

## TRACKER: MODELACIÓN DIDÁCTICA AL ALCANCE DE TODOS

Marcelo Bernardin - Andrés Sepúlveda<sup>1</sup>

Departamento de Geofísica

Universidad de Concepción

<sup>1</sup>Correo electrónico: andres@dgeo.udec.cl

### Resumen

La experimentación es un paso muy importante en el acercamiento de los estudiantes al mundo de la física. Que cada uno realice el experimento entusiasma y el participar en el análisis de los datos permite a los alumnos involucrarse con el proceso de aprendizaje. Esto puede ser complicado pues para esto es necesario contar con un número suficiente de equipos o programas computacionales de modo que los alumnos puedan realizar las experiencias en equipos de trabajo reducidos, lo cual puede ser costoso. Este artículo presenta el programa Tracker, una alternativa gratuita que facilita el análisis de aquellas actividades que puedan ser grabadas con una simple cámara digital e incluye enlaces a videos demostrativos.

### Introducción

El programa informático Tracker, creado por el Profesor Douglas Brown, de la Cabrillo College, en los Estados Unidos de América permite analizar videos de experimentos Físicos, y extraer datos de las imágenes de forma muy sencilla. Tracker además, puede ser usado para comparar las imágenes con la predicción de modelos analíticos. Tracker está disponible en español, es de código abierto es decir, su uso no tiene costo, y puede ser modificado o adaptado por los usuarios. Para facilitar su portabilidad Tracker está escrito en Java por lo que puede ser usado tanto en Windows, Linux, o Mac.

El uso de Tracker puede facilitar la realización y el análisis de experimentos físicos, sólo basta con tener una cámara digital que capture las imágenes en modo de video, para que los alumnos graben el experimento y, a través de Tracker realicen las mediciones. Un mismo video, protagonizado por los alumnos, podría ser distribuido entre los estudiantes, de modo que cada grupo obtenga sus propios datos para realizar las mediciones a través de este programa. Por ejemplo, se puede pedir a los estudiantes que dejen caer una pelota desde una altura conocida, con el objetivo de estudiar caída libre. En este caso podríamos comparar lo medido en el video con la ecuación de caída libre y ver, sobre la imagen misma, donde debería estar el objeto según la teoría.

Otra ventaja importante de Tracker es que este programa permite comparar la predicción que se realiza mediante una ecuación analítica, con los datos seleccionados en el video. Otra aplicación es usar la cámara digital para grabar videos fuera de la sala de clase, por ejemplo, el movimiento de los autos desplazándose en una calle, para posteriormente estudiar en el computador la velocidad de éstos.

En el caso de que no exista el material para realizar las experiencias en la sala de clase (como una cámara de video), existe ya una gran cantidad de videos disponibles en Internet que pueden ser usados. La mayoría de estos videos son experimentos de mecánica y de espectroscopia.

#### Uso de Tracker

Mediante Tracker es posible analizar una secuencia de imágenes. A través de esto se puede introducir a los estudiantes a un ambiente virtual donde puedan relacionar las ecuaciones físicas del movimiento con el objeto que se observa en el video.

Este programa permite estudiar tres áreas de la física:

- cinemática (descripción del movimiento)
- dinámica (causas del movimiento)
- fenómenos ópticos (estudio de la luz).

Tracker cuenta con una interfaz fácil y cómoda de usar, y su plataforma de trabajo puede ser dividida en varios paneles independientes para poder visualizar tablas de datos, gráficos y ajustes de videos. El programa acepta archivos en formato *.gif* o *.mov* (en Windows) y les asocia un formato propio (*.tkr*) para que al momento de abrir un documento, Tracker cargue la información de la escala y el sistema de referencia previamente definido.

Dentro del programa existen dos métodos para estudiar el movimiento o interacción entre objetos. El primer método consiste en marcar manualmente la posición del objeto en cada instante del video. A medida que se marca la posición del objeto, el programa asocia una posición respecto a un sistema de referencia definido, para luego almacenar la información en una tabla de datos, con la cual se construye un gráfico. Es posible cambiar las variables de los ejes en función de lo que se quiera estudiar. El programa tiene definidas por defecto algunas variables como la posición, la velocidad y la aceleración, pero también es posible definir nuevas variables.

Por otro lado, el segundo método consiste en crear un modelo matemático capaz de describir el movimiento del objeto, para ello Tracker posee una herramienta que permite definir parámetros, condiciones iniciales y funciones. Una vez que se define el modelo en el "Constructor de modelos", es posible superponer la información generada por éste sobre el movimiento del objeto que se ve en el video.

Algo que resulta sumamente útil es comparar la información obtenida por ambos métodos, para esto Tracker cuenta con una herramienta de análisis que superpone gráficamente la información de los dos métodos.

Junto a todo lo anterior, es posible complementar el estudio del movimiento con la incorporación de vectores, los cuales definen magnitudes y direcciones tanto de fuerzas como de velocidades y aceleraciones.

Tracker es un programa que no demanda una gran cantidad de memoria para procesar los videos, por ello no es necesario contar con un computador sofisticado. Además, debido a que el programa fue construido sobre una plataforma Java, se hace necesario bajar el paquete Java. Por otro lado es necesario trabajar con el reproductor de videos Quicktime. Los usuarios de otros sistemas operativos, como por ejemplo Linux, deben trabajar con otras aplicaciones equivalentes.

El programa está dirigido a estudiantes de educación media y universitaria, que no tengan experiencia con modelación básica. El grado de certeza y el nivel de comprensión que se obtiene al observar el movimiento de un objeto, luego de construir su modelo representativo, resulta ser un método de aprendizaje muy efectivo para los estudiantes que recientemente se internan en el mundo de la física.

Richard Feynman, uno de los físicos más influyente del siglo pasado, ponía énfasis en los tres pasos de la asimilación de un fenómeno físico: la observación, el razonamiento y la experimentación. Sin embargo, hoy en día el estudiante asume todo lo que se le enseña como un conjunto de axiomas, debido a ello surge el problema de restarle importancia a la etapa de experimentación, es decir, se está generando un vacío dentro del proceso de aprendizaje.

Tracker es una herramienta capaz de reinyectar motivación al estudio de la física. El descubrir y maravillarse con las cosas simples de la vida es un denominador común a todos, pero si esta experiencia, que brota naturalmente en el hombre no es capaz de inquietar la mente de un estudiante, uno tiene el derecho de preguntarse sobre las causas que generan la falta de interés y motivación por la física. Dentro del marco de una constante mejora en los métodos de enseñanza a nivel nacional, Tracker es una herramienta efectiva y de bajo costo a implementar.

Ejemplo: Aplicación de Tracker en un movimiento con aceleración constante.

Galileo, uno de los precursores de la física moderna, fue quien empezó a deliberar seriamente sobre la naturaleza del movimiento de los cuerpos. Entre sus contribuciones, está un experimento capaz de evidenciar el cambio en la tasa de velocidad de un cuerpo, cuando este se desliza sobre un plano inclinado.

Galileo se vio obligado a usar los planos inclinados porque no era capaz de distinguir los cambios que experimenta un objeto cuando se deja caer libremente (es muy difícil medir las distancias y velocidades para cada instante). No obstante, con Tracker es posible realizar el experimento de caída libre fácilmente, por lo que no es necesario recurrir a planos inclinados.

Para llevar a cabo el experimento, se requiere contar con una cámara de video, o bien una cámara fotográfica capaz de filmar un objeto de referencia (que tenga asociada una longitud determinada) y también un objeto para arrojar. Lo demás, se irá explicando por sí solo a medida que se analice el movimiento del objeto arrojado, que de ahora en adelante llamaremos partícula.

Para comenzar el análisis del movimiento de la partícula, se debe seleccionar el video a analizar, luego se debe elegir los cuadros que se van a estudiar. Una vez que se tienen definidos los cuadros, se debe calibrar las distancias en el video, todo esto con el objetivo de proporcionar al programa una referencia sobre las dimensiones del entorno en donde fue capturado el movimiento de la partícula. Por ejemplo, se sugiere usar un trozo de madera con trazos marcados cada 10 cm.

A continuación, para que el programa realice las mediciones es necesario definir un sistema de referencia, que puede ser ubicado en donde se estime conveniente. Generalmente resulta mejor ubicarlo sobre la posición inicial de la partícula a estudiar. Una vez que el video está calibrado y el sistema de referencia está fijo se procede a hacer un seguimiento punto a punto de la partícula. Para esto es necesario marcar las posiciones sucesivas de la partícula, una a una, a medida que avanzan los cuadros.

Lo anterior es un procedimiento muy sencillo y cómodo de realizar, porque el video avanza automáticamente mientras el investigador sólo se debe preocupar de marcar las posiciones consecutivas de la partícula en el lugar que corresponda.

A medida que se capturan los datos, Tracker muestra dos paneles de visualización: uno que muestra datos en forma de gráficos de las componentes  $x$  e  $y$  en función del tiempo, y otro que muestra una tabla con los datos que fueron usados para construir los gráficos anteriores. Tanto la ventana de visualización del video como los gráficos y los datos, se reproducen simultáneamente, de esta manera se genera una descripción en tiempo real del movimiento de la partícula.

Continuando con el estudio del movimiento de la partícula, se pretende llegar a los mismos resultados del seguimiento manual pero por medio de un modelo analítico, en el cual, podemos ingresar los parámetros, valores iniciales y las funciones que relacionan a las variables en juego.

Una vez que se tiene la descripción del movimiento en forma manual y a partir de un modelo, se puede hacer un análisis de los datos, con el fin de comparar en detalle las diferencias existentes entre ambos. Los datos pueden ser manipulados dentro del programa mismo o exportados a otro programa (Excel u OpenOffice) para su análisis. En la sección de Enlaces de Interés se entrega la dirección del manual de ayuda en español de Tracker, traducido por Marcelo Bernardin, alumno de Geofísica (Universidad de Concepción), y videos donde se sigue paso a paso la toma de datos y su posterior comparación con un modelo analítico.

## **Conclusión**

A través de Tracker, es posible obtener conclusiones en base a datos concretos que se comprueban experimentalmente, como en el ejemplo anterior. Es importante tener en cuenta que el grado de complejidad de la física a estudiar va a depender del número de variables y funciones que se estén considerando.

Dentro de la página oficial de Tracker hay ejemplos más complejos que dan a conocer todo el potencial de análisis de ese programa.

## **Enlaces de Interés**

Página Inicial de Tracker en Español:

<http://www.dgeo.udec.cl/~andres/Tracker>

Documento de ayuda en Español:

[http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/tracker\\_help\\_es.pdf](http://www.cabrillo.edu/~dbrown/tracker/tracker_help_es.pdf)

Videos narrados mostrando el análisis de datos usando Tracker:

Caida Libre

<http://www.youtube.com/watch?v=wDUsicQLL90>

Movimiento Parabólico

[http://www.youtube.com/user/ejemplosdetracker#p/a/u/2/E\\_93h-rkolk](http://www.youtube.com/user/ejemplosdetracker#p/a/u/2/E_93h-rkolk)

AutoTracker

<http://www.youtube.com/user/ejemplosdetracker#p/a/u/0/UXqcuuK7kP8>