



---

# Presentación

La línea de Simulación de Sistemas Físicos del grupo de investigación en física Teoría de la Materia Condensada ha venido implementado desde hace varios años, con la colaboración del grupo de Informática Educativa (Ginfed) de la Universidad del Magdalena, el uso de software de simulaciones de laboratorios virtuales para la enseñanza de la física. Con dicho fin, se buscó elaborar un material de aprendizaje que facilitara el uso de tales herramientas, haciendo del aula de clases un espacio donde los estudiantes participen de la construcción del conocimiento individual y colectivo mediante la implementación de simulaciones. En este sentido, es clave que la docencia se centre en el alumno usando la metodología de aprender haciendo.

Para quienes trabajamos en esta investigación es muy satisfactorio presentarles este material de estudio, titulado *Herramientas virtuales en la enseñanza de la física mecánica*; como resultado de un exhaustivo y minucioso trabajo de sistematización y organización. De esta forma dejamos a disposición de estudiantes y profesores una herramienta de trabajo que permitirá el desarrollo de las clases de física utilizando simuladores virtuales que involucran diversos niveles de abstracción. Para ello, se propone como guía pedagógica una estrategia instruccional de varias fases: motivación, pregunta problematizadora, situación problema, fundamentación teórica, observación del fenómeno físico, desarrollo de la simulación, recolección de datos, análisis estadístico, resultados y conclusiones de la experiencia.

El objetivo del libro es brindar al educando que incursiona por primera vez en el estudio de la física una herramienta que le ayude a reducir el tiempo de transición entre la conceptualización de los contenidos que proporciona el profesor (teoría) y la comprobación experimental. Con ese fin, se propone el uso de simulaciones de fenómenos físicos donde se puedan variar las condiciones y registrar los resultados para un posterior análisis (experimento).

Así pues, el libro consta de un conjunto de simulaciones de fenómenos físicos relacionados con la física mecánica y doce guías de trabajo organizadas como lecciones, dirigidas a los estudiantes de grado 10.º de las instituciones educativas de secundaria o de niveles introductorios de física. Las dos primeras lecciones hacen un repaso de la elaboración y el análisis de gráficos. El software fue elaborado para simular los fenómenos físicos generalmente estudiados en laboratorios reales y permite simular las siguientes experiencias:

- Velocidad media e instantánea.
- Segunda ley de Newton.
- Principio de Arquímedes.
- Movimiento parabólico.
- Tiro horizontal.
- Conservación de la energía mecánica.
- Colisión en dos dimensiones.
- Coeficiente de rozamiento.
- Caída libre.
- Aceleración media e instantánea.

Se espera que esta obra sea de ayuda para los estudiantes en su carrera hacia el mejoramiento de la capacidad de comprensión y análisis de sistemas físicos, sobre todo en las instituciones de educación media en donde el laboratorio real no existe, pues cada experiencia virtual simulará el fenómeno en un ambiente web, el cual podrá ser instalado en los computadores de la sala de informática. Los docentes, a su vez, pueden usar el libro como un apoyo para abordar la temática de la clase teórica toda vez que las preguntas problematizadas y las situaciones problema fomentan la participación de los alumnos y les ayudan a conceptualizar los fenómenos físicos con mayor eficiencia y de manera didáctica. De igual modo, la publicación puede utilizarse como una guía de laboratorio apoyándose en las respectivas guías y simulaciones de cada experiencia.

En suma, este libro está diseñado para que, a partir de la indagación y la experimentación, el estudiante construya el conocimiento y confronte la teoría existente sobre el tema. En este sentido, la obra contiene las siguientes estrategias metodológicas:

- **Actividades de indagación:** A través de preguntas y ejercicios de carácter matemático y físico, el estudiante refuerza las competencias para trabajar con operaciones matemáticas aplicadas a la solución de problemas físicos. Los alumnos tienen a su disposición en la guía de trabajo diferentes enlaces donde encontrarán información sobre competencias matemáticas y conceptuales de física.
- **Actividades de confrontación:** El estudiante interactúa en la guía con una tabla dinámica de Excel que le permite recolectar datos, y con el simulador es posible desarrollar virtualmente la experiencia.
- **Actividades de construcción conceptual y textual:** El estudiante identifica las relaciones lineales y no lineales entre dos variables, halla ecuaciones matemáticas y, a través de análisis, proyectará resultados e hipótesis que se confrontarán con la información teórica recolectada inicialmente.
- **Evaluación:** Con la entrega del preinforme y del informe con la solución de cuestionarios, el estudiante evidenciará sus competencias en el tema, así como su habilidad para redactar textos y para manejar las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) a su disposición.

Los comentarios, las sugerencias y las correcciones siempre serán bienvenidas.

*Los autores*



---

# Introducción

De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco, 2004), las TIC «ofrecen una amplia gama de herramientas que pueden ayudar a transformar las clases actuales, centradas en el profesor, aisladas del entorno y limitadas al texto de la clase, en entornos de conocimiento ricos, interactivos y centrados en el estudiante» (p. 20). De igual forma, menciona los siguientes beneficios del aprendizaje centrado en el alumno:

crear un ambiente de aprendizaje significativo más dinámico, interactivo y motivador, tanto para los propios profesores como para los estudiantes, implica el cambio de roles entre profesores y estudiantes [...] donde el profesor deja de ser el guía de la instrucción o la enseñanza para convertirse en un mediador y facilitador del conocimiento, en un agente activo del proceso de aprendizaje junto con el estudiante. Este nuevo rol no deja en un segundo plano al profesor, pero sí requiere que este esté en un proceso de actualización constante de estas nuevas herramientas que cada día aparecen en nuestro medio, donde los estudiantes aparentemente serán los responsables de su propio aprendizaje en la medida en que indaguen, sinteticen y compartan la información con sus pares, lo que constituye a las TIC en una poderosa herramienta para apoyar y facilitar la formación de los nuevos actores de nuestra sociedad (Unesco, 2004, p. 27).

Según se puede apreciar, la Unesco considera las TIC como una herramienta de aprendizaje y no, como suelen interpretarse a menudo, un método. Ahora bien, es de conocimiento común que estos recursos de enseñanza no son suficientes para desarrollar habilidades y se requiere una metodología adecuada para enfocar las medidas en el logro de los objetivos propuestos. Por ende, preparar a un maestro para la integración exitosa de las TIC en su programa específico es uno de los desafíos que se han identificado al examinar cómo los docentes usan estas tecnologías para dar forma a su experiencia educativa (Allison *et al.*, 2012).

En Colombia el uso de las TIC se consolidó en las últimas dos décadas debido a las políticas de conectividad del Gobierno de Pastrana y las de masificación con el plan Vive Digital del presidente Santos, lo que le ha permitido al país superar a Brasil a nivel latinoamericano y colocarse a mitad de tabla a nivel mundial en el índice de preparación tecnológica (*Networked Readiness Index o NRI*), que refleja el aprovechamiento que hacen los países en el uso de las TIC. Así, si bien en los noventa se consideraba un erudito a quien tenía o manejaba internet pues solo los expertos y académicos

tenían acceso a él, ya en el año 2000 la verdadera explosión del ciberespacio y la creación de dispositivos móviles de avanzada le dieron mucha más fuerza a la red. Con el advenimiento de los portales web, el uso de internet comenzó a popularizarse en todos los sectores de la sociedad, y los medios de comunicación empezaron a desplegar sus primeros proyectos en los espacios virtuales.

Es así como se puede decir que la dinámica en las comunicaciones ha avanzado drásticamente. Ahora hay más computadores y teléfonos móviles que personas en los hogares, desplazando el uso de los televisores con la adquisición de estos dispositivos. Ya es más fácil encontrar a un adulto inmerso en su celular o su computador que en un televisor, a menos que juegue la selección Colombia. Sin embargo, no deja de sorprender que todavía en el país haya zonas que carecen de estos servicios. De todos modos, el territorio colombiano hoy cuenta con millones de suscripciones a las diferentes empresas que ofrecen el servicio de internet, lo que les permite a muchas personas trabajar desde sus casas a través del computador o del teléfono y que los niños en resguardos indígenas, desde La Guajira hasta el Amazonas y desde la remota región pacífica hasta los llanos orientales, accedan por medio de tabletas a clases virtuales sin necesidad de desplazarse grandes distancias. Así las cosas, la demanda de instrumentos cada vez más sofisticados ha crecido vertiginosamente en el país, convirtiéndolo en uno de los mayores consumidores de aparatos tecnológicos y el quinto que más adquiere portátiles ultralivianos, lo que ha llevado a Colombia a liderar el uso masivo de las redes sociales en Latinoamérica.

Es innegable que el de hoy es el milenio de la ciencia y la tecnología, lo que está generando un profundo cambio en la forma en que se está trabajando tanto en la industria como en los hogares, así como en el modo de aprender y concebir el mundo. Por ejemplo, el hecho de que las industrias sean cada vez más computarizadas y robotizadas, desplazando paulatinamente la labor humana, ha traído como consecuencia que las instituciones que imparten educación transformen asimismo su quehacer tradicional por uno que vaya a la vanguardia de los avances del presente milenio, es decir, propenden a que la nueva generación de profesionales cuenten con los conocimientos y habilidades necesarias para reinventarse y adaptarse fácilmente a las nuevas y desafiantes exigencias tecnológicas.

Estudios recientes sobre los métodos y herramientas usados en la enseñanza de las ciencias básicas invitan de forma constante a replantear las estrategias pedagógicas tradicionalmente utilizadas para el desarrollo de habilidades específicas en estas áreas del saber, como la consulta de libros, la realización de guías de trabajo y de lecturas y la experimentación a través de laboratorios prácticos. Por esta razón la búsqueda de nuevos métodos para lograr una mejor comprensión de los fenómenos de la naturaleza se perfila hoy como un campo prometedor en la enseñanza de la física. En este ambiente es viable recurrir a las TIC, ya que existen variedad de softwares y aplicaciones que se pueden descargar en computadores, celulares o tabletas para trabajar con o sin conexión a internet.

La implementación de las nuevas tecnologías informáticas en los actuales lineamientos pedagógicos ha generado mucha reflexión y actualización en los profesionales de la educación dado que les permite considerar nuevos métodos en la enseñanza basada en computadoras. Ahora bien, aunque las tecnologías pueden fomentar una mejor experiencia de aprendizaje para el alumno e incentivar la perseverancia, por lo que se consideran herramientas eficaces para instruir la automotivación,

el avance en el aprendizaje sigue siendo difícil de alcanzar (Kreijns *et al.*, 2003; Miltiadou y Savenye, 2003). Frente a esto, el ideal de la enseñanza basada en computadoras es que el proceso sea interesante y despierte interés en los estudiantes por alcanzar los objetivos. En esa medida, a este método se le reconocen ventajas que la instrucción tradicional no puede ofrecer tales como el aprendizaje al propio ritmo o autorregulado (Canoy, 2004). No obstante, a pesar de los diversos estudios que informan a favor de este enfoque (Escobar *et al.*, 2016; Kreijns *et al.*, 2003), todavía quedan preguntas abiertas: en primer lugar, ¿es capaz de proporcionar a los educandos experiencias de aprendizaje más atractivas?, y en segundo lugar, ¿su contenido está a la par con los niveles de habilidad o conocimiento de los alumnos para el aprendizaje autorregulado?

Hoy en día, la expresión “virtual” tiene varios significados, pero se refiere principalmente a la representación intangible de un objeto real. Por ejemplo, en una computadora, el escritorio es una representación del lugar físico donde se encuentran documentos, fotos, notas, etc. El término «virtual» también se usa como expresión de distancia como cuando un profesor enseña una clase desde un espacio muy remoto con respecto a quien recibe la instrucción, suponiendo que dicho docente se encuentra en un salón de clases.

En los laboratorios virtuales es posible realizar ejercicios y experimentos simulados, es decir, manipular los mismos elementos y lograr los mismos resultados que corresponderían a la realidad. Una de las herramientas de este tipo disponibles en internet son los sitios web con *applets* o pequeños programas que se basan en modelos teóricos y pueden simular las condiciones del laboratorio con ciertos factores claves. Esto le permite al estudiante realizar múltiples experimentos, cambiar variables y observar las respuestas del sistema. De esta forma, es posible establecer una conexión entre lo que se ha creado en realidad y lo que le muestra la computadora de manera virtual (Allison *et al.*, 2012).

Atendiendo a esta realidad, los miembros de la línea de Simulación de Sistemas Físicos del grupo de investigación en física Teoría de la Materia Condensada, en colaboración con el grupo de Informática Educativa (Ginfed) de la Universidad del Magdalena, han propuesto una herramienta de trabajo dirigida a implementar nuevas tecnologías en las más recientes tendencias pedagógicas, aportando de manera significativa a la enseñanza basada en computadoras. Con este proyecto se busca estructurar un ambiente de aprendizaje no tradicional en el aula de clases que, mediante un software de simulaciones de laboratorios virtuales, apoye la enseñanza de la física. Asimismo, se proporciona una guía de trabajo cuya implementación puede representar una práctica pedagógica innovadora, recreando fenómenos físicos típicos de mecánica, electricidad, magnetismo y física moderna. Así, se espera facilitar el desarrollo de competencias interpretativas, argumentativas y propositivas entre los estudiantes de estas disciplinas.

Además, esta herramienta puede ser usada por las diferentes autoridades educativas del país para fomentar el uso de las TIC en la enseñanza de las ciencias básicas en los niveles medio y superior. Para lograr este propósito, se emplearon recursos de la Universidad del Magdalena (provenientes de Fonciencias) con miras a presentar y desarrollar los siguientes proyectos de investigaciones:

1. Elaboración de un software educativo para la implementación de nuevas tecnologías en el desarrollo del laboratorio de física en instituciones educativas del departamento del Magdalena (Colombia) del 6 junio de 2007.
2. Elaboración, implementación y ejecución del software educativo en el desarrollo de laboratorios interactivos de física asistidos por computador para colegios y universidades del departamento del Magdalena en junio de 2009.
3. Laboratorios virtuales de física como herramienta pedagógica innovadora para el desarrollo de competencias en educación media, durante febrero de 2016.

El objetivo fundamental de estos proyectos es estructurar un ambiente de aprendizaje en el aula de clase mediante la implementación de un software educativo que le permita al estudiante mejorar la capacidad de comprensión y análisis de los datos recolectados durante las prácticas experimentales y virtuales en el laboratorio de física. Otro objetivo tiene que ver con despertar el interés tanto de los docentes como de los alumnos por la investigación en la física como medio de crecimiento intelectual, contribuyendo así al mejoramiento de la calidad educativa en el departamento del Magdalena.

En el primer proyecto se desarrollaron una serie de investigaciones que permitieron obtener información sobre las capacidades logísticas y académicas con las que se desarrollan las actividades teórico-prácticas en la enseñanza de la física en las diferentes instituciones del departamento del Magdalena. Uno de los objetivos de este estudio fue determinar las competencias específicas de formación disciplinar en el área de física que presentaban los estudiantes, incluyendo las actividades de laboratorio, sobre todo las previas al desarrollo de las prácticas de laboratorio de física. Por otra parte se establecieron las especificaciones de equipos de laboratorio de física y elementos multimediales disponibles.

Luego de realizar el trabajo de campo, consistente en visitas a colegios de diferentes municipios del departamento y de realizar reuniones con directivos y profesores, se aplicaron encuestas, de cuyo análisis se pueden extraer los siguientes hallazgos:

1. Los laboratorios de física distan mucho de estar actualizados. La tecnología y los implementos para el trabajo en estos espacios no están acordes con los nuevos tiempos. Sin embargo, la situación económica propia de las instituciones de educación distritales y departamentales no permite cambiar su deplorable estado.
2. En Santa Marta, y en general en todas las instituciones educativas distritales y departamentales, la física se imparte de manera incipiente y rudimentaria. Desde los laboratorios de física, en particular, los estudiantes no tienen acceso a internet ni a TIC.
3. Ninguno de los sitios en internet visitados por los investigadores reúne los requisitos que se pretenden, pues las simulaciones virtuales de laboratorio que dependen totalmente de un aplicativo web proponen tareas cerradas, que no favorecen el aprendizaje y cuyo funcionamiento no es posible en ausencia de conexión a la red.
4. Existe poca colaboración de las secretarías de educación para adjudicar recursos financieros que permitan la adquisición y renovación de equipos, implementos y materiales para el trabajo en laboratorios. También se observa falta de personal cualificado que ejerza las funciones de coordinación, así como de guías de trabajo y módulos propios para el desarrollo de cada una de las temáticas abordadas en el salón de clases.

5. En relación con la docencia, los profesores en su mayoría no son de planta y se les paga por horas de cátedras. Además, no existe coordinación entre los maestros que desarrollan el aspecto teórico y los que abordan el ámbito experimental, y se trabaja con guías de laboratorio de diferentes libros de texto de física correspondientes a cada grado.

En el segundo proyecto se elaboraron veinte simuladores para laboratorios virtuales, que permitían realizar las siguientes prácticas: movimiento armónico simple, caída libre, choques elásticos, coeficiente de rozamiento dinámico y estático, condensadores, conservación de la energía mecánica, descarga de un condensador, diseño de circuitos, hilos conductores, leyes Kirchhoff, lentes 1, lentes 2, segunda ley de Newton, ley de Snell, ondas, péndulo simple, péndulo de torsión, principio de Arquímedes, tiro horizontal y parabólico, velocidad y aceleración media.

Finalmente, en el tercer proyecto se desarrollaron nuevos laboratorios en tópicos de electrodinámica y mecánica. Estos, sumados a los del proyecto anterior, fueron actualizados en su interfaz gráfica, creando una nueva en formato 2D o 3D y se migraron a la plataforma Unity. También se realizó la validación con profesores y estudiantes de diferentes municipios del departamento y se sometieron a revisión por expertos en las áreas de la física y la pedagogía.

Una vez terminada la anterior etapa, se empezó a construir un material de aprendizaje contemplando una metodología que le permitiera al aula de clases funcionar como un laboratorio real. Como resultado, se presenta una herramienta pedagógica con una estrategia instruccional de varias fases: motivación, pregunta problematizadora, situación problema, fundamentación teórica, observación del fenómeno físico, desarrollo de la simulación, recolección de datos, análisis estadístico, resultados y conclusiones de la experiencia. De este modo, a continuación se muestran las doce lecciones con su respectivo software para las simulaciones de las experiencias.

---

# Lección 1

## Elaboración e interpretación gráfica de funciones lineales y cuadráticas

### 1. Estándares

- Registro mis observaciones y resultados utilizando esquemas, gráficos y tablas.
- Registro mis resultados en forma organizada y sin alteración alguna.
- Establezco diferencias entre descripción, explicación y evidencia.
- Establezco diferencias entre modelos, teorías, leyes e hipótesis.
- Utilizo las matemáticas para modelar, analizar y presentar gráficamente datos de fenómenos físicos.
- Busco información en diferentes fuentes, escojo la pertinente y doy el crédito correspondiente.
- Establezco relaciones entre las variables observadas y las expreso en forma de ecuaciones y funciones.
- Interpreto los resultados teniendo en cuenta el orden de magnitud del error experimental.
- Establezco conclusiones de los experimentos que realizo, aunque no obtenga los resultados esperados.
- Comunico el proceso de indagación y los resultados utilizando gráficas, tablas y ecuaciones.

### 2. Componente mecánica clásica

### 3. Pregunta problematizadora

La relación entre la variable independiente  $x$  y la dependiente  $y$  puede escribirse usando la ecuación  $y = kx^2$ , donde  $k$  es una constante. Elabore una gráfica que represente dicha función: a) ¿cuál es la gráfica de esta ecuación?; b) si se hace  $z = x^2$ , ¿qué tipo de curva representa la ecuación  $y = kz$ ?

Eje curricular (unidad)	Ámbitos (temas y subtemas)	Conceptos
Análisis de gráficas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Función y tipos de funciones.</li> <li>• Gráfica de funciones lineales y cuadráticas.</li> <li>• Ecuación de la recta.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Variables independientes y dependientes.</li> <li>• Recolección de datos.</li> <li>• Análisis de datos y linealización de curvas.</li> </ul>

#### 4. Derecho básico de aprendizaje

- Comprende que en la experimentación científica de un fenómeno físico la información se recolecta en tablas y se puede describir con gráficos, así como hacer predicciones por medio de expresiones matemáticas.

##### Evidencias de aprendizaje

- Describe por medio de gráficos la relación entre las variables que intervienen en la observación del fenómeno físico objeto de estudio.
- Identifica las variables necesarias en la descripción de los fenómenos físicos, representados en gráficos, cuando se hace el cambio de parámetros.
- Predice, a partir de las expresiones matemáticas que relacionan las variables, el comportamiento del fenómeno físico observado.

#### 5. Logro por desarrollar

El estudiante establecerá la diferencia entre las variables independiente y dependiente de un conjunto de datos, elaborando gráficos de los fenómenos físicos estudiados e interpretando los resultados a partir de las ecuaciones matemáticas obtenidas, asumiendo una actitud crítica en su análisis. Valorará la importancia del trabajo en equipo y el papel de la ciencia y la tecnología en la solución de problemas cotidianos.

#### 6. Competencias por desarrollar

##### Interpretativas

- Interpreta, produce y compara representaciones gráficas adecuadas para mostrar diversos tipos de datos (funciones lineales, cuadráticas).
- Elabora y analiza gráficos a partir de los datos generados correspondientes a los fenómenos físicos observados.

##### Argumentativas

- Establece posibles relaciones entre las variables de las distintas tablas de datos (distancia, desplazamiento, tiempo, etc.) que le permitan sustentar la diferencia entre variables independientes y dependientes.
- Compara, interpreta críticamente y justifica afirmaciones de información estadística proveniente de diversas fuentes (experimentos previamente diseñados).
- Predice, a partir de las ecuaciones matemáticas obtenidas, el comportamiento del fenómeno físico observado.

##### Propositivas

- Explora otro tipo de gráficos que se pueden elaborar con los datos obtenidos en la simulación de fenómenos físicos.
- Propone nuevas situaciones físicas y resuelve problemas de su entorno usando y analizando gráficos.
- Formula problemas de su entorno seleccionando información relevante en conjuntos de datos provenientes de fuentes diversas.

## 7. Indicadores de desempeño

- Elabora y analiza gráficos a partir de los datos obtenidos de experimentos previamente realizados.
- Analiza fenómenos físicos con base en información suministrada en gráficos.
- Interpreta con propiedad la percepción que tiene acerca de los fenómenos físicos presentados en gráficos.
- Da ejemplos de la vida cotidiana donde se evidencie la aplicación del análisis de gráficos construidos a partir de las tablas de datos suministradas.
- Resuelve problemas relacionados con fenómenos físicos por medio de la información suministrada en gráficos.

## 8. Recursos

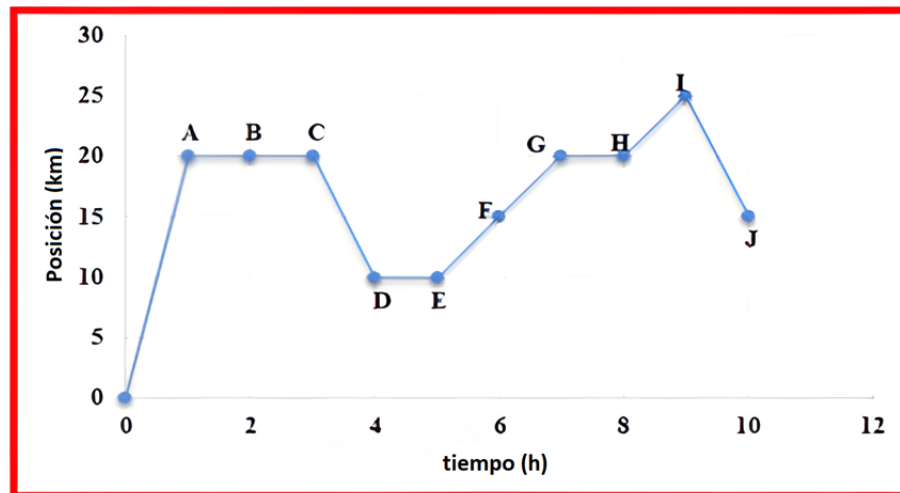
Computadores, software, textos de consulta, internet, salón de laboratorios o salas de informática, papel milimetrado, curvígrafo y regla.

## 9. Desarrollo didáctico-pedagógico

### 9.1 Situación problema

La posición de un carro de carrera se observó en varios momentos. Los resultados se resumen en la figura 1.1.

Figura 1.1. Gráfica que ilustra el movimiento del carro



De acuerdo con esta gráfica:

- ¿Cuáles son las variables que se comparan? ¿Cuál es la variable independiente y cuál es la dependiente? ¿Qué tipo de movimiento describe?
- En el trayecto 0-A, ¿cuál es la pendiente de la recta? ¿Qué representa físicamente la pendiente?
- ¿Cuál es la distancia total recorrida?

- d) ¿Cuál es el desplazamiento total del carro?
- e) Haga una descripción del movimiento del carro en cada uno de los intervalos.
- f) Si en el gráfico se cambia la variable posición (km) por velocidad en km/h y se mantiene la variable tiempo ( $t$ ), ¿qué representa físicamente la pendiente en el trayecto uno?

## 9.2 Fundamento teórico

Actualmente, la información estadística ha adquirido una importancia trascendental en la expresión oral y sobre todo en la escrita. En la web y en los recibos de servicios públicos se encuentran datos de este tipo que permiten estar informado y tomar mejores decisiones. Por lo tanto, la elaboración e interpretación de información condensada en gráficos ha llegado a formar parte de la sociedad y en consecuencia, todo ciudadano debe saber manejarla (Arteaga *et al.*, 2009).

De aquí en adelante se emplearán algunas técnicas que permitirán construir y analizar gráficos de fenómenos físicos. Así mismo se usaran estas técnicas para sistematizar observaciones, cuantificar datos en tablas, describir fenómenos del mundo real e inferir leyes empíricas. De esta forma, con base en todo lo anterior será posible realizar aplicaciones a los campos de la física, la ingeniería, la biología, las ciencias de la salud y la matemática.

Una gráfica se construye con el fin de condensar una gran cantidad de información del fenómeno estudiado y presentar los resultados de manera clara. De hecho, en la mayoría de los casos un recurso de este tipo es más claro que una tabla de datos. De ahí que la presentación y el análisis de resultados experimentales por ese medio sea una parte importante para la interpretación de cualquier fenómeno natural (Ardila, 2006). A continuación, se expresan algunas pautas que se deben tener para construir una buena gráfica.

### Elegir las variables

El estudio de cualquier fenómeno, bien sea que ocurra en la naturaleza o que se haya diseñado en laboratorio, implica manejar o controlar variaciones que pueden ocurrir en el sistema en estudio. A estas mediciones se les llamará variables. Además, de acuerdo con el experimento que se esté desarrollando, se puede determinar cuál es la variable de entrada o independiente y la de salida o dependiente (Ardila, 2006).

### Algunas técnicas para la realización de gráficos

- ① Procure utilizar la mayor área de papel. Esto le dará una gráfica legible y fácil de analizar. Para dicho fin, se pueden ajustar las escalas de los ejes.
- ② Procure asignarle los nombres y las unidades de medida a la variable independiente (causa) en el eje de las abscisas (eje  $X$ ) y a la variable dependiente (efecto) sobre las ordenadas (eje  $Y$ ). Hágalo en letra legible.
- ③ Debe darle nombre a la gráfica expresando el fenómeno en estudio. Puede colocarlo en la parte superior o inferior, indicando el número que le corresponda.

- ④ Actualmente existen diferentes símbolos para expresar los datos experimentales, como círculos, triángulos y rombos o cualquier figura geométrica. Esto se hace con el fin de indicar si existe alguna incertidumbre que pueda ocurrir en el desarrollo del experimento.
- ⑤ Cuando en una gráfica se condensa gran cantidad de información y esta obedece a diferentes resultados de un mismo experimento o fenómeno, es decir, se presentan diferentes curvas, debe realizarse una distinción de cada una de ellas, bien sea directamente sobre la gráfica (si la descripción es muy corta) o en la descripción que se hace debajo de ella. Estas curvas se pueden identificar con letras o números, que son descritos debajo de la gráfica, o con colores para diferenciarlas (Ardila, 2006).

### Análisis e interpretación de gráficas

Para extraer información simplificada de una gráfica se debe analizar su forma, determinando su pendiente u observando sus intersecciones. La gráfica más sencilla de la que se pueda obtener información rápida es aquella que expresa un ecuación lineal y tiene la forma  $y = mx + b$ , que es la ecuación de la línea recta (Ardila, 2006).

**Forma:** Si se estudia la forma más simple, que es el caso de una línea recta, inmediatamente se puede ver la relación que existe entre las variables que se están graficando. En este sentido, se deben distinguir dos conceptos: variación lineal y proporcionalidad directa. La primera significa una relación de grado uno y está dada por cualquier línea recta, mientras que la segunda se refiere a que las dos variables en estudio presentan una proporcionalidad directa y llegan simultáneamente a cero, pero están determinadas solo para líneas que pasan por el origen del sistema de coordenadas cartesiano (Sena, 1979).

**Pendiente (m):** La pendiente de una línea recta es la relación entre  $\Delta y$  y  $\Delta x$ . Indica la relación entre las variables graficadas (Stewart *et al.*, 2012).

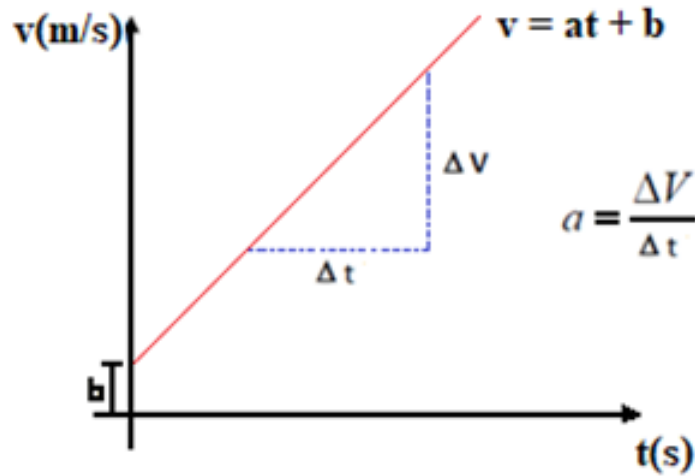
**Intersección (b):** Cuando la línea que describe el fenómeno observado interseca o corta el eje de la variable dependiente, no puede ofrecer información importante para analizar el fenómeno observado de manera general. Por ejemplo, la intersección de una gráfica de velocidad *versus* tiempo con el eje de velocidad indica el valor de velocidad cuando el tiempo es cero. La intersección con el eje vertical debe ser leída a partir de la gráfica, esto es, por simple inspección (Stewart *et al.*, 2012).

En la gráfica  $V$  vs  $t$  (figura 1.2), la pendiente  $m$  representa la aceleración  $a = \Delta v / \Delta t$ , y la intersección  $b$  representa la velocidad inicial.

Cuando la línea recta se interseca con el origen del sistema de coordenadas es difícil determinar la intersección  $b$  por simple inspección. Por lo tanto, en este caso se recurre a encontrar la pendiente y, a partir de ella, determinar los parámetros desconocidos del fenómeno observado (Sena, 1979).

Ahora bien, si se quiere encontrar la aproximación lineal de una función, se debe usar una técnica denominada linealización. A continuación se exploran algunos conceptos sobre funciones lineales y, entre ellos, dicho proceso.

Figura 1.2. Ejemplo de una gráfica lineal



### Breve estudio de la función lineal

Una relación lineal entre las variables  $x$  e  $y$  se expresa así:

$$y = mx + b \quad (1.1)$$

Este es el tipo de relación más fácil de identificar a simple vista. De hecho, no es una exageración afirmar que este es el único caso en que esta discriminación puede hacerse rápidamente (Stewart *et al.*, 2012).

### Tipos de gráficas no lineales

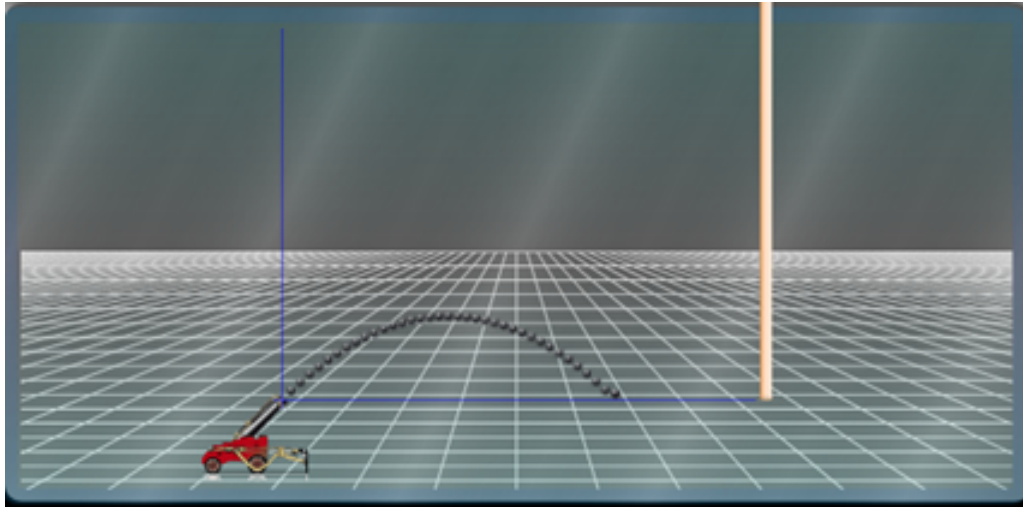
**La función cuadrática:** Esta función tiene un vínculo muy especial con la física ya que describe muchos fenómenos tales como la caída libre de los cuerpos, el movimiento parabólico y el movimiento de las partículas en presencia de un campo eléctrico o magnético. Esto muestra cómo se puede viajar de un contexto a otro para lograr la comprensión de los conceptos físicos por medios matemáticos (Meiners *et al.*, 1980).

Una función cuadrática tiene la forma  $ax^2 + bx + c$ , donde  $a$ ,  $b$  y  $c$  son números reales y  $a \neq 0$ . El dominio de una función cuadrática lo constituyen todos los números reales (Stewart *et al.*, 2012). Por ejemplo, una función cuadrática involucra el movimiento de un proyectil. Con base en la segunda ley del movimiento de Newton ( $F = ma$ ), puede demostrarse que, pasando por alto la resistencia del aire, la trayectoria de un proyectil lanzado hacia arriba con cierta inclinación respecto de la horizontal es la gráfica de una función cuadrática. Para una ilustración, véase la figura 1.3 (Daish y Fender, 1964).

El gráfico de cualquier función cuadrática se puede obtener de la parábola central,  $f(x) = x^2$ , aplicando transformaciones básicas. Por ejemplo, el punto  $(0,0)$  se llama vértice de la parábola central, y el eje  $y$  es el eje de simetría, el cual sirve de ayuda para hacer una representación manual

de la parábola. Cada vez que se ubica un punto de esta en un lado del eje de simetría, de inmediato se tiene otro punto ubicado simétricamente en el otro lado (Stewart *et al.*, 2012).

**Figura 1.3.** Trayectoria parabólica de una bala de cañón



Fuente: máscara de los simuladores de física de la Universidad del Magdalena.

Para graficar cualquier función cuadrática particular, puede que no se necesiten todos los pasos. De hecho, una calculadora o un software de computadora puede graficar cualquier función cuadrática. Sin embargo, sí se requiere una forma algebraica de la que se pueda leer información más exacta:

$$\begin{aligned} f(x) &= ax^2 + bx + c = a(x^2 + b/ax) + c \\ &= a[(x^2 + b/ax + b^2/(4a^2)) - b^2/(4a^2)] + c \\ &= a(x + b/2a)^2 + (c - b/4a)^2 \end{aligned}$$

La ecuación final tiene la forma:

$$f(x) = a(x - h)^2 + k \tag{1.2}$$

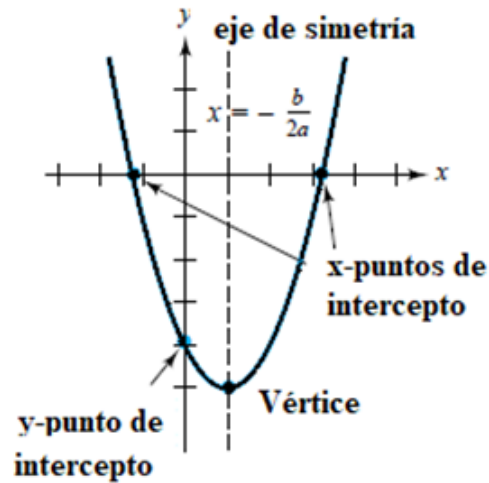
que se reconoce como una parábola central desplazada para que el vértice esté en el punto  $(h, k)$ , y el eje de simetría es la línea  $x = h$  (Stewart *et al.*, 2012).

**Características de la parábola:** Observando la demostración de la ecuación (1.2), se pueden hacer algunas observaciones sobre este tipo de funciones.

Para la función cuadrática  $f(x) = ax^2 + bx + c$ , la gráfica es una parábola con eje de simetría  $x = (-b)/2a$ . La parábola se abre hacia arriba si  $a > 0$ , y abre hacia abajo si  $a < 0$ . Además, para encontrar las coordenadas del vértice, establezca  $x = (-b)/2a$ , de manera que la coordenada  $y$  estará dada por  $y = f((-b)/2a)$ . El gráfico de cada función cuadrática se cruza con el eje  $y$  (donde  $x = 0$ ), pero no necesita tener ningún punto de intersección  $x$ . Para encontrar cualquier intersección  $x$ , es

necesario resolver la ecuación  $f(x) = 0$ . Finalmente, debe tenerse en cuenta que, por la naturaleza de la función cuadrática, esta posee un máximo o un mínimo (dependiendo de si la parábola se abre hacia abajo o hacia arriba) que ocurre en el vértice de la parábola (ver figura 1.4) (Stewart *et al.*, 2012).

**Figura 1.4.** La parábola y algunos de sus elementos



**Linealización de curvas:** Por lo general, una línea recta obtenida de un experimento es más útil que una curva. Sin embargo, no todas las relaciones entre variables físicas son lineales. Con el fin de transformar una curva en una recta, se debe recurrir a técnicas de linealización donde las variables se reordenan para que la gráfica resultante sea una línea recta.

Por ejemplo, el gráfico de la variación del periodo de un péndulo simple *versus* su longitud no es lineal dado que la ecuación que los relaciona es:  $T = 2\pi\sqrt{L/g}$ , según la cual  $T$  es directamente proporcional a  $\sqrt{L}$ , es decir,  $T^2$  es directamente proporcional a  $L$ . Por lo tanto, la gráfica de  $T^2$  vs.  $L$  resulta ser una línea recta que pasa por el origen.

En algunos casos la relación entre dos variables es más compleja. Suponga que la relación entre  $V$  y  $x$  sea  $V = ax^n + b$ . Las gráficas de  $V$  vs  $x$  se ilustran en la figura 1.5 (Maiztegui, 1980).

**Figura 1.5.** Ejemplos de exponentes  $n$  en la relación  $V = ax^n + b$

