa y evitar cualquier sesgo en los resultados del experimento. De esta forma, se asegura que las conclusiones no estén influenciadas por una cantidad desbalanceada de intentos para cada tipo de saque.

Frecuencia de éxito por tipo de saque



Tipo	Frecuencia
<chr>	<dbl>
Dos Manos	0.388
Mano derecha	0.402
Mano izquierda	0.344

Ilustración 1: Diagrama de frecuencia de éxitos por tipo de saque.

En este gráfico se observa que la frecuencia de éxito al utilizar la mano dominante del grupo (generalmente la derecha) es mayor en comparación con el uso de la mano no dominante (izquierda) o ambas manos simultáneamente. Esto tiene sentido, ya que, al realizar el tiro con ambas manos, la mano no dominante podría interferir, generando inestabilidad y afectando la precisión del tiro.

Diagrama de Barras Apilado

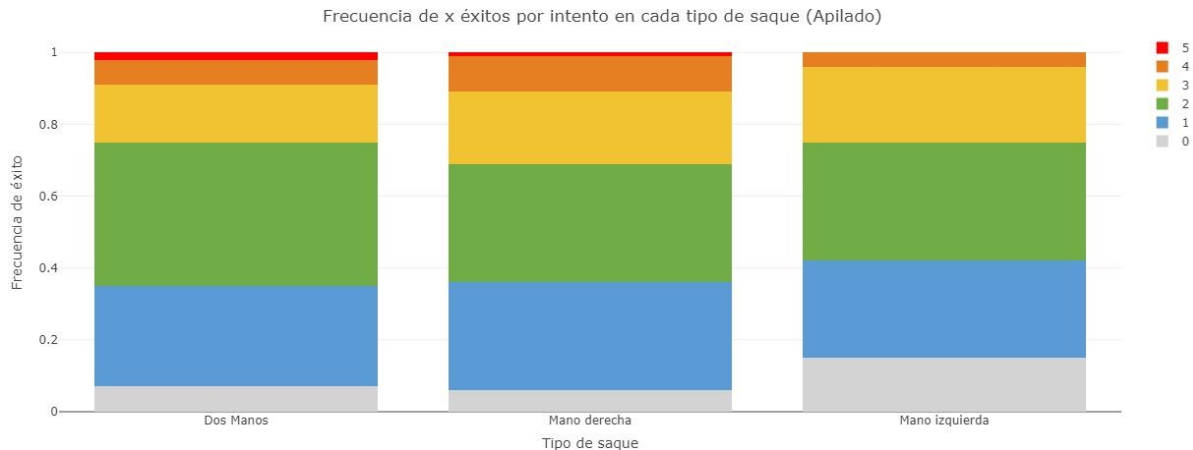


Fig 3. Diagrama de Barras apilado que representa la Frecuencia de X éxitos por intento según el tipo de saque.

Cada color indica el número de éxitos alcanzados en un intento:

- Gris: 0 éxitos.
- Azul: 1 éxito.
- Verde: 2 éxitos.
- Amarillo: 3 éxitos.
- Naranja: 4 éxitos.
- Rojo: 5 éxitos.

El gráfico muestra un diagrama de barras apilado que representa la frecuencia de obtener un número específico de éxitos ($X=0,1,2,3,4,5$) en 5 intentos ($n=5$) para tres tipos de saque: **Dos Manos**, **Mano Derecha** y **Mano Izquierda**. Las probabilidades se calculan bajo una distribución binomial, y cada barra apilada desglosa las probabilidades para cada valor de X . La mayor probabilidad de éxitos se encuentra entre $X=2,3$ indicando que es más probable lograr entre 2 y 3 éxitos en 5 intentos.

Se observa que las mayores frecuencias de éxitos se encuentran en $X=2$ y $X=3$, lo que indica que es más probable obtener entre 2 y 3 éxitos en 5 intentos, independientemente del tipo de saque.

Por otro lado, las probabilidades de fallar todos los intentos ($X=0$) o acertar todos los intentos ($X=5$) son las más bajas, un comportamiento esperado en una distribución binomial cuando la probabilidad de éxito (p) es moderada.

En todos los casos, los intentos con pocos éxitos (0, 1 o 2) son más frecuentes que los intentos con muchos éxitos (4 o 5).

Gráfico de Barras Agrupadas

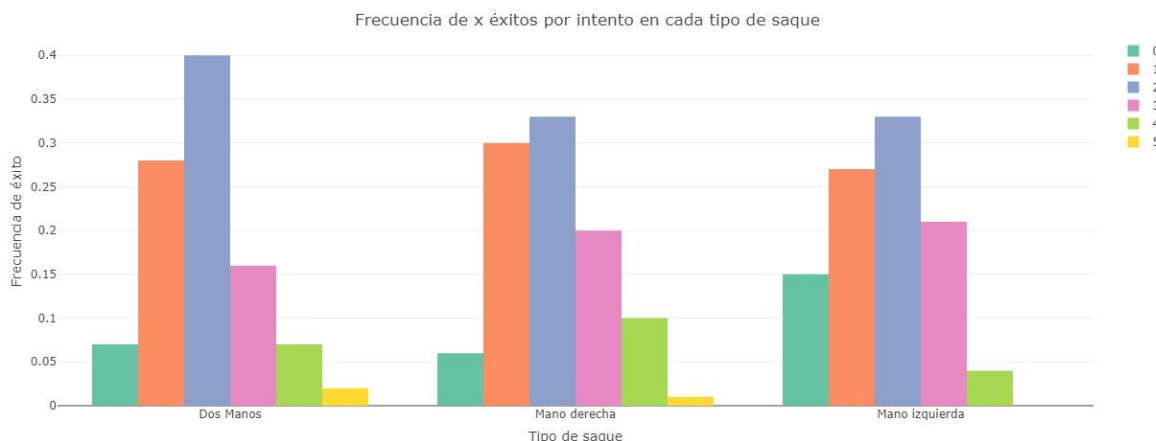


Fig 4. Diagrama de Barras Agrupadas que representa la frecuencia de X éxitos en cada tipo de saque.

Esta es otra forma de visualizar y entender los resultados del experimento, ya que este gráfico de barras permite una comparación más clara y directa entre las frecuencias asociadas a cada tipo de saque y cada número de éxitos posibles. Facilita observar patrones de manera más intuitiva, especialmente al comparar los tipos de saque.

Este gráfico presenta un diagrama de barras que analiza la probabilidad de obtener un número específico de éxitos (X) al realizar saques utilizando tres técnicas diferentes: **con ambas manos**, **con la mano izquierda** y **con la mano derecha**.

- **Variable categórica: Nivel de cansancio**

Diagrama de Barras



Categoría <chr>	Proporcion <chr>
Alto	0.313
Bajo	0.15
Medio	0.537
Total	1.000

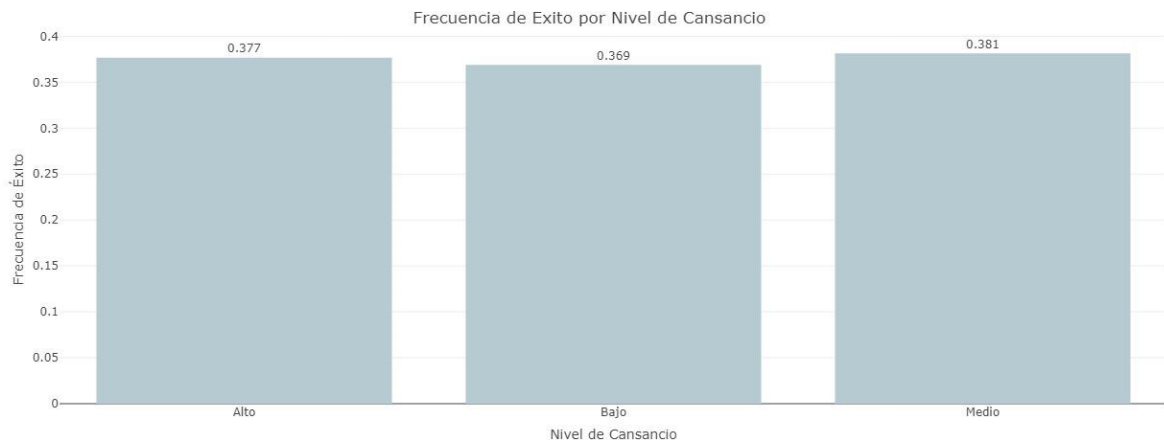
Fig 5. Diagrama de Barras que representa la proporción de Nivel de Cansancio. El eje X (Nivel de Cansancio) se clasifica en Alto, Medio y Bajo y El eje Y (Proporción) muestra la proporción de cada nivel de cansancio respecto al total.

Cuando los integrantes del grupo presentaban un nivel de cansancio medio, se dieron el **53.7 %** de intentos (nuestros intentos en total fueron 300 intentos) cerca de 161 intentos se hicieron cuando el integrante del grupo tenía un nivel de cansancio medio, cuando los participantes del juego tenían un nivel de cansancio alto hicieron aproximadamente el **31.3 %** de intentos, es decir realizaron **93** intentos de 300 que eran en total, El nivel Bajo es el menos frecuente, con solo un **15%** de intentos, es decir solo hicieron **45** intentos cuando estaban en un nivel de cansancio bajo.

Más del 80% de los casos (53.7% + 31.3%) corresponden a niveles Medio o Alto de cansancio, lo que sugiere que el cansancio es una característica predominante en esta población (integrantes del grupo de estadística).

La concentración principal está en niveles de cansancio Medio y Alto, lo cual podría indicar que los factores relacionados con los integrantes tienden a generar cansancio medio y alto de manera rápida, ya que son muy pocos los intentos que realizan cuando el nivel de cansancio es bajo.

Frecuencia de Éxito por Nivel de Cansancio



Nivel	Frecuencia
<chr>	<dbl>
Alto	0.377
Bajo	0.369
Medio	0.381

Fig 6. Diagrama de Barras que representa la frecuencia de éxito por nivel de cansancio.

Frecuencias cercanas entre niveles:

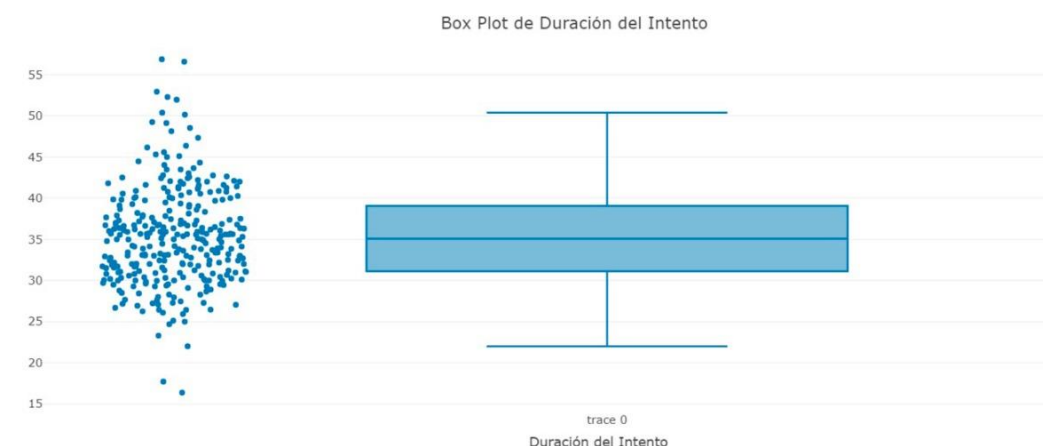
- Alto: 0.377 (37.7%).
- Bajo: 0.369 (36.9%).
- Medio: 0.381 (38.1%).

Las diferencias entre los niveles son muy pequeñas, indicando que el nivel de cansancio podría no tener un impacto significativo en la probabilidad de éxito.

El nivel de cansancio medio tiene la probabilidad más alta (38.1%), pero la diferencia con los otros niveles es mínima y probablemente no sea estadísticamente significativa.

- **Variable continua: Duración de cada Intento**

Diagrama de Cajas de la variable Duración



Estadísticas Descriptivas

“Tiempo de los intentos”

Media	Moda	Desviación Estándar	Sesgo	Mínimo	Máximo	Cuartil 1 (Q1)	Mediana (Q2)	Cuartil 3 (Q3)
35.33	30	5.97	0.52	16.38	56.87	31.13	35	40

Fig 7. Diagrama de Cajas representando la duración de los intentos requeridos en el experimento

El gráfico es un Diagrama de Cajas que analiza la duración, en segundos, requerida para completar cinco intentos de saque en voleibol, seleccionando esta como la variable continua de interés. Cada punto de dispersión en el gráfico representa observaciones individuales del tiempo empleado por los participantes para completar sus intentos.

En el centro del gráfico se observa una línea que indica la mediana de los tiempos registrados, estimada alrededor de los 35 segundos. Esto implica que el 50% de los intentos de saque se realizaron en un tiempo menor a 35 segundos, mientras que el otro 50% requirió más tiempo.

El cuadro central del gráfico refleja el rango intercuartil, comprendido entre el primer cuartil (Q1) y el tercer cuartil (Q3). Se estima que Q1 se encuentra cerca de los 32 segundos, mientras que Q3 se sitúa en aproximadamente 40 segundos, lo que define un rango intercuartil de 8 segundos. Este rango abarca el 50% de los tiempos observados, lo que permite identificar una concentración significativa de datos dentro de este intervalo.

Los extremos o bigotes del gráfico muestran el rango total de los datos, excluyendo valores atípicos. El tiempo mínimo registrado parece aproximarse a los 17 segundos, mientras que el tiempo máximo se encuentra cerca de los 56 segundos.

Adicionalmente, los puntos individuales representados a la izquierda del gráfico permiten visualizar las observaciones específicas, facilitando el análisis de la densidad y distribución de los datos. La mayor concentración de puntos se encuentra alrededor de los 35 segundos, lo que confirma la relevancia de este valor como un punto central en la distribución.

La distribución de los tiempos presenta una ligera asimetría positiva, evidenciada por la extensión del extremo superior más allá del tercer cuartil y la presencia de algunos valores altos. Esto sugiere la existencia de intentos que requirieron tiempos prolongados, lo cual podría influir en el tiempo total observado.

En el contexto del experimento, los tiempos reflejan el desempeño de los participantes al realizar cinco intentos de saque. La mediana de 35 segundos sugiere que, en promedio, este fue un tiempo óptimo para completar los intentos. Sin embargo, la presencia de valores más altos indica que algunos participantes tomaron más tiempo, debido a una mayor concentración o preparación previa, con el objetivo de alcanzar mejores resultados.

Histograma

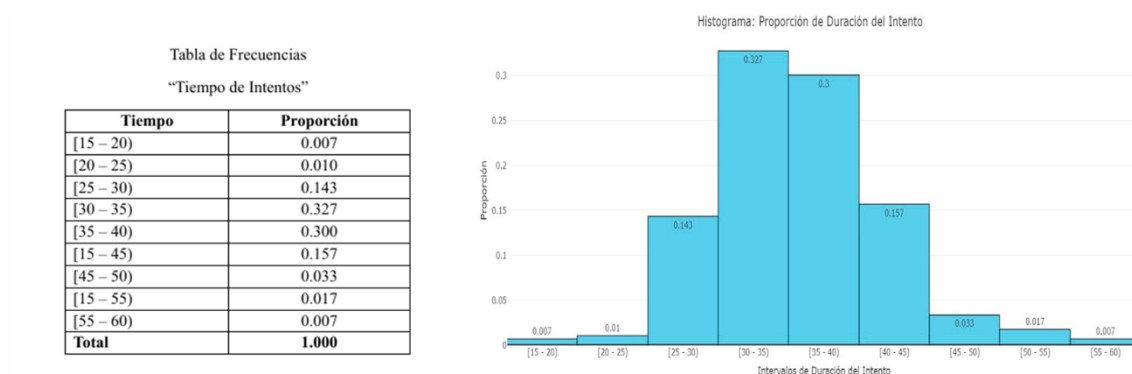


Fig 8. Histograma que representa la proporción de duración de cada intento

El histograma muestra la proporción de duración de los intentos en diferentes intervalos de tiempo, medidos en segundos.

- Eje X (Intervalos de duración del intento): Representa los intervalos de tiempo en segundos en los que se agrupan los intentos. Los intervalos van desde 15 a 60 segundos, divididos en segmentos de 5 segundos.
- Eje Y (Proporción): Indica la proporción de intentos que se encuentran en cada intervalo de tiempo respecto al total.

La mayor proporción de intentos (32.7%) está en el intervalo de 30 a 35 segundos, lo que indica que la mayoría de los intentos tienen esta duración. El segundo intervalo más frecuente es de 35 a 40 segundos con un 30%. Juntos, los intervalos de 30 a 40 segundos abarcan más del 60% de los intentos totales, lo que implica que es el rango de duración más común.

La mayor proporción de intentos (32.7%) está en el intervalo de 30 a 35 segundos, lo que indica que la mayoría de los intentos tienen esta duración.

El segundo intervalo más frecuente es de 35 a 40 segundos con un 30%. Juntos, los intervalos de 30 a 40 segundos abarcan más del 60% de los intentos totales, lo que implica que es el rango de duración más común.

En conclusión: Este histograma sugiere que la duración promedio de los intentos tiende a estar entre 30 y 40 segundos, siendo poco común que estos sean significativamente más largos o cortos.

6. Análisis Estadístico Bivariado

Distribución Conjunta nivel de cansancio vs Tipo de saque

	Alto <chr>	Bajo <chr>	Medio <chr>	Marginal Tipo de Saque <chr>
Dos Manos	33	15	52	0.333
Mano derecha	28	20	52	0.333
Mano izquierda	33	10	57	0.333
Marginal Nivel de Cansancio	0.313	0.150	0.537	1.000

Fig 9. Tabla de Nivel de Cansancio Vs Tipo de Saque

El análisis de la tabla revela patrones significativos en la relación entre el tipo de saque y el nivel de cansancio. Los niveles de cansancio se definieron según los latidos por minuto (ppm) medidos con un smartwatch, clasificándose en tres categorías: bajo (80-110 ppm), medio (110-140 ppm) y alto (más de 140 ppm). Estas categorías reflejan el esfuerzo físico asociado a los intentos realizados durante el experimento.

En primer lugar, las frecuencias marginales indican que el nivel de cansancio medio fue el más común, representando el 53.7% del total. Este nivel fue seguido por el nivel de cansancio alto, que alcanzó un 31.3%, y, en último lugar, el nivel bajo, con un 15%. Por otra parte, en lo que respecta al tipo de saque, se observó una distribución uniforme entre las tres modalidades (dos manos, mano derecha y mano izquierda), cada una con un 33.3% del total. Esta uniformidad responde al diseño equilibrado del experimento en relación con el tipo de saque, aunque los niveles de cansancio se vieron influenciados por factores externos, como el rendimiento físico individual y la acumulación de fatiga.

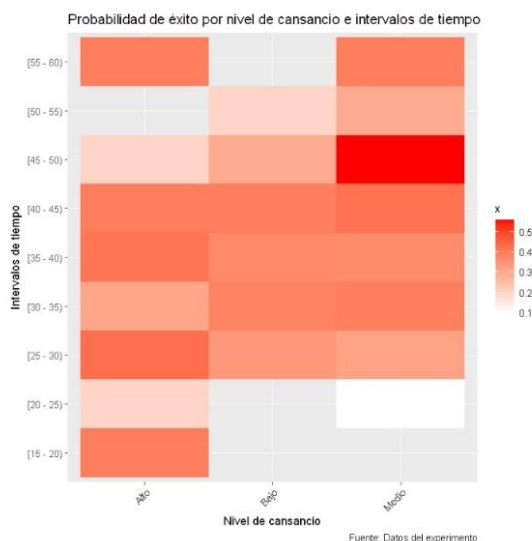
En cuanto a las combinaciones entre el tipo de saque y el nivel de cansancio, se advierte que los saques realizados con dos manos presentan frecuencias similares en los niveles de cansancio alto y medio, con 33 y 52 intentos respectivamente, mientras que la frecuencia disminuye significativamente en el nivel bajo, con solo 15 intentos. Un patrón similar se observa en los saques con mano derecha e izquierda, con ligeras variaciones. Esto sugiere que los participantes lograron mantener un rendimiento razonable en condiciones de cansancio medio y alto. Sin embargo, en el nivel de cansancio bajo, la disminución de intentos podría estar relacionada con una menor activación física, dado el esfuerzo físico menor asociado a este estado.

Asimismo, el predominio de los niveles de cansancio medio y alto, que representan conjuntamente el 85% de los casos, sugiere que los participantes operaron mayoritariamente en condiciones de fatiga moderada o elevada. Esto resulta coherente con la naturaleza del experimento, que requería ejecutar múltiples saques consecutivos, demandando un esfuerzo físico considerable. No obstante, la distribución uniforme de los tipos de saque indica que el nivel de cansancio no influyó significativamente en la elección de la modalidad de saque.

En conclusión, el nivel de cansancio mostró una distribución desigual, con predominancia de los niveles medio y alto, mientras que los tipos de saque se mantuvieron uniformemente distribuidos debido al diseño experimental. Por lo tanto, se puede afirmar que el cansancio no condicionó la

elección del tipo de saque, aunque sí reflejó el esfuerzo físico sostenido durante el desarrollo del experimento.

Distribución Conjunta nivel de cansancio vs Intervalos de tiempo de saque



	[15 - 20] <chr>	[20 - 25] <chr>	[25 - 30] <chr>	[30 - 35] <chr>	[35 - 40] <chr>	[40 - 45] <chr>	[45 - 50] <chr>	[50 - 55] <chr>	[55 - 60] <chr>	Marginal Nivel de Cansancio <chr>
Alto	2	1	13	27	32	15	3	0	1	0.313
Bajo	0	0	7	15	14	6	2	1	0	0.150
Medio	0	2	23	56	44	26	5	4	1	0.537
Marginal Intervalos de Tiempo	0.007	0.010	0.143	0.327	0.300	0.157	0.033	0.017	0.007	1.000

Fig 10. Gráfico y Tabla de Nivel de Cansancio vs Intervalos de Tiempo

El análisis de la tabla que relaciona el nivel de cansancio con los intervalos de tiempo permite identificar patrones clave en la interacción entre estas variables. En este contexto, los intervalos de tiempo representan las duraciones de los intentos, mientras que el nivel de cansancio se clasifica en las categorías de bajo, medio y alto.

En lo que respecta a la distribución del nivel de cansancio, se observa que la categoría "medio" es la más frecuente, representando el 53.7% de los datos. Este hallazgo indica que la mayoría de los intentos se llevaron a cabo bajo un nivel de fatiga moderado. Le sigue el nivel "alto", que constituye un 31.3%, lo cual también refleja un peso significativo dentro del experimento. Por último, el nivel "bajo" resulta ser el menos frecuente, con solo un 15.0% de las observaciones, lo que podría sugerir que los intentos realizados en condiciones de baja fatiga fueron menos comunes o se limitaron a las etapas iniciales del estudio.

En relación con los intervalos de tiempo, los más frecuentes corresponden a los rangos de 30-35 segundos (32.7%) y 35-40 segundos (30.0%), que en conjunto representan el 62.7% del total de observaciones. Este predominio sugiere que la mayoría de los intentos se concentraron en dichos intervalos, probablemente debido a un ritmo natural adoptado por los participantes. Por el contrario, los intervalos extremos, tales como 15-20 segundos, 20-25 segundos y 55-60 segundos, muestran una representación marginal, con frecuencias inferiores al 1%.

Asimismo, los datos evidencian asociaciones específicas entre los niveles de cansancio y los intervalos de tiempo. En el caso del nivel de cansancio alto, la concentración principal se observa en los intervalos de 30-35 segundos (27 observaciones) y 35-40 segundos (32 observaciones). Este resultado sugiere que los participantes, bajo condiciones de alta fatiga, requieren tiempos específicos de recuperación para completar sus intentos.

Por su parte, el nivel de cansancio medio exhibe una distribución más amplia, con un número considerable de observaciones en los intervalos de 25-30 segundos (23 observaciones), 30-35 segundos (56 observaciones) y 35-40 segundos (44 observaciones). Este patrón indica que los participantes en un estado de fatiga moderada operaron con mayor frecuencia dentro de los intervalos predominantes del experimento.

En cuanto al nivel de cansancio bajo, este se concentra mayormente en los intervalos de 30-35 segundos (15 observaciones) y 35-40 segundos (14 observaciones), mientras que su representación en otros intervalos es limitada. Este comportamiento podría deberse a que las condiciones de baja fatiga no se prolongaron de manera significativa a lo largo del estudio.

En conclusión, los resultados reflejan que los niveles de cansancio alto y medio se concentran principalmente en los intervalos de tiempo más frecuentes, es decir, 30-35 segundos y 35-40 segundos. Esto podría indicar que dichos rangos temporales son adecuados para evaluar el rendimiento bajo condiciones de estrés físico. En contraste, el nivel de cansancio "bajo" muestra una presencia más limitada y dispersa, posiblemente debido a que los participantes permanecieron en este estado por períodos más breves. Finalmente, los intervalos extremos, tanto cortos (15-25 segundos) como largos (40-60 segundos), tienen escasa representación, lo que podría estar asociado a su menor relevancia en la evaluación del rendimiento.

Diagrama de cajas de duración vs nivel de cansancio

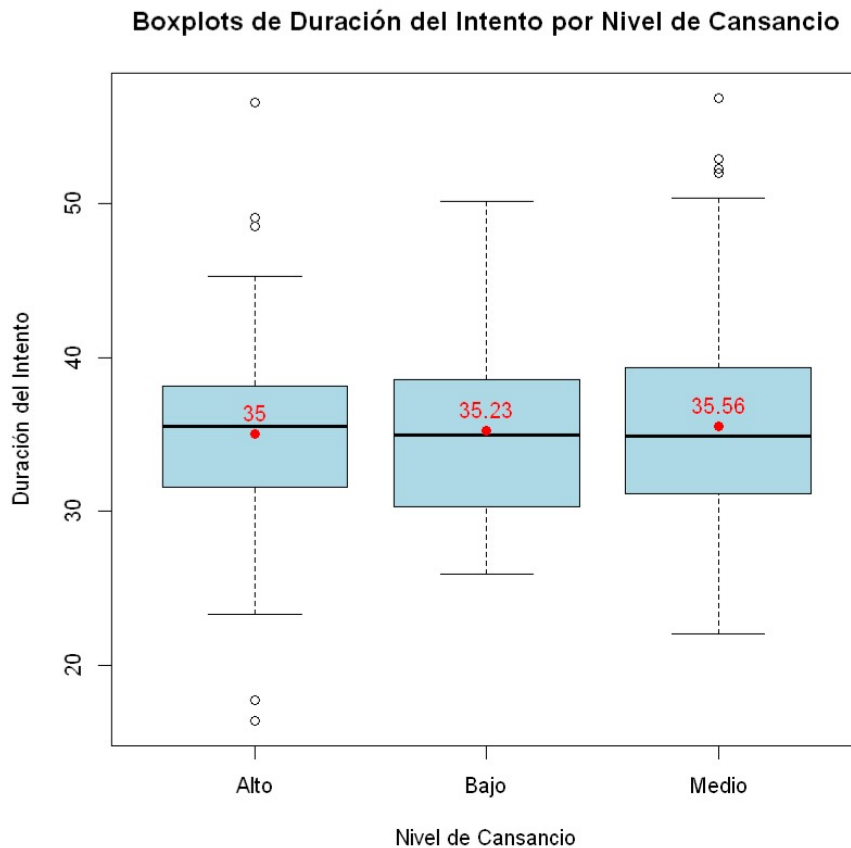


Ilustración 2: Diagrama de cajas de duración vs nivel de cansancio.

Observaciones

La línea negra dentro de cada caja representa la mediana de la duración del intento.

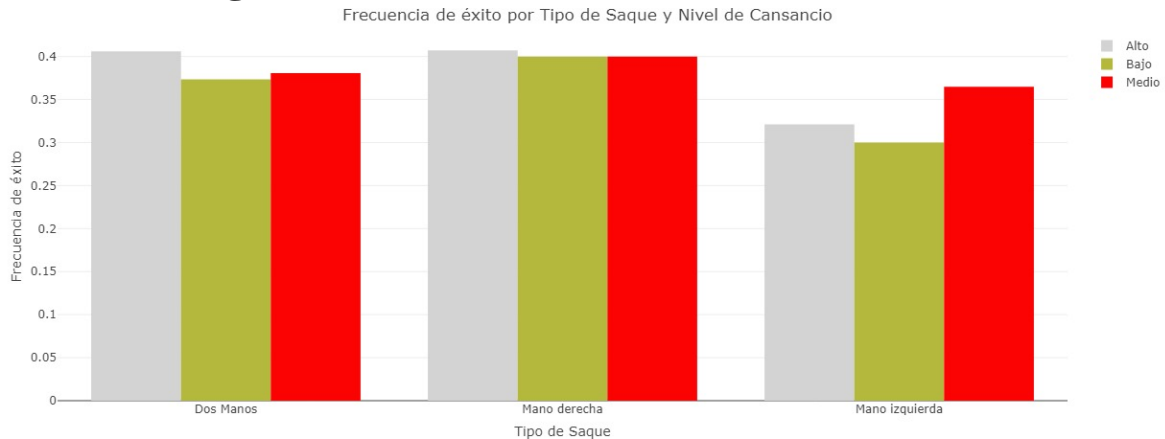
Los valores de las medianas son aproximadamente similares para los tres niveles de cansancio (cerca de 35, como lo indican los puntos rojos con valores numéricos).

La duración del intento no parece variar de manera significativa entre los niveles de cansancio (valores centrales similares).

La dispersión es mayor para los niveles de cansancio "Bajo" y "Medio", lo que podría indicar que los intentos en estos niveles tienen más variabilidad en comparación con el nivel "Alto".

Los valores atípicos sugieren que, aunque la mayoría de los intentos están dentro de un rango típico, hay casos extremos que podrían influir en el análisis.

Histograma de frecuencias relativa de éxitos



Este gráfico es un histograma apilado que muestra la **frecuencia relativa de éxitos (de 0 a 5)** por intento en función de diferentes **tipos de saque** (Dos Manos, Mano Derecha, Mano Izquierda). A continuación, te explico cómo interpretarlo:

- **Eje horizontal (x):** Representa los diferentes tipos de saque.
- **Eje vertical (y):** Representa la frecuencia relativa (proporción) de los intentos, normalizada para que la suma de todas las frecuencias por cada tipo de saque sea 1.

La proporción de cada color dentro de la barra indica cuántos intentos con esa cantidad de éxitos ocurrieron para el tipo de saque.

- La altura de cada segmento de color dentro de las barras representa la frecuencia relativa de intentos con esa cantidad de éxitos para el tipo de saque.
- Puedes observar similitudes y diferencias entre los tres tipos de saque según la distribución de colores.
- **Dos Manos:**
 - La mayoría de los intentos logran entre 1 y 2 éxitos (segmentos azul y verde predominan).
 - Hay una baja frecuencia de intentos con 4 o 5 éxitos (naranja y rojo).
- **Mano Derecha:**
 - Similar al caso de Dos Manos: predominan 1 y 2 éxitos.
 - Frecuencias bajas para 0, 4 o 5 éxitos.
- **Mano Izquierda:**
 - Sigue una tendencia similar, pero parece haber una leve menor frecuencia de intentos exitosos con 4 y 5 éxitos.
- Los tipos de saque parecen tener distribuciones similares en términos de éxitos.
- En todos los casos, los intentos con pocos éxitos (0, 1 o 2) son más frecuentes que los intentos con muchos éxitos (4 o 5).

7. Estadística Inferencial

Aplicando estadística inferencial, podemos verificar, asignado un nivel de significancia del 5%

En este punto, se decidió usar varias ecuaciones que ayudarán a determinar las diferentes pruebas de hipótesis, Ji- Cuadrado y Bondad de Ajuste, las cuales, serán descritas a continuación.

Independencia de Ji- Cuadrado		Bondad de ajuste	
$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(o_{ij}-e_{ij})^2}{e_{ij}}$		$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i-e_i)^2}{e_i}$	
$v = (r - 1)(c - 1)$		$v = (k - 1)$	
$e_{ij} = \frac{r_i * c_j}{n}$		$e_i = n * p_i$	
Estadístico de Prueba			
$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\sigma / \sqrt{n}}$			
Intervalos de Confianza			
Media (n > 30)	Media (n < 30)	Proporción	Varianza
$\bar{X} \pm \frac{\sigma}{\sqrt{n}} z_{\frac{\alpha}{2}}$	$\bar{X} \pm \frac{s}{\sqrt{n}} t_{\frac{\alpha}{2}}$	$\hat{p} \pm \sqrt{\frac{\hat{p}\hat{q}}{n}} Z_{\frac{\alpha}{2}}$	$\frac{(n-1)s^2}{\chi^2_{\alpha/2}} < \sigma^2 < \frac{(n-1)s^2}{\chi^2_{1-\alpha/2}}$

a. Bondad de ajuste

Se realizaron pruebas de bondad de ajuste, una para la verificar que los datos de éxitos en 5 lanzamientos siguen una distribución normal, y otra para verificar la distribución de datos de la variable continua.

Bondad de ajuste para los datos de éxito de cada lanzamiento (distribución binomial)			
H_0 :	H_a :	Observados	Esperados
$X \sim B(n, p)$	$\neg H_0$	o_i	$e_i = Np_i$
Estadístico de prueba	$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(o_i-e_i)^2}{e_i}$	Valor p	0.9628

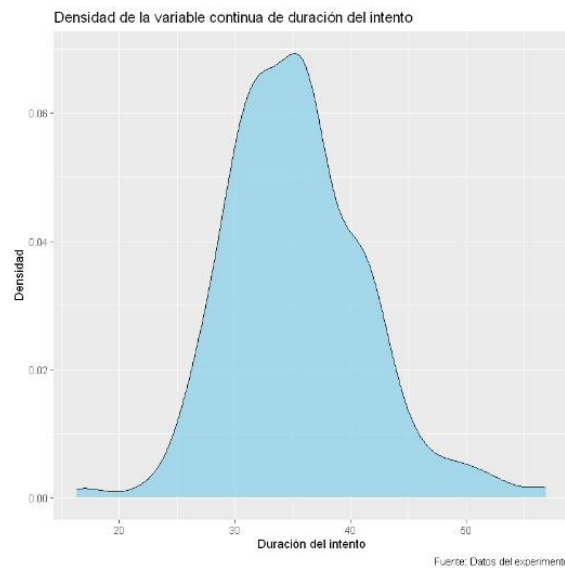
Como el valor p es mucho mayor a 5%, no se rechaza la hipótesis nula. Así que podemos asumir que los datos de cada lanzamiento siguen una distribución binomial. Los valores esperados se consiguieron con una distribución binomial ideal y usándola para hallar los valores esperados.

Bondad de ajuste para los datos de duración de cada intento (distribución normal)			
H_0 :	H_a :	Observados	Esperados

$X \sim N(\mu, \sigma^2)$	$\neg H_0$	o_i	$e_i = Np_i$
Estadístico de Prueba	Smirnov $D = \max F_n(x) - F_0(x) $	Valor p	0.1292

Como el valor p es mayor a 5%, se encuentra en zona de no rechazo. Así que no se puede rechazar la hipótesis nula, y se asume que los datos de la duración del intento llevan una distribución normal.

```
data: data$Duración.del.intento
D = 0.067566, p-value = 0.1292
alternative hypothesis: two-sided
```



b. Pruebas de hipótesis

Se realizaron seis pruebas de hipótesis, así como dos pruebas de bondad de ajuste y dos tablas de contingencia, para verificar la independencia. Para cada una se fijó una hipótesis nula e hipótesis alterna, las cuales se eligieron para servir como base para un comentario y análisis sobre posibles preguntas descritas durante el experimento.

i. Prueba de medias para la variable continua.

Prueba de hipótesis para la media del tiempo de lanzamiento			
H_0	$H_a:$	\bar{X}	
$\mu \geq \mu_0$	$\neg H_0$	35.33757	
Estadístico de Prueba	Valor p		Intervalo de confianza
$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{s/\sqrt{n}}$	-1.9211	0.02783	$-\infty < \mu < 35.90651$

Conclusión: Se rechaza la hipótesis nula ya que el valor es muy pequeño.

ii. Prueba de proporción:

Aquí la idea es verificar si la proporción poblacional es diferente a la proporción muestral.

Prueba de hipótesis para proporción de intentos con probabilidad de éxito mayor a 0.378		
H_0	$H_a:$	p_m (Proporción muestral)

$p = 0.5$	$\neg H_0$	0.6233333	
Estadístico de Prueba		Valor p	Intervalo de confianza
$Z = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\sigma/\sqrt{n}}$	4.272392	1.933872e-05	$0.5685023 < p < 0.6781643$

Conclusión: Se rechaza la hipótesis nula ya que el valor es muy pequeño.

iii. Diferencia de medias:

Prueba de hipótesis para la igualdad de varianzas del tiempo de lanzamiento. (Nivel de cansancio alto y nivel de cansancio bajo).			
H_0		$H_a:$	
$\sigma_1 = \sigma_2$		$\neg H_0$	
Estadístico de Prueba		Valor p	Intervalo de confianza
$F = \frac{s_1^2}{s_2^2}$	1.0311	0.8555	$0.7233724 < < 1.4958875$

Conclusión: Se rechaza la hipótesis nula, así que las varianzas son diferentes.

Prueba de hipótesis para la diferencia de medias del tiempo de lanzamiento. (Nivel de cansancio alto y nivel de cansancio bajo).			
$H_0(d_0 = 0)$		$H_a:$	
$\mu_1 - \mu_2 = d_0$		$\neg H_0$	
Estadístico de Prueba		Valor p	Intervalo de confianza
$t' = \frac{(\bar{X}_1 - \bar{X}_2) - d_0}{\sqrt{(s_1^2/n_1) + (s_2^2/n_2)}}$	-0.71603	0.4748	$-2.1088035 < d_0 < 0.9854811$

Conclusión: No se rechaza la hipótesis nula, así que la diferencia de las medias es distinta de 0.

c. Tablas de contingencia

Las tablas de contingencia se utilizan para medir y calcular la independencia de 2 variables.

Tabla de contingencia para nivel de cansancio y tipo de saque			
Estadístico de Prueba		Valor p	Grados de libertad
$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(o_{ij} - e_{ij})^2}{e_{ij}}$	4.1758	0.3827	4

8. Conclusiones

- Los resultados obtenidos en el experimento confirman que la distribución binomial es adecuada para describir el comportamiento probabilístico de los saques de voleibol, respaldado por pruebas de bondad de ajuste con valores $p > 0.05$.
- Los saques realizados con la mano dominante presentan mayores probabilidades de éxito en comparación con los realizados con la mano no dominante o ambas manos simultáneamente, lo que evidencia la importancia de la precisión técnica y la fuerza dominante en la ejecución.
- Aunque los niveles de cansancio medio y alto abarcaron más del 80% de los intentos, su efecto sobre la probabilidad de éxito no fue estadísticamente significativo, sugiriendo que los participantes mantuvieron un desempeño constante a pesar de la fatiga.
- La mayoría de los intentos se realizaron en un rango de duración de 30 a 40 segundos, indicando que este intervalo es representativo del ritmo natural y eficiente de los participantes durante el experimento.
- La distribución equitativa de los tipos de saque permitió obtener conclusiones robustas y evitar sesgos en los resultados.
- En las pruebas de hipótesis no se rechazaron las hipótesis nulas centradas descripción de distribuciones de variables.
- El estudio destaca cómo herramientas estadísticas avanzadas, como pruebas de hipótesis y bondad de ajuste, pueden contribuir a la comprensión y optimización del rendimiento deportivo en contextos controlados.

9. Bibliografía

Rodríguez Ojeda, Luis. *Probabilidad y estadística básica para ingenieros*. Estadística- ICM, 2014.

[DSpace en ESPOL: Probabilidad y estadística básica para ingenieros](#) ISBN: 978-9942-922 02-1.

Fossland Moa, I., Ligestad, P., & Sørensen, A. (2024). *Students' assessment of learning in a volleyball course at a university: A mixed methods study*. Education Sciences, 14(3), 317. <https://doi.org/10.3390/educsci14030317>