

# Carril de Aire con Sensor Óptico, Utilizado en la Realización de Experiencias en Cinemática en los Laboratorios de Física Mecánica

*Bernardo Núñez Pérez\**  
*Jorge González Coneo\*\**  
*Pablo Viloria Molinares\*\*\**

## RESUMEN

Este trabajo muestra el diseño y construcción de un carril de aire con sensor óptico, utilizado en la realización de prácticas de cinemática. En el diseño y construcción de este equipo se destacan esencialmente dos componentes, uno mecánico y otro electrónico. En lo referente al aspecto mecánico se describe la construcción del carril de aire por el cual se desplaza un móvil, y la parte electrónica describe el desarrollo de la instrumentación requerida para medir en forma automática el tiempo de un móvil que se desplace entre dos posiciones, a partir del uso de dos sensores ópticos los cuales cumplen las funciones de activar y desactivar el cronómetro.

**Palabras Claves:** carril, instrumentos, medición, cinemática, sensor óptico, cronómetro digital.

## ABSTRACT

This work shows the design and construction of a rail of air with optical sensor, used in the realization practices of kinematics. In the design and construction of this equipment include essentially two components, one mechanical and one electronic. In regard to the mechanical aspect describes the construction of the air track which moves a mobile, and the electronic part describes the development of the instrumentation required to measure automatically the time that a mobile moves between two positions, from the use of two optical sensors which perform functions activate and deactivate the timer.

**Key Words:** rail, instruments, measures, kinematic, optical sensor, digital timer.

\*Licenciado Matemática y Física, MSc, Corporación Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia. [bnunez@cuc.edu.co](mailto:bnunez@cuc.edu.co)

\*\*Ingeniero Mecánico. MSc, Corporación Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia. [jgonzalez@cuc.edu.co](mailto:jgonzalez@cuc.edu.co)

\*\*\*Licenciado Matemática y Física, MSc, Corporación Universidad de la Costa, Barranquilla, Colombia. [pviloria@cuc.edu.co](mailto:pviloria@cuc.edu.co)

## 1. INTRODUCCIÓN

La preocupación de quienes realizan experimentos y ensayos en los laboratorios, es disponer de equipos e instrumentos que permitan hacer medidas aceptables de cualquier variable; es decir, lograr la exactitud en la medida, reduciendo la incertidumbre. Para ello se hace necesario tener equipos e instrumentos que permitan la realización de los ensayos experimentales, con mediciones confiables [1].

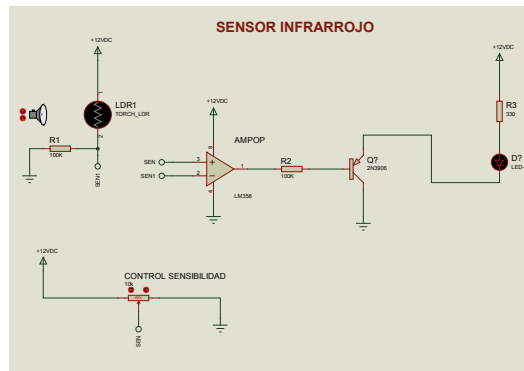
En la actualidad existe una gran necesidad y se ha despertado un interés por diseñar y construir nuevos prototipos de equipos utilizados en la enseñanza de la física, ya que los equipos e instrumentos de laboratorio utilizados en los actuales momentos, para muchas instituciones educativas tienen problemas de difícil adquisición, altos costos, confiabilidad en los resultados y manejo de los equipos. Por todas estas situaciones han surgido en las instituciones educativas grupos de investigación en instrumentación y metrología, que se dedican al diseño y construcción de instrumentos y equipos para realizar experimentos y ensayos de física. Es por esto que aprovechando el desarrollo que se ha dado en la instrumentación electrónica para realizar procesos de automatización [2], hemos querido desarrollar una instrumentación para automatizar los laboratorios de física mecánica, diseñando y construyendo equipos de bajo costo que permitan realizar las experiencias, con mediciones aceptables de las diferentes variables físicas. En esta oportunidad se desarrolló un carril de aire con sensores ópticos, el cual se puede utilizar para realizar prácticas de cinemática y dinámica.

## 2. METODOLOGÍA: DISEÑO Y DETALLES EXPERIMENTALES

En los laboratorios de física mecánica y específicamente en cinemática y dinámica se realizan experiencias donde se modela el movimiento de un móvil. En la realización de estas experiencias uno de los parámetros más importante es la medición de los tiempos con la suficiente exactitud y precisión para garantizar que los cálculos realizados tengan la confiabilidad requerida, el otro parámetro básico es la distancia, que debe ser variable o ajustable para poder evaluar el comportamiento del móvil en diferentes condiciones. Es por esto que se debe contar con un dispositivo en el que se pueda visualizar el movimiento de un objeto, para poder medir su desplazamiento y el tiempo empleado en realizarlo, y a partir de estas mediciones obtener cálculos aproximados de las otras cantidades físicas relacionadas en el movimiento [3].

Para el diseño y construcción del dispositivo se han tenido en cuenta las experiencias en los laboratorios de física mecánica, y los modelos de equipos utilizados para tal fin, actualmente en el mercado, y el costo de dichos equipos. El diseño se fundamenta en dos compo-

mentos, uno mecánico que se refiere a la construcción de un carril de aire, y el otro electrónico correspondiente a la construcción de dos sensores ópticos, encargados de controlar el funcionamiento de un cronómetro.

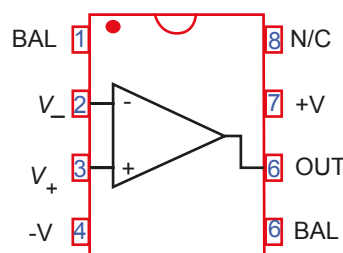


**Figura 1. Esquemas de la simulación del circuito**

Fuente: Elaboración de los autores

Pasando a la descripción de la construcción del equipo, es necesario detallar cada etapa durante el proceso. Cada sensor consta de un amplificador operacional LM358, 2 transistores 2n3906, 2 led infrarrojo (emisor – receptor), 2 potenciómetros de 10K, 2 resistores de 820Ω, 3 resistencias de 100K y 1 resistencia de 10K. Durante la primera etapa se realiza una simulación del circuito con todos los componentes necesarios. En la figura 1 se muestra un esquema de la simulación

En lo referente al funcionamiento del circuito se destaca la configuración del amplificador operacional en modo comparador, el cual tiene una estructura interna simbolizada, como se muestra en la figura 2.[4].



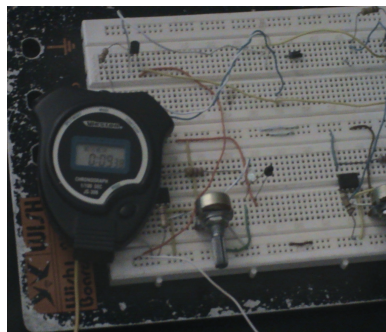
**Figura 2. configuración Amplificador operacional**

Fuente: Cooper [4]

En el pin 2 se conecta el sensor receptor y en el pin 3 el potenciómetro de sensibilidad, los cuales funcionan de la siguiente manera. Con el potenciómetro se le proporciona un voltaje de referencia al comparador de tal forma que, cuando el voltaje enviado por el sensor sea mayor, tengamos una salida por el pin 1 igual al 90% de la alimentación del amplificador operacional para que la alimentación resulte de 12Vdc. Ya terminada la comparación de voltaje y una salida de voltaje dependiendo de ésta, tomamos la salida y la enviamos al transistor 2N3906 el cual lo tenemos configurado como switch, que al recibir una corriente por la base se cierra, lo que permite tener un switch que active y desactive el cronómetro. En la etapa de activación con los transistores para que no ocurran problemas de saturación la ganancia de uno de ellos debe ser menor, es por esto que las resistencias de activación son una de 10k y la otra de 100K.

Para el funcionamiento del cronómetro se utiliza un circuito para activarlo y otro para desactivarlo, a partir de dos sensores que se accionan por la proximidad del móvil.

En el montaje para la realización de las experiencias de cinemática, los sensores se deben ubicar estratégicamente para permitir la medición del tiempo que emplea un carrito en realizar un desplazamiento en el carril.



**Figura 3. Circuito controlador del cronómetro**

Fuente: Elaboración de los autores

Descrito este primer componente electrónico, se pasa al segundo componente que es netamente mecánico; para lo cual se formula el siguiente interrogante: ¿cómo realizar prácticas de movimiento rectilíneo, de una forma simple y confiable? El abordar esta pregunta condujo al diseño y construcción de un carril de aire que permita realizar diversas prácticas de cinemática unidimensional, entre las cuales se encuentran el movimiento uniforme, el movimiento uniformemente acelerado y un movimiento con aceleración variable.

¿Cómo se llegó a la conclusión de que la alternativa más viable debía ser la utilización de un carril de aire? Una de las experiencias que se propuso realizar corresponde al movimiento rectilíneo uniforme, para lo cual se debe reducir la influencia de la fuerza de rozamiento o fricción, por lo que se debía escoger o seleccionar una alternativa que permitiera reducir el efecto de este fenómeno. Por lo que fue necesario decidir entre diferentes alternativas, como son:

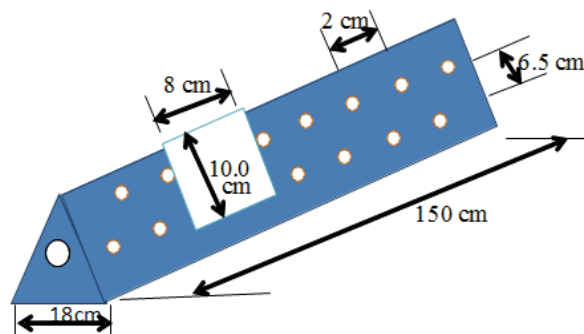
- 1) Fricción por deslizamiento entre materiales con bajo coeficiente de rozamiento
- 2) Aplicar una capa de lubricante que separe las superficies de contacto
- 3) Movimiento de rodadura o rodamiento, para reducir la disminución de energía mecánica por fricción (transformación a energía térmica)
- 4) Transformar el contacto físico de las superficies de contacto por un fluido de baja resistencia a la fricción (aire, para el caso)

Se optó por esta última por ser una alternativa limpia, que permite realizar la práctica de forma relativamente simple con diferentes inclinaciones para el movimiento del carril. Lo que exige el diseño y construcción de un carril de aire y la selección de un compresor adecuado para tal tarea.

Para el diseño del carril de aire se deben tener en cuenta parámetros básicos como lo son: la distancia, la cual debe ser variable o ajustable, y las dimensiones del móvil que se desplazará. Con base en estas dimensiones se tienen en cuenta las dimensiones del carril y el compresor para poder tener la presión necesaria que permita levitar el móvil a lo largo del carril. En lo relacionado con la distancia que debe ser variable o ajustable, se estableció que se debía contar por lo menos con un 120cm de longitud libre para realizar las mediciones en un rango lo suficientemente amplio para observar adecuadamente la relación entre las variables cinemáticas. Se escogió una distancia total para el carril de 1.50m

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El carril se construyó en lámina de acero galvanizada doblada con los ángulos de  $53.13^\circ$  en su base y remachada en un traslape. Se sellaron los puntos donde se encuentran los remaches y el traslape de las uniones de la lámina.

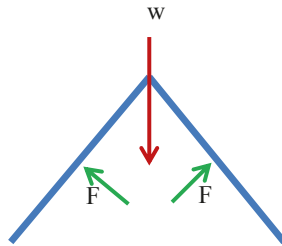


**Figura 4. carril de aire con sus dimensiones**

Fuente: Elaboración de los autores

La fuerza promedio que incide sobre el deslizador se calcula mediante la expresión:

$$F = C \cdot \rho \frac{v^2}{2} \cdot A \quad [5]$$



**Figura 5: Diagrama de cuerpo libre de fuerza dentro del carril de aire**

Fuente: Elaboración de los autores

Donde C es una constante que depende principalmente de la forma del cuerpo y que en el caso de una superficie plana oscila entre 1.15 y 2.0, de acuerdo con el manual del ingeniero mecánico de Mark.

$\rho$ , es la densidad del fluido, el cual para el caso es aire

A, es el área proyectada sobre la cual incide el aire

$v$ , es la rapidez con la que incide al aire sobre el cuerpo

Si se analiza el medio deslizador se obtiene que para poder levantarlo, la componente vertical de la fuerza F debe ser mayor o igual al peso de medio deslizador. [6]

$$F_y - \frac{w}{2} = 0 \rightarrow F = \frac{w}{2 * \text{sen}(53.13^\circ)} = \frac{w}{1.60}$$

El peso del deslizador se calcula como:

$$w = 1.15 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} * 16 \text{cm}^3 * 980 \frac{\text{cm}}{\text{s}^2} = 20736.8 \text{dinas} \approx 0.2074 \text{newton}$$

El fluido que entra al carril de aire es suministrado por un compresor que maneja un caudal de  $Q = 2.5 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$ , este caudal sale través de los orificios del carril. Cuando el sistema se estabiliza la rapidez de salida del fluido se puede calcular como:

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\# \text{agujeros} * \text{área de cada agujero}} = \frac{4 * Q}{n * \pi * d^2}$$

$$v = \frac{4 * 2.5 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}}{179 * \pi * (0.002 \text{m})^2} = 4445.7 \frac{\text{m}}{\text{min}} = 74.06 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Calculando la fuerza suministrada para cuando el factor C es de 1.15 se obtiene que:

$$F = 1.15 * 1.1 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * \frac{\left(74.06 \frac{\text{m}}{\text{s}}\right)^2}{2} * .13 \text{agujeros} * \frac{\left(\pi * (0.002 \text{m})^2\right)}{4} = 0.141 \text{newton}$$

Mientras que utilizando un factor de  $C=2.0$

$$F = 2.0 * 1.1 \frac{Kg}{m^3} * \frac{\left(74.06 \frac{m}{s}\right)^2}{2} * .13 agujeros * \frac{\left(\pi * (0.002m)^2\right)}{4} = 0.245 newton$$

Puede notarse que la fuerza es mayor al peso del deslizador, por lo cual este se separaría de la superficie permitiendo que el deslizador se desplace con relativa facilidad sobre el carril de aire.

Es claro que seleccionando un compresor con un mayor caudal y potencia, se pueden modificar el peso que se aplique sobre el deslizador e inclinar el carril a diferentes ángulos. En la figura 6 se puede observar el carril y el deslizador en funcionamiento.



**Figura 6. carril de aire funcionando con una aspiradora**  
Fuente: Elaboración de los autores

Una vez finalizada la construcción de los dos dispositivos por separado, se procede a su acoplamiento, formando así un carril con sensores ópticos para la realización de experiencias en cinemática.

### 3. CONCLUSIONES

En el desarrollo de este equipo se destaca el uso de dos sensores infrarrojo que permiten controlar el funcionamiento de un cronómetro. Esto permite eliminar las manos de los experimentadores en el mecanismo de medición de tiempo en las prácticas de cinemática. Teniendo en cuenta este aspecto central en el diseño y construcción del prototipo para medir tiempo, se contempla la posibilidad de seguir trabajando en el perfeccionamiento de este prototipo medidor de tiempo, de tal forma que se pueda suprimir el cronometro digital y reemplazarlo por una computadora como elemento en este proceso de medición, es decir, poder observar la medición en la pantalla de la computadora.

Con la fabricación de este equipo llamado carril de aire con sensores ópticos es posible contar con instrumentos electrónicos de buena calidad, a unos costos inferior al de la instrumen-

tación equivalente empleada en la actualidad. Además, brinda la posibilidad de disponer de equipos e instrumentos que permitan hacer medidas aceptables de la variable tiempo, en las diferentes prácticas de cinemática desarrolladas en un curso de física, en colegios y universidades.

#### **4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

- [1] B. Nuñez, Instrumentación electronica en Laboratorios de física mecanica, Barranquilla: Educosta, 2010.
- [2] E.Mandano, y. otros, Instrumentacion electronica, Barcelona, España: Alfa omega Marcombo, 1995.
- [3] J. Gonzalez, V. Pablo y N. Bernardo, Fundamentos de Instrumentación para l desarrollo de prototipos electronicos, Barranquilla: Educosta, 2010.
- [4] W. A. Cooper, Instrumentación Electronica Moderna y tecnicas de Medición, Mexico: Prentice Hall, 1991.
- [5] B. Ferdinand y R. Johnston, Mecanica Vectoral para ingenieros: dinamica, Mexico: Mcgrawhill, 2000.
- [6] A. Bedford y f. Wallance, dinamica, Mexico: Pearson Educadores, 2000.