

# Estudios de sistemas de cuerpos utilizando técnicas de procesamiento de imágenes

**Dadamia, D; Ferrini, A.; Aveleyra, E.**

Laboratorio de Entornos Virtuales de Aprendizaje (G.D.M.E.) – Facultad de Ingeniería – U.B.A.  
ddadamia@gmail.com; aferrini@uolsinectis.com; eaveley@fi.uba.ar

## Resumen

En el siguiente trabajo se expone una innovación tecnológica, con respecto a las prácticas tradicionales de laboratorio, en el estudio de la interacción entre cuerpos incorporando el análisis de todas las variables implícitas del sistema. Para ello se utiliza la superposición de serie temporales de imágenes consecutivas que luego son analizadas por diferentes técnicas de procesamiento de imágenes. Este programa fue desarrollado por el grupo LEVA (Laboratorio de Entornos Virtuales de Aprendizaje), perteneciente al Gabinete de Desarrollo de Metodologías de la Enseñanza (GDME), con el que se facilita el estudio del movimiento de sistemas de cuerpos interactuando entre sí.

En el marco de la investigación y desarrollo, se describe la propuesta didáctica de una actividad pautada de laboratorio donde se integra la modalidad presencial, la utilización de nuevas tecnologías y el entorno de una plataforma de e-learning. El trabajo que se plantea a los estudiantes es el análisis cualitativo del movimiento, el estudio cuantitativo a partir de mediciones obtenidas utilizando la filmación desde una cámara fotográfica y la comparación de predicciones teóricas con dichas mediciones. Para integrar la utilización de las nuevas tecnologías en el laboratorio con la modalidad b-learning se proponen actividades complementarias como la discusión en un foro. Se describe el contexto, el diseño de la experiencia, y se analizan resultados obtenidos con el desarrollo de la práctica en dos cursos de la asignatura Física I.

**Palabras claves:** enseñanza, física, laboratorio, TICs, procesamiento de imágenes

## Introducción

Distintas investigaciones sobre el aprendizaje de conocimientos científicos indican que es un proceso activo en el que los estudiantes construyen y reconstruyen su propio entendimiento a la luz de sus experiencias (Hodson, 1994).

Gracias a las herramientas informáticas hoy es posible trabajar con problemas abiertos, en los cuales los alumnos pueden estudiar con mayor profundidad los fenómenos naturales mediante la modificación de variables y parámetros. La introducción del medio informático, para la realización de experiencias reales en los laboratorios, posibilita modificar la situación de las actividades en donde predominan el diseño cerrado, el montaje experimental de acuerdo a una determinada rutina y los procedimientos tediosos de toma de datos. El impacto didáctico de la aplicación de esta tecnología está relacionado con: 1) la ampliación de una gama de experiencias realizables, como las que requieren medir intervalos de tiempo muy pequeños, 2) el incremento de la calidad de las medidas respecto a las experiencias tradicionales, por la rapidez de adquisición de datos significativos, 3) la facilidad en la toma de datos, 4) la cantidad de datos registrables, compatible con la memoria del sistema y, 5) la seguridad en la adquisición de datos, pues limita la influencia de elementos distorsionantes. El “registro de datos informáticos”, cuya adquisición va unida

a la representación gráfica de los mismos, implica mayor facilidad y rapidez en su interpretación, permitiendo la constitución de bibliotecas de registros experimentales (Ferrini A., Aveleyra E., 2007).

En cuanto a los medios audiovisuales no deben tratarse como sistemas individuales, autosuficientes y aislados del resto de las variables curriculares, esto implica considerar: a) la función del proceso comunicativo que justifique su introducción, b) el desarrollo de estrategias y técnicas que los integren, c) el contexto de aplicación, d) los efectos cognitivos de su utilización en los receptores, de modo de propiciar el desarrollo de habilidades específicas. La comunicación audiovisual entronca con la lectura de imagen, la alfabetización icónica y la enseñanza de los medios. La importancia de las imágenes en el acto didáctico debe centrarse más en su diseño que en su iconicidad de modo de facilitar la adquisición de datos y el desarrollo de objetivos específicos. Por ello, es necesario que los profesores no sean sólo consumidores de medios sino productores y diseñadores de ellos, considerando el contexto de la enseñanza y teniendo en cuenta las características y necesidades de los estudiantes. Seleccionando una tecnología de fácil manejo y favoreciendo el progresivo avance del usuario se tiende a un *lenguaje orientado hacia el sujeto* (Cabero J., 2001).

En cuanto a los esquemas cognitivos, como organización de su comportamiento frente a una determinada clase de situaciones, el sujeto provee, según G. Vergnaud: 1) Metas y anticipaciones; 2) Reglas de acción; 3) Invariantes operatorios: a) Teoremas en acción; b) Conceptos en acción; 4) Razonamientos o posibilidad de inferencia. Los invariantes operatorios dirigen el reconocimiento de los elementos de una situación, dentro de un esquema cognitivista centrado en la conceptualización de lo real, es decir estructurando el concepto desde su referente (la situación), su significado (teoremas y conceptos en acción) y su

significante (la simbología). De este modo el sujeto elabora su conocimiento ensayando proposiciones que considera verdaderas sobre lo real y teoremas en acción (invariantes operatorias a partir de su conducta) (Moreira, M.A., 2002).

El equipo tecnológico integrado a la actividad del aula puede así transformarla pues “*la cuestión no es cuán sofisticado y ultramoderno es nuestro equipo tecnológico sino hasta qué punto se ha integrado realmente a nuestra actividad de aula y en qué medida la ha transformado*” (Zabalza, 2003, p. 92).

## **Contexto de trabajo**

La experiencia se desarrolló en dos cursos de Física I de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires. Corresponden al turno vespertino y cursan aproximadamente 70 estudiantes en cada uno de ellos. En el laboratorio trabajan en grupos de alrededor 7 estudiantes. Estos cursos trabajan actualmente con el apoyo de una plataforma de aprendizaje (Moodle). A través de foros de consultas y el correo interno los estudiantes consultan a los docentes e interactúan entre sí, de ese modo la tarea de la redacción y presentación de informes de laboratorio se ve facilitada. La entrega de los informes así como su evaluación se realiza a través del Campus.

## **Desarrollo**

### **Antecedentes**

El diseño experimental tiene como base una práctica estándar de colisión entre dos deslizadores que pueden moverse libremente sobre una mesa de rozamiento despreciable. La trayectoria de los deslizadores queda registrada en un papel termosensible y a partir de estos registros los estudiantes analizan la conservación de la cantidad de movimiento y de la energía cinética del sistema. En un trabajo previo de Chiabrando et. al. (2008) se modifica esta experiencia con la incorporación

del análisis de fotogramas y se determinan las posiciones de los móviles antes y después de la colisión (usando un software de imágenes). Se utiliza el tiempo transcurrido entre fotogramas para determinar su velocidad, de manera de poder calcular la conservación o no de la cantidad de movimiento, de manera manual y no automática.

La innovación tecnológica que se propone en este trabajo no sólo sirve para reproducir la práctica tradicional de laboratorio sino para mejorarla, incorporando al análisis anterior todas las variables del sistema mediante un software de procesamiento de imágenes. Con este sistema se pretende dar un paso adelante en el estudio de estos tipos de movimientos, proporcionando una manera de calcular y automatizar todas las variables del mismo: tiempos y posiciones relativas tanto de los objetos estudiados como del centro de masa. Logrando, de esta manera, hacer un análisis completo de la situación experimental.

### Diseño didáctico

El diseño didáctico requiere del planteo de estrategias a tres niveles: diseño conceptual, el diseño experimental y, el diseño de las interacciones entre participantes y recursos para la realización de la experiencia (Aveleyra E., Ferrini A., 2005).

#### a) *Diseño conceptual*

El diseño conceptual se corresponde, en este caso, con el estudio de colisiones y la conservación de ciertas magnitudes físicas: la cantidad de movimiento y la energía cinética.

#### b) *Diseño experimental*

##### b-1) Equipo experimental

El equipo utilizado está formado por dos discos cilíndricos que pueden deslizarse sobre una placa de vidrio horizontal, como se muestra en la Fig.1. Los deslizadores tienen en su interior compresores que generan un colchón de aire que les permiten moverse sin

rozamiento. Por ello es posible suponer que los mismos se mueven a velocidad constante.



Figura 1- Dispositivo implementado

Montado por sobre la mesa de vidrio se fija, una cámara fotográfica digital, paralela a la mesa horizontal a una altura de un metro aproximadamente, con capacidad para filmar durante varios minutos dado que posee una memoria de 8Gb. Esta capacidad permite cierta autonomía (dado que las filmaciones de movimientos duran no más de 2s) de tal manera que todos los grupos de alumnos filmen sus experiencias sin necesidad de bajar la información de la cámara, cada vez que termina un grupo de usarla. La cámara utilizada fue una Canon modelo PowerShot A1000 IS, con una resolución de 10 Mb píxeles y zoom óptico de 4x.

##### b-2) Programa implementado (Anexo)

El programa que se presenta en este trabajo fue desarrollado en Matlab y está preparado para procesar imágenes provenientes de colisiones bidimensionales, dado que estima la posición (x,y) relativa a la imagen (pixel) de cada objeto a estudiar, calculando en forma automática la posición del centro de masa y la trayectoria de los mismos. Toda esta información junto con el cálculo del tiempo transcurrido entre posiciones, es exportada a

una planilla de cálculo o archivo ASCII, para que pueda ser analizada por los alumnos.

### c) *Diseño de las interacciones*

El diseño de las interacciones con los estudiantes tiene como base el desarrollo de ciertas competencias, relacionadas con el aprendizaje del modelo de sistemas de partículas, la adquisición y representación de datos utilizando tecnologías y programas apropiados, la habilidad para la utilización de cada medio tecnológico, la organización de situaciones concretas y la toma de decisiones en el laboratorio.

Los estudiantes, previamente al desarrollo de la práctica, disponen de una guía de trabajo con algunas pautas generales sobre conceptos teóricos y procedimientos a desarrollar. Luego de realizar las mediciones y en sucesivas etapas, asesorados por los docentes a través del Campus y también en forma presencial, se los orienta a fin de que relacionen sus mediciones con los conceptos teóricos sobre la mecánica de los sistemas de partículas.

## Experiencia

### a) *Adquisición de datos y procesamiento de imágenes.*

Cada grupo de alumnos filma su secuencia de choques a analizar (no más de cinco), en una propuesta didáctica donde se les solicita intercalar distintos tipo de choques, plásticos y elásticos.

Una vez que cada grupo genera su propio conjunto de filmaciones se procesa la información. Utilizando un software gratuito (Avidemux), de licencia GPL, se pasan las filmaciones a fotogramas guardándolas en formato jpg (jpg son las siglas de Joint Photographic Experts Group, formato de compresión de imágenes estándar, ampliamente utilizado). El Avidemux es una aplicación libre diseñada para la edición y procesamiento de video multipropósito. La idea de

utilizar este tipo de programas es que los estudiantes puedan procesar sus propias imágenes y elegir la secuencia de fotogramas adecuadas para el desarrollo del trabajo.

Seleccionado el conjunto de imágenes a analizar, cada grupo completa en el programa la secuencia de imágenes a procesar y lo corre. Por cada imagen, el programa le pide que marque la posición (x,y) de los objetos a estudiar, de tal manera de guardar esa información y procesarla.



Figura 2. Ejemplo de choque elástico

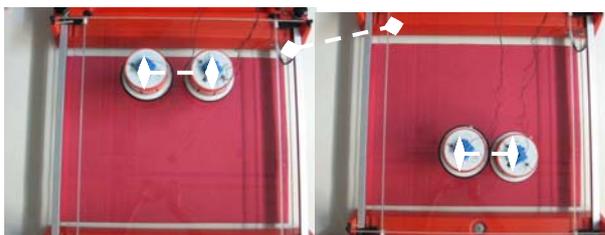


Figura 3. Ejemplo de choque plástico

Una vez procesadas todas las imágenes el programa devuelve las siguientes salidas:

- 1) Gráfico de la secuencia de imágenes analizadas, en donde se determina los puntos de los objetos estudiados y del centro de masa.



Figura 4. Salida gráfica del programa. Ejemplo de choque elástico.

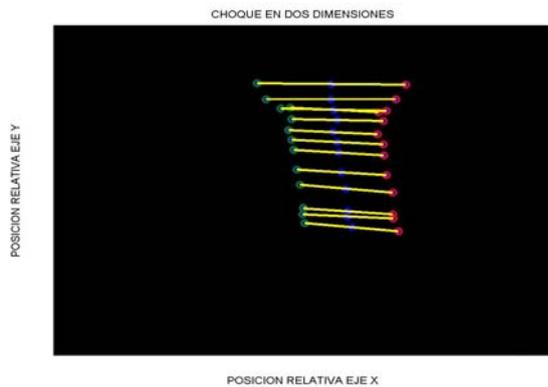


Figura 5. Salida gráfica del programa.  
Ejemplo de choque plástico

## 2) Tabla con los valores:

El programa saca una tabla de valores a una planilla Excel o en formato ASCII en forma automática, donde la primer columna es el tiempo relativo entre posiciones empezando de  $t=0s$ , la segunda y tercera columna es la posición (x,y) del objeto 1, la cuarta y quinta es la posición (x,y) del objeto 2, la sexta y séptima es la posición (x,y) del centro de masa.

Tiempo	Cuerpo 1		Cuerpo 2		Centro de Masa	
	Posicion X	Posicion Y	Posicion X	Posicion Y	Posicion X	Posicion Y
0	248	334	477	331	362,5	332,5
0,134	265	313	465	307	365	310
0,268	281	297	452	288	366,5	292,5
0,402	296	281	442	271	369	276
0,469	306	273	438	260	372	266,5
0,536	305	264	442	251	373,5	257,5
0,603	302	257	446	240	374	248,5
0,737	290	246	457	221	373,5	233,5
0,871	284	232	470	203	377	217,5
1,005	277	221	482	186	379,5	203,5
1,139	268	207	491	166	379,5	186,5

Tabla 1: datos extraídos en forma automática por el software.

Con esta tabla, el estudiante puede graficar en una planilla de cálculo curvas de posición en función del tiempo y tirar la línea de tendencia del centro de masa, para ver cómo es la posición del mismo en función del tiempo y comprobar que, independientemente del choque, el centro de masa se mueve con movimiento rectilíneo uniforme. También puede calcular la velocidad promedio de cada móvil antes y después del choque para analizar la conservación de la cantidad de movimiento y de la energía. En definitiva el método permite analizar todas las variables de este tipo de sistemas.

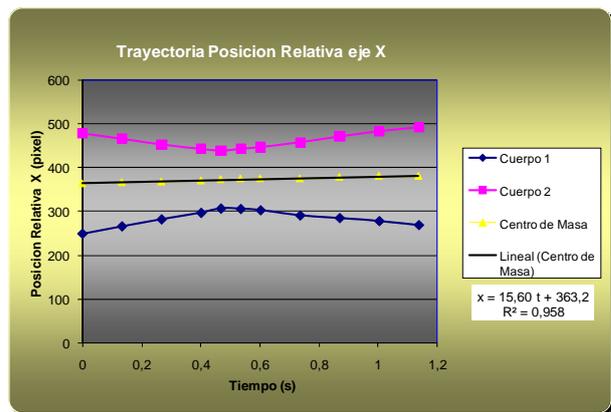


Figura 6. Gráfico para un choque elástico.

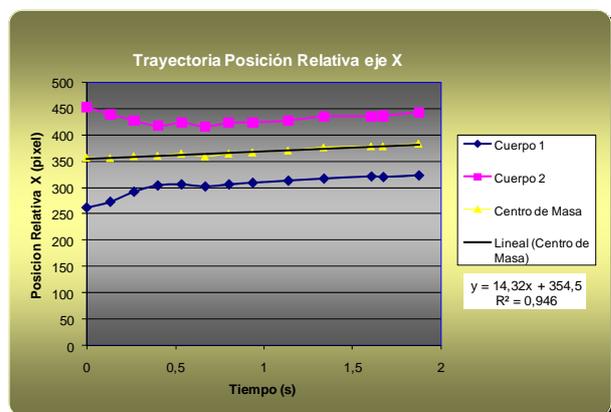


Figura 7. Gráfico para un choque plástico

## Conclusiones

Trabajar con este tipo de herramientas permite al estudiante de ingeniería familiarizarse con tecnologías de sensado remoto y procesamiento de imágenes, que son ampliamente utilizadas en todas las ramas de la ingeniería.

Si bien se presume a priori que el uso de las herramientas tecnológicas e informáticas no presente dificultades para una población innata tecnológica, lo que se observa es que el procedimiento de adquisición de datos se realiza con soltura pero no resulta tan evidente que todos los estudiantes logren comprender los alcances formales del software. Esta situación se modifica luego de la toma de datos, pues la mayoría de los estudiantes logra comprender el procedimiento informático. Se observa que esto genera mayor compromiso en el procesamiento de datos y una mayor

articulación de estas cuestiones al campo conceptual de la mecánica de los sistemas de partículas.

El estudiante no sólo aprende a utilizar una aplicación informática sino que también se lo incentiva para poder modificarla, tratando de estimular su capacidad creativa y que pueda adaptarla a otras experiencias. El trabajo con una herramienta de código abierto, como es este programa, permite al estudiante experimentar con estas nuevas tecnologías que les serán de utilidad en su desarrollo profesional.

Durante el proceso de elaboración de informes, se utilizan las herramientas de comunicación del Campus (up-load avanzada de archivos, foro, mail interno) y se integran a los foros de discusión instancias de consulta presencial. Se observa que el grupo va madurando el tema, hasta verificar las representaciones que llevan a relacionar cantidad de movimiento, velocidad del centro de masa y energía cinética en colisiones bidimensionales. Con esta aplicación, a partir de una experiencia tradicional, se enriquece el trabajo de los estudiantes a partir de una mayor autonomía en la gestión de los datos.

## Anexo

### Código Fuente

Los comentarios realizados al mismo se indican en color verde y no forman parte del código, en Matlab se permite comentar la línea utilizando el signo %.

```
%Tiempo de adquisición de la cámara
usada entre fotogramas. La cámara
usada toma un fotograma cada 0.067
segundos
t=0.067;
```

```
%Fotogramas seleccionados
D=[22 24 26 28 29 30 31 33 35 37 39]
```

```
%Tamaño del vector
c=size(D);
```

```
%Masa de los objetos a estudiar
m1=1;
m2=1;
```

```
%Proceso
for a=1:c(2)
```

```
%Lectura de la imagen original de
nombre, por ejemplo, 10022.jpg.
La siguiente es 10024.jpg, de acuerdo
con el vector D.
I=imread(['100',num2str(D(a)),'.jpg']);
```

```
%Apertura de la imagen a procesar
imshow(I);
```

```
%Cálculo del polígono
[A,Ax,Ay] = roipoly;
As(:, :, a)=A;
```

```
%Cálculo de la posición del
centro de masa
```

```
CMx(a)=(m1*Ax(1)+m2*Ax(2))/(m1+m2);
CMy(a)=(m1*Ay(1)+ m2*Ay(2))/(m1+m2);
```

```
%Armado del vector posición
rx(:,a)=Ax;
ry(:,a)=Ay;
```

```
%Limpieza de memoria
clear A Ax Ay ;
```

```
end
```

```
%Cálculo del tiempo entre imágenes a
analizar
for a=2:c(2)
t(a)=(D(a)-D(1))*t;
```

```
end
```

```
%Gráfico del movimiento
figure(1)
imshow(sum(As,3));
title('CHOQUE EN DOS DIMENSIONES')
xlabel('POSICION RELATIVA EJE X')
ylabel('POSICION RELATIVA EJE Y')
hold on
plot(CMx,CMy,'o',rx(1,:),ry(1,:),'o',rx(2
,:),ry(2,:),'o',rx,ry,'y','LineWidth',2,
'MarkerFaceColor','b','MarkerSize',7);
hold off
```

```
%Guardar la imagen
saveas(figure(1),'Procesamiento.jpg')
```

```
%Exportar los resultados a Excel
```

```

xlswrite('Procesamiento.xls',[t',rx(1,:)'\
, ry(1,:)'\, rx(2,:)'\,ry(2,:)'\, CMx',\
CMy'])

%Exportar los resultados a archivo
ASCII
t=t'
CMx=CMx'
CMy=CMy'
rx1=rx(1,:)'\
rx2=rx(2,:)'\
ry1=ry(1,:)'\
ry2=ry(2,:)'\

P=[t, rx1, ry1, rx2, ry2, CMx, CMy]
save ('Procesamiento.dat','P', '-ascii');

%Fin del programa

```

Investigações em Ensino de Ciências, 7(1), 2002.

<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/vergnaudespanhol.pdf>.

Zabalza, M. *Competencias docentes del profesorado universitario. Calidad y desarrollo profesional*, Narcea, Madrid, 2003.

## Referencias

Aveleyra E., Ferrini A. *Sensor-Interface-PC, su integración en una propuesta didáctica para el estudio de un modelo físico*. Congreso Internacional de Educación Superior y Nuevas Tecnologías, Paraná, 2005.

Cabero J., *Tecnología Educativa*, Paidós, Barcelona, 2001.

Chiabrando L., Garea M. T., Lipovetzky J., Minniti R. & Repetto V. *Innovación para el estudio de una colisión en dos dimensiones utilizando NTIC's*. 6º Congreso Americano de Enseñanza de la Ingeniería, Salta, 2008.

Ferrini A., Aveleyra E. *El desarrollo de prácticas de laboratorio de física básica mediadas por las NTIC's, para la adquisición y análisis de datos, en una experiencia universitaria con modalidad b-learning*. TE & ET Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, 1(1), 39-46, 2006.

Hodson, D. *Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio*. Enseñanza de las ciencias, 12(3), 299- 313, 1994.

Moreira M.A., *La teoría de los campos conceptuales de Vergnaud, la enseñanza de las ciencias y la investigación en el área*,