

ESTUDIO EXPERIMENTAL DE UN PENDULO FISICO UTILIZANDO UN MICROCONTROLADOR AT - 892051

RESUMEN

En este trabajo se presenta una propuesta para el estudio experimental de un péndulo físico utilizando para la medición del período de oscilación un cronómetro digital basado en un microcontrolador AT - 892051. Con la introducción de este sistema de medición se reduce el error sistemático asociado al proceso y se reproducen satisfactoriamente dos características importantes del péndulo: el principio de reversibilidad y la dependencia funcional del valor del período con la distancia entre el eje de rotación y el centro de masa. La primera característica mencionada provee un método para determinar experimentalmente el radio de giro del cuerpo rígido y el valor de la aceleración de la gravedad \bar{g} .

PALABRAS CLAVES: péndulo, período, eje de rotación, centro de masa, microcontrolador, reversibilidad.

ABSTRACT: *This paper present a proposal for the experimental study at a physics pendulum using for the determination its period of vibration with the aid of a microcontroler AT-892051. With this form it reduced the systematic error associated in the process and reproducing two important characteristics of the pendulum; the reversibility property and the functional depend of value's period with the distance between its axis of rotation an the center of mass. The first characteristic provide a method for the experimental determination radius of gyration and the value of the gravity.*

KEYWORDS: *Pendulum, period, center of mass, microcontroler, reversibility, radius of gyration.*

SEGUNDO LARA A.

Magíster en Física.
Profesor
Universidad Tecnologica de Pereira
slara@utp.edu.co

RAUL A. ZULUAGA H.

Físico.
Profesor
Universidad Tecnologica de Pereira
rzuluaga@utp.edu.co

WILLIAM MARIN R.

Ingeniero Mecánico.
Especialista en instrumentación
Física.
Profesor
Universidad Tecnologica de Pereira
wilmar @utp.edu.co

RAMIRO RAMÍREZ R.

Magíster en Física.
Profesor
Universidad Tecnologica de Pereira
rramirez@utp.edu.co

1. INTRODUCCION

Dentro del ciclo de estudios básicos en carreras como Ingenierías, algunas Licenciaturas y Tecnologías son comunes los cursos de laboratorio de física general, los cuales apoyan la formación científica en áreas relacionadas con la mecánica, electromagnetismo y la mecánica cuántica. En estos laboratorios generalmente se aborda el tema relacionado con oscilaciones mecánicas a través de varios experimentos entre los cuales se encuentra el péndulo físico (también llamado péndulo compuesto).

En este experimento, una de las variables a estudiar, es el tiempo de oscilación cuya medición puede realizarse manual o automáticamente. La medición manual en muchas ocasiones permite la introducción de errores sistemáticos en el proceso que pueden influir negativamente en los resultados. La medición automática minimiza dicho error con lo cual la incertidumbre en la medida queda asociada fundamentalmente a las características del instrumento utilizado.

A continuación se presenta una propuesta de medición automática fundamentada en el diseño y construcción de un reloj digital basado en un microcontrolador AT 892051 con una base de tiempo implementada con cristal de cuarzo y con una resolución de 1×10^{-4} s; igualmente se presenta una variante en la suspensión del péndulo.

2. CARACTERÍSTICAS DEL PÉNDULO FÍSICO

Un péndulo físico es un cuerpo rígido de masa m que puede oscilar alrededor de un eje que pasa por un punto A, distinto de su centro de masa. Cuando el cuerpo, cuyo momento de inercia respecto al eje de rotación es I_A , se separa de su posición de equilibrio un ángulo ϕ y se suelta, un momento restaurador $\bar{\tau}_A$ asociado a la fuerza gravitacional $m\bar{g}$, le producirá un movimiento oscilatorio cuya ecuación es:

$$\bar{\tau}_A = I_A \bar{J} \quad (1)$$

Con la aproximación de pequeñas oscilaciones $sen j \approx j$, la ecuación dinámica rotacional anterior puede escribirse en la forma:

$$j'' + w^2 j = 0 \tag{2}$$

Expresión que acerca el movimiento del péndulo al de un oscilador libre de frecuencia angular w y período T dado por:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{K_0^2 + h^2}{gh}} \tag{3}$$

Donde se ha utilizado el teorema de los ejes paralelos que permite expresar el momento de inercia I_A en términos del momento de inercia respecto a un eje paralelo que pase por el centro de masa I_0 y del radio de giro K_0 . La ecuación (3) muestra la posibilidad estudiar el período de oscilación de un péndulo físico en función de la distancia h medida desde el eje de rotación al centro de masa.

Una gráfica de T en función de h , tomando $h = 0$ en el centro de masas del cuerpo rígido, y distintos valores de h a lado y lado de dicho centro, arrojará la siguiente curva (Figura 1.).

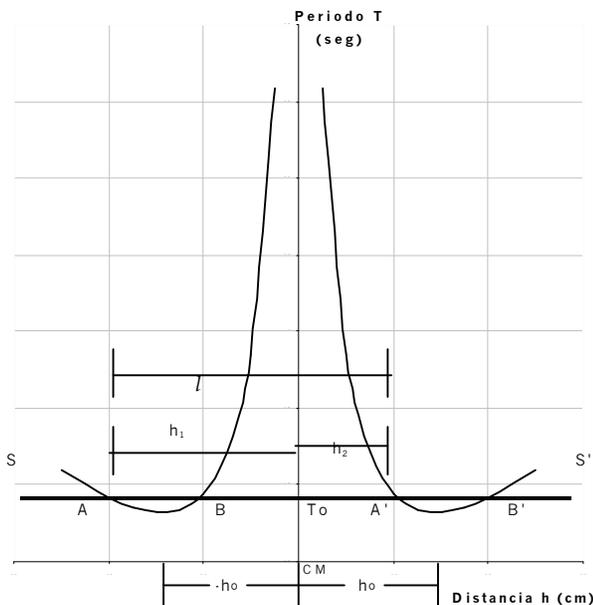


Figura 1.

Como puede verse a lado y lado de la gráfica se presentan dos mínimos simétricos en los puntos $(-h_0, T_0)$ y (h_0, T_0) . Lo anterior está de acuerdo al hecho matemático calcular la derivada parcial de T con respecto a h e igualar a cero. Al hacerlo y evaluar en $h = h_0$, se obtiene $h_0 = \pm k_0$, lo cual significa que en esos valores de

h ocurren mínimos. Este resultado permite encontrar experimentalmente el radio de giro del cuerpo rígido.

Otra característica importante del péndulo físico se obtiene cuando se traza una línea paralela SS' al eje $T = 0$ y arriba de éste, como se muestra en la misma figura 1. Obsérvese que existen dos pares de puntos (A, A') y (B, B') a ambos lados del centro de masa donde la línea paralela SS' intercepta la gráfica para los cuales se puede escribir:

$$l = h_1 + h_2 \tag{4}$$

De la ecuación (3) se infiere que la longitud del péndulo simple que tendría el mismo período del péndulo físico sería:

$$l' = \frac{K_0^2 + h^2}{h},$$

lo que implica una ecuación de segundo grado cuyas raíces h_1 y h_2 son tales que $l' = h_1 + h_2$. Este importante resultado muestra que el valor de l puede obtenerse de la gráfica construida con datos experimentales. l , es conocido en la literatura relacionada con este tema como la **longitud de péndulo simple equivalente** y muestra que existen dos valores de h a ambos lados del centro de masa: h_1 y h_2 para los cuales el péndulo físico tiene el mismo valor T . Los puntos señalados por h_1 y h_2 se conocen como **centro de suspensión** y **centro de oscilaciones** respectivamente. Lo discutido en este último párrafo constituye el llamado **principio de reversibilidad del péndulo físico** el cual puede ser utilizado para medir el valor de la aceleración \bar{g} .

3. MONTAJE DEL PÉNDULO FÍSICO

El péndulo físico utilizado, consiste en una varilla cilíndrica metálica de un metro de longitud y un kilogramo de masa soportado sobre balineras de $1,3 \times 10^{-4}$ m de diámetro cuyo eje está dividido en dos partes las cuales se encuentran roscadas al cuerpo principal. Este sistema sujeta la varilla facilitando el desplazamiento a las diferentes posiciones marcadas a espacios de 5×10^{-2} m y efectuar la medición del período. En el cuerpo principal del soporte, se tienen dos visores que sirven de guía a las marcas en la varilla.

El diseño arriba mencionado disminuye la fricción entre el soporte y la varilla permitiendo tomar un mayor número de datos de período.



Figura 2.

4. CRONOMETRO DIGITAL

Descripción y Funcionamiento: El diagrama de bloques funcional (Figura 3.) facilita la descripción del funcionamiento del cronómetro-prototipo diseñado para automatizar las medidas de "período de oscilación de un péndulo físico".

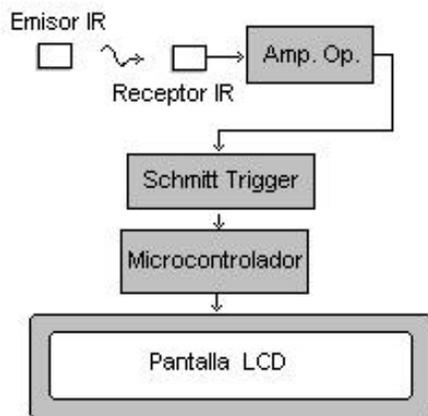


Figura 3.

El **sensor óptico** es un dispositivo, basado en un emisor y un receptor infrarrojos, que permite detectar eficazmente el "paso del péndulo", este **evento** es utilizado para sincronizar todas y cada una de las actividades desarrolladas por el microcontrolador.

El **microcontrolador** es un circuito integrado capaz de procesar datos: puede realizar operaciones lógicas y aritméticas, transferencia, manipulación de bits y realiza

saltos y ramificaciones en programa, además esta dotado de recursos importantes tales como temporización, interrupción, y puertos para comunicación con el mundo exterior, en este caso con el sensor óptico y con la pantalla de cristal líquido.

La **pantalla de cristal líquido** es un módulo complejo de muy fácil utilización, permite mostrar caracteres ASCII, simplemente siguiendo el protocolo recomendado por el fabricante; en esta pantalla se muestran los datos de período del péndulo y los mensajes pertinentes para el usuario.

Al conectar la fuente de alimentación en la pantalla se despliegan mensajes de presentación, luego, cada vez que el péndulo, en su oscilación, interrumpe un haz de luz infrarroja es detectado por el sensor óptico, este comunica al microcontrolador de ese evento, una vez que el microcontrolador se entera procede a realizar las tareas que le están programadas, estas son:

- Primer evento ... reinicia todas las variables y coloca el temporizador en cero <LISTO>
- Segundo evento...da inicio al conteo del tiempo en "microsegundos" <START>
- Tercer evento... prácticamente es despreciado, corresponde a medio período
- Cuarto evento... finaliza el conteo de tiempo <STOP>

En cada uno de los eventos el microcontrolador se encarga de mostrar en pantalla el estado en que se encuentra pero en el cuarto evento, además, convierte a decimal la cuenta de los temporizadores donde los valores son binarios y muestra en la pantalla el resultado de la conversión utilizando los enteros y los decimales incluidas las diezmilésimas de segundo, los demás decimales son despreciados por dos razones: la primera simplemente porque para el experimento, tal como está diseñado no requiere de más decimales y la segunda por una razón de mucho peso: la base de tiempo que utiliza un cristal de cuarzo en su oscilador, según el fabricante, tiene un error de 50 partes por millón.

Hardware: El cronómetro, prototipo, para la medición de períodos de oscilación de un péndulo físico, se diseñó teniendo en cuenta criterios netamente académicos relacionados con la física experimental:

- Se utilizó el concepto "Cero teclas" para facilitar la toma de datos y disminuir la interferencia del experimentador en el experimento.
- Se decidió colocar el prototipo de tal manera que formara parte integrante del equipo existente con el ánimo de disminuir cables y conectores.

- Se selecciona una resolución de 1×10^{-4} s, suficiente para el experimento que se desea instrumentar.

- El prototipo se construyó utilizando la pantalla de cristal líquido con iluminación de fondo propia teniendo en cuenta que en algunas oportunidades el experimento, puede estar en un ciclo de experimentos donde se requiere oscuridad.

El hardware es extremadamente simple, está constituido por:

- Un circuito para la detección de paso del péndulo: Sensor óptico.
- Un microcontrolador Atmel AT - 892051.
- Una pantalla de cristal líquido .

El diagrama muestra un diseño muy conocido, pero éste tiene la particularidad de utilizar emisores infrarrojos de propósito general: uno como sensor otro como receptor, gracias a que el fenómeno óptico en estos dispositivos es reversible.

La diminuta corriente captada por el sensor es amplificada por un amplificador operacional, también de bajo costo LM324, conectado en lazo abierto para obtener la máxima ganancia. Este amplificador tiene la ventaja de trabajar con fuente sencilla de 5 Voltios, hecho que simplifica los diseños. A su vez el operacional entrega la señal a un negador Schmitt Trigger con el propósito de obtener pulsos "limpios" y con niveles TTL para enviarlos al microcontrolador como señales de sincronización.

Software: Para que el microcontrolador realice las tareas previstas es necesario programarlo, en esta oportunidad se hizo con un ensamblador 8051-IDE versión de demostración, las instrucciones son de bajo nivel pero se consigue una gran rapidez en la respuesta y un código muy compacto, ideal para aplicaciones en instrumentación con microcontrolador. El diagrama de flujo (Figura 4.) con bloques funcionales permite comprender fácilmente su funcionamiento.

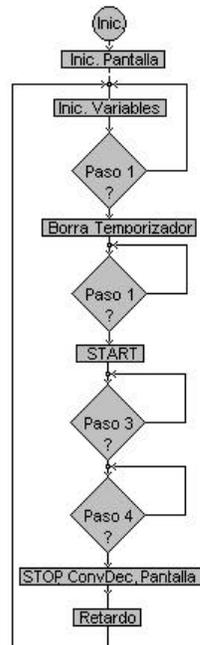


Figura 4.

5. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

La Tabla 1. muestra los resultados obtenidos con el montaje descrito anteriormente.

La gráfica obtenida con los datos experimentales se traza a continuación en línea gruesa, contrastándola con la curva teórica trazada en línea delgada (ver Figura 5.). La escala de los ejes se ha modifica para una mejor comprensión del gráfico, en el eje horizontal el cero (0) corresponde al **CENTRO DE MASA (CM)**.

DATOS EXPERIMENTALES	
T(s)	h(cm)
1,6173	45,2
1,5762	40,2
1,5513	35,2
1,5318	30,2
1,5394	25,2
1,5817	20,2
1,6936	15,2
1,9462	10,2
2,6381	5,2
2,6069	-4,8

1,9402	-9,8
1,6908	-14,8
1,5812	-19,8
1,5427	-24,8
1,5375	-29,8
1,5484	-34,8
1,5726	-39,8
1,6077	-44,8

Tabla 1

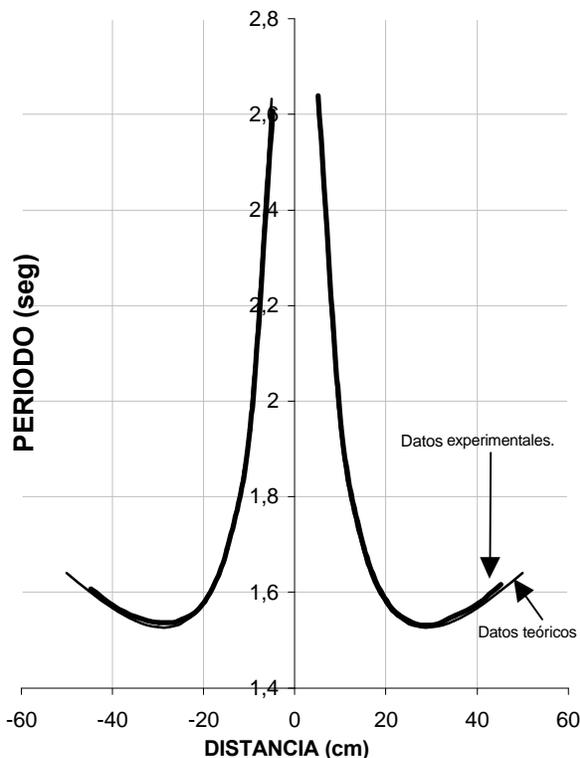


Figura 5.

- Al comparar las gráficas 1 y 5 se observa que los datos experimentales obtenidos con el montaje utilizado reflejan el comportamiento teórico predicho por la ecuación (3).
- Tal como se observa en la gráfica 5. el valor experimental del radio de giro K_0 para una varilla cilíndrica de un metro de longitud y diámetro de 1.2×10^{-2} m, concuerda con la expresión teórica, cuando la varilla rota alrededor del centro masa.

6. BIBLIOGRAFÍA.

[1] ALONSO, Marcelo. Física Vol 1, Primera Edición, Versión en Español, Fondo Educativo Interamericano, 1976

[2] ARCOS, Héctor I. y Otros. Física Experimental III, Primera Edición, Editorial UTP, 2001.

[3] BAIRD, D. C. Experimentación. Una Introducción a la Teoría de Mediciones y al Diseño de Experimentos, Prentice – Hall Hispanoamérica S. A. Méjico 1991.

[3] EATON, V. E. Selective Experiments in Phisics, Central Scientific Company, 1941.

[4] GONZALES, José A. Introducción a los Microcontroladores de 8 Bits, Prectice Hall Interamerica S.A.- México 2000.

[5] HINRICHSEN, Peter. Practical Applications of the Compound Pendulum, The Physics Teacher. Vol 19 N° 5, Pag 286 – 292. May 1981.

[6] MOORE, John H. Y Otros. Building Scientific, apparatus, Addison – Wesley Publishing Company, United States of America, 1983.

[7] PALLAS, Ramón. Sensores y Acondicionadores de Señal, Alfaomega grupo editores S.A. Tercera Edición, México 20