

Estadística descriptiva del péndulo simple

Córdova Cevallos Amely Valentina
<https://orcid.org/0000-0003-4308-4227>
amely.cordova@udla.edu.ec
Universidad de las Américas
Quito-Ecuador

León Pullas Ana María
<https://orcid.org/0000-0001-9489-2377>
ana.leon.pullas@udla.edu.ec
Universidad de las Américas
Quito-Ecuador

Núñez Rodríguez Joaquín Andrés
<https://orcid.org/0000-0001-8018-8610>
joaquin.nunez@udla.edu.ec
Universidad de las Américas
Quito-Ecuador

Recibido (08/12/21), Aceptado (10/01/22)

Resumen: En este trabajo se realizará un estudio de estadística descriptiva a partir de la práctica de péndulo simple, para el cual se implementará un análisis estadístico de la relación de la gravedad a partir de la medida del periodo de un péndulo. Para ello se medirán los valores de aceleración de la gravedad de forma analítica y de forma gráfica, y se tomarán los datos suficientes para hacer diferentes cálculos estadísticos incluyendo desviaciones estándar, medidas de tendencia central, medidas de dispersión, percentil, cuartil y realización de gráficas como histograma y ojiva. Los resultados muestran que los valores calculados de la gravedad presentan errores porcentuales en relación con el valor establecido de la gravedad, además se puede observar que la estadística contribuye al cálculo de parámetros físicos.

Palabras Clave: Péndulo simple, aceleración de gravedad, estadística descriptiva, temporizador con sensores, arduino.

Simple pendulum descriptive statistics

Abstract: In this work, a descriptive statistics study will be carried out based on the practice of a simple pendulum, for which a statistical analysis of the gravity relationship will be implemented based on the measurement of the period of a pendulum. To do this, the values of acceleration of gravity will be measured analytically and graphically, and sufficient data will be taken to make different statistical calculations including standard deviations, measures of central tendency, measures of dispersion, percentile, quartile and graphing. as histogram and ogive. The results show that the calculated values of gravity present percentage errors in relation to the established value of gravity, and it can also be seen that statistics contribute to the calculation of physical parameters.

Keywords: Simple pendulum, acceleration of gravity, descriptive statistics, timer with sensors, arduino.



I. INTRODUCCIÓN

Día a día la tecnología avanza a pasos agigantados lo cual nos permite desarrollar nuevos métodos para adquirir conocimientos científicos y tecnologías, esto ayuda a resolver problemas en disciplinas específicas que permiten desenvolverse en la vida diaria.

El estudio del péndulo empezó cuando Galileo un gran investigador hace varios siglos, utilizó el péndulo para estudiar la caída libre de los cuerpos, lo cual desencadenaría que varios científicos notables continuaran con estas investigaciones. Otro ejemplo muy noble es el de Newton el cual logro desarrollar la constante de gravedad gracias a varios experimentos con péndulos [1].

El descubrimiento del péndulo tuvo gran repercusión en la tecnología, logrando crear avances como el desarrollo del reloj para la navegación, lo cual tendría un impacto mundial en la comercialización vía marítima, tuvo gran peso dentro de la revolución industrial entre otras cosas [1].

Una de las teorías de cómo Galileo se interesó por el estudio del péndulo fue mediante un candelabro, específicamente el candelabro de la catedral de Pisa. En un momento de reflexión se dio cuenta cómo disminuía la amplitud de las oscilaciones, pero la duración de estas no variaba. Esta fue la duda central que lo llevó a investigar sobre el funcionamiento de un péndulo [2].

Se puede denominar al péndulo como un dispositivo simple de crear, el cual está conformado por un objeto de cualquier masa, y es atado por medio de una cuerda o hilo a un soporte que permanecerá en reposo y tensará la cuerda. El péndulo describirá un movimiento oscilatorio a razón del segmento de un círculo [3].

En este trabajo se va a utilizar un péndulo simple, también llamado péndulo matemático, el cual basa su desplazamiento dinámico al soltarlo desde cierta altura y el mismo se desplaza con una velocidad uniforme y aceleración constante de manera vertical hasta provocar que la cuerda a la que está sujeta el péndulo se tense y haga que oscile uniformemente en un movimiento horizontal [4].

También se puede definir el péndulo según la Real Academia Española [5] como el cuerpo grave que puede oscilar suspendido en un punto por un hilo o varilla. El significado que se le da a cuerpo grave es sobre su posesión de masa, esto conlleva a que contenga una fuerza ya sea de movimiento o de tensión. Y además que se vea influenciada por la gravedad.

El estudio del péndulo es en realidad muy extenso, existiendo varias investigaciones sobre el mismo por lo que si se quiere llegar a conocer más sobre el tema se pueden mencionar algunos autores que han tratado este tema de diferentes maneras, como las ideas generales en torno al péndulo [2], los fundamentos epistemológicos en torno a la ciencia del péndulo [6], además algunas combinaciones del péndulo con resortes [7], las teorías más complejas del péndulo invertido [8], el estudio del péndulo dentro de métodos numéricos [9], y la inyección y amortiguamiento de energía dentro de un péndulo [10].

La metodología que se llevará a cabo en este trabajo es un método experimental, el cual se desarrollará para probar el movimiento de un péndulo y los diferentes componentes de este. La realización de esta práctica también permitirá la realización de un análisis estadístico para el cálculo de errores y la validación de datos. En este trabajo se utilizarán varias ecuaciones para obtener los diferentes datos de aceleración, gravedad y tiempo al momento de realizar el movimiento del péndulo.

La mecánica clásica es un área extensa de estudio especialmente del estudio del péndulo simple el cual cuenta con una gran cantidad de trabajos como la determinación de la aceleración de la gravedad en un péndulo simple [11], y el comportamiento asintótico que puede tener un péndulo simple mediante fórmulas para el cálculo del oscilamiento de un péndulo [12].

Se espera que los resultados en torno a la medición analítica de la gravedad sean acordes a los parámetros teóricos conocidos, el estudio estadístico permitirá reconocer la confianza de los procesos matemáticos realizados.

II. DESARROLLO

A. Péndulo Simple

El péndulo simple es una partícula de masa m suspendida del punto O por un hilo inextensible de longitud l y de masa despreciable [13].

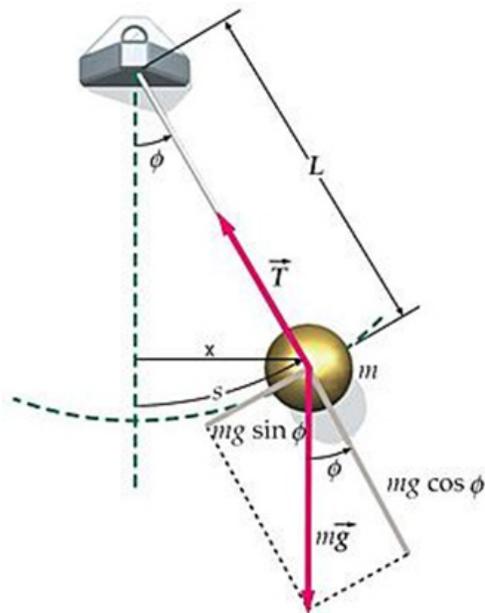


Fig. 1. Péndulo Simple [14].

El péndulo, además, describe una trayectoria circular y es una aproximación teórica de los péndulos reales.

En resumidas palabras, un péndulo simple consiste en un punto material suspendido de un hilo inextensible y sin peso, que puede oscilar en torno a una posición de equilibrio.

B.Periodo del péndulo simple

El periodo del péndulo es representado por la letra T , y se encuentra determinado por la longitud del péndulo y la gravedad, además este periodo no influye en la masa del cuerpo que oscila ni en la amplitud de la oscilación [15].

En palabras cortas, el periodo del péndulo es el tiempo en que un cuerpo colgando de una cuerda tarda en volver a pasar por un punto en el mismo sentido (1).

$$T = 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}} \quad (1)$$

Donde T =Perido del péndulo, l =Longitud del péndulo, g =gravedad

La ecuación (1) es utilizada para el cálculo analítico de la gravedad.

C.Longitud del péndulo

La longitud del péndulo se mide en metros (m), y se encuentra representado por la letra l , además la longitud aumenta lineal o exponencialmente con el tiempo.

La ecuación para obtener la longitud permite calcular el gráfico de la gravedad (2).

$$l = \frac{T^2 \cdot g}{4 \cdot \pi^2} \quad (2)$$

D.Gravedad

La gravedad es la fuerza con la cual el planeta Tierra atrae a los cuerpos cercanos hacia ella y, además, la gravedad se encuentra vinculada al peso. Se encuentra representada con la letra g y tiene un valor fijo de $9,80665 \frac{m}{s^2}$.

Para determinar la gravedad utilizando un péndulo se debe conocer el periodo del péndulo y la longitud. La ecuación correspondiente para utilizar es:

$$g = \left(\frac{2\pi}{T}\right)^2 \cdot l \frac{m}{s^2} \quad (3)$$

E. Estadística Descriptiva

La estadística descriptiva es una disciplina que se encarga de recoger, almacenar, ordenar, realizar tablas o gráficos y calcular parámetros básicos sobre el conjunto de datos [16].

En otras palabras, es un conjunto de técnicas numéricas y gráficas que ayudan a describir y analizar un grupo de datos. Dentro de la estadística descriptiva se pueden encontrar temas como la construcción de tablas de frecuencias, la elaboración de gráficos y las principales medidas descriptivas de centralización, dispersión y forma, todos temas ayudan a realizar la descripción correcta y precisa de los datos.

a. Tipo de variables de la estadística descriptiva

Una variable estadística es una característica de una muestra o población de datos que puede adoptar diferentes valores [17].

Existen dos tipos de variables dentro de la estadística descriptiva, las cuales son: cualitativa o cuantitativa.

- Variable Cualitativa: son también conocidas como variables categóricas y son aquellas que no se expresan con una cantidad numérica.

- Variable Cuantitativa: Son todas aquellas que se pueden expresar a través de un número.

b.Distribución de frecuencias

Las tablas de frecuencia sirven para resumir la información a partir de una muestra de datos.

Existen 4 tipos de frecuencias las cuales son: frecuencia absoluta, relativa, absoluta acumulada y relativa acumulada.

- Frecuencia absoluta: Se refiere al número total de veces que se repite una observación. Se la puede expresar con f_1

- Frecuencia relativa: Es el cociente entre la frecuencia absoluta de un determinado valor y el número total de datos [18]. Luego de calcular todas las frecuencias relativas, la suma de ellas deberá ser igual a 1.

$$n_1 = \frac{f_1}{N} \quad (4)$$

- Frecuencia relativa acumulada: Es la suma de las frecuencias relativas.

$$F_i = f_1 + f_2 + \dots + f_i \quad (5)$$

- Frecuencia absoluta acumulada: Es el resultado de ir sumando las frecuencias absolutas de la observación o de la muestra

$$N_i = n_1 + n_2 + \dots + n_i \quad (6)$$

F.Desviación Estándar

La desviación estándar también es conocida como desviación típica y se encuentra representada con el símbolo sigma (σ), de igual forma se debe tomar en cuenta que siempre es mayor o igual a cero. Es una medida que permite conocer la información que corresponde sobre la dispersión media de una variable [19], es decir indica que tan dispersos están los datos con respecto a la media.

Además, se debe considerar que mientras mayor sea la desviación estándar mayor será la dispersión de los datos.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_1^N (x_1 - \bar{X})^2}{N}} \quad (7)$$

Donde X =Variable, x_1 =observacion número i de la varibale x , N =Número de observaciones, \bar{X} =Medida de la variable X

Varianza

La varianza es una medida de dispersión que es utilizada para medir la variabilidad de un conjunto de datos con respecto a la media aritmética de este [20]. Además, se encuentra representa por el símbolo $\text{Var}(X)$.

$$\text{Var}(x) = \frac{\sum_1^n (x_1 - \bar{X})^2}{n} \quad (8)$$

De igual manera puede representarse de la siguiente manera:

$$\text{ar}(x) = \frac{(x_1 - \bar{X})^2 + (x_2 - \bar{X})^2 + (x_3 - \bar{X})^2 \dots + (x_n - \bar{X})^2}{n} \quad (9)$$

Donde X = *Variable sobre la cual se pretende calcular la varianza*, x_1 = *observacion número i de la variable x* , n = *Número de observaciones*, \bar{X} = *Medida de la variable X*

H.Gráficos en estadística descriptiva

Dentro de los gráficos de la estadística se debe considerar lo siguiente:

- Variables cualitativas: para representar este tipo de variables se utilizan el diagrama de barras o el diagrama de sectores.

- Diagrama de barras: Se representan sobre unos ejes de coordenadas, en el eje de abscisas se colocan los valores de la variable, y sobre el eje de ordenadas las frecuencias absolutas o relativas o acumuladas. Los datos se representan mediante barras de una altura proporcional a la frecuencia [21].

- Variables cuantitativas discretas: Para este tipo de variables se utiliza el diagrama acumulativo de frecuencias y el diagrama de barras.

- Variables cuantitativas continuas: para este tipo de variable se pueden construir gráficos de polígonos de

frecuencias, histogramas o diagrama de tallo y hojas.

-Histograma: Es la representación gráfica en forma de barras, que simboliza la distribución de un conjunto de datos.

-Polígono de frecuencias: Es una representación gráfica de una curva representando la distribución.

-Diagramas de tallo y hojas: Consiste en separar cada dato en el último dígito (que se denomina hoja) y las cifras delanteras restantes (que forman el tallo) [22].

III.METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este trabajo se realizarán tres medidas de tiempo por cada longitud de hilo del péndulo por lo que se eligió utilizar un temporizador digital que registra el tiempo mediante una aplicación celular el cual está configurado y programado con sensores infrarrojos que contienen componentes electrónicos con el fin de detener el tiempo cada vez que el sensor detecte el paso de la esfera por el mecanismo. Para la construcción del temporizador se han utilizado los siguientes materiales:

- Arduino mini
- Modulo bluetooth hc05 diodo emisor
- Diodo receptor
- Resistencias
- Transistor 2n222A
- Baquelita
- Se ha modelado el circuito teniendo en cuenta el plano:

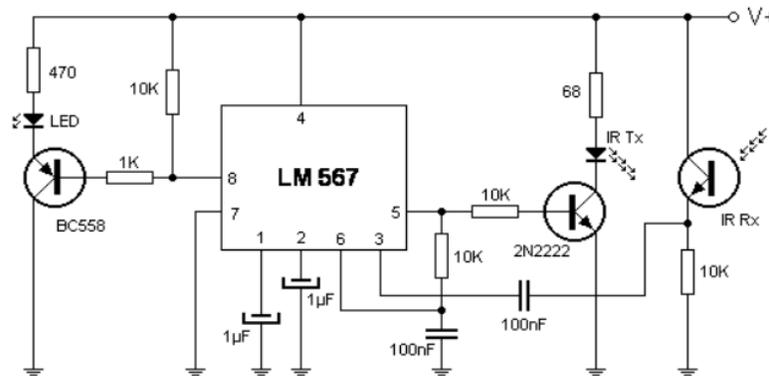


Fig. 2. Esquema del circuito para detector de proximidad [23].

Así también, los hilos de nylon no elástico que se utilizarán son de varias longitudes crecientes de cinco en cinco centímetros desde 10 cm hasta un máximo de 70 cm como muestra la tabla 1, y una esfera de diámetro menor a 30,00 mm. Además, se ha considerado la barra de aproximadamente 80 cm de largo y base de la estructura montable de metal con la pieza desplazable que sujeta el hilo, y la pieza que contiene los sensores de movimiento de material termoplástico.

Cabe recalcar que para la longitud se mide desde la mitad de la esfera hasta el final del hilo, así también para la toma de datos se han considerado 10 oscilaciones del péndulo por cada uno de los tiempos, para tener una mejor apreciación de la relación tiempo-gravedad.

La primera fase del proceso consiste en montar la práctica siguiendo el esquema:



Fig. 3. Modelo del montaje de la práctica de péndulo simple con temporizador [24].

Luego, el temporizador fue conectado considerando que la longitud del péndulo esté determinada por la longitud del hilo más el radio de la esfera colgante de masa m , por lo que previamente se deben tomar las medidas.

IV.RESULTADOS

Se utiliza una referencia al eje vertical para verificar que la esfera pasa por este punto con el fin de medir correctamente el tiempo, se comienza por mover la esfera en un ángulo pequeño con respecto al ángulo vertical y soltándola, registrando tres veces para cada longitud en la siguiente tabla:

Tabla 1. Registro de longitudes y tiempos

Longitud	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3
L(cm)	T(s)	T(s)	T(s)
10	6.32	6.53	6.32
15	7.61	7.69	7.62
20	8.96	8.88	8.97
25	10.06	9.97	10.12
30	11.23	11.02	10.94
35	11.87	11.90	11.99

40	12.82	12.80	12.84
45	13.50	13.49	13.54
50	14.37	14.25	14.41
55	15.04	14.87	14.91
60	15.57	15.54	15.54
65	16.38	16.28	16.41
70	16.89	16.96	17.04

Para aplicar procedimientos estadísticos descriptivos, se calcularon datos cuantitativos para la media, la desviación estándar y la varianza de tiempo en segundos con referencia a la Tabla 1. De manera similar, la aceleración del campo gravitacional se calcula mediante la ecuación (1) para cada resultado, junto con la varianza y desviación estándar. Los datos de aceleración gravitacional calculados se registraron considerando el promedio de los tres tiempos de cada longitud en la tabla:

Tabla 2. Datos para el cálculo de la aceleración de gravedad en forma gráfica

Longitud	Periodo al cuadrado
L(cm)	T^2 (s)
10	0.40832100
15	0.58369600
20	0.79864011
25	1.01002500
30	1.22397344
35	1.42086400
40	1.64352400
45	1.82520100
50	2.05731211
55	2.23203600
60	2.41802500
65	2.67540544
70	2.87754678

En base a los datos recolectados en las tablas 1 y 2 se han utilizado funciones de Excel, tales como: =PROMEDIO () para calcular el promedio de un conjunto de datos y =DESVEST.P () para calcular la desviación estándar, así pues, se consiguió un valor analítico promedio de la gravedad de $9.7329274341 \frac{m}{s^2}$.

Para realizar el cálculo de la aceleración de la gravedad de forma gráfica se requieren los siguientes datos: Periodo al cuadrado y la longitud en metros. Posteriormente se necesita elaborar un gráfico con dichos datos.

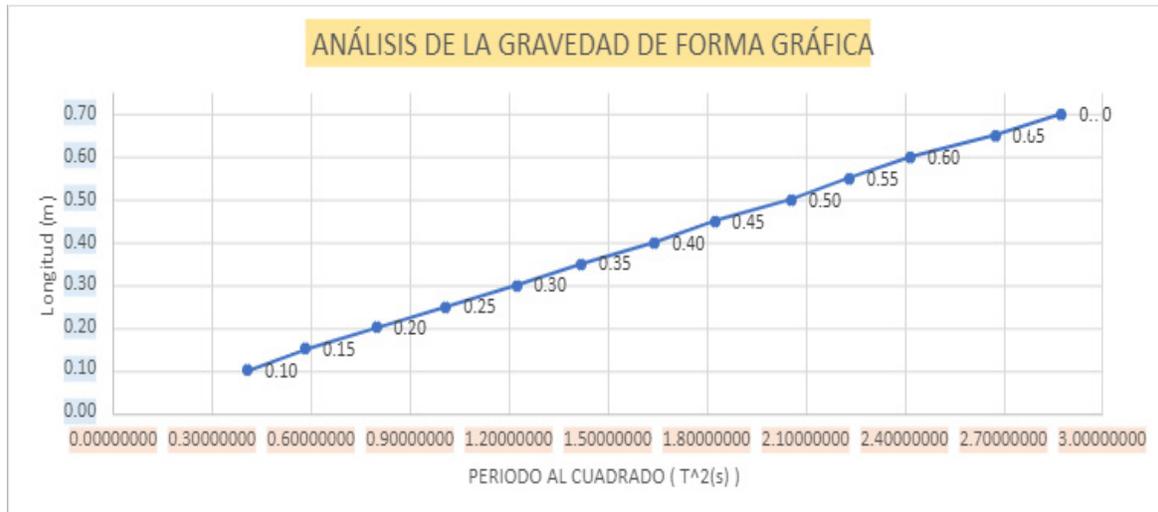


Fig. 4. Gráfica de la gravedad

Una vez realizado el gráfico, se requiere obtener la pendiente, para ello se seleccionan dos puntos de la gráfica y se utiliza la ecuación:

$$m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (10)$$

Lo cual da como resultado un valor de pendiente de 0.247351688 m . Finalmente se obtiene el valor de la gravedad. Al realizar el cálculo de la aceleración de gravedad de forma gráfica se obtuvo como resultado una gravedad de $9.765053231 \frac{m}{s^2}$, que en comparación con la gravedad que se consiguió de forma analítica de $9.7329274341 \frac{m}{s^2}$, se logra inferir que no existe una diferencia abismal entre ambos valores e incluso varían únicamente por centésimas.

Para la elaboración de la tabla de frecuencia se escogieron los datos de la columna “Promedio de tiempos”, dicha tabla consta de 13 datos y con ellos se encontraron las distintas frecuencias y a su vez se obtuvieron intervalos, para encontrar la cantidad de intervalos necesarios se utiliza la fórmula de Sturges:

$$k = 1 + 3.322 \log(n) \quad (11)$$

Donde n es el número de datos

Reemplazando los datos en la fórmula se obtuvo que la cantidad de intervalos es 5. Posteriormente se requiere obtener el rango de dichos datos para ello se utiliza la siguiente ecuación:

$$\text{rango} = x_{\max} - x_{\min} \quad (12)$$

Donde x_{\max} es el dato con el valor máximo y x_{\min} es el dato con el valor mínimo

Utilizando la ecuación 12 se obtiene como resultado que el rango tiene un valor de 10.5733333, y con estos datos encontrados finalmente se puede calcular la amplitud, para eso se utilizará la siguiente ecuación:

$$A = \frac{\text{rango}}{k} \quad (13)$$

Donde k es el número de intervalos

Utilizando la ecuación 13 se obtiene que el valor de la amplitud es de 2.1146666667, con todos los datos anteriores, se obtiene que los 5 intervalos son: [6.3900000-8.50466667), [8.50466667-10.61933333), [10.61933333-12.73400000), [12.73400000-14.84866667) y [14.84866667-17).

Con los intervalos obtenidos se puede encontrar los valores de las marcas de clase (xi) los cuales son: 7.447333333, 9.562, 11.67666667, 13.79133333 y 15.906, se hallan los valores de las Frecuencia absolutas (Fi), los cuales son: 2, 2, 2, 3 y 4, de igual manera consiguen los datos de las frecuencias relativas (fr), obteniendo: 0.153846, 0.153846154, 0.153846154, 0.230769231 y 0.307692308 como resultado, y finalmente se encuentran los valores de las Frecuencias absolutas acumuladas (Fa), cuyos valores son: 2,4,6,9 y 13. El orden de estos datos van con el orden de los intervalos, los cuales fueron ordenados de manera ascendente.

Para realizar el histograma se requiere seleccionar las columnas de los datos de los intervalos anteriormente calculados y de las frecuencias absolutas, obteniendo como resultado el siguiente gráfico:

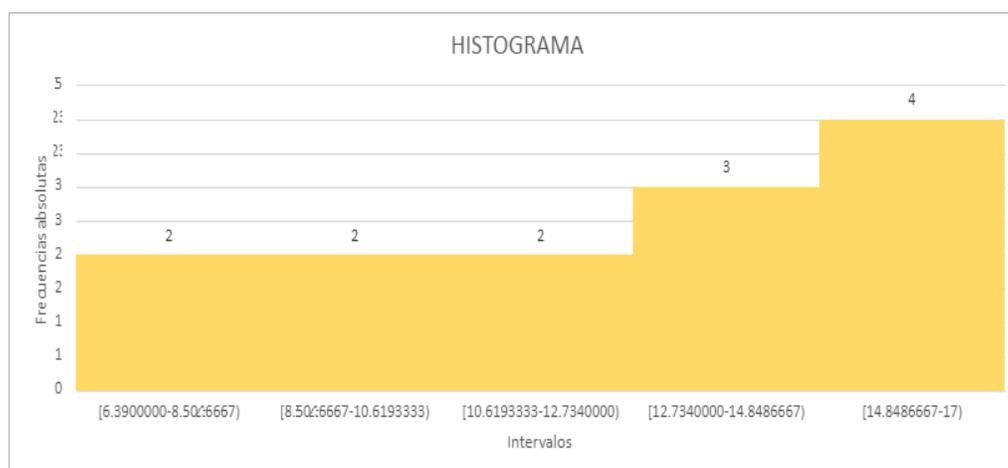


Fig. 5. Gráfica de Histograma

Este gráfico contiene los nombres de los ejes, en caso del eje horizontal el nombre es: Intervalos y el eje vertical tiene el nombre de: Frecuencias absolutas. De igual forma, el gráfico contiene etiquetas con el valor de los datos de las frecuencias absolutas.

Para elaborar el diagrama de ojiva se requiere de los límites de los intervalos, los cuales son: 6.39, 8.50466667, 10.61933333, 12.734, 14.84866667 y 16.96333333, además se requiere utilizar la columna de las frecuencias acumu-

ladas de las frecuencias absolutas, obteniendo como resultado el siguiente gráfico:

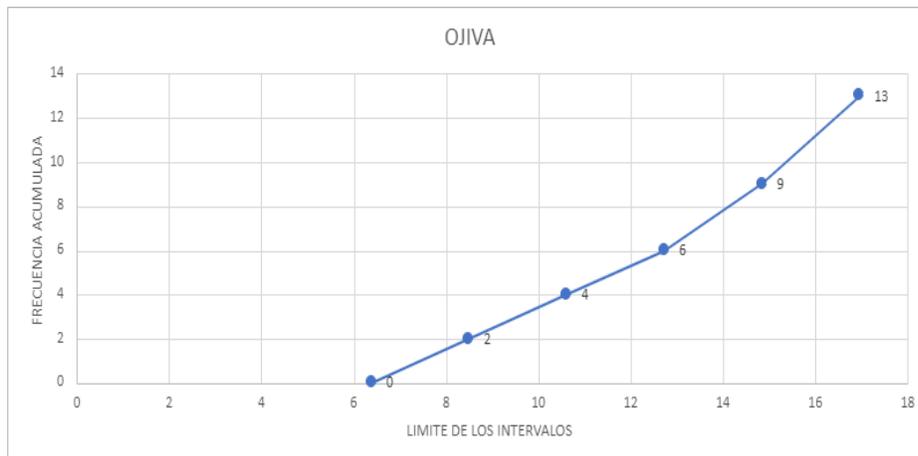


Fig. 6. Gráfica de Ojiva

Este gráfico contiene los nombres de los ejes, en caso del eje horizontal el nombre es: límite de los intervalos y el eje vertical tiene el nombre de: Frecuencia acumulada. De igual manera, el gráfico contiene etiquetas con el valor de los datos de las frecuencias acumuladas.

Se calcularon las medidas de tendencia central media, mediana y moda, para ello se consideraron todos los tiempos tomados, es decir, los tres tiempos de cada longitud, ordenándolos en forma ascendente y utilizando funciones de Excel, tales como: =PROMEDIO() para calcular la media, =MEDIANA() para calcular la mediana, y =MODA.VARIOS() para calcular en nuestro caso las modas, por lo que el valor de la media es de 12.3449, el valor de la mediana es 12.82 y los valores de la moda son 6.32 y 15.54.

Así también se calcularon las medidas de dispersión rango, desviación estándar, varianza y coeficiente de variación, para ello también se consideraron todos los tiempos tomados, utilizando funciones de Excel, tales como: =MAX() para sacar el mayor valor del conjunto de datos, =MIN() para calcular el menor valor del conjunto de datos, y su resta para calcular el rango, =DESVEST.P() para la desviación estándar, y en función de ello las dos medidas restantes, obteniendo como resultado el rango de 10.72, desviación estándar de 3.2387, varianza de 10.489 y coeficiente de variación de 0.263.

Para verificar que tipo de datos representan una muestra dispersa u homogénea se requiere de la elaboración de un gráfico de dispersión que contenga los datos de la columna de la longitud (m) y de los promedios de tiempos (μ de T (s)). Obtenido como resultado la siguiente gráfica:

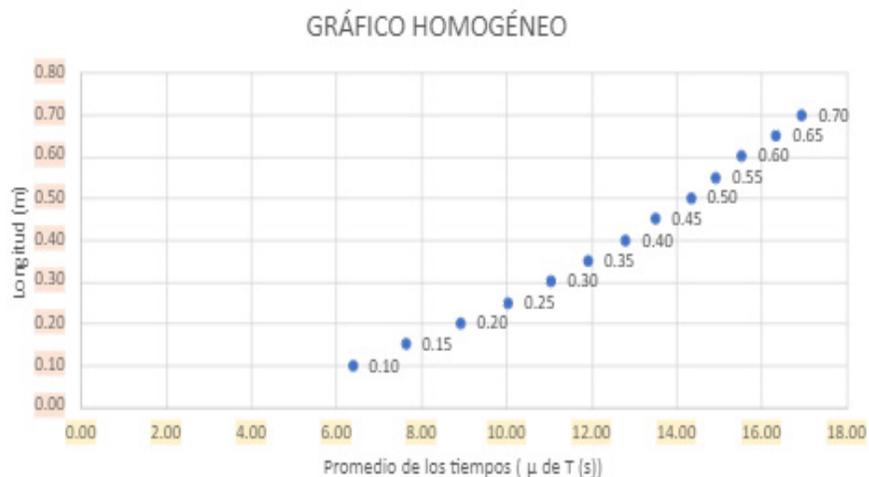


Fig. 7. Gráfica Homogéneo de la Muestra

Esta gráfica muestra que los datos representan una muestra homogénea ya que los puntos se encuentran muy cercanos unos con otros.

Para conseguir las medidas de ubicación del trabajo se calculó un par de cuartiles y percentiles que se tomaron del total de datos y también de una muestra específica. Las dos primeras medidas de ubicación que se obtuvieron fueron el primer cuartil y percentil 45. Primero se calculó el cuartil correspondiente al 25 % del total de tiempos obtenidos (Primer Cuartil), el primer cuartil apuntaba al tiempo 9.9144445.

El siguiente resultado fue el percentil 45, este percentil se obtuvo de la toma total de tiempos y nos dio que apuntaba al tiempo 12.302255 segundos, esto se ubicó cerca de la mitad de la toma total. Después se obtuvo el tercer cuartil, este representaba el 75 % de la muestra total y nos dio como resultado 15.465444.

Adicionalmente se calculó el percentil 25 de la misma muestra, el percentil que se obtuvo fue 9.870388944 segundos, esto significa que, si dividimos en 100 partes iguales, el tiempo que equivale al 25 % fue el obtenido. En este trabajo se logra identificar que la muestra es homogénea debido a que los percentiles y cuartiles no muestran una gran variación en la toma de datos.

Para finalizar utilizando la fórmula de población infinita, se demostró que la muestra para 350 medidas de longitud del péndulo es de 72. Este procedimiento se desarrolló utilizando los datos teóricos para las incógnitas dentro de la fórmula.

V. CONCLUSIONES

La toma de tiempos teniendo en cuenta las 10 oscilaciones permitió realizar un cálculo más aproximado de la gravedad, porque permitió además inferir en función al movimiento periódico del péndulo simple.

El manejo de distintas unidades de medida es fundamental en el cálculo de resultados, ya que se deben considerar para no tener errores estadísticos al respecto. Al realizar el procedimiento para obtener la gravedad de forma gráfica se pudo verificar que la gravedad calculada de forma analítica es correcta, ya que se obtuvieron resultados similares en el cálculo de la gravedad.

Gracias a la utilización de la estadística descriptiva, se puede elaborar una tabla de frecuencias, dicha tabla contiene la información de las frecuencias absolutas, relativas y acumuladas. De igual manera, se requiere que los datos se encuentren en intervalos para realizar histogramas y los límites de dichos intervalos para elaborar un diagrama de ojiva de manera correcta.

La estadística descriptiva permite aportar de forma significativa al análisis de errores y las posibles situaciones a mejorar para trabajos futuros relacionados al péndulo simple.

Se observó que la media, moda y mediana tienen una tendencia a la izquierda, por lo tanto, los datos poseen una distribución asimétrica negativa, sin embargo, los valores de media y mediana no varían por mucho, por lo que a pesar de que los datos no son iguales, son aproximados, por excepción de las modas.

El sensor diseñado podría ser sustituido por un microprocesador configurable para que arroje un valor más exacto en la toma de datos y así reduciría más los errores.

Si la esfera fuese de metal o acero sólido y de menor tamaño tendría menos fricción y un desplazamiento más preciso, mejor apreciación de toma de datos, reduce errores.

Para observar la dispersión de los datos se requiere de un gráfico de dispersión, con dicho gráfico se pudo reflejar la homogeneidad en los datos recolectados.

REFERENCIAS

- [1] A. García, «El péndulo simple,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica3/oscilaciones/pendulo/pendulo.html>. [Último acceso: 7 diciembre 2021].
- [2] T. H. Particle, «La web de Física,» 6 abril 2015. [En línea]. Available: <https://forum.lawebdefisica.com/forum/el-aula/mec%C3%A1nica-newtoniana/32071-p%C3%A9ndulo-simple>. [Último acceso: 7 diciembre 2021].
- [3] J. Fernández, «Fiscalab,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.fiscalab.com/apartado/mas-y-pendulos>. [Último acceso: 7 diciembre 2021].
- [4] J. López, «Estadística descriptiva Economipedia,» 15 noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/estadistica-descriptiva.html>. [Último acceso: 8 diciembre 2021].
- [5] J. López, «Variable estadística Economipedia,» 4 abril 2020. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/variable-estadistica.html>. [Último acceso: 9 diciembre 2021].

- [6] Superprof, «Qué significa frecuencia relativa,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.superprof.es/diccionario/matematicas/estadistica/frecuencia-relativa.html>. [Último acceso: 8 diciembre 2021].
- [7] J. López, «Desviación estándar o típica Economipedia,» 2 octubre 2017. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/desviacion-tipica.html>. [Último acceso: 16 diciembre 2021].
- [8] J. López, «Varianza Economipedia,» 18 noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/varianza.html>. [Último acceso: 16 diciembre 2021].
- [9] Superprof, «Diagrama de barras y polígonos de frecuencias,» 1 junio 2019. [En línea]. Available: <https://www.superprof.es/apuntes/escolar/matematicas/estadistica/descriptiva/diagrama-de-barras-y-poligonos-de-frecuencias.html>. [Último acceso: 8 diciembre 2021].
- [10] Universo Formulas, «Diagrama de Tallo y Hojas,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.universoformulas.com/estadistica/descriptiva/diagrama-tallo-hojas/>. [Último acceso: 8 diciembre 2021].
- [11] B. Penna, «Ritsa Electrónica,» 9 febrero 2016. [En línea]. Available: <https://www.ritsasv.com/2016/02/09/detector-infrarrojo-de-proximidad/>. [Último acceso: 20 enero 2022].
- [12] Anonymous, «NANOPDF.COM Péndulo simple,» 30 junio 2018. [En línea]. Available: https://nanopdf.com/download/pendulo-simple-5b3750993166f_pdf. [Último acceso: 5 enero 2022].

RESUMEN CURRICULAR



Amely Valentina Córdova Cevallos, Estudiante de Tercer semestre de la carrera de Ingeniería en Software de la Universidad de las Américas en Quito - Ecuador. Mejor Egresada y Abanderada del Pabellón Nacional de la Unidad Educativa FESVIP.



Ana María León Pullas, Estudiante de Tercer semestre de la carrera de Ingeniería en Software de la Universidad de las Américas en Quito - Ecuador. Graduada con mención de honor de la Unidad Educativa Santa María Eufrasia.



Joaquín Andrés Núñez Rodríguez: Estudiante de Tercer semestre de la carrera de Ingeniería en Software en la Universidad de las Américas en Quito - Ecuador. Graduado del diploma internacional IBS de la Institución Educativa ISM Academy.