

Athenea

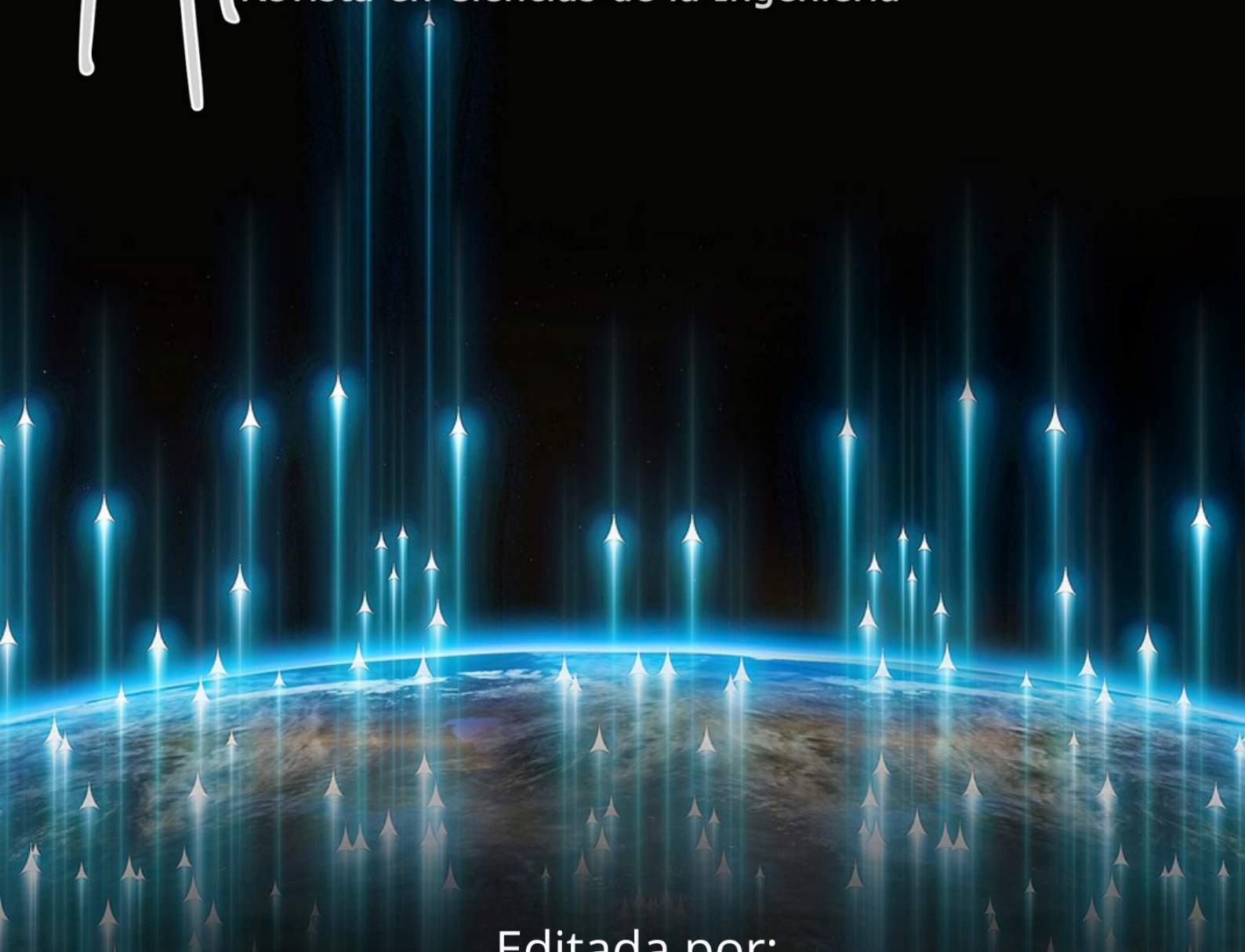
Revista en Ciencias de la Ingeniería

ISSN: 2737-6439

DOI: 1047460

Volumen 3, Número 7

Marzo de 2022



Editada por:

**AutanaBooks**
Engineering & Services

ATHENEA JOURNAL

Electronic Journal Edited By AutanaBooks.

Quarterly Periodicity

Our cover



Our cover shows the projections of engineering towards the future, as a transforming, innovative and technological profession. Public images on pixabay.

Source: pixabay.com

TECHNICAL TEAM

-Webmaster and Metadata Ing. Ángel Lezama (Quito, Ecuador).

a2lezama@gmail.com

-Graphic design and layout: Lcda. Eliannys Copeland (AutanaBooks, Ecuador).

mmdssnn250195@gmail.com

-Administrative assistant: Lcda. Cruzcelis López (AutanaBooks, Ecuador).

cruceliserkanessi@gmail.com

-Translator: Lcda. Joralci López Herrera (AutanaBooks, Ecuador).

joralci@gmail.com

The articles, opinions and contributions that are published in this journal they do not necessarily represent the philosophy informative or institutional of AutanaBooks and may be reproduced with prior authorization of the Publisher. In case of reproduction, it is appreciated to cite the source and send copies of the medium used AutanaBooks, to the following address: Ecuador, Quito, sector mitad del mundo, Av. Manuel Córdova Galarza y Av. Shyris, Conjunto Jardines de San Antonio, Casa B1. Teléfono: +593 984600573, email: editorial@autanabooks.com

Viewing the Journal:
www.autanabooks.com

DIRECTORY OF THE ATHENEA JOURNAL, IN ENGINEERING SCIENCES

EDITORIAL BOARD

Editora: Dr. Franyelit Suárez, (AutanaBooks, Quito, Ecuador), (Universidad de las Américas, Quito, Ecuador) editorial@autanabooks.com

ACADEMIC COMMITTEE

Dr. Luis Rosales(Universidad Nacional Experimental Politécnica "Antonino José de Sucre", Vice Rectorado Puerto Ordaz, Puerto Ordaz, Venezuela).

luis.rosales2@gmail.com

Dr. Janio Jadán (Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito, Ecuador). janiojadan@uti.edu.ec

Dr. Hilda Márquez (Universidad Metropolitana de Quito, Quito, Ecuador). amarquez@umet.edu.ec

Dr. Diego Bonilla (Universidad Estatal de Bolívar, Guaranda, Ecuador). produccion@bhconsultores.com

Dr. David Parra (Universidad Israel, Quito, Ecuador). david.parra@uisrael.edu.ec

Mgt. Alberto Haro (Empresa Enyde.ec, Quito, Ecuador).

alberto.haro@it-solutions-ec.com

Mgt. Gustavo Chango (Pontificia Universidad Católica-Sede Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador).

gustavo.chango@pucese.edu.ec

Dr. Gloria Peña (Pontificia Universidad Católica-Sede Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador).

gloria.peña@pucese.edu.ec

Dr. Beatriz Maldonado (Pontificia Universidad Católica-Sede Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador).

beatriz.maldonado@pucese.edu.ec

Mgt. Karina Mendoza (Universidad UTE, Quito, Ecuador).

karina.mendoza@ute.edu.ec

Mgt. Juan Segura (Universidad Tecnológica Indoamérica, Quito, Ecuador).

juansegura@uti.edu.ec

Dr. Neris Ortega (Universidad Metropolitana de Quito, Quito, Ecuador).

nortega@umet.edu.ec

Dr. Elsa Albornoz (Universidad Metropolitana de Quito, Quito, Ecuador).

ealbornoz@umet.edu.ec

Mgt. Evelyn Josefina Campos Reyes (Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela).

evelynjosefina@gmail.com

Mgt. María Fernanda Romero Grimán (Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela).

mferromero@gmail.com

Mgt. Francis del Valle Rosas de Serge (Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela).

francisrosas1@hotmail.com

Lcda. Noreiddy Moreno (Corporación Misión de María, Santiago de Chile, Chile).

norimoreno@gmail.com

Mgt. Eva del Carmen Ochoa Smith (Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela).

evaechoasmith@gmail.com

Mgt. Martha Lopresti (Universidad de Carabobo, Valencia, Venezuela).

lopresti18@gmail.com

Mgt. José Patricio Quintanilla Silva (Universidad Mayor Santiago de Chile, Santiago de Chile, Chile).

quintanillasilva@gmail.com

Dr. María Cristina Fossi (Centro Clínico de Especialidades, CELIES)

dra.fossi.paz@hotmail.com

Dr. Carlos Fabián Márquez (Cámara de EPS de la Provincia del Oro, Ecuador)

carlosmarquezgranja@yahoo.com

Dr. Yelly Hurtado (Hospital de Figueres-Provincia de Girona-España)

yellyhurtado@hotmail.com

CONTENTS

- 5 Córdoba Cevallos Amely Valentina, León Pullas Ana María y Huaita Núñez Rodríguez Joaquín Andrés ,Estadística descriptiva del péndulo simple.
- 18 Mancero Arias María Gabriela, La innovación en ingeniería.
- 23 Minaya Vera Cristhian Gustavo, Junior Antonio Briones Mera, Arias Vera Irina Loreley y Minaya Vera Andrés Alexander, Educación para ingenieros en tiempos de pandemia
- 30 Fabiana Liria , Thyara Vintimilla y Jadira Estefanía Vinueza, Estadística de la gravedad analítica y teórica.
- 44 Sleyther Arturo De La Cruz Vega, Cristian Milton Mendoza Flores, Kevin Arturo Ascoy Flores, Johnny Gregorio Cipriano Bautista, Julio Cesar Barrenechea Alvarado y Gumercindo Flores Reyes, Mecánica de Suelos y cimentaciones. Capítulo 3: Estudios de mecánica de suelos

EDITORIAL

Engineering is seen as a highly competitive profession in the international market, with high standards for the development of innovative and technological products and services. In number 7 of volume 3 of the Athenea Magazine in Engineering Sciences, the main characteristics of the engineer's training are addressed for their inclusion in a digital world, of integrated developments and with a globalized vision in the industrial, educational and social context. .

Technology and engineering are associated to face the modern world and its challenges, to innovate for the development of nations, the improvement of daily life and the application of sustainable tools that contribute to the conservation of the environment, of the surroundings social, and health.

Engineering, then, is one of the main professions for today's world, and is projected as a support tool for all professions, hence the Athenea Magazine collects academic and scientific contributions in these areas.

Franyelit Suárez

Chief Publisher

AutanaBooks

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].

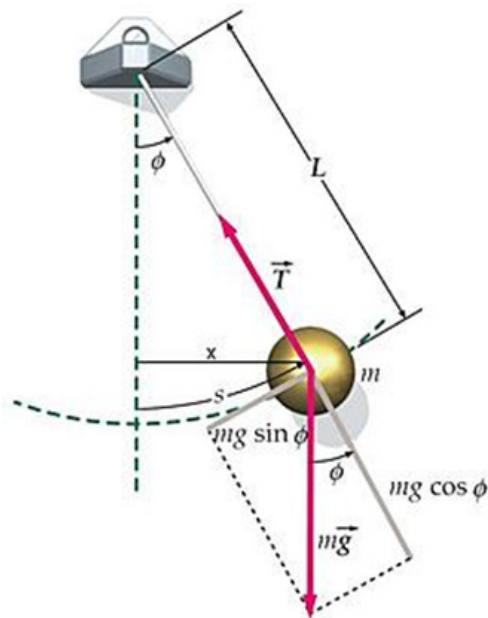


Fig. 1. Péndulo Simple [14].

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:

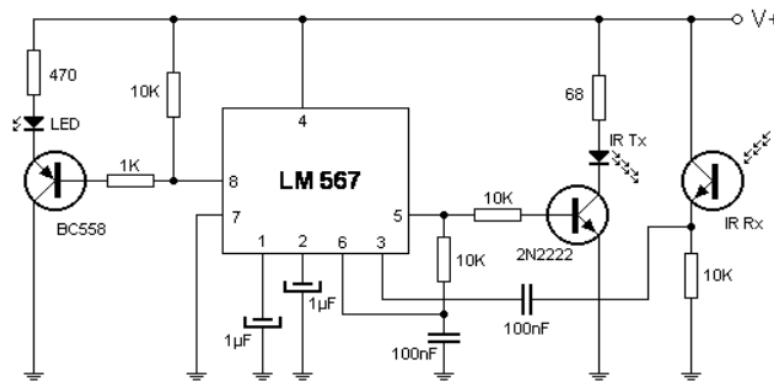


Fig. 2. Esquema del circuito para detector de proximidad [23].

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:

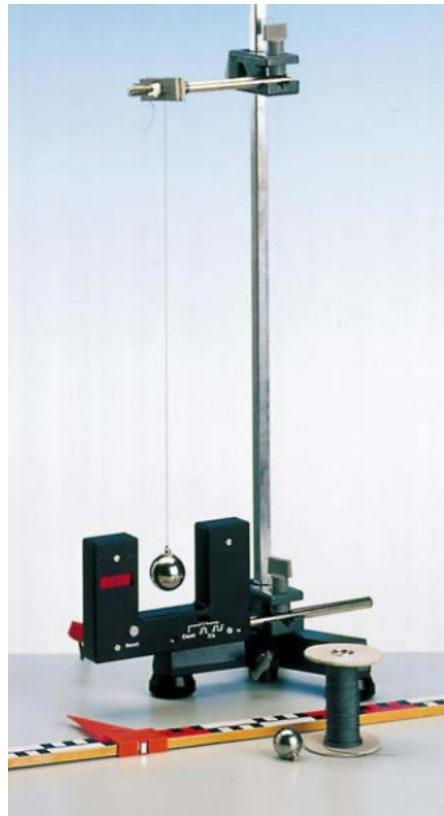


Fig. 3. Modelo del montaje de la práctica de péndulo simple con temporizador [24].

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.

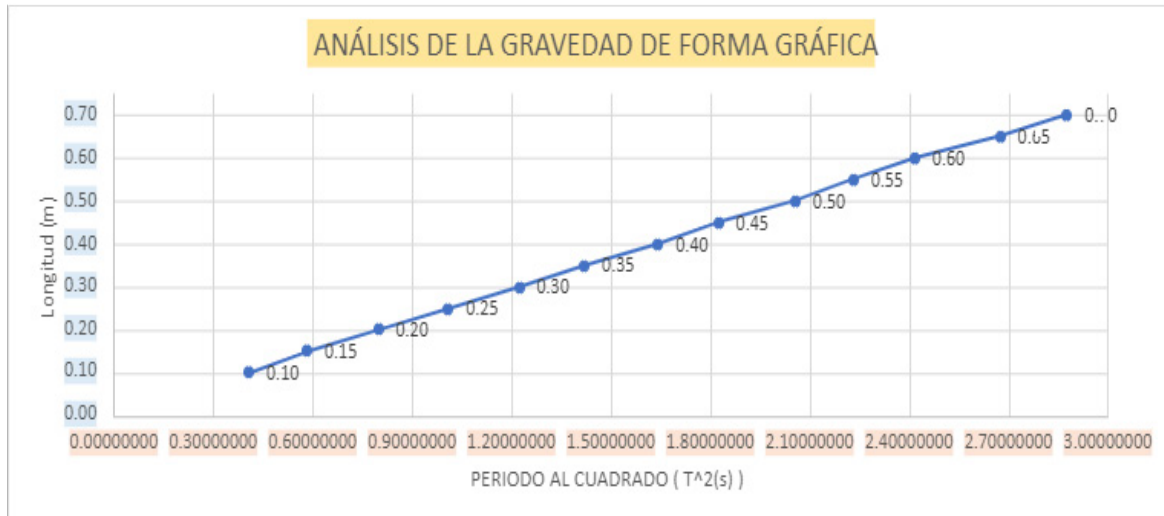


Fig. 4. Gráfica de la gravedad

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 2.114666667, con todos los datos anteriores, se obtiene que los 5 intervalos son: [6.3900000-8.5046667), [8.5046667-10.6193333), [10.6193333-12.7340000), [12.7340000-14.8486667) y [14.8486667-17).

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:

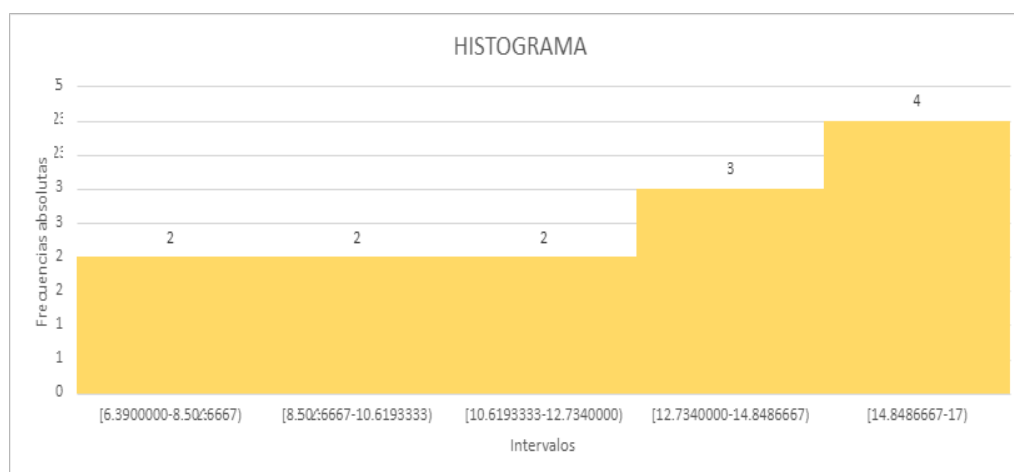


Fig. 5. Gráfica de Histograma

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, 8.5046667, 10.6193333, 12.734, 14.8486667 y 16.9633333, además se requiere utilizar la columna de las frecuencias acumu-

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

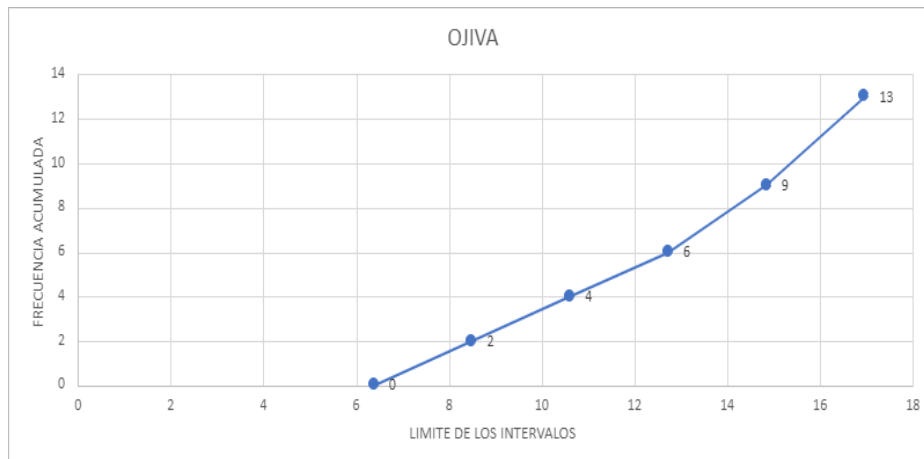


Fig. 6. Gráfica de Ojiva

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:

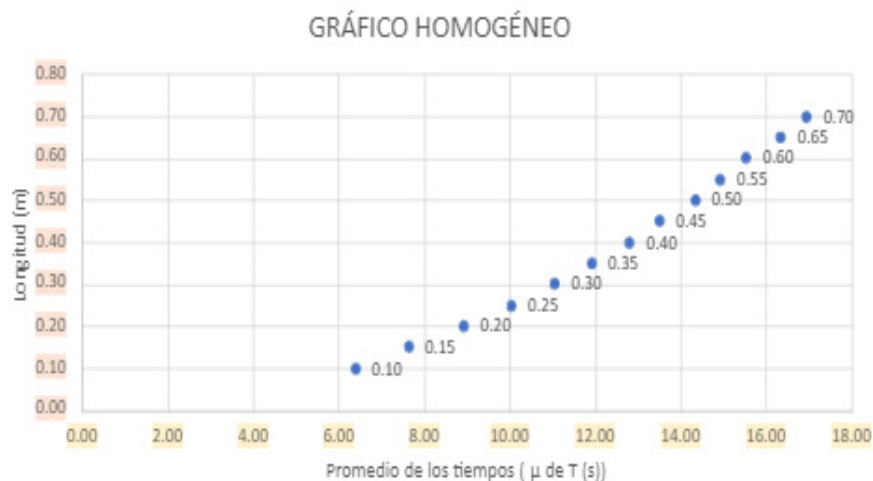


Fig. 7. Gráfica Homogéneo de la Muestra

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.ritsavv.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.

La innovación en ingeniería

Mancero Arias María Gabriela
magamar2011@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-6167-1989>
IITEC
San José – Costa Rica

Recibido (11/12/21), Aceptado (15/01/22)

Resumen: Las nuevas tendencias industriales se vislumbran sobre un panorama digital con alto contenido en innovación científica y tecnológica. En este trabajo se realiza una evaluación bibliográfica para conocer las directrices educativas de la innovación en la formación de ingenieros. Se evalúa un amplio espectro de material académico y científico, de buenas bases de datos, con el fin de conocer los programas de ingeniería y su impacto en la digitalización industrial, desde un punto de vista de la innovación. Los resultados muestran que la educación en ingeniería requiere de una reforma sustancial para acoplarse a las exigencias industriales de los nuevos tiempos, además muestra que en Latinoamérica se requiere una visión más globalizada en la formación de ingenieros.

Palabras Clave: Educación en ingeniería, empresas digitales, innovación científica y tecnológica.

Innovation in engineering

Abstract: New industrial trends are glimpsed on a digital panorama with a high content of scientific and technological innovation. In this work, a bibliographical evaluation is carried out to know the educational guidelines of innovation in the training of engineers. A wide spectrum of academic and scientific material, from good databases, is evaluated in order to learn about engineering programs and their impact on industrial digitization, from an innovation point of view. The results show that engineering education requires a substantial reform to adapt to the industrial demands of the new times, it also shows that in Latin America a more globalized vision is required in the training of engineers.

Keywords: Engineering education, digital companies, scientific and technological innovation.



I. INTRODUCCIÓN

La ingeniería es una de las disciplinas profesionales con mayor participación en el desarrollo social, ya que se involucra de forma colaborativa en todas las áreas profesionales, aportando soluciones eficientes, tecnológicas, y de mejoramiento en general. Así pues, la ingeniería se vislumbra como la profesión de mayor participación en el mundo moderno.

Algunos autores [1] consideran que la educación está condicionada a las realidades sociales y que el profesor forma un papel sumamente importante en la vinculación de los entes sociales con la profesión, y que además se suma a esto la cultura, las estructuras políticas y las necesidades del entorno.

El desarrollo de la ingeniería ha sido significativo en los últimos años, y ha permitido el mejoramiento de una diversidad de aplicaciones en las áreas médicas, educativas, innovación y tecnología [2], [3], [4]. Además de integrar herramientas novedosas, ha permitido incorporarse en la solución de problemas sociales de diversas categorías. Por ende, la formación del ingeniero ya no puede estar dedicada a áreas tan específicas desligadas del contexto, es importante que se vincule con las necesidades sociales y a su vez que pueda ser abierta a nuevas exigencias tecnológicas e innovadoras.

En los programas de ingeniería, la innovación juega un papel fundamental, por ser este un recurso medular de la formación de profesionales en estas áreas, por sus particularidades asociaciones con la tecnología y sus necesidades de apoyo a las otras áreas profesionales. De tal manera, que la ingeniería y la innovación deben ir de la mano en todo el proceso de formación universitaria y por ende, es esencial para el futuro profesional.

Por su parte, la innovación ha resultado una necesidad de los tiempos modernos, bien porque los países generen menos empleos tradicionales, o bien, porque los profesionales buscan cada vez más, la independencia del empleador. Además las nuevas tendencias industriales se enfocan en aquellos trabajadores innovadores, proactivos y con aptitudes positivas para el cambio.

En este trabajo se realiza una revisión de los programas de ingeniería y su visión hacia sistemas profesionales innovadores, que aporten soluciones a las digitalización empresarial y que favorezcan el mercado con ideas nuevas, que generen empleos y desarrollos para el bien de las naciones.

II. LA INNOVACIÓN EN INGENIERÍA; UN RECURSO INDISPENSABLE Y NECESARIO

La innovación ha resultado ser una necesidad de todas las profesiones, ya que los cambios de la modernidad han dejado de un lado las tradiciones, y el tiempo se hace acelerado para la producción de productos y servicios. Los consumidores son cada vez más exigentes, necesitando a su vez herramientas digitales que le permitan acceder de forma inmediata a los recursos del mercado.

Las empresas deberán adaptar sus formas, sus ofertas, sus productos, a los ritmos acelerados de la sociedad actual. Además deberán incluir recursos que se incorporen a las nuevas necesidades del contexto. Toda esta innovación debe, sin lugar a dudas, estar inmersa en los programas de ingeniería para la formación de perfiles capaces de producir sistemas innovadores.

III. METODOLOGÍA

En este trabajo se realizó una revisión bibliográfica y documental, para conocer los criterios necesarios de la innovación en la formación de ingenieros, así como los aspectos que se requieren de la ingeniería para ofrecer productos y servicios innovadores en el desarrollo de soluciones sociales.

Se realizó una búsqueda de información considerando los aspectos descritos en la figura 1, tomando en cuenta las principales fuentes científicas como Scopus, así como otras fuentes regionales de gran interés académico y de investigación.

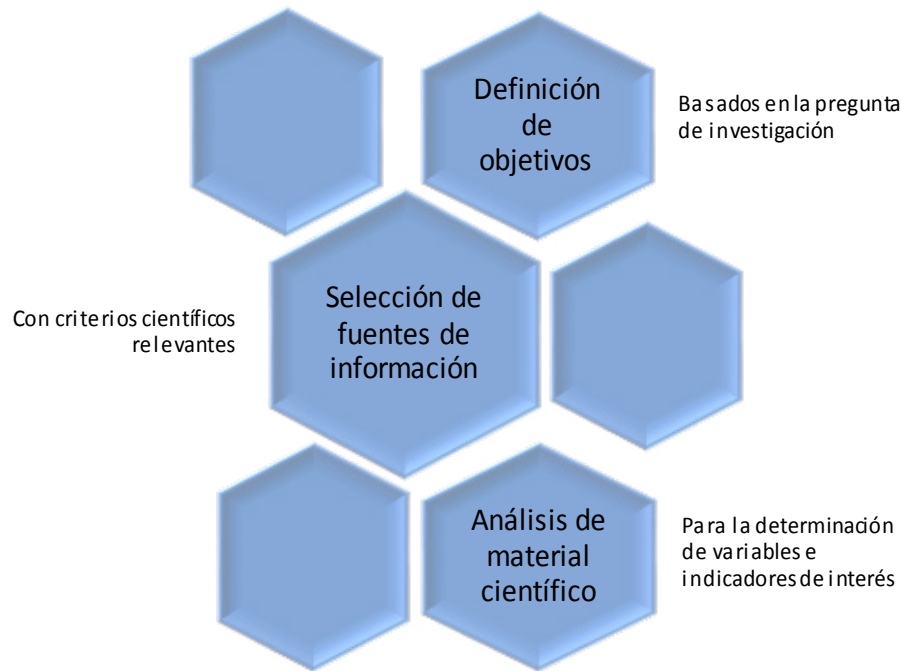


Fig. 1. Proceso de revisión bibliográfica realizado.
Fuente: propia

La definición de objetivos estuvo basada en la pregunta de investigación, ¿Es la innovación un recurso indispensable en las profesiones de ingeniería?, lo que condujo a la revisión de material académico y científico para seleccionar los criterios actuales de la innovación, su impacto en los programas de ingeniería y en las aplicaciones de desarrollo científico.

IV.RESULTADOS

Una vez realizada la revisión bibliográfica se obtuvieron los siguientes resultados:

1.La innovación es un recurso indispensable en los tiempos actuales, que se acentúa cada vez más en todos los entornos comerciales, educativos, recreativos, y de una infinidad de áreas donde la innovación es la mejor salida para mantener en pie la oferta de productos y servicios, se incorporan en estos desarrollos el uso de recursos tecnológicos de inteligencia artificial, para conocer las necesidades de los usuarios y poder innovar en función a estos contextos [3].

2.El uso de herramientas innovadoras en los programas de ingeniería puede aportar a la formación de profesionales con habilidades de emprendimiento, de desarrollo constante, de uso tecnológico de los recursos que favorezcan al desarrollo sustentable de las naciones [5].

3.La industria digital que se abre camino en la sociedad actual, exige ingenieros de alto rendimiento, con elevadas destrezas en innovación, con capacidad de trabajo en equipo y liderazgo profesional, de ahí que la innovación deba incluirse en la formación de las ingenierías.

4.La ingeniería es un recurso indispensable en la vida moderna, aporta importantes desarrollos a la vida actual y a los servicios de innumerables áreas profesionales, por ende, deberá incorporar en sus desarrollos, el uso prolongado de ideas innovadoras que contribuyan al mejoramiento de las condiciones de vida, de la conservación del ambiente y de las ofertas de servicios y productos de calidad.

V.CONCLUSIONES

El trabajo se ha realizado con una búsqueda bibliográfica para conocer los aspectos necesarios de la innovación en la ingeniería, logrando destacar la innovación en la formación de ingenieros y la innovación en la aplicación de la ingeniería.

Además es posible afirmar las siguientes conclusiones al respecto:

1. La formación de profesionales en las áreas de ingeniería debe incluir la innovación como recurso de desarrollo primario en el diseño de productos y servicios que dependan de la ingeniería.
2. La formación de ingenieros debe incorporar actividades de pensamiento crítico, con habilidades de innovación constante, que aporten al desarrollo de nuevos productos y servicios para la solución de problemas sociales.
3. El ingeniero de los nuevos tiempos debe, necesariamente, tener actitudes innovadoras para la generación de desarrollos científicos y tecnológicos para el mejoramiento de los contextos nacionales de su entorno.
4. Los programas de ingeniería deben ser cada vez más flexibles para su adaptación al entorno y a las necesidades industriales, que promuevan desarrollos de alta tecnología, con carácter científico e innovador.

REFERENCIAS

- [1] V. Guichot, «HISTORIA DE LA EDUCACIÓN: REFLEXIONES SOBRE SU OBJETO, UBICACIÓN EPISTEMOLÓGICA, DEVENIR HISTÓRICO Y TENDENCIAS ACTUALES,» Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, vol. 2, n° 1, pp. 11-51, 2006.
- [2] V. M. H., L. S., K. G., W. H. W. y J. J., «Social interdependencies as facilitators of cooperative learning in new product development: The moderating effect of technological novelty,» Expert Systems with Applications, vol. 1951, p. 116619, 2022.
- [3] M. C. y G. M., «Artificial Intelligence in Innovation: How to Spot Emerging Trends and Technologies,» IEEE Transactions on Engineering Management, vol. 69, n° 2, pp. 493 - 5101, 2022.
- [4] A. K., D. E. y X. B., «Modeling Social Product Development Process, Technology, and Governance,» IEEE Transactions on Engineering Management, vol. 69, n° 2, pp. 409 - 4221, 2022.
- [5] J. Carvajal, «La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 y su Impacto en la Educación Superior en Ingeniería en Latinoamérica y el Caribe,» de 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Global Partnerships for Development and Engineering Education”, Boca ratón, Estados Unidos, 2017.
- [6] R. Jiménez, D. Magaña y S. Aquino, «GESTIÓN DE TENDENCIAS STEM EN EDUCACION SUPERIOR Y SU IMPACTO EN LA INDUSTRIA 4.0,» Journal of the Academy, n° 5, pp. 99-121, 2021.
- [7] J. Ortiz, A. Carrillo y M. Olguín, «Built education 3.0 since early teacher’s training to face challenges of industry 4.0,» Informes de Investigación, vol. 3, n° 5, pp. 135-146, 2020.
- [8] M. Jalil, «Industria 4.0, competencia digital y el nuevo Sistema de Formación Profesional para el empleo,» Revista Internacional y Comparada de RELACIONES LABORALES Y DERECHO DEL EMPLEO, vol. 6, n° 1, pp. 164-194, 2018.
- [9] P. Morales Vallejo, «Evaluación de los aprendizajes. Nuevos enfoques,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.unizar.es/ice/index.php/formacion-continua-2015/materiales/61-curso820>. [Último acceso: 21 febrero 2022].
- [10] E. Espinosa-Ríos, K. González-López y L. Hernández-Ramírez, «Práticas de laboratório: uma estratégia de ensino na construção da escola conhecimento científico,» Entramado, vol. 12, n° 1, pp. 266-281, 2016.
- [11] staffingamericalatina, «América Latina Necesita Ingenieros,» [En línea]. Available: <https://staffingamericalatina.com/america-latina-necesita-ingenieros/#:~:text=Sin%20embargo%20en%20Am%C3%A9rica%20Latina,en%20Chile%20uno%20cada%204500%E2%80%9D.> [Último acceso: 23 febrero 2022].
- [12] El país, «CincoDías,» 10 julio 2018. [En línea]. Available: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2018/07/09/companias/1531135542_579443.html. [Último acceso: 22 febrero 2022].

RESUMEN CURRICULAR

Gabriela Mancero Arias, ingeniera CPA, magister en contabilidad y auditoría; de nacionalidad ecuatoriana radicada en Costa Rica, directora del Instituto de Investigaciones Transdisciplinarias Ecuador.

Educación para ingenieros en tiempos de pandemia

Minaya Vera Cristhian Gustavo

<https://orcid.org/0000-0003-0143-6810>
cristhian.minaya@uleam.edu.ec
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
Manabí-Ecuador

Junior Antonio Briones Mera

<https://orcid.org/0000-0003-2211-3818>
junior.briones@uleam.edu.ec
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí
Manabí-Ecuador

Arias Vera Irina Loreley

<https://orcid.org/0000-0001-6494-4471>
loreley.arias@educacion.gob.ec
Ministerio de Educación
Guayas-Ecuador

Minaya Vera Andrés Alexander

<https://orcid.org/0000-0001-7081-0242>
andres.minaya@educacion.gob.ec
Ministerio de Educación
Guayas-Ecuador

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

Resumen: Las nuevas tendencias industriales se vislumbran sobre un panorama digital con alto contenido en innovación científica y tecnológica. En este trabajo se realiza una evaluación bibliográfica para conocer las directrices educativas de la innovación en la formación de ingenieros. Se evalúa un amplio espectro de material académico y científico, de buenas bases de datos, con el fin de conocer los programas de ingeniería y su impacto en la digitalización industrial, desde un punto de vista de la innovación. Los resultados muestran que la educación en ingeniería requiere de una reforma sustancial para acoplarse a las exigencias industriales de los nuevos tiempos, además muestra que en Latinoamérica se requiere una visión más globalizada en la formación de ingenieros.

Palabras Clave: Formación de ingenieros, industria 4.0, laboratorios virtuales.

Education for engineers in times of pandemic

Abstract: In this work, a bibliographical analysis of the educational situation in the time of the pandemic and its projections for the new times of the digital age is carried out. For this, academic documents from different sources of information are analyzed, mainly from recognized scientific journals. The results of the research show that university education for engineering programs were sufficiently affected by the physical distancing of universities, and the needs in technical areas were not adequately covered. These observations lead us to think that programs in the areas of technology and engineering, where laboratory practices are of great importance, should be transformed to a vision focused on industry 4.0 and where technical applications can be handled remotely.

Keywords: Engineering training, industry 4.0, virtual laboratories.



I. INTRODUCCIÓN

La educación es una de las actividades que más se vio afectada por la situación de salud mundial, y es principalmente, porque la educación ha estado enmarcada en procesos tradicionales, metodologías clásicas, que a pesar de la inclusión tecnológica, no abordaban espacios verdaderamente novedosos que permitieran la continuidad académica no presencial.

La pandemia por COVID-19 resultó una situación inesperada para la humanidad, que condujo a la transformación inevitable de todo el sector industrial, educativo, comercial y social. Y que dejó en evidencia todas las debilidades presentes en esos mismos sectores, de ahí que cesaran tantos negocios, y que el sector educativo sufriera las consecuencias letales de la formación en jóvenes y niños, ocasionando un problema peor en los programas de ingeniería.

Algunos autores [1] afirman que los procesos educativos están estrechamente ligados a las conductas sociales, donde la práctica de la educación está limitada por el maestro y asociada con las características técnicas de la profesión, a los factores culturales, las condiciones políticas que han suscitado las jerarquías y las leyes en la educación.

Por sus características propias, la ingeniería requiere de altos conocimientos técnicos y científicos, que conduzcan a la generación de tecnologías aplicadas a diferentes sectores sociales, esto quiere decir, que la ingeniería se fundamenta para dar solución a problemas de la sociedad. De ahí que resulte necesario una formación académica completa en ciencias (matemáticas y físicas fundamentalmente) y además se incorporen actividades prácticas de laboratorio que permitan el desarrollo físico de las propuestas.

La pandemia mundial, tomó de imprevisto a los programas de ingeniería, y la formación técnica se vio afectada por el distanciamiento. En la mayoría de las universidades de Latinoamérica, la enseñanza práctica se convirtió en enseñanza teórica, ocasionando que se debilitaran las habilidades que se esperaba alcanzar con dichos procesos.

Por otra parte, la industria no se ha detenido, y ha generado avances tecnológicos que superan las expectativas de hace 20 años, creando desarrollos virtuales, automatización de productos y servicios y gestión globalizada de los procesos, lo que, ha traído una necesidad de mano de obra altamente calificada, con visión innovadora, tecnológica y científica. Con estas características en la industria, resulta necesario que los profesionales de ingeniería sean competitivos con el mercado internacional, y que puedan atender los requerimientos de la nueva visión industrial [2].

Reconocer que los programas de ingeniería en Latinoamérica no están completamente adaptados a las visiones internacionales de la industria, es una tarea difícil, pero necesaria para poder generar profesionales capaces y aptos para el mercado laboral.

En este trabajo se propone el análisis de la educación en programas de ingeniería, tomando en consideración la situación de pandemia, que ha afectado los procesos regulares de la educación, y con ello se analiza además, las tendencias educativas de dichos programas para los nuevos tiempos digitales.

II. LA INGENIERÍA Y LA INDUSTRIA 4.0

La enseñanza en ingeniería durante el período de pandemia dejó en evidencia las debilidades de los programas educativos para la educación virtual técnica. Esto significa, que en los períodos de confinamiento, los estudiantes universitarios de los programas de ingeniería, no recibieron la debida instrucción para la atención a situaciones técnicas especializadas. Tomando en consideración esta realidad, es necesario retomar algunos conceptos importantes de la formación técnica en las universidades.

A. Prácticas de laboratorio

Las prácticas de laboratorio son un tipo de clase que tiene misión principal, que los estudiantes desarrollen habilidades técnicas sobre la teoría recibida, y que además utilicen los métodos de la investigación científica, indagando, explorando, profundizando, consolidando, elaborando y desarrollando los conceptos, manejando instrumentos y aprendiendo destrezas de ensamblaje, de manejo de equipos, de seguridad industrial.

Las prácticas de laboratorio son un método práctico de reconocer las teorías científicas, que debe ser evaluado por competencias, ya que deben considerarse los indicadores de los resultados de aprendizaje y el uso correcto de equipos, manejo de grupos, generación de informes técnicos. Por ende, esta evaluación debe considerar los aspectos de la universidad y del futuro profesional [3].

B.Herramientas virtuales de aprendizaje

La pandemia permitió conocer las debilidades del sistema educativo en Latinoamérica, dejando en evidencia que la educación, aunque con tecnología, está aún centrada en el método clásico de aprendizaje, esto es, un docente que da una clase magistral y un grupo de estudiantes que debe memorizarla, con prácticas de laboratorio en espacios físicos tradicionales.

Algunos autores [4] los docentes están limitados a pensar que las actividades experimentales solo pueden realizarse de forma física, con materiales y con instrumentos físicos ubicados en dicho lugar, lo cual refleja falta de visión de los docentes, reducida a los métodos tradicionales. Y que no están en sintonía con la visión industrial digital de los nuevos tiempos.

C.Simuladores

El uso de simuladores en ingeniería es algo que se debe implementar de forma regular, ya que permite realizar experimentación de una manera segura y confiable, y permite al estudiante explorar una variedad de funciones y variables y sus diversos comportamientos en el sistema estudiado. Sin embargo, el uso de simuladores es una tarea ardua en la enseñanza, y requiere de habilidades docentes que generen las actividades necesarias y suficientes para que el estudiante adquiera las destrezas propias de la asignatura.

Los altos costos de los laboratorios físicos, muchas veces limitan la ejecución de prácticas experimentales, sin embargo, existen una variedad de alternativas para hacer simulaciones.

Las principales ventajas del uso de simuladores son::

1. Eliminan los riesgos de daño de materiales y equipos, así como riesgos en las conexiones eléctricas, o riesgos físicos, lo cual le permite al estudiante centrarse en el aprendizaje.

2. Generan resultados inmediatos, que permiten a los estudiantes conocer sus errores y equivocaciones, así como la facilidad para la variación de parámetros y materiales, para seleccionar los más idóneos, sin la necesidad de ocasionar gastos.

3. Los estudiantes se ven inmersos en el aprendizaje, ya que deberán manejar las variables por sí mismos, generar ecuaciones y sistemas con características reales, además de valorar la importancia de los errores y la relevancia de los aciertos, para el futuro diseño físico del desarrollo.

D.La industria 4.0

La revolución digital en la industria, exige profesionales con altas habilidades científicas y técnicas, lo cual sin duda, repercute en la formación de los ingenieros y en consecuencia en los programas de estudio, que deberán exigir mejores resultados en las áreas técnicas como mecatrónica, electrónica, automatización, robótica, y aquellas asociadas a las tecnologías de software [5].

La educación en ingeniería debe reforzar los conocimientos en las áreas de matemática, física, ciencia y tecnología [6], para poder acoplarse a las necesidades de la industria, que en la nueva era, busca integrar los sistemas de gestión y procesos a los sistemas software, a las necesidades de usuario y a la globalización de productos y servicios.

El desarrollo industrial de las naciones está condicionado a la evolución de la educación [7], que no está precisamente en los métodos tradicionales de enseñanza, con altos niveles de presencialidad y con procesos ya en desuso. La educación debe encaminar profesionales capaces para la industria digital, con gestiones multiculturales y multidisciplinarias.

La educación en Latinoamérica requiere una transformación sustancial de los programas de ingeniería, que favorezcan a los futuros profesionales y los conviertan en personas críticas, competitivas para las exigencias industriales.

III. METODOLOGÍA

En este trabajo se realizó un análisis bibliográfico de la educación en tiempos de pandemia en los programas de ingeniería y su impacto para las nuevas tendencias industriales. Para ello se consideraron algunos criterios elementales:

- Países de Latinoamérica

- Escuelas de ingeniería
- Programas de ingeniería
- Necesidades de la industria 4.0

Se realizó un análisis comparativo con programas de ingeniería de los países: Ecuador, Chile, México, Colombia y Venezuela. Con la finalidad de conocer los contenidos programáticos y valorar su relevancia para los profesionales ingenieros que se proyectan para la nueva revolución industrial.

Se evaluaron los diferentes programas académicos para conocer la pertinencia en la formación de las ciencias básicas (Tabla 1), que es uno de los pilares fundamentales de la industria 4.0. Se observó que los países con mayor formación en ciencias son México y Venezuela, le siguen Colombia y Chile, finalmente se encuentra Ecuador [8], [9], [10], [11], [12].

Tabla 1. Pensum de estudios para ciencias básicas según algunos países.

País	Matemáticas	Física
Ecuador	2 matemáticas	Una física básica
Chile	4 matemáticas	5 físicas
Colombia	5 matemáticas	3 físicas
México	7 matemáticas	5 físicas
Venezuela	7 matemáticas	5 físicas

Se evaluaron las características de educación en el tiempo de pandemia, para conocer los aspectos que podrían afectar a la educación en ingeniería y la formación de profesionales en estas áreas para ser competitivos en la digitalización industrial.

IV.RESULTADOS

Una vez realizada la revisión bibliográfica se obtuvieron los siguientes resultados:

1. Partiendo de la tabla 1, es posible observar que las carreras de ingeniería en Latinoamérica requieren unificarse en su formación en ciencias, con el fin de lograr clústeres empresariales latinoamericanos que se enfoquen en la visión digitalizada de la industria.

2. Los estudios de ingeniería se vieron afectados por la pandemia, en cuanto a la formación en materias prácticas y de laboratorio, esto deja entrever que las universidades deben desarrollar simuladores y actividades prácticas online, que se abran paso hacia las formas de desarrollo de la industria 4.0, con el fin de que los futuros profesionales puedan atender situaciones remotas sin mayores problemas.

3. La industria 4.0 se vislumbra como aquella de herramientas software altamente competitivas, exigentes, y sin exigencias de espacios físicos, lo que abre camino a los nuevos modelos educativos, que permiten la posibilidad de estudios desde espacios online con horarios flexibles y metodologías abiertas a la transformación industrial.

4. Cada año en India se gradúan entre 450 mil y 480 mil ingenieros. Sin embargo en América Latina, incluido México esa cifra está cercana a los 150 mil. En Corea se gradúa un ingeniero por cada 650 habitantes mientras en Uruguay es uno cada 8000, en Argentina es uno cada 6700, en México es uno cada 6200, en Chile uno cada 4500 [13]. Estas cifras indican la necesidad de formar ingenieros de alta calidad, que sean competitivos y que den atención al mercado internacional.

5. En un estudio realizado por el Banco Mundial, se revela que la educación en Latinoamérica está muy alejada de las necesidades de los países [13]. Y ahí debe centrarse la educación para fomentar cambios estratégicos que evalúen las necesidades de producción industrial, de economía y de desarrollo, para que los nuevos ingenieros puedan ser partícipes activos de ello.

6. La situación de pandemia debe servir para observar desde afuera lo que ocurre en la formación de ingenieros,

y de qué manera es posible que se realicen nuevos planteamientos para que la formación universitaria en ingeniería esté en concordancia entre los países de Latinoamérica, de forma que sea posible, no solo la movilidad sino la integración de estrategias comerciales.

7. La educación en ciencias, esto es matemática y física, será de gran relevancia en la digitalización industrial, lo que exige ingenieros más capaces en actividades grupales, desarrollos científicos, integración de las tecnologías, liderazgo, manejo de problemas, desarrollos matemáticos y físicos.

8. Fuentes de gran relevancia [14], afirman que la cuarta revolución empresarial debe mantener y sostener el potencial de las industrias anteriores, pero con el agregado de “dominio de las matemáticas”. “Las llamadas industrias 4.0 son empresas que, conscientes de los nuevos retos, se encuentran inmersas en una transformación sin precedentes: combinar la digitalización de sus procesos con el uso de algoritmos para identificar tendencias y comportamientos; tomar decisiones más sólidas; optimizar sus procesos, productos, stocks y servicios; y mejorar la calidad de sus productos, sin perder de vista el compromiso de reducir costes. Su objetivo final es promover una innovación más competitiva y de alto valor añadido, y así garantizar el valor futuro de la empresa. Y todo eso gracias a los números” [14].

9. El uso de las herramientas matemáticas es cada vez más visible en las transformaciones industriales, y en el período de pandemia se vislumbraron algunas debilidades en este respecto que deben de forma urgente, atenderse para asegurar profesionales más aptos para las empresas de la cuarta revolución.

IV. CONCLUSIONES

El trabajo se ha realizado con una búsqueda bibliográfica que permitió realizar comparaciones de la formación en ingeniería en algunos países de Latinoamérica durante el tiempo de pandemia, y visualizar el impacto que podrían tener los ingenieros en la nueva transformación industrial. Esto permitió conocer algunos puntos relevantes de la educación, de la industria y de las necesidades en el sector latinoamericano.

Además es posible afirmar las siguientes conclusiones al respecto:

1. La pandemia interrumpió el ciclo normal de la formación práctica en las carreras de ingeniería, evitando que se realicen materias en laboratorios y actividades experimentales, que son esenciales en la formación del ingeniero. Sin embargo, esta situación dejó en evidencia la necesidad de digitalizar los procesos prácticos, incorporar herramientas de simulación y optimizar las actividades experimentales online. Que además se convierten en el eje de la cuarta revolución educativa.

2. La cuarta revolución empresarial surge como un evento sin precedentes, para abrir paso a la generación de productos y servicios con alto contenido digital, que permita la integración globalizada de la industria. Para esto resulta necesario la exigencia de ingenieros altamente capacitados en las áreas de matemáticas y software, así como con actitud innovadora y capacidades de liderazgo, trabajo remoto, y manejo de grupos multidisciplinarios y multiculturales.

3. Las ingenierías en Latinoamérica están disgregadas en la formación en ciencia, y parece necesario una uniformidad en cuanto a la visión de formación en las áreas de matemáticas, que promuevan la formación de ingenieros aptos para la generación de algoritmos, procesos digitales y modelación de procesos.

4. El tiempo de pandemia en la formación de ingenieros, dejó muchos vacíos académicos, que serán necesario resolverlos para asegurar un profesional con mayores habilidades técnicas y científicas, que se incluya en los procesos de mejoras industriales y a la vez que pueda innovar en tecnología, que de soluciones a problemas sociales, médicos, empresariales y que fomente el desarrollo de la ingeniería con argumentos científicos y técnicos.

REFERENCIAS

[1] V. Guichot, «HISTORIA DE LA EDUCACIÓN: REFLEXIONES SOBRE SU OBJETO, UBICACIÓN EPISTEMOLÓGICA, DEVENIR HISTÓRICO Y TENDENCIAS ACTUALES,» Revista Latinoamericana de Estudios Educativos, vol. 2, n° 1, pp. 11-51, 2006.

[2] M. Jalil, «Industria 4.0, competencia digital y el nuevo Sistema de Formación Profesional para el empleo,» Revista Internacional y Comparada de RELACIONES LABORALES Y DERECHO DEL EMPLEO, vol. 6, n° 1, pp. 164-194, 2018.

[3] P. Morales Vallejo, «Evaluación de los aprendizajes. Nuevos enfoques,» 2011. [En línea]. Available: <http://www.unizar.es/ice/index.php/formacion-continua-2015/materiales/61-curso820>. [Último acceso: 21 febrero

2022].

- [4] E. Espinosa-Ríos, K. González-López y L. Hernández-Ramírez, «Práticas de laboratorio: una estrategia de ensino na construção da escola conhecimento científico,» *Entramado*, vol. 12, n° 1, pp. 266-281, 2016.
- [5] J. Carvajal, «La Cuarta Revolución Industrial o Industria 4.0 y su Impacto en la Educación Superior en Ingeniería en Latinoamérica y el Caribe,» de 15th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education, and Technology: “Global Partnerships for Development and Engineering Education”, Boca ratón, Estados Unidos, 2017.
- [6] R. Jiménez, D. Magaña y S. Aquino, «GESTIÓN DE TENDENCIAS STEM EN EDUCACION SUPERIOR Y SU IMPACTO EN LA INDUSTRIA 4.0,» *Journal of the Academy*, n° 5, pp. 99-121, 2021.
- [7] J. Ortiz, A. Carrillo y M. Olgún, «Built education 3.0 since early teacher’s training to face challenges of industry 4.0,» *Informes de Investigación*, vol. 3, n° 5, pp. 135-146, 2020.
- [8] Universidad Autónoma de México, «UNAM,» [En línea]. Available: <https://www.unam.mx/#>.
- [9] Universidad Católica de Venezuela, «UCV,» [En línea]. Available: <https://www.ucab.edu.ve/>.
- [10] Universidad Católica de Colombia, «UCatólica,» [En línea]. Available: <https://www.ucatolica.edu.co/portal/>.
- [11] Pontificia Universidad Católica del Ecuador, «PUCE,» [En línea]. Available: www.puce.edu.ec.
- [12] Universidad Católica de Chile, «UC,» [En línea]. Available: www.uc.cl.
- [13] staffingamericalatina, «América Latina Necesita Ingenieros,» [En línea]. Available: <https://staffingamericalatina.com/america-latina-necesita-ingenieros/#:~:text=Sin%20embargo%20en%20Am%C3%A9rica%20Latina,en%20Chile%20uno%20cada%204500%E2%80%9D.> [Último acceso: 23 febrero 2022].
- [14] El país, «CincoDías,» 10 julio 2018. [En línea]. Available: https://cincodias.elpais.com/cincodias/2018/07/09/companias/1531135542_579443.html. [Último acceso: 22 febrero 2022].

RESUMEN CURRICULAR



Lic. Minaya Vera Cristhian Gustavo, Mgs.

<https://orcid.org/0000-0003-0143-6810>
cristhian.minaya@uleam.edu.ec

Es docente- investigador en la carrera de Tecnologías de la Información de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, en la ciudad de Chone, Manabí, Ecuador. Ha desarrollado sus investigaciones en el área de informática y sus diversas aplicaciones.



Lic. Junior Antonio Briones Mera, Mgs.

<https://orcid.org/0000-0003-2211-3818>
junior.briones@uleam.edu.ec

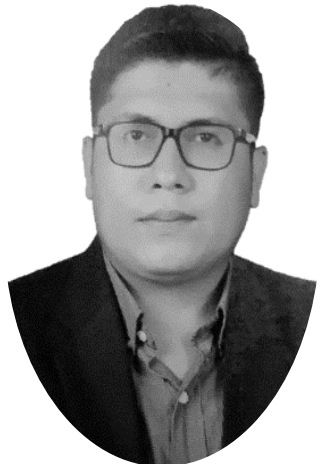
Es docente- investigador en la carrera de Tecnologías de la Información de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, en la ciudad de Chone, Manabí, Ecuador. Ha desarrollado sus investigaciones en el área de informática y sus diversas aplicaciones.



Ing. Arias Vera Irina Loreley, MSc.

<https://orcid.org/0000-0001-6494-4471>
loreley.arias@educacion.gob.ec

Nació en la ciudad de Guayaquil - Ecuador, Docente del Ministerio de Educación con formación profesional de Ingeniera en Sistemas y un Masterado Universitario en Tecnología Educativa y competencias digitales en la Universidad Internacional de La Rioja, con experiencia docente desde el 2017 hasta la actualidad, responsable del Vicerrectorado Académico, Capacitadora de Innovación Educativa.



Ing. Minaya Vera Andrés Alexander

<https://orcid.org/0000-0001-7081-0242>
andres.minaya@educacion.gob.ec

Nació en la ciudad de Chone - Ecuador, Docente del Ministerio de Educación con formación profesional de Ingeniero en Sistemas y maestrante en la Universidad técnica del norte de la Maestría en Tecnología e Innovación Educativa, con experiencia docente desde el 2018 hasta la actualidad, responsable del área de informática, Capacitador de Tecnología Innovación Educativa.

Estadística de la gravedad analítica y teórica

Fabiana Liria

<https://orcid.org/0000-0002-3234-2684>
fabiana.liria@udla.edu.ec
Universidad de las Américas
Quito-Ecuador

Thyara Vintimilla

<https://orcid.org/0000-0001-6233-3941>
thyara.vintimilla@udla.edu.ec
Universidad de las Américas
Quito-Ecuador

Jadira Estefanía Vinuesa

<https://orcid.org/0000-0003-3717-9721>
jadira.vinuesa@udla.edu.ec
Universidad de las Américas
Quito-Ecuador

Recibido (10/12/21), Aceptado (15/01/22)

Resumen: En este trabajo se realiza un análisis estadístico de los valores experimentales de la gravedad y se contrastan con los valores teóricos existentes. Para llevar a cabo las mediciones se realiza una práctica experimental del péndulo simple, que permita la obtención de datos de forma real. Se realizaron tres medidas de tiempo para cada longitud del péndulo, obteniendo entonces un conjunto de datos amplio, que con la estadística descriptiva facilitará la comprensión de las estimaciones analíticas de la gravedad, que serán contrastadas luego con los valores teóricos. Finalmente, los resultados muestran que los errores porcentuales entre la gravedad analítica son aceptables con los valores teóricos y que el estudio del péndulo simple con análisis estadístico es un recurso de ingeniería muy valiosos.

Palabras Clave: Análisis estadístico, péndulo simple, aceleración de gravedad.

Analytical and Theoretical Gravity Statistics

Abstract: In this work, a statistical analysis of the experimental values of gravity is carried out and they are contrasted with the existing theoretical values. To carry out the measurements, an experimental practice of the simple pendulum is carried out, which allows obtaining data in a real way. Three time measurements were made for each length of the pendulum, thus obtaining a broad data set, which with descriptive statistics will facilitate the understanding of the analytical estimates of gravity, which will then be contrasted with the theoretical values. Finally, the results show that the percentage errors between the analytical gravity are acceptable with the theoretical values and that the study of the simple pendulum with statistical analysis is a very valuable engineering resource.

Keywords: Statistical analysis, simple pendulum, acceleration of gravity.



I. INTRODUCCIÓN

La estadística descriptiva es imprescindible dentro de los estudios donde se aplican conceptos como la variación y la dispersión, es decir, para estudios que requieran cuantificar una variable de cierta muestra de individuos se recomienda su utilización, por lo que, es muy utilizada en la ingeniería al describir apropiadamente las diversas características de un conjunto de sujetos y datos en un ambiente determinado [1].

La ingeniería es un vínculo entre la tecnología y la ciencia, es por eso que necesita de ciertos elementos de la física para mantener ese enlace, es decir, es realmente indispensable y esencial conocer los fenómenos físicos para el ingeniero ya que, proporciona una base científica y metodológica para el desarrollo de su actividad laboral [2]. Los fenómenos físicos proveen técnicas que se pueden utilizar en la práctica y en el desarrollo de un estudio en la ingeniería [3].

En el presente trabajo se desarrollará una investigación y un montaje práctico referente al péndulo simple, a partir de ciertos cálculos de gravedad, aceleración, entre otros, que permitirán una comprensión tanto analítica como gráfica del comportamiento de la física en la ingeniería. Así también, se tomará en cuenta procesos estadísticos que nos permitirán obtener resultados más exactos y verificar el margen de error.

Se espera que, al obtener los resultados de las pruebas de laboratorio junto a las bases teóricas del proyecto, se pueda analizar y comprender de una mejor manera el estudio del comportamiento del péndulo simple a partir de los errores encontrados y, el uso del análisis estadístico para la obtención de los datos. Asimismo, obtener los cálculos, parámetros y análisis esperados con ayuda del montaje práctico.

II. DESARROLLO

Algunos estudios [1] han explorado los inicios del péndulo simple, a partir del paradigma Newtoniano han podido describir las características del mismo partiendo de las ideas aristotélicas que prevalecen aún en el comportamiento del péndulo simple. Así mismo, explican que desde mucho antes del nacimiento de Galileo las personas ya habían visto oscilar diversos objetos que después de un periodo de tiempo quedaban en reposo. En ese entonces se tenía la idea aristotélica en la que explicaba que un objeto que cuelga de un hilo solo podía quedar estático al haber pasado un amplio periodo de tiempo.

A finales del año 1500 tras una observación minuciosa hacía unos candelabros que colgaban en la torre de Pisa, los cuales después de mantener un movimiento oscilatorio poco a poco la velocidad disminuía, Galileo analizó el péndulo de manera distinta a la postura aristotélica centrándose en la forma circular del pronunciamiento, concluyendo que este mantenía un movimiento periódico lo que significa cuando un péndulo se mueve lo hace en intervalos de tiempos similares [2].

Años después surgió el péndulo de Foucault, que recibe el nombre por su inventor, el físico francés León Foucault [3], quien colocó un péndulo en una plataforma rotatoria e hizo que oscilara por un tiempo, después construyó un péndulo de aproximadamente dos metros con el cual pudo observar que este parecía girar en un sentido horario.

León [3] determinó realizar más investigaciones y experimentos, es así que mandó a colocar un péndulo en el Panteón de París el cual tenía una altura de 67 metros, luego de hacer que este se desplazaba de su posición de equilibrio demostró que la única fuerza que ejerce sobre él es la atracción gravitatoria sobre su masa, es así como Foucault concibe la idea de que un péndulo oscilando es un experimento fundamental para demostrar la rotación de la tierra.

La aceleración es una magnitud que muestra el cambio de la velocidad del objeto en una unidad de tiempo determinada. Se representa con el signo más (+) o menos (-) junto a su unidad de medida la cual es m/s^2 (metros por segundo al cuadrado) en el Sistema Internacional. La ecuación característica se describe en (1)

$$a = \frac{dv}{dt} \quad (1)$$

Donde a es la aceleración, dv es la diferencia de las velocidades y dt es el tiempo en que ocurre la aceleración.

Otra definición importante, es la gravedad, que puede describirse como un fenómeno natural donde los objetos con masa se atraen entre sí, cuanto mayor es la intensidad, mayor es la masa de estos objetos. Es una de las cuatro interacciones básicas de la materia, también conocida como gravitación o interacción gravitacional, caracterizado por $g=9,80665 \frac{m}{s^2}$.

El péndulo simple es un sistema físico de tipo mecánico, constituido por una masa puntual, suspendida por un hilo inextensible y sin peso. Cuando se detiene hacia un lado de su posición de equilibrio y se le suelta, el péndulo oscila en un plano vertical gracias a la gravedad, es decir, el movimiento es periódico y oscilatorio a la vez.

Cuando un cuerpo de masa (m) se encuentra sujeto a uno de los extremos de un hilo de peso despreciable, cuya longitud (L) que oscila dentro de un plano vertical. Este dispositivo es parte de un Péndulo Simple, herramienta imprescindible en los análisis realizados por Galileo, Newton y Huygens (figura 1).

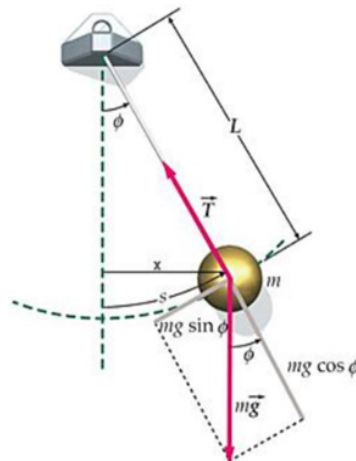


Fig. 1. Péndulo simple. [6]

Donde T es el período del tiempo que tarda la masa en lograr un ciclo de su trayectoria, l es la longitud del hilo, g representa la aceleración de la gravedad y m a la masa.

En la figura 1 se pueden observar los parámetros de la ecuación (2).

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

Aplicando la segunda ley de Newton, encontramos (3):

$$ma = T - mgx \cdot \cos \theta \quad (3)$$

Se observa que la tensión T del hilo está dada por (4), (5) y (6), siendo máxima, cuando el péndulo pasa por la posición de equilibrio y Mínima, en los extremos de su trayectoria cuando la velocidad es cero.

$$T = mg + \frac{mv^2}{l} \quad (4)$$

$$T = mg \cdot \cos \theta \quad (5)$$

$$T = mg(3 \cos \theta - 2 \cos \theta) \quad (6)$$

Donde la aceleración de la partícula también cumple con la ecuación (1).

La figura 2 describe el movimiento del péndulo tomando en cuenta las variables de tensión, velocidad y aceleración.

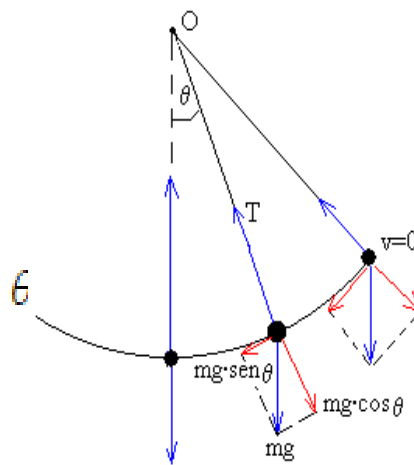


Fig. 2. Trayectoria del péndulo simple [9]

III. METODOLOGÍA

En este trabajo se realizó una práctica cuya metodología es de tipo cuantitativa para la determinación de la aceleración de gravedad a partir de un experimento del péndulo simple, al cual se le aplicó un proceso estadístico para la determinación de errores en el proceso de cálculo. Al realizar este proyecto se espera conseguir una serie de datos como los tiempos los cuales se obtendrán a partir de determinadas longitudes que varían de 10 a 70 cm con diferencia de 5 cm. Para realizar una comparación entre los datos y los cálculos teóricos, con la finalidad de analizar las diferencias y similitudes entre estos.

Para el proceso de obtención de datos de los tiempos correspondientes a las longitudes determinadas se tiene en cuenta que para un valor exacto se necesitará una cantidad de 20 oscilaciones y así mismo se tomarán 10 tiempos por cada longitud. Esto es debido a que, al aumentar tanto la cantidad de oscilaciones y tiempos permitirá que estos valores sean más precisos y así también, cada oscilación está debidamente cronometrada.

En el montaje realizado se obtiene que, para poder calcular la aceleración de la gravedad se establece el periodo de oscilación para distintos valores de la longitud de péndulo y, se representa gráficamente el valor del periodo al cuadrado frente a la longitud. Una vez realizado esto, se adecúa una recta mediante el método de los mínimos cuadrados y, de la pendiente de esta recta se obtiene el valor de la aceleración de la gravedad (Figura 3).

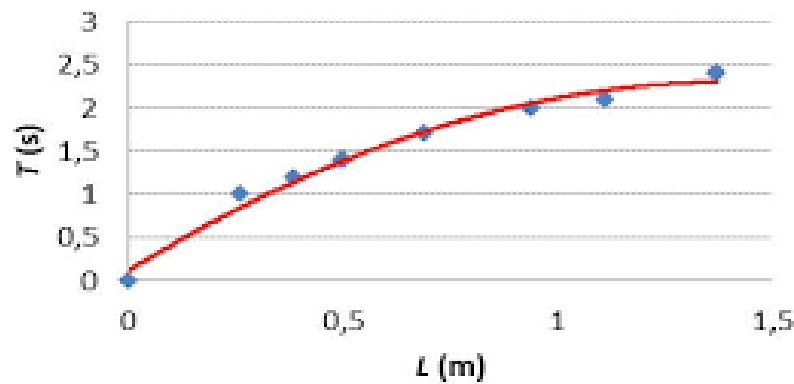


Fig.3. Período frente a la longitud [10]

Donde se hace uso de la siguiente ecuación (7)

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} L \quad (7)$$

Para minimizar el error del periodo, en lugar de establecer el tiempo que tarda el cuerpo en realizar una oscilación completa, lo que realiza es la medición del tiempo t en la que el péndulo simple se demora en ejecutar 20 oscilaciones. Donde t es el tiempo total y n el número de oscilaciones (ecuación 10), así con los valores de t y n se calcula el periodo T para cada longitud. .

$$T = \frac{t}{n} \quad (8)$$

Por lo que, para el cálculo gráfico de la gravedad se hace uso de la ecuación (9) que nos permite despejar la longitud para obtener la comprensión de la gravedad en una forma gráfica. Así también, para el cálculo analítico de la gravedad se utiliza la ecuación (3).

Los materiales utilizados en este estudio fueron los siguientes:

- Cronómetro (se usó la herramienta dentro de dispositivos como celulares y una computadora).
- Cuerda (también se puede utilizar un hilo). El tamaño mínimo es de 80cm, sin embargo, puede variar dependiendo de las masas escogidas.
- Un cuerpo circular (Se recomienda que las dimensiones de la esfera sean bastante menores a la longitud del péndulo). Ejemplos: Una pelota de tenis tiene un diámetro aproximado entre 6,35cm y 6,67cm, una pelota de Golf tiene un diámetro de 42,67 milímetros y finalmente una pelota de ping pong tiene un diámetro de 40 milímetros.
- Cinta Métrica- El tamaño mínimo requerido es de 1 metro.
- Soporte-El tamaño de 55centímetros x 25 centímetros.
- Transportador (también llamado un graduador) mínimo de 180 grados.

Para la recolección de datos, se posicionó el cronómetro cerca del modelo, además, la longitud del péndulo se delimita con la longitud de la cuerda más el radio de las diferentes pelotas. Se debe tener algún tipo de referencia en el eje “y”, es decir, el eje vertical, para verificar que la pelota pase por este punto para medir el tiempo en el

que realizó dicha acción., por lo que se necesita que la cuerda este bien alineada. Para la práctica, se deberá utilizar ángulos reducidos; primero se le deberá aplicar una ligera fuerza a la pelota para lograr un ángulo pequeño con respecto al eje “y” para registrar el tiempo con el temporizador del celular en el que se tardó en llegar a la posición inicial. Posteriormente, se debe registrar los tiempos (específicamente diez mediciones de tiempo) del movimiento en diferentes longitudes de la cuerda y, con estos datos resultantes se procede a calcular la aceleración de gravedad con la ecuación (2).

IV.RESULTADOS

Primero, se decidió tomar los tiempos del péndulo al llegar a 20 oscilaciones para cada longitud propuesta, en este caso desde 10cm hasta los 70cm. Se tuvo en consideración que podría existir un margen de error al tomar los tiempos con un cronómetro de celular así que, para reducir esto se hicieron un total de 10 tiempos para cada longitud como se puede ver en la Tabla 1.

Tabla 1. Ingreso de datos de tiempos obtenidos

L(cm)	T1(s)	T2(s)	T3(s)	T4(s)	T5(s)	T6(s)	T7(s)	T8(s)	T9(s)	T10(s)
10	12,63	12,610	12,630	12,6	12,58	12,64	12,56	12,6	12,62	12,57
15	15,43	15,43	15,38	15,38	15,42	15,390	15,39	15,380	15,41	15,37
20	17,78	17,75	17,75	17,78	17,75	17,77	17,73	17,76	17,77	17,75
25	19,85	19,83	19,87	19,9	19,87	19,88	19,85	19,87	19,86	19,88
30	21,69	21,76	21,77	21,66	21,76	21,66	21,67	21,77	21,77	21,69
35	23,43	23,46	23,45	23,43	23,46	23,45	23,42	23,43	23,44	23,44
40	25,03	25,05	25,04	25,08	25,03	25,08	25,04	25,06	25,08	25,03
45	26,52	26,54	26,56	26,52	26,51	26,54	26,54	26,55	26,56	26,54
50	28	28,02	27,99	27,95	28	27,95	28,02	27,98	27,97	28
55	29,47	29,56	29,63	29,34	29,37	29,44	29,6	29,32	29,44	29,58
60	30,76	30,8	30,63	30,7	30,69	30,68	30,8	30,7	30,74	30,69
65	31,96	31,92	31,92	31,92	31,95	31,93	31,89	31,94	31,93	31,9
70	33,19	33,22	33,19	33,28	33,12	33,23	33,19	33,2	33,23	33,17

A.Cálculo de la Media

Es el valor promedio de un conjunto de datos numéricos, es decir, es el promedio de los datos totales en una muestra. La media se utilizó para saber el promedio de tiempo que se realiza en 20 oscilaciones [4].

$$\bar{X} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{N} \quad (9)$$

Donde \bar{X} es la media aritmética, x_n son los datos obtenidos y N es el número de datos.

Tabla 1. Cálculo de la media aritmética de cada uno de los tiempos y media de tiempo total

Promedio(s)	Promedio total (s)
12,604	24,284
15,398	
17,759	
19,866	
21,720	
23,441	
25,052	
26,538	
27,988	
29,475	
30,719	
31,926	
33,202	

B. Varianza del tiempo

Es la viabilidad de una serie de datos con respecto a su media, se calcula con la suma de los residuos al cuadrado divididos entre el total de la muestra. Finalmente, esta indica que tan fiables son los datos obtenidos con respecto a la media.

$$\sigma^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{N} \quad (10)$$

$$\sigma^2 = 39,265$$

Donde x_i es el conjunto de datos, x_n es la media del conjunto de datos y N es el número de datos.

C. Desviación estándar

Es una medida que ofrece información sobre la dispersión media de una variable. Se calcula elevando al cuadrado las desviaciones totales dividido entre el número total de la muestra y, por último, se le saca la raíz cuadrada. La desviación estándar da una idea del rango de posibilidades de la muestra y, en el caso de este estudio se la utiliza para los tiempos.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (x_i - \bar{x})^2}{N}} \quad (11)$$

$$\sigma = 6,266$$

Donde x_i es el conjunto de datos, x_n es la media del conjunto de datos y N es el número de datos.

D.Periodo

Esta se calcula para poder obtener la gravedad a partir de los tiempos tomados en el montaje práctico y, con las 20 oscilaciones realizadas, sabiendo que se necesita del periodo para poder obtener los datos de la gravedad. Donde T es el periodo, t es el tiempo total y N es el número de oscilaciones.

$$T = \frac{t}{N} \quad (12)$$

Tabla 3. Resultados del cálculo del periodo

Período (s)												
0,63	0,77	0,88	0,99	1,08	1,17	1,25	1,32	1,39	1,47	1,53	1,59	1,660
0	0	8	3	6	2	3	7	9	4	6	6	

E.Gravedad

Se utiliza la ecuación (8) pero despejada para sacar la gravedad, teniendo en cuenta que ya se conoce todos los datos tanto de la longitud, periodo y tiempo.

$$g = \frac{4\pi^2 \cdot L}{T^2} \quad (13)$$

Donde L es la longitud en metros, g es la gravedad y T^2 es el periodo al cuadrado.

Tabla 4. Cálculo de la gravedad

L(m)	Periodo	Gravedad
0,1	0,630	9,934
0,15	0,770	9,986
0,2	0,888	10,013
0,25	0,993	10,005
0,3	1,086	10,039
0,35	1,172	10,059
0,4	1,253	10,063
0,45	1,327	10,090
0,5	1,399	10,081
0,55	1,474	10,005
0,6	1,536	10,038
0,65	1,596	10,069
0,7	1,660	10,025

F. Varianza de la gravedad

Se usaron los datos recolectados en el punto anterior de la gravedad y se calculó el promedio para reemplazar en la fórmula (14).

$$\sigma^2 = \frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{N} \quad (14)$$

$$\sigma^2 = 0,00171$$

G. Desviación de la gravedad

Se utilizan los valores al cuadrado de las desviaciones totales de la gravedad dividido entre el número total de la muestra calculada de la gravedad y, por último, se obtiene la raíz cuadrada.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (xi - \bar{x})^2}{N}} \quad (15)$$

$$\sigma = 0,041$$

H. Cálculo de error de la gravedad

Para obtener el error de la gravedad solicitada se planteó dos procesos los cuales son el error absoluto y el error relativo para una mejor interpretación y exactitud al momento de interpretar los resultados obtenidos.

$$E_A = |V_E - V_A| \quad (16)$$

Donde E_A es el error absoluto, V_E es el valor real y V_A es el valor aproximado.

$$E_R = \frac{E_A}{V_E} \quad (17)$$

Donde E_R es el error relativo, V_E es el valor real y E_A es el error absoluto.

Tabla 5. Cálculo del error absoluto y relativo de la gravedad

Error absoluto	Error relativo
0,1278	1,30
0,1797	1,83
0,2064	2,10
0,1982	2,02
0,2323	2,37
0,2519	2,57
0,2560	2,61
0,2837	2,89
0,2740	2,79
0,1984	2,02
0,2318	2,36
0,2619	2,67
0,2187	2,23

I.Gravedad a través de la gráfica

Se utilizó la fórmula de la pendiente y la ecuación de la recta para calcular la gravedad, usando dos puntos del periodo.

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad (18)$$

$$Y - Y_1 = m(X - X_1) \quad (19)$$

Tabla 6. Periodo y longitud para el cálculo de la gravedad gráficamente

Periodo (s)	L(m)
0,397	0,1
0,593	0,15
0,788	0,2
0,987	0,25
1,179	0,3
1,374	0,35
1,569	0,4
1,761	0,45
1,958	0,5
2,172	0,55
2,359	0,6
2,548	0,65
2,756	0,7

Obteniendo la gráfica correspondiente a una línea recta, lo cual muestra que la pendiente de la misma se asocia con los valores de gravedad, según la ecuación (14).

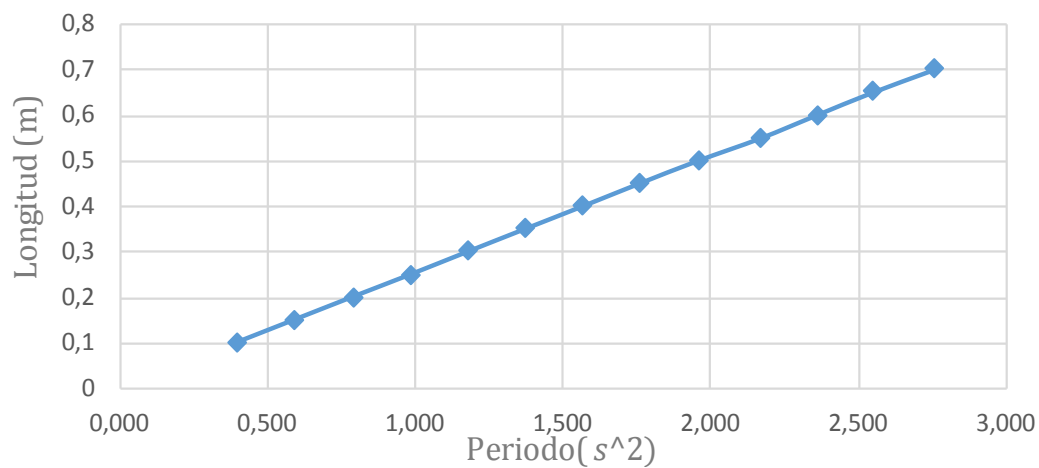


Fig. 4. Aceleración de la gravedad

Tabla 7. Valores de pendiente y gravedad

Pendiente (m/s ²)	Gravedad (m/s ²)
0,2556	10,08
0,2555	10,08
0,2523	9,95
0,2594	10,23
0,2573	10,15
0,2560	10,10
0,2609	10,29
0,2530	9,98
0,2341	9,23
0,2671	10,53
0,2645	10,43
0,2407	9,49
0,2540	10,02

V.CONCLUSIONES

Se obtuvieron los diversos valores de la aceleración de gravedad en forma analítica, y la aceleración de gravedad de forma gráfica a partir de los parámetros de estudio del movimiento del péndulo simple. Así mismo, con el uso de los materiales planteados se logró implementar un montaje práctico con el cual fue posible la obtención de los datos requeridos.

La obtención de los valores de tiempo permitió cálculos más precisos y a lo largo de este procedimiento se hizo uso de diversos conceptos estadísticos con los cuales se logró identificar valores tales como, la desviación estándar, varianza y errores cometidos al momento de tomar los tiempos ya que, al ser un modelo aplicado en un entorno real los valores de gravedad varían debido a factores externos los cuales alejan estos resultados de la gravedad teórica.

La herramienta de Excel facilitó los resultados de frecuencias, medidas de dispersión y medidas de tendencia central de forma optimizada. Se realizaron tablas y gráficas que permitieron hacer una comprobación comparativa de manera visual de los datos obtenidos. Con el proceso mencionado se pudo inferir que la estadística es una ciencia de aplicación práctica en todos los campos científicos sobre todo en la ingeniería.

El experimento permitió reconocer que los valores de gravedad experimental se corresponden con los valores teóricos de la misma, y que un ejercicio práctico sencillo ayuda a la comprensión de las variables asociadas a la gravedad, que siendo un parámetro de uso diario involucra una diversidad de conceptos físicos de gran relevancia.

REFERENCIAS

- [1] J. J. Solaz Portolés y V. Sanjosé López, El papel del péndulo en la construcción del paradigma newtoniano, vol. 10, Barcelona, 1992, pp. 95-100.
- [2] F. Díaz Céspedes, «El primer experimento de Galileo Galilei,» Letralia, 4 4 2016. [En línea]. Available: <https://letralia.com/sala-de-ensayo/2016/04/04/el-primer-experimento-de-galileo-galilei/>. [Último acceso: 5 1 2021].

- [3] Museo de las ciencias príncipe felipe, El Péndulo de Foucault, Venecia: Guía del Profesor , 2015.
- [4] J. F. López, «Economipedia.com,» 1 Marzo 2018. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/media.html>. [Último acceso: 26 Enero 2022].
- [5] A. García, «El péndulo simple,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.sc.edu/sbweb/fisica3/oscilaciones/pendulo/pendulo.html>. [Último acceso: 7 diciembre 2021].
- [6] 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].
- [7] J. Fernández, «Fiscalab,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.fiscalab.com/apartado/mas-y-pendulos>. [Último acceso: 7 diciembre 2021].
- [8] J. López, «Estadística descriptiva Economipedia,» 15 noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/estadistica-descriptiva.html>. [Último acceso: 8 diciembre 2021].
- [9] J. López, «Variable estadística Economipedia,» 4 abril 2020. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/variable-estadistica.html>. [Último acceso: 9 diciembre 2021].
- [10] Superprof, «Qué significa frecuencia relativa,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.superprof.es/diccionario/matematicas/estadistica/frecuencia-relativa.html>. [Último acceso: 8 diciembre 2021].
- [11] 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].
- [12] J. López, «Varianza Economipedia,» 18 noviembre 2017. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/varianza.html>. [Último acceso: 16 diciembre 2021].
- [13] 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].
- [14] 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].
- [15] 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].
- [16] 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



Fabiana Liria Soto, Estudiante del cuarto semestre en Ingeniería de Software en la Universidad de las Américas. Mis expectativas del artículo es que los lectores comprendan las diferencias entre la gravedad teórica y la práctica al realizar un modelo del péndulo simple.



Thyara Vintimilla, Estudiante de la carrera de Ingeniería de Software en la Universidad de las Américas, me caracterizo por ser una persona responsable con capacidad de trabajo en equipo y, con valores éticos y morales para el desarrollo en mi profesión, como persona organizada y con gran motivación. A lo largo de mis estudios he adquirido una gran habilidad para abordar problemas y desafíos de las ciencias exactas como son la física y la matemática, además del aprendizaje de distintos lenguajes de programación necesarios para mi desarrollo profesional.



Jadira Estefanía Vinuesa Rodríguez, Estudiante de Ingeniería de Software en la Universidad de las Américas, recientemente terminé con éxitos el tercer semestre de mi carrera. Considero que he sido capaz de adaptarme y superarme en las diferentes asignaturas de mi formación universitaria.



Mecánica de Suelos y cimentaciones

Capítulo 3: Estudios de mecánica de suelos

Mecánica de Suelos y cimentaciones

Capítulo 3: Estudios de mecánica de suelos

ISBN: 978-9942-42-027-5



ISBN: 978-9942-42-027-5

Edición: Primera.

Editorial: AutanaBooks SAS

Fecha de Publicación: Marzo 2022.

Autores: De La Cruz Vega Sleyther Arturo, Mendoza Flores Cristian Milton, Ascoy Flores Kevin Arturo, Cipriano Bautista Johnny Gregorio, Barrenechea Alvarado Julio Cesar, Flores Reyes Gumercindo.

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES

Sleyther Arturo De La Cruz Vega:



Es ingeniero civil con maestría en ecología y gestión ambiental. Cuenta con estudios de doctorado en ingeniería civil. Tiene experiencia en el área de proyectos. Es docente de la universidad nacional de barranca, asesor de tesis y proyectos de investigación.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0254-301X>Correo: sdelacruz@unab.edu.pe

Afilación institucional: Universidad Nacional de Barranca

Cristian Milton Mendoza Flores



Es Licenciado en Física de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo desde el año 2006 en la ciudad de Lambayeque, Perú, también cuenta con el grado de maestro en ecología y gestión ambiental de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión desde el año 2018. En la actualidad es docente de la Universidad José Faustino Sánchez Carrión y desempeña el cargo de director (e) del departamento académico de física

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2298-6224>Correo: cmendozaf@unjfsc.edu.pe

Afilación institucional: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Kevin Arturo Ascoy Flores

Ingeniero civil, con estudios de posgrado en gestión pública y gobernabilidad, con alta experiencia en procesos constructivos y administración pública, catedrático de la Universidad Cesar Vallejo en la rama de construcción e hidráulica.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2452-4805>

Correo: kascoy@ucv.edu.pe

Afiliación institucional: Universidad Cesar Vallejo

Johnny Gregorio Cipriano Bautista

Licenciado en educación y Licenciado en matemática aplicada, con estudios de posgrado en docencia superior e investigación universitaria y ciencias de la educación, con alta experiencia en investigación, catedrático de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Jefe de la unidad de grados y títulos de la facultad de ingeniería civil de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7239-4665>

Correo: [jcupriano@unjfsc.edu.pe](mailto:jcipriano@unjfsc.edu.pe)

Afiliación institucional: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión

Julio Cesar Barrenechea Alvarado

Ingeniero industrial con estudios de postgrado en administración estratégica, con alta experiencia en el sector público y privado, catedrático de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, director de escuela de ingeniería civil de la Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4865-3073>

Correo: jbarrenechea@unjfsc.edu.pe

Afiliación institucional: Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión



Gumercindo Flores Reyes

Ingeniero civil con maestría en gerencia de la construcción y doctorado en ingeniería civil, con amplia experiencia en el sector público y privado en proyectos de inversión pública, catedrático de la Universidad San Pedro, director del área de infraestructura de la Universidad San Pedro.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2305-7339>

Correo: gumercindo.flores@usanpedro.edu.pe

Afiliación institucional: Universidad San Pedro - Chimbote

I.- INTRODUCCIÓN

El análisis de suelos permite conocer las propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo proyectado, es decir, la composición estratigráfica, las capas o estratos que componen las diferentes propiedades del suelo y su profundidad, así como la profundidad a la que se deben realizar sus cimentaciones.

Es importante reconocer el tipo de suelo, debido a que cada uno de ellos tiene una propiedad específica como por ejemplo las gravas son muy permeables, las arenas tienen alta capilaridad, los limos son adecuados para compactación y las arcillas son impermeables.

Los estudios realizados al suelo, tales como la granulometría permiten clasificarlo según las normas SUCS o AASHTO, el análisis de la humedad permite reconocer la cantidad de agua que está presente conjuntamente con las partículas, el perfil estratigráfico permite conocer las alturas de las capas de suelos y su color y textura, los límites de consistencia como límite líquido y límite plástico permiten reconocer si tienen propiedades moldeables, la gravedad específica es un factor importante en su diseño, el contenido de sales solubles permite determinar el tipo de cemento a utilizar, el ensayo proctor permite conocer las características de compactación como es el peso específico seco y la humedad óptima y el ensayo de corte directo permite reconocer el ángulo de fricción interna y la cohesión presente en el suelo.

La finalidad del estudio de suelos es brindar los datos necesarios para realizar los diseños de las obras de ingeniería, reconocer las características del suelo in situ, prevenir los posibles problemas a futuro, así como establecer las modificaciones adecuadas a los procesos constructivos y sobretodo garantizar el buen funcionamiento de la edificación y cumplir su tiempo de vida útil.

II.- ASPECTOS TEÓRICOS Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS

A. Los suelos

El suelo es una delgada capa sobre la corteza terrestre de material que proviene de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres vivos que sobre ella se asientan [1].

Es el material de construcción más antiguo de los empleados por el hombre en su evolución histórica. Paradójicamente, ha llegado hasta el presente constituyendo prácticamente la única alternativa para que una parte significativa de la humanidad pueda disponer de una vivienda en condiciones mínimas de habitabilidad [2].

El suelo donde se plantea construir se considera un factor esencial antes de emprender un proyecto de construcción. Puede establecer qué es posible y qué no, o puede ayudarlo a comprender qué preparativos deben realizarse para que el edificio logre el efecto deseado.

En la actualidad vivimos rodeados de un sin número de construcciones que pueden ser desde la construcción de una vivienda, edificaciones, puentes, hasta la construcción de carreteras, de tal manera que para poder llevar a cabo los proyectos antes mencionados es muy importante realizar un estudio de suelos que nos brinde la información necesaria sobre el lugar en el que deseamos realizar nuestro proyecto de ingeniería civil [3].

B. Tipos de suelos

Gravas:

Las gravas pueden clasificarse como naturales o artificiales. Las naturales son aquellas partículas de suelo cuyo tamaño es mayor a 2 mm y menor a 7,62cm (3"); que son producto de las acumulaciones sueltas de fragmentos de roca. Las gravas suelen encontrarse en los lechos y márgenes de ríos, al igual que en depresiones de terrenos en los que se acumula el material por el transporte de ríos, y en muchos otros lugares a los cuales las gravas son transportadas. [4]

Arenas:

Arena es el nombre con que se designa a los materiales de grano fino que provienen del desprendimiento de las partículas finas de rocas causada por agentes erosivos o de trituración artificial. El tamaño de las arenas varía entre 2 mm y 0,05 mm de diámetro. [5]

Limos:

Los limos no suelen tener propiedades coloidales, tienen dimensiones de 0,002 mm. y a medida que aumenta el tamaño de las partículas, se va haciendo cada vez mayor la proporción de minerales no arcillosos, no son expansivas y pueden ser colapsables.

Arcillas:

Las arcillas son fruto de los agentes de meteorización físico-químicos actuantes sobre la roca madre original y se las puede considerar como unas acumulaciones naturales, consolidadas o no, de tamaño de grano fino ($< 1 \mu\text{m}$ según los químicos que estudian los coloides, $< 2 \mu\text{m}$ según los mineralogistas e investigadores del suelo, y $< 4 \mu\text{m}$, según los sedimentólogos) [6]

C.Los suelos en el Perú

De acuerdo con el nuevo mapa de zonificación sísmica del Perú, según la norma sismo resistente E-0,30, desde el punto de vista sísmico, el territorio Peruano, pertenece al círculo circumpacífico, que comprende las zonas de mayor actividad sísmica en el mundo y por lo tanto se encuentra sometido con frecuencia a movimientos telúricos. Pero dentro del territorio nacional, existen varias zonas que se diferencian por su mayor o menor frecuencia de estos movimientos, así tenemos que las normas sismo resistentes del reglamento nacional de construcciones, dividen el Perú en cuatro zonas. (Figura 1).

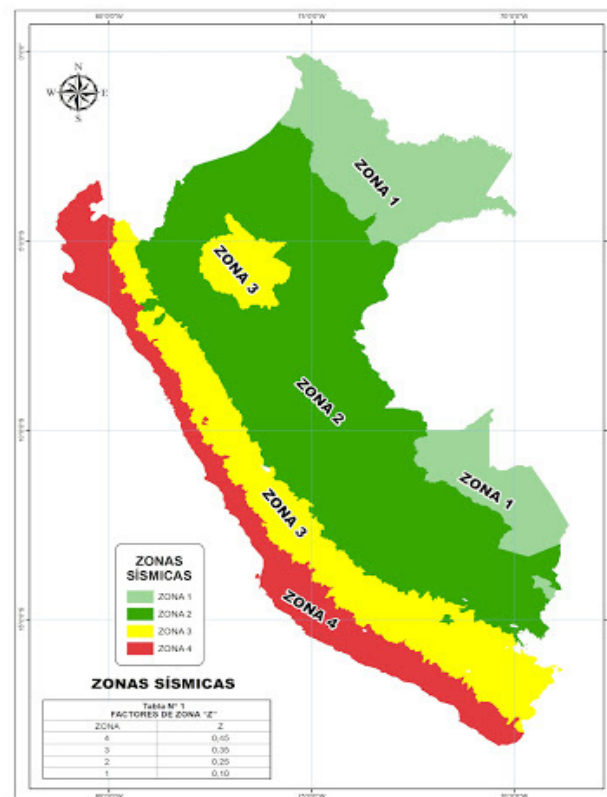


Fig. 1. Mapa de zonas sísmicas del Perú [6].

En la figura se observa la división del Perú según las zonas sísmicas existentes, existiendo 4 zonas bien diferenciadas, las más cercas a la costa tienen mayor riesgo sísmico, frente a las más alejadas. A cada zona según la ubicación tiene un coeficiente de suelo que se utiliza para los diseños sismorresistentes.

D. Estudio de mecánica de suelos

Son un conjunto de exploraciones e investigaciones de campo, ensayos de laboratorio y análisis de gabinete que tienen por objeto estudiar el comportamiento de los suelos y sus respuestas ante las sollicitaciones estáticas y dinámicas de una edificación. Que debe ser obligatoriamente considerado en el diseño: estructural y del sostenimiento de las excavaciones y durante la construcción del proyecto [7] Los principales estudios de suelos realizados son los siguientes (Tabla 1),

Tabla 1. Tipos de ensayos de suelos.

Tipo de ensayo	Norma	Fuente
Análisis granulométrico	339.128	cdn.www.gob.pe
Límites de consistencia	339.129	
Contenido de humedad	339.127	
Peso específico de sólidos	339.131	
Proctor modificado	339.141	
Corte directo	339.171	
Contenido de sales solubles totales.	339.177/178	

Estos estudios se encuentran normados y permiten obtener los datos base para los cálculos estructurales, hidráulicos y geotécnicos de las distintas obras. Según el Inacal cada ensayo tiene sus normas y procedimientos determinados según su número, el cual es de realización obligatoria en el Perú.

Datos técnicos del área estudiada

Los datos técnicos engloba la información sobre el área de estudio como la distancia de los lados, ángulos internos y coordenadas de los vértices. (Tabla 2).

Asimismo se muestra la ubicación georeferencial del proyecto con cota, coordenadas y sector. (Tabla 3).

Tabla 2. Coordenadas del área estudiada.

Cuadro de datos técnicos						
Vértice	Lado	Distancia	Ang. Interno	Coordenadas		Altitud
				este(x)	norte(y)	cota(z)
A	A - B	68.65ml	74°34'45"	21°92'34.19"E	8°772'655.66"N	111,25
B	B - C	39.29ml	78°25'17"	21°92'65.40"E	8°772'594.52"N	112,45
C	C - D	64.12ml	92°56'50"	21°92'35.07"E	8°772'579.53"N	107,95
D	D - A	57.52ml	90°30'53"	21°91'91.83"E	8°772'616.89"N	108,75

El área estudiada tiene 4 vértices y 4 lados, con coordenadas este(x) y norte (y) obtenidas con GPS, asimismo la cota menor es de 108,75 y la cota mayor es de 112,45. Estos datos para la ubicación de los puntos de inspección a realizar.

Tabla 3. Ubicación del punto georeferencial



Cuadro de datos técnicos	Cota	Coordenadas		Ubicación	Sector
		este(x)	norte(y)		
BM1	109,33	21°92'34.19"E	8°772'655.66"N	sobre roca	ca. real

La ubicación del punto referencial(BM) es importante para poder realizar el levantamiento topográfico y tener la certeza de que las coordenadas utilizadas corresponden al área de estudio.

Perfil estratigráfico

Un perfil estratigráfico es una representación de un nivel de suelo o roca de una perforación o sondeo o corte abierto investigado. El cual se realiza con las relaciones continuas entre las profundidades de los suelos y roca. [8]. La tabla 4 muestra el perfil estratigráfico del suelo.

Tabla 4. Perfil estratigráfico del suelo

Esc.	Prof. (m)	Esp. (mts)	Muestra N°01	Símbolo	Observ.
1	-0,25	-0,25	Material de Relleno.		Excavación a cielo abierto
2	-0,80	0,55	Arena uniforme, de color gris claro, con bajo contenido de humedad y de compacidad media		
3	-2,00	1,20	Arena uniforme, de color gris claro, con bajo contenido de humedad y de compacidad media		
NAF: No se encontró nivel de aguas freáticas a la profundidad explorada.					

Este perfil muestra que el suelo presenta solo tres estratos bien definidos, de 0,25 cm, 0,55 cm y 1,20 cm, con presencia de material de relleno y arenas. Asimismo se observa la no presencia de nivel freático a la profundidad de estudio. Este perfil muestra el tipo de suelo, su color, contenido de humedad y compacidad, asimismo indica que método de exploración se ha utilizado.

Contenido de humedad natural

El contenido de agua o humedad representa el porcentaje del peso de agua en una determinada masa de suelo con respecto al peso de partículas sólidas. El contenido de humedad del suelo puede cambiar rápidamente y aumentar en minutos u horas. [9]. La (Tabla 5) muestra el perfil estratigráfico del suelo.

Tabla 5. Resultados del ensayo de humedad

Muestra	M-01	
	1	2
Recipiente		
Peso Recipiente (g)	43,36	41,97
Peso Recipiente + Muestra Húmeda(g)	217,63	235,41
Peso Recipiente + Muestra Seca (g)	213,85	230,94
Peso Agua (g)	3,78	4,47
Peso Seco (g)	170,49	188,97
W %	2,22	2,37
W Promedio %	2,29	

Para realizar este ensayo es necesario llevar la muestra al horno, calcular la variación de humedad y dividir el contenido de agua con el contenido de suelo seco. Después de la realización de los ensayos se observa que el suelo en estado natural presenta una humedad de 2,29 %, siendo esta mínima para los estudios de ingeniería.

Análisis granulométrico por tamizado

El análisis granulométrico también llamado análisis de textura es un tipo de análisis físico que determina la textura del suelo resultante de la proporción relativa entre los diferentes grupos de partículas primarias según sus diámetros. [10]

La tabla 6 muestra los resultados del ensayo granulométrico del suelo utilizando los tamices y balanza.

Tabla 6. Resultados del ensayo granulométrico del suelo.

	Tamiz			Peso Retenido (g)	% parcial Retenido	% Retenido Acumulado	% Que Pasa
	Malla	Abertura(m m)	Serie				
Peso inicial: 1458,2 g.	3"	76,200	32854	0,00	0,0	0,0	100,0
	2"	50,800	33708	0,00	0,0	0,0	100,0
	1 1/2"	38,100	42260	0,00	0,0	0,0	100,0
SUCS: SP	1"	25,400	42774	47,10	3,2	3,2	96,8
AASHTO: A-3(0)	3/4"	19,050	46118	54,70	3,8	7,0	93,0
	3/8"	9,500	42967	93,50	6,4	13,4	86,6
%W 2,29 %Grava: 18,5	N°4	4,750	34993	73,80	5,1	18,5	81,5
LL 0 %Arena: 80,7	N°10	2,000	45806	45,10	3,1	21,5	78,5
I.P 0 %Finos: 0,8	N°20	0,840	45149	84,60	5,8	27,3	72,7
	N°40	0,420	43661	128,00	8,8	36,1	63,9
D ₁₀ : 0,15 Cu: 2,37	N°80	0,180	34874	328,30	22,5	58,6	41,4
D ₃₀ : 0,17 Cc: 0,52	N°100	0,150	34875	511,90	35,1	93,7	6,3
D ₆₀ : 0,36	N°200	0,075	44659	79,40	5,4	99,2	0,8
	<N° 200			11,90	0,8	100,0	0,0

Para el desarrollo del análisis granulométrico se debe de contar con el peso en cada tamiz. Luego de esto se calcula el porcentaje de cada tamiz con respecto al peso total, el peso acumulado es la suma de los pesos retenidos y el porcentaje que pasa es la reducción de los porcentajes a partir del 100%.

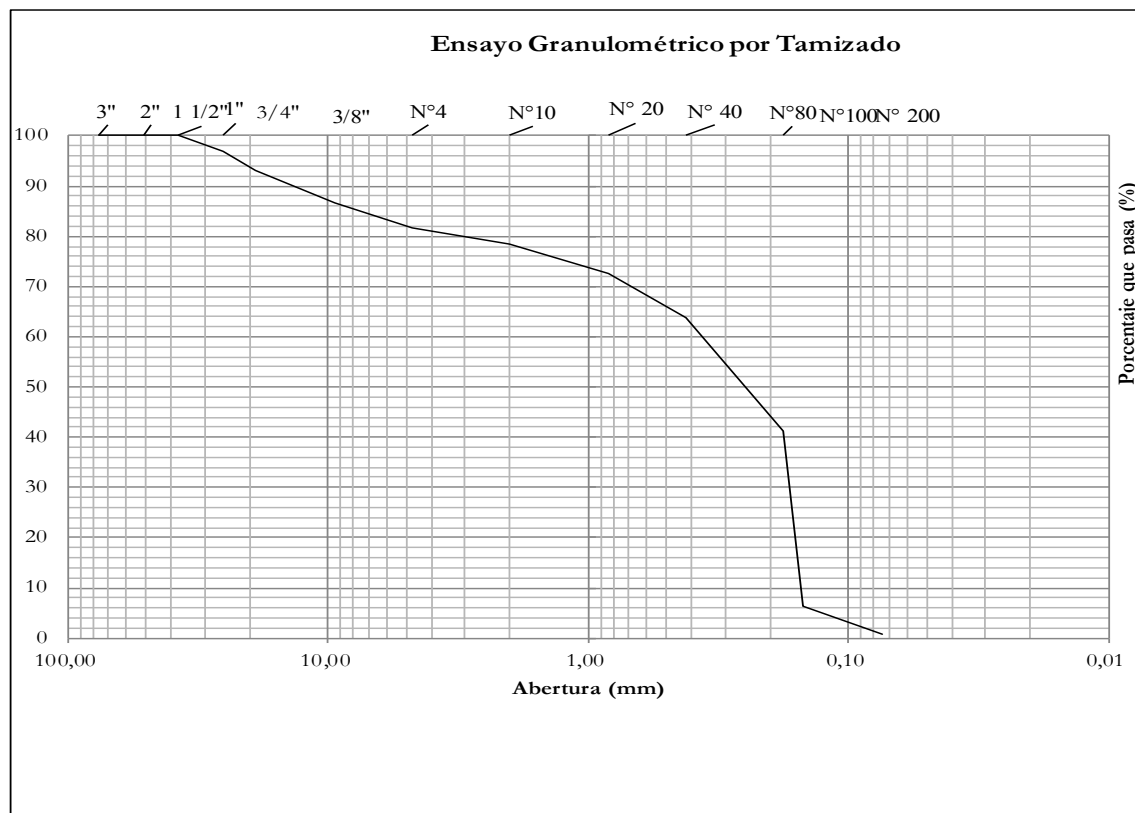


Fig. 2. Curva granulométrica del suelo

En la figura se observa la curva granulométrica del suelo estudiado, asimismo en esta curva se puede determinar los coeficientes de uniformidad y curvatura de la muestra. Esta curva se forma a partir de la intercepción de los tamices utilizados y los porcentajes que pasan cada malla.

Límites de consistencia

Los límites de Atterberg pertenecen, junto al análisis granulométrico, al tipo de ensayos de identificación. Pero, si el análisis granulométrico permite conocer la magnitud cuantitativa de la fracción fina, los límites de Atterberg indican su calidad, complementando así el conocimiento del suelo (Tabla 7) [11].

Tabla 7. Resultados de los límites de consistencia.

Límites de Consistencia	
Límite Líquido (%)	0,00
Límite Plástico (%)	N. P
Índice de Plasticidad	N. P

En la tabla se observa que el suelo es limpio, sin presencia de finos que reflejen la presencia de límites líquidos y plástico.

Gravedad específica de los sólidos

La gravedad específica de los sólidos de un suelo se utiliza para calcular las relaciones de fases de suelos, tales como razón de vacíos y grado de saturación. La gravedad específica de los sólidos del suelo se utiliza para calcular la densidad de los sólidos del suelo (Tabla 8).

Tabla 8. Resultados de la gravedad específica.

Muestra:	M-01	
Peso Inicial Muestra (g)=	200,0	200,0
Peso Frasco volumétrico(g)=	155,9	149,9
Peso Frasco + Agua(g)=	650,3	651,5
Peso Frasco + Muestra(g)=	355,9	349,9
Peso Frasco + Muestra+ Agua(g)=	774,8	776,1
Gs=	2,649	2,65
Gs promedio=	2,65	

Para la obtención de la gravedad específica es necesario que se pese la muestra y se recubra con parafina, luego esta se sumerge en un frasco volumétrico con agua para determinar el volumen. La división del peso inicial y el volumen obtenido brinda la gravedad específica. En la tabla se observa que el suelo tiene una gravedad específica de 2,65 el cual es importante para los cálculos geotécnicos.

Determinación de las sales solubles totales:

Las sales solubles son la consecuencia de la mezcla entre algunos elementos químicos, principalmente: Carbono (C), Oxígeno (O), Potasio (K), Cloro (Cl), Calcio (Ca), Sodio (Na), Magnesio (Mg), Azufre (S), y Nitrógeno (N) que se encuentran presente en el suelo (Tabla 9, tabla 10 y tabla 11)

Tabla 9. Proceso de obtención del contenido de sales solubles totales

Contenido de sales solubles totales	
Muestra:	Arena Uniforme
Peso Fiola (g):	115,17
Peso Fiola + Agua Destilada + sales (g):	207,51
Peso Fiola + sales (g):	115,28
Contenido de sales solubles totales (%)	0,12

En la (Tabla 10) luego de la realización de los ensayos se observa que la muestra de arena contiene 0.119% de sales solubles equivalente a 1191 ppm.

Tabla 10. Porcentaje de sales solubles totales

Muestra	Sales solubles	
	(%)	(ppm)
Arena uniforme	0,119	1191

En la tabla 11 se realiza la evaluación de los distintos porcentajes de sales con los cementos a utilizar, es por eso que evaluando con el tipo de cemento que se debe utilizar.

Tabla 11. Evaluación del tipo de cemento y contenido de sales solubles totales.

Exposición a Sulfatos	suelo con S.S.T. em ppm	Tipo de Cemento
Insignificante	$0 \leq SO_4 < 150$	I
Moderada	$150 \leq SO_4 < 1500$	MS. IP
Servera	$1500 \leq SO_4 < 10000$	V
Muy severa	$SO_4 > 10000$	V + puzolana

Los resultados de este ensayo pueden reflejar la significación obtenida a partir de la cantidad de sales, por ejemplo para la cantidad de sales de 1191 se obtiene un significancia moderada, por lo cual el tipo de cemento a utilizar es un MS IP

Ensayo de proctor

La prueba Proctor estándar está diseñada para determinar la densidad máxima del suelo seco y la humedad óptima requerida para lograr esta densidad. Para ello, utilizar un cilindro de 1 litro de capacidad, caída libre desde una altura de 305 mm con un martillo estándar de 2,5 kg, relleno con 3 capas de material convenientemente compactado. (Tabla 12, tabla 13, tabla 14, tabla 15 y figura 3)

Tabla 12. Determinación de densidad del suelo húmedo

Nº de Ensayo	1	2	3	4
Peso molde + suelo húmedo (g)	5746,5	5850,6	5955,8	5866,2
Peso del molde (g)	4084	4084	4084	4084
Peso suelo húmedo (g)	1662,5	1766,6	1871,8	1782,2
Volumen del molde (cc)	939	939	939	939
Densidad suelo húmedo (g/cc)	1,771	1,881	1,993	1,898

Tabla 13. Determinación de la máxima densidad seca y contenido de humedad optimo

Número de Tarro	1	2	3	4	5	6	7	8
Cantidad de H₂O agregada	2,5%		4,5%		6,5%		8,5%	
Peso tarro + suelo húmedo (g)	155,80	186,90	142,30	151,20	134,90	166,80	137,80	152,80
Peso tarro + suelo seco (g)	153,20	183,70	138,30	147,00	130,30	159,20	130,60	145,10
Peso tarro (g)	46,50	62,40	50,50	49,30	61,80	42,40	47,90	55,10
Peso del agua	2,60	3,20	4,00	4,20	4,60	7,60	7,20	7,65
Peso de suelo seco	106,70	121,30	87,80	97,70	68,50	116,80	82,70	90,00
Humedad (%)	2,4	2,6	4,6	4,3	6,7	6,5	8,7	8,5
Humedad promedio (%)	2,537		4,427		6,611		8,603	
Densidad seca (g/cc)	1,727		1,802		1,87		1,748	

Tabla 14. Método utilizado para proctor

Método	A
Numero de capas	5
Numero de golpes	25
DSM (g/cm ³)	1,87
OCH (%)	6,60

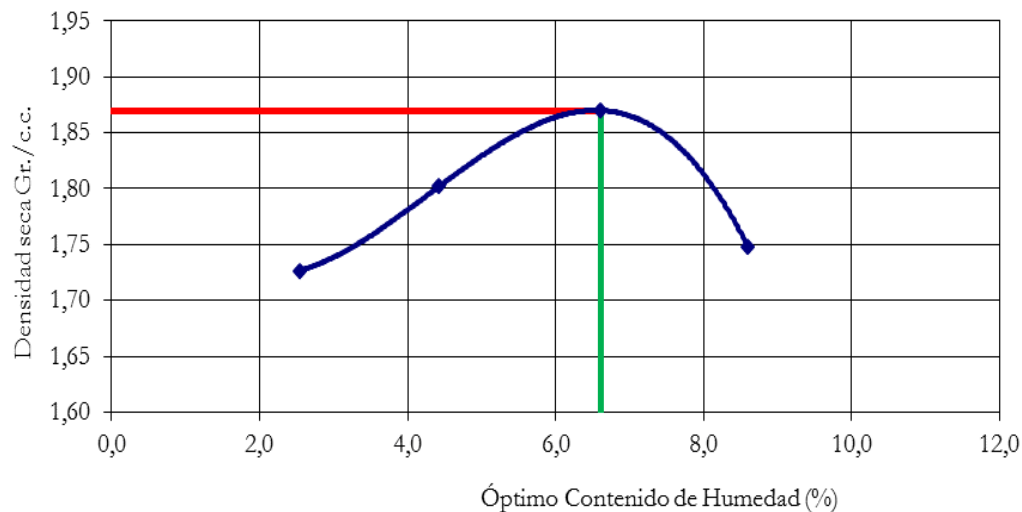


Fig. 3. Curva de compactación, densidad seca y óptimo contenido de humedad.

Para la determinación del ensayo proctor se debe de realizar la compactación del suelo en un molde según el método A, B o C. Luego de realizar la compactación se pesa la muestra y el volumen es determinado según la característica del recipiente. Los resultados interceptados en un plano cartesiano generan una gráfica en forma de campana. En las tablas y figuras se observa que el contenido de humedad y compactación forman una figura de una campana, asimismo se observa que el contenido de humedad óptimo es de 6,5 % y la máxima densidad seca es de 1,87 gr/cm³

Ensayo de corte directo

El ensayo consiste en colocar la probeta directamente en la caja de corte, aplicar un esfuerzo normal específico, humedecer o drenar la probeta, inmovilizar la probeta bajo tensión normal y soltar el soporte de la probeta. Permite determinar la fuerza de adherencia y el ángulo de fricción interna del suelo. (Tabla 14, tabla 15, tabla 16, figura 4 y figura 5)

Tabla 14. Determinación de densidad seca del espécimen

Datos		Espécimen 01		Espécimen 02		Espécimen 03	
Esfuerzo Normal (kg/cm ²)		1,00		2,00		4,00	
Etapa		Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Altura	(cm)	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02	2,02
Área	(cm ²)	28,56	28,56	28,56	28,56	28,56	28,56
Densidad húmeda	(g/cm ³)	1,69	1,75	1,7	1,75	1,71	1,77
Humedad	(%)	7,03	8,33	7,09	7,93	7,14	7,85
Densidad seca	(g/cm ³)	1,58	1,61	1,59	1,62	1,59	1,64

Tabla 15. Evaluación de deformación tangencial y esfuerzo de corte

Especimen 01			Especimen 02			Especimen 03		
Deform. Tangencia l (mm)	Esfuerzo de corte		Deform. Tangencia l (mm)	Esfuerzo de corte		Deform. Tangencia l (mm)	Esfuerzo de corte	
	Tangencial (kg/cm ²)	Normalizad o (kg/cm ²)		Tangencial (kg/cm ²)	Normalizad o (kg/cm ²)		Tangencial (kg/cm ²)	Normalizad o (kg/cm ²)
0,10	0,045	0,130	0,10	0,243	0,346	0,10	0,523	0,373
0,20	0,049	0,141	0,20	0,246	0,351	0,20	0,538	0,384
0,30	0,053	0,152	0,30	0,253	0,362	0,30	0,547	0,390
0,40	0,058	0,166	0,40	0,259	0,370	0,40	0,560	0,400
0,50	0,061	0,175	0,50	0,268	0,383	0,50	0,578	0,412
0,60	0,070	0,199	0,60	0,281	0,401	0,60	0,597	0,426
0,70	0,075	0,215	0,70	0,291	0,416	0,70	0,602	0,430
0,80	0,084	0,239	0,80	0,298	0,426	0,80	0,613	0,437
0,90	0,091	0,259	0,90	0,303	0,433	0,90	0,623	0,445
1,00	0,099	0,284	1,00	0,314	0,448	1,00	0,633	0,452
1,10	0,105	0,300	1,10	0,325	0,464	1,10	0,639	0,456
1,20	0,113	0,323	1,20	0,338	0,483	1,20	0,647	0,462
1,30	0,122	0,347	1,30	0,351	0,501	1,30	0,658	0,470
1,40	0,126	0,359	1,40	0,362	0,517	1,40	0,669	0,478
1,50	0,133	0,380	1,50	0,365	0,522	1,50	0,680	0,486
1,60	0,139	0,398	1,60	0,371	0,529	1,60	0,691	0,493
1,70	0,147	0,419	1,70	0,374	0,534	1,70	0,702	0,501
1,80	0,152	0,435	1,80	0,379	0,540	1,80	0,716	0,511
1,90	0,158	0,451	1,90	0,385	0,549	1,90	0,723	0,516
2,00	0,164	0,468	2,00	0,390	0,557	2,00	0,734	0,524
2,10	0,168	0,480	2,10	0,396	0,565	2,10	0,745	0,532
2,20	0,175	0,499	2,20	0,400	0,571	2,20	0,756	0,540
2,30	0,181	0,518	2,30	0,405	0,579	2,30	0,765	0,546
2,40	0,185	0,530	2,40	0,412	0,588	2,40	0,775	0,553
2,50	0,181	0,517	2,50	0,410	0,585	2,50	0,789	0,563
2,60	0,175	0,500	2,60	0,406	0,579	2,60	0,787	0,562
2,70	0,168	0,480	2,70	0,402	0,573	2,70	0,782	0,558
2,80	0,161	0,458	2,80	0,398	0,569	2,80	0,777	0,555
2,90	0,152	0,434	2,90	0,394	0,563	2,90	0,771	0,551
3,00	0,151	0,430	3,00	0,391	0,558	3,00	0,767	0,547
3,10	0,143	0,408	3,10	0,389	0,555	3,10	0,761	0,543
3,20	0,138	0,393	3,20	0,385	0,549	3,20	0,755	0,539
3,30	0,132	0,378	3,30	0,381	0,543	3,30	0,750	0,536
3,40	0,128	0,367	3,40	0,377	0,539	3,40	0,746	0,533
3,50	0,121	0,344	3,50	0,373	0,533	3,50	0,741	0,529

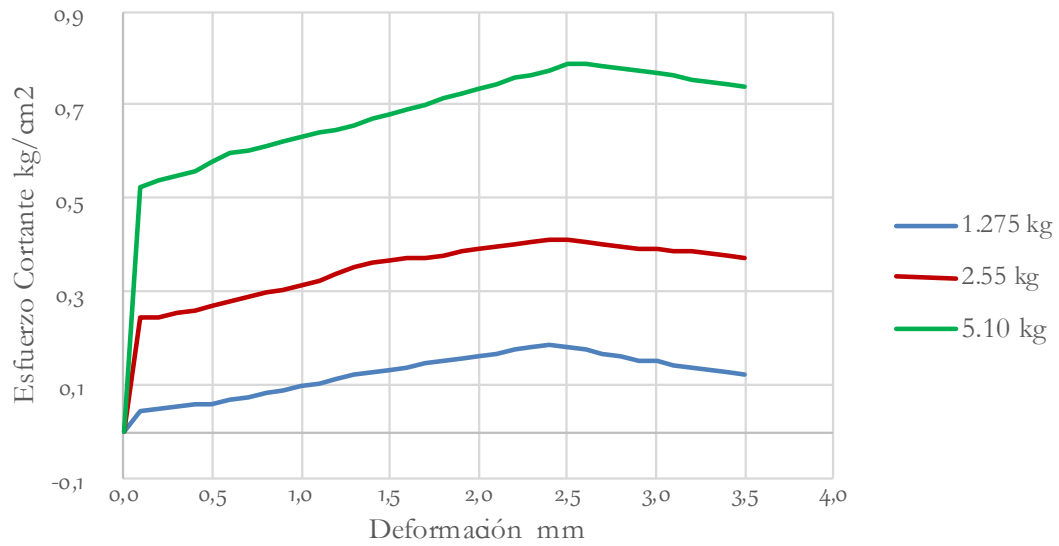


Fig. 4. Curva de esfuerzo cortante y deformación del suelo

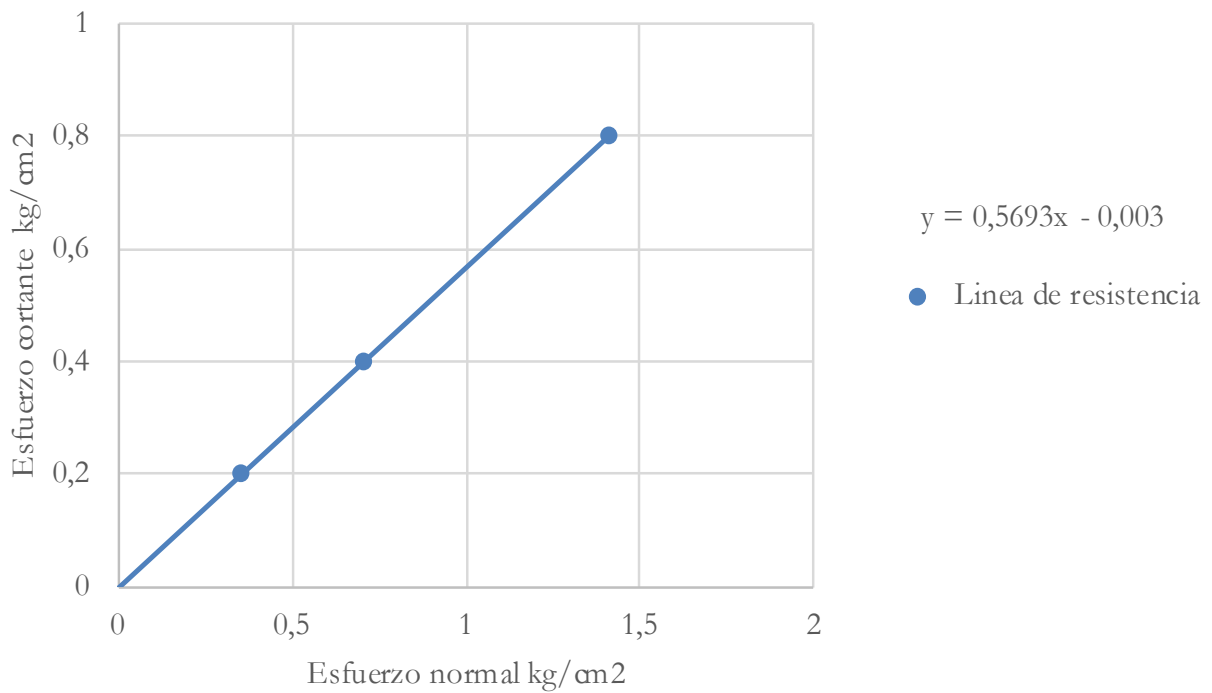


Fig. 5. Curva de esfuerzo cortante y esfuerzo normal

Tabla 16. Parámetros de resistencia al corte

Parámetros de Resistencia al Corte	
Cohesión	= 0,0 kg/cm
Angulo de fricción interna	= 29,7 °

A través del deslizamiento de la muestra con otra en un determinado plano de falla aplicando la fuerza de corte horizontal se van obteniendo los datos que permiten realizar la gráfica y obtener los parámetros. En las tablas y figuras se observa el proceso de obtención de los parámetros de resistencia al corte del suelo los cuales dan como resultado la cohesión de 0,00 kg/cm² y ángulo de fricción interna de 29,7 °.

III.- ACTIVIDAD DE REFORZAMIENTO PARA EL ESTUDIANTE

- 1.- ¿Por qué son importantes los suelos?
- 2.- ¿Qué otros tipos de suelos conoces?
- 3.- ¿Cuál es la aplicación del ensayo granulométrico?
- 4.- ¿Cómo se determina el contenido de humedad?
- 5.- ¿Todos los suelos tienen humedad cuando se encuentran en estado natural?
- 6.- Desarrollar los siguientes ejercicios de granulometría del suelo.

Tamiz			Peso Retenido (g)
Malla	Abertura(mm)	Serie	
3"	76,200		0,00
2"	50,800		0,00
1 1/2"	38,100		0,00
1"	25,400		20,14
3/4"	19,050		25,12
3/8"	9,500		50,20
N°4	4,750		73,80
N°10	2,000		21,30
N°20	0,840		18,10
N°40	0,420		110,20
N°80	0,180		245,00
N°100	0,150		241,50
N°200	0,075		15,20
<N° 200			25,70

7.- Desarrollar el siguiente ejercicio de contenido de humedad.

Tamiz			Peso Retenido (g)
Malla	Abertura(mm)	Serie	
3"	76,200		0,00
2"	50,800		0,00
1 1/2"	38,100		0,00
1"	25,400		0,00
3/4"	19,050		0,00
3/8"	9,500		160,00
N°4	4,750		85,30
N°10	2,000		140,50
N°20	0,840		100,00
N°40	0,420		70,30
N°80	0,180		53,10
N°100	0,150		91,70
N°200	0,075		87,10
<N° 200			12,10


Muestra:	M-01	
Recipiente:	1	2
Peso Recipiente:	46,10	52,80
Peso Recipiente + Muestra Húmeda:	250,70	220,70
Peso Recipiente + Muestra Seca:	210,50	200,60

8.- Desarrollar el siguiente ejercicio de proctor.

Número de Tarro	1	2	3	4
Cantidad de H ₂ O agregada	2,5%	4,5%	6,5%	8,5%
Peso tarro + suelo húmedo (g)	150,70	135,00	160,90	155,30
Peso tarro + suelo seco (g)	148,10	130,50	157,10	141,40
Peso tarro (g)	43,00	45,70	40,20	51,00

REFERENCIAS

- [1] C. Crespo, “Mecánica de suelos y cimentaciones”, Ed. Limusa, 5ta edición, México, 2004
- [2] J. Toriac, “El suelo cemento como material de construcción”, ciencia y sociedad, no. 4, pp. 520-571
- [3] D. Pérez, “Análisis de la tipología del suelo del distribuidor de tráfico bella india aplicando el sistema unificado de clasificación de suelos”, Universidad Técnica de Machala, Ecuador, 2018
- [4] C. Villalaz, “Mecánica de suelos y cimentaciones”, Ed. Limusa, 2004.
- [5] A. Culma y F. Rojas, “Caracterización mineralógica y física de los agregados de la cantera Rodeb y acopios, aplicada a concreto y filtros”, Universidad Santo Tomas, 2018.
- [6] MVCS, “Reglamento nacional de edificaciones, 1era Edición, Perú, 2006.
- [7] L. Díaz y R. Torrecillas, “Arcillas cerámicas: una revisión de sus distintos tipos, significados y aplicaciones”, Boletín de la sociedad española de cerámica y vidrio, n°. 5, pp. 459-470, 2002.
- [8] F. Cárdenas, “Sistema de información para representar u generar estratigrafía y propiedades del suelo”, Universidad de los Andes, 2005.
- [9] ABC Geotechnical Consulting, “Ensayo de humedad del suelo”, Bolivia, 2022.
- [10] TECNAL, “Textura y granulometría del suelo comprenda esta relación”, Brasil, 2022
- [11] E. Badillo y A. Rico, “Mecánica de suelos: fundamentos de la mecánica de suelos”, Ed. Limusa, 2005.


$$(x + a)^n = \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} x^k a^{n-k}$$

$$(1 + x)^n = 1 + \frac{nx}{1!} + \frac{n(n-1)x^2}{2!} + \dots$$

Editada por:


AutanaBooks
Engineering & Services



6 009800 461091 >