

**EL USO DE VIDEOS PARA LA EFICIENCIA EN EL APRENDIZAJE-EN-ACCIÓN DE
LA FÍSICA EN EL LABORATORIO¹**
(The use of videos for the efficiency on the physics learning-in-action in lab)

José Luis Chávez

Ma. Maite Andrés [maitea2006@gmail.com]

Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Instituto Pedagógico de Caracas, Dpto. de
Matemática y Física, Venezuela.

Resumen

El trabajo de laboratorio, TL, en la enseñanza de la Física, suele ser una actividad estructurada, con pocas posibilidades para tomar decisiones acerca del proceso indagatorio, y una implícita interrelación entre teoría y metodología. Los TL de Física del Instituto Pedagógico de Caracas orientados según un modelo de aprendizaje y con tareas abiertas mediadas por el docente, han logrado buenos resultados en el aprendizaje (teórico-experimental) de los estudiantes. Esta propuesta requiere más tiempo que la tradicional. Se propuso el uso de videos de los experimentos para reducir el tiempo de ejecución de la Fase II (Diseño Experimental) sin afectar el aprendizaje. En un ensayo con siete estudiantes en el Laboratorio I, se obtuvo una evolución favorable en el aprendizaje esperado, en los dominios teórico y metodológico. El tiempo de ejecución de la Fase II con videos fue menor que al realizar el montaje. Los estudiantes valoraron positivamente el uso del video.

Palabras-clave: enseñanza de la física; trabajo de laboratorio; TIC en laboratorio.

Abstract

Laboratory work, LW, in physics teaching, are usually presented as a structured activity, which lets little opportunity for making decisions about the inquiry process, leaving implicit the relationship between theory and methodology. The physics LW at Instituto Pedagógico de Caracas designed according to a learning model and with open tasks mediated by the teacher, has been successful in the learning (theoretical and experimental). This proposal requires more time than traditional labs. It proposes the use of videos of experiments, in order to reduce the execution time of the Experimental Design Phase without adversely affecting learning. In a trial with seven students in the Laboratory I, was obtained a positive trend in the expected learning in theoretical and methodological domains. Run time of Phase II was lower when working with videos, that when the experiment was assembled. Students appreciated the use of this technology in the laboratory.

Keywords: Physics teaching, labwork, ITC in lab.

Introducción

En relación con los trabajos en el laboratorio de física en el contexto educativo, a pesar de haber sido objeto de investigación educativa desde hace algún tiempo, diversos autores expresan que (García, Insausti y Merino, 1999; Andrés y Figueroa, 2001; Carrascosa, Gil y Valdés, 2005) aún se están realizando como recetas de cocina, forma tradicional de laboratorio rígida y centrada en seguir instrucciones.

¹ Trabalho apresentado no IV Encontro Ibero-americano de Pesquisa em Ensino de Ciências, Porto Alegre, 3 a 7 de dezembro de 2012. Selecionado para publicação na IENCI pelo Comitê Editorial da revista.

El trabajo de laboratorio tradicional no aporta una visión realista de la ciencia ni de cómo se construye el conocimiento científico, a su vez, no se indican las inquietudes a las que se pretende dar respuesta, lo que contribuye a una visión aproblemática de la ciencia. Tampoco se discute su posible interés y relevancia social (visión descontextualizada, socialmente neutra), ni se procede a la formulación tentativa de hipótesis susceptibles de ser sometidas a prueba mediante diseños concebidos al efecto, lo que contribuye a una visión rígida, algorítmica y cerrada de la ciencia, faltando incluso el análisis crítico de los resultados obtenidos y el planteamiento de nuevos problemas (Carrascosa, Gil y Valdés, 2005).

En tal sentido, en la cátedra de Física Experimental del Instituto Pedagógico de Caracas (IPC) de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), en la última década hemos dirigido los cursos de Laboratorio, fundamentalmente, al aprendizaje en el dominio metodológico y epistemológico. Esto ocurre en una interrelación con el dominio teórico, el cual se considera que ha sido aprendido en los cursos teóricos. Durante el TL, algunos elementos del dominio teórico aprendido es activado para el abordaje de la situación problema, lo cual contribuye con el desarrollo conceptual del mismo.

La implementación didáctica para el desarrollo de los TL está orientada desde la psicología del aprendizaje, concretamente desde la teoría de campos conceptuales TCC (Vergnaud). En el marco de un modelo de aprendizaje para los trabajos de laboratorio de física, MATLaF (Andrés, 2008; Andrés, Pesa y Meneses, 2006a) se considera que el aprendizaje ocurre con el estudiante en acción frente a situaciones problemáticas complejas. Considerando como punto de partida para el TL el planteamiento de una situación problema, su solución resulta ser un proceso complejo en el que convergen los dominios teórico y metodológico.

Del análisis epistemológico de la actividad experimental, establecemos que el proceso de un TL implica la realización de subprocesos interrelacionados que hemos identificado como fases. La representación de las fases en la V epistemológica de Gowin (Fig. 1) ha resultado conveniente porque: i) Permite ver de una manera no lineal el proceso de solución, ii) evidencia la existente interrelación entre las fases y entre los dominios, y iii) resulta ser una heurística metacognitiva valorada favorablemente por los estudiantes y útil para mediar el aprendizaje (Andrés, Pesa y Meneses, 2007).

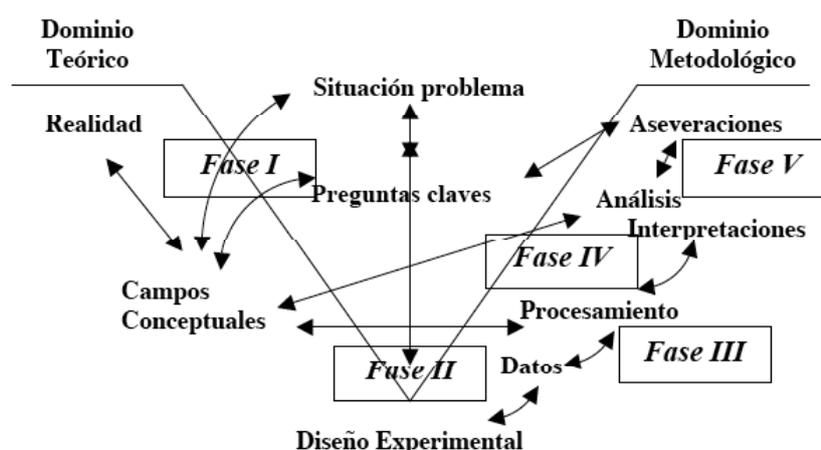


Figura 1 Dinámica del proceso de desarrollo en un trabajo de laboratorio a partir de una situación problema representada en la V de Gowin (Tomada de Andrés, Pesa y Moreira, 2006).

- En la Fase I, la situación problema se enmarca en un área de conocimientos teóricos desde la que es estudiada y analizada por los estudiantes, con el fin de derivar modelos, hacer

predicciones, plantear preguntas relevantes y realizar propuestas para la solución, la acción dependerá del tipo de trabajo de laboratorio.

- La Fase II implica para el estudiante planificar una actividad experimental que trata de resolver el problema físico planteado. Para ello debe establecer las variables que interesan estudiar, y las que intervienen en el estudio; seleccionar las técnicas de medida para cada variable y escoger qué procedimientos e instrumentos de medición son los adecuados para lograr un grado de precisión acorde al estudio.
- La Fase III, con las medidas realizadas es necesario que sean organizadas en tablas o cuadros, realizar transformaciones y análisis de errores asociados, lo cual se orienta según el problema y el modelo teórico establecido con anterioridad.
- Fase IV. La información que proporcionaron los datos procesados, es evaluada y analizada desde el modelo teórico planteado o construido, o contrastada con las predicciones, para ser interpretados y dar explicaciones o soluciones, dependiendo del tipo de problema experimental.
- Por último, en la fase V se da respuesta a las preguntas establecidas al inicio del trabajo experimental y se plantean conclusiones, tanto de conocimiento como valorativas acerca de los resultados y el proceso. Además, se proponen recomendaciones pudiendo surgir nuevas preguntas para ser tomadas en cuenta en próximos estudios. Esta fase también implica la comunicación y el debate con pares.

El rol del docente en esta propuesta es el de organizar el ambiente de aprendizaje para cada fase en atención a los objetivos didácticos establecidos, y promover la actividad cognitiva de los estudiantes tanto individual como socializada, mediante el debate, el dialogo socrático y actividades diseñadas para tal fin. Así mismo, modelar cuando fuere necesario los procesos de razonamiento y experimentales.

De esta forma, en la Fase I el docente mediante preguntas pertinentes orienta el análisis del modelo teórico seleccionado para la comprensión del fenómeno; en la Fase II se guía a los estudiantes hacia el diseño de secuencias experimentales que conlleven a una posible solución de la problemática planteada. De igual manera, en la fase de análisis e interpretación, el docente pudiera guiar el proceso de aplicación del modelo planteado para derivar información de los datos experimentales obtenidos por los estudiantes mediante la orientación de debates entre grupos y haciendo uso de la pregunta.

Esta metodología implementada en los laboratorios de la carrera de Profesor de Física en la UPEL – IPC, ha sido evaluada en los cursos de Física Experimental (Andrés, 2008) y Laboratorio de Física III (Andrés, Meneses y Pesa, 2006a). Cabe destacar, que la complejidad de los TL en atención a las demandas de nuevos aprendizajes por fases, está jerarquizada desde el primer curso hasta el último, y desde el primer TL hasta el último en cada curso. Hemos encontrado que la propuesta resulta efectiva tanto en la adquisición de conocimientos del dominio metodológico como del dominio teórico. Esta metodología requiere de varias semanas de clase por TL, lo que permite realizar 3 o 4 TL por semestre. Además demanda equipos e instrumentos de laboratorio para cada grupo, los cuales son de 2 o 3 estudiantes para lograr la participación comprometida de todos.

El análisis del proceso del TL según las fases, en cuanto a la dedicación de tiempo requerida, nos ha llevado a plantear que la Fase II, dirigida al diseño y ejecución del experimento, es una de las que demanda al estudiante mayor cantidad de tiempo dentro del ambiente del laboratorio, y más aún, en aquellos fenómenos físicos que ocurren lentos o muy rápidos, o en los montajes que resultan complejos para ser replicados.

En la actualidad se cuenta con herramientas de tecnología desarrolladas para el trabajo de laboratorio, como son los equipos de medición en tiempo real (Interfases Vernier, Cassy Lab...) y,

los videos y los software para medir sobre ellos (Coach 6.0, VideoPoint®, Tracker, Datapoint...), estos últimos probablemente permitan reducir el tiempo de montaje y ejecución del experimento. Estos recursos didácticos para el TL han sido empleados con buenos resultados por diversos grupos (Martínez, Espí, Jover y Prats, 2003; Calderon, Núñez, Gil, 2009; Laws, 1998).

En este trabajo de investigación introducimos el video del fenómeno a estudiar en el laboratorio en la Fase II, en reemplazo del montaje del experimento, lo cual suponemos no afectará notablemente el logro de los aprendizajes esperados, y permitirá disminuir el tiempo dedicado al TL. En este contexto se propusieron las siguientes interrogantes:

¿Contribuye el uso del video del fenómeno físico en la fase de Diseño Experimental (Fase II) en hacer más eficiente el Trabajo de Laboratorio?

¿Cómo resulta el aprendizaje en el Trabajo de Laboratorio al sustituir el montaje y ejecución del experimento por el uso del video del fenómeno, en la fase de Diseño Experimental (Fase II)?

En tal sentido la finalidad del estudio fue comparar la eficiencia y efectividad en el aprendizaje esperado con relación a la fase II del TL, entre el uso del video del fenómeno y la realización del montaje del experimento por parte de los estudiantes, para la situación problema del TL seleccionado. El estudio se desarrolló en el contexto del curso de Laboratorio I de la especialidad de física del IPC, para la solución de un problema experimental seleccionado para alcanzar unas metas de aprendizaje establecidas, que era el último TL del curso.

Metodología

El estudio es una investigación de campo, dónde se evaluó el diseño de una intervención didáctica dirigida a reducir el tiempo (eficiencia) empleado en el desarrollo de los trabajos de laboratorio sin afectar el aprendizaje (efectividad) de los estudiantes en acción. Participaron 7 estudiantes, 2 hombres y 5 mujeres, de pregrado del curso de Laboratorio I (Instituto Pedagógico de Caracas, IPC, especialidad de física), centrado en el área de mecánica clásica newtoniana el cual cursaban por primera vez.

Este curso se ubica en el quinto semestre de la carrera, y tiene previo cuatro cursos de Matemática Aplicada, dos cursos de física teórica de Mecánica Newtoniana y un curso de Física Experimental. Este último, introductorio y dirigido a adquirir conocimientos tanto del dominio metodológico (medidas directas, indirectas, propagación de errores sin cálculo, y graficación y análisis de relaciones lineales) como del dominio epistemológico sobre el proceso de indagación experimental.

En el curso Lab I del ensayo se habían realizado cuatro (4) trabajos de laboratorios (TL) previos al del estudio con el mismo enfoque didáctico, donde las situaciones problema se referían a tópicos de: 1. Cinemática en una dimensión, 2. Cinemática en dos dimensiones, 3. Dinámica y Coeficientes de Roce, y 4. Choques Unidimensionales.

Estos TL previos estaban dirigidos al aprendizaje de tópicos del dominio metodológico discriminados por Fase, y del dominio teórico según el tópico de física, en el contexto del proceso de solución de situaciones problema.

La situación² planteada para el TL del ensayo se refería al tópico de coeficiente de restitución de una pelota COR (Anexo análisis físico), como un trabajo experimental del tipo aplicación³. Los objetivos de aprendizaje establecidos, eran parte de la secuencia del curso, se describen en el cuadro 1:

Cuadro 1. Metas de aprendizaje por fase, establecidas para el Trabajo de Laboratorio del ensayo.

Fase del TL	Meta de Aprendizaje esperada
I	Utilizar el modelo de partículas, interacciones newtonianas para sistemas de pocas partículas, y choques unidimensionales para analizar la situación problema del TL.
	Formular preguntas experimentales y sus posibles respuestas con bases en el modelo teórico de choques unidimensionales.
	Identificar variables relevantes y sus relaciones
II	Diseñar experimentos que le permitan medir coeficiente de restitución de una pelota para así resolver la situación problema del TL.
	Conocer y realizar procedimientos de medición de posición, antes y después del choque unidimensional con el uso de sensores de medidas y un software de recolección de datos.
	Realizar medidas en tiempo real de posiciones antes y después del choque, Usar películas de fenómenos mecánicos y un software para la recolección de datos.
III	Organizar y procesar datos correspondientes a mediciones directas e indirectas.
	Estimar y calcular las incertezas experimentales de medidas directas e indirectas.
IV	Interpretar resultados experimentales con bases en el modelo teórico de choques unidimensionales y/o ajustes de éste.
V	Reportar por escrito u oral, el trabajo de laboratorio en atención al proceso representado en la V epistemológica y los criterios de evaluación establecidos al respecto.
	Análisis crítico sobre el proceso indagatorio realizado en el TL en atención a las fases desarrolladas.

En la fase II del TL se preparó un montaje experimental acorde con el modelo teórico establecido, donde las condiciones pudieran cumplirse (Sistema aislado; choque frontal; aceleración de gravedad constante) y donde se pudiera medir tanto la altura inicial desde donde se deja caer la pelota o la velocidad de ésta antes del choque, como la altura final alcanzada por la pelota en su movimiento ascendente después del choque con el suelo. Se dispuso de un soporte universal de 2 m de altura al cual se le fijó una pinza, ésta señalaría la altura desde donde se deja caer la pelota. La pelota debía dejarse caer verticalmente, para tener un choque frontal con el piso y rebotar en la misma dirección. También evitar la rotación en el viaje.

El experimento tuvo dos variantes asociadas con el proceso de medida:

A) medición en tiempo real (TR), se colocó por encima de la posición inicial de la pelota un sensor de movimiento *Motion Detector* 2⁴, los pulsos de ultrasonido emitidos por el detector son reflejados por el objeto; mediante el tiempo entre la señal que se emite y la que se recibe y la velocidad del sonido, el software calcula la posición del objeto; en este caso se usó el software LoggerPro. De las posiciones registradas por el sensor se identificaron la altura inicial del movimiento y la altura final del movimiento ascendente de la pelota después del primer choque de esta con el suelo. Con estas medidas se determinó el COR de las pelotas.

² *Situación Problema*: “Supóngase que Ud. es el entrenador de un equipo de softbol y en el torneo donde están participando, le dicen que cada equipo bateará la pelota que traiga, por lo que Ud. tendrá que escoger cuál es la mejor pelota que se vende en el mercado venezolano”.

³ El *experimento del tipo aplicación* implica el diseño y desarrollo de una solución a un problema a partir de conceptos y relaciones de la física que se aceptan como válidos para las condiciones dadas que se evalúa experimentalmente.

⁴ Sensor de movimiento de marca Vernier-Ibérica

B) Uso del video (AV) del experimento⁵ y medidas con el software VideoPoint®. En este caso los videos fueron preparados por los docentes y el experimento discutido con los estudiantes en el TL. Los videos preparados previamente, para el experimento diseñado en atención al modelo físico derivado del análisis se realizaron con una cámara grabadora analógica⁶ ubicada en un trípode, paralela al plano del movimiento de cada pelota y a cierta distancia; a una velocidad en 1000 cuadros/s. Se colocaron en el plano paralelo próximo al del movimiento, dos reglas ortogonales (alcance: 1 m, apreciación: 0.10 m) de referencia para la transformación de píxeles (unidad de medida de distancia en el software VideoPoint®) a metros.

Las filmaciones se digitalizaron con el software iMovie HD⁷ y una computadora portátil MacBook. Se evaluó cada toma para asegurarse que: el movimiento antes y después del choque era vertical, ocurría un choque frontal; la altura inicial y la altura alcanzada después de varios rebotes eran visibles; y los planos eran adecuados.

Las características técnicas de los videos finales son: 320 x 240 píxeles; 30 cuadros/s; y formato .mov requerido para el software VideoPoint®. De este trabajo se obtuvieron veintiocho (28) películas correspondientes a quince (15) pelotas de softbol.

Para efecto del ensayo se conformaron cuatro grupos de trabajo de dos estudiantes, excepto un estudiante que trabajó solo y fue auxiliado por el docente cuando lo requería. Dos grupos (TR – AV) trabajaron durante la ejecución del experimento en la Fase II primero con el montaje y medidas en tiempo real y luego con el video. Los otros dos grupos (AV – TR) trabajaron primero con videos y luego con el montaje del experimento y medidas en tiempo real. El desarrollo del trabajo se describe en el cuadro 2.

Cuadro 2. Desarrollo del ensayo, incluyendo el Trabajo de Laboratorio por fase.

Sesión	Duración (hs)	Actividad	Rol del Docente
1	2	Se aplicó la prueba inicial	
2	3	Fase I. Discusión socializada. Diseño de encuesta a jugadores de softbol	Mediar la discusión con preguntas e intervenciones.
3	2	Revisión sobre trabajo de Fase I. Fase II: Diseño del experimento	Mediar para guiar el diseño hacia los procesos de medida TR y AV. Organización de grupos
4	4 a 5	Ejecución Fase II	Observador del trabajo, guiando el uso adecuado de los instrumentos de medición. Medición del tiempo de duración de los grupos en la tarea.
5	3	Fase IV. Presentación y evaluación de datos por grupos en plenaria	Dirigir la exposición y mediar la evaluación de los datos con preguntas
6	2	Se aplicó la prueba final	
7	2	Entrevista grupal	Mediar la discusión hacia ventajas y desventajas de los dos diseños experimentales

La evaluación del aprendizaje de los estudiantes se hizo tomando como referencia las metas establecidas, se hizo mediante una prueba de papel y lápiz (tópico teórico asociado), y los informes de laboratorio. Se elaboraron dos (2) versiones de la prueba escrita, con el fin de indagar sobre el dominio teórico de los estudiantes acerca del tema de choques⁸, antes y después del ensayo. Las

⁵ El experimento era el mismo del TR, pero sin el sensor de movimiento en la parte superior

⁶ Panasonic modelo NV-VJ57PN

⁷ iMovie HD, 6.0.3 (267.2) Corporation Apple Computer, Inc 1999-2006, Licencia José Luis Chávez.

⁸ Los tópicos específicos fueron: Cantidad de Movimiento y su conservación, Energía Mecánica y su conservación,

preguntas fueron seleccionadas y traducidas del libro Peer Instruction (Mazur, 1997). La prueba inicial constaba de nueve (9) preguntas y la prueba final contenía seis (6) preguntas equivalentes. Ambas, fueron evaluadas por dos profesores de física, en atención a su contenido desde la disciplina y su enunciado.

Los informes de laboratorio fueron evaluados con el instrumento diseñado por Andrés (2009), el cual contiene un conjunto de rubros discriminados por fase, y criterios para evaluar cada uno. Se consideró el informe del TL previo al ensayo y el informe que corresponde al TL del ensayo.

Las elaboraciones de los estudiantes en las pruebas y los informes fueron evaluadas por dos docentes-investigadores de física de manera independiente, lo cual se discutió para llegar un consenso. Los resultados en el dominio teórico y en el dominio experimental finales fueron comparados con los iniciales para establecer el aprendizaje de cada estudiante. En la sesión 4 se registró el tiempo dedicado por cada grupo a la ejecución de la Fase II en cada variante.

Resultados

En relación con el tiempo empleado por los estudiantes en la ejecución de la Fase II los resultados (cuadro 3) muestran que el tiempo empleado al utilizar el video del experimento (celdas fondo blanco) es entre 80 y 120 minutos menos que al realizar el montaje (celdas fondo gris) en el primer proceso experimental, y entre 40 y 60 minutos para el segundo proceso experimental.

Cuadro 3. Tiempo empleado por los grupos de trabajo en cada proceso experimental propuesto para la ejecución de la Fase II con video (AV) y con montaje experimental (TR).

Tiempo de ejecución (min)	Primer experimento	Segundo experimento
Grupo de trabajo		
AV – TR1	100	140
AV – TR2	80	160
TR – AV1	180	105
TR – AV2	200	100

El aprendizaje evidenciado en el dominio teórico a través de los informes se reporta en el cuadro 4. Se observa que con excepción de una estudiante de un grupo AV-TR, los estudiantes tuvieron un avance en el dominio de los tópicos relacionados con la situación problema del TL. Sin embargo, en el informe final (Cuadro 5), se observa que en la exposición de los significados de los conceptos ninguno logró el máximo esperado (A); y en el grupo 3, una estudiante solo alcanzó el nivel máximo A en un rubro y la otra no mejoró, siendo este grupo el de peor desempeño.

Por otra parte, los resultados de las pruebas que evalúan el dominio teórico sobre el tema de choques mostraron que los estudiantes no cambiaron su desempeño, ratificando que el grupo tiene dificultades conceptuales en el tema, lo cual es de esperar ya que la situación de laboratorio abordaba sólo un aspecto del tema incluido en la prueba, en el cual hubo mejoras.

Cuadro 4. Comparación de resultados en la Fase I del Informe Previo y el Informe Final al trabajo de laboratorio correspondiente al ensayo de los estudiantes (N:7).

Estudiantes	Grupo 1 TR-AV1		Grupo 2 TR-AV2		Grupo 3 AV-TR1		Grupo 4 AV- TR2
	Yorman	Sandra	Paola	Cecilia	Pamela	Mónica	Ricardo
Rubros							
Conceptos claves relacionados	+	+	+	+	=Me	+	+
Implicación para el experimento del modelo	+	+	+	+	+	+	+
Propuesta de solución, hipótesis o predicción (modelo)	+	+	+	+	=Me	+	+
Preguntas experimentales u objetivos	+	+	-	=	=A	+	+

Nota: Los nombres de los estudiantes son seudónimos empleados para preservar la privacidad.

Leyenda: (+) Mejoró; (-) Desmejoró; (=) Se mantiene igual / Adecuado (A); Mejorable (Me); Deficiente (D); Mal (M).

Cuadro 5. Resultados de la evaluación final sobre el dominio teórico (Fase I) asociado con la situación – problema del Trabajo de Laboratorio en ensayo (N:7)

Estudiantes	Ricardo	Sandra	Paola	Pamela	Cecilia	Yorman	Mónica
Rubros							
Conceptos claves relacionados	Me	Me	Me	Me	Me	Me	Me
Implicación para el experimento del modelo	A	A	A	Me	A	A	Me
Propuesta de solución, hipótesis o predicción (modelo)	A	A	A	Me	A	A	Me
Preguntas experimentales u objetivos	A	A	D	A	D	A	A

Leyenda: Adecuado (A), Mejorable (Me), Deficiente (D), Mal (M).

En relación con el aprendizaje alcanzado en relación con el dominio metodológico al comparar los informes inicial y final, se encontró en cuanto a la fase II un progreso inconsistente en el grupo 3. El resto alcanzó la evaluación máxima esperada (Adecuado) (Cuadro 6).

Los resultados en las Fases III y V mostraron que los estudiantes mejoraron alcanzando la evaluación de *Adecuado* o mantuvieron su evaluación de *adecuada o mejorable*. En la Fase IV, el grupo 3 mostró un retroceso en el informe final respecto del informe inicial, mientras que el resto alcanzó la evaluación de *Adecuado*.

Cuadro 6. Comparación de resultados en la fase II entre informes inicial y final de los estudiantes (N:7)

Estudiantes	Grupo 1 TR-AV1		Grupo 2 TR-AV2		Grupo 3 AV-TR1		Grupo 4 AV- TR2
	Yorman	Sandra	Paola	Cecilia	Pamela	Mónica	Ricardo
Rubros							
Descripción del Fenómeno o Experimento a estudiar. Montaje o Diagrama	+	+	+	+	-	-	+
Variables a medir, variables a controlar según supuestos del modelo	+	+	+	+	=A	=A	+
Materiales e Instrumentos	+	=A	+	=Me	+	=A	=A
Proceso de medición de medidas directas	=Me	=Me	+	+	=D	-	+
Minimiza Incertezas experimentales	+	+	+	+	+	=A	+

Leyenda: (+) Mejoró; (-) Desmejoró; (=) Se mantiene igual.

Conclusiones e implicaciones futuras.

Los resultados que presentamos permiten emitir algunas conclusiones, sin ánimo de establecer generalizaciones las cuales son:

- Se observó que los estudiantes, en general, en cuanto a los conocimientos teóricos experimentaron una evolución favorable, mostraron una comprensión adecuada acerca de coeficiente de restitución, sistema aislado y marco de referencia, con lo cual se ratifica que el TL con sus dos versiones en la fase II, contribuye con el aprendizaje de los contenidos teóricos asociados con la situación problema.
- Con el uso del video se logró reducir el tiempo empleado en la Fase II del TL en un promedio de 90 minutos respecto del tiempo empleado en la realización del montaje y medir con sensores confirmando el planteamiento de otros autores (Heck y Uylings, 2010). El montaje del experimento diseñado para el TL del ensayo se puede considerar sencillo, por lo que es de esperar que para montajes experimentales más complejos en los que sea necesario realizar un mayor control de variables o cuyos procedimientos sean muy sensibles, sea necesario invertir mayor cantidad de tiempo, resultando el video todavía más eficiente.
- En relación con las diferencias entre grupos AV-TR y TR-AV, en cuanto a los logros de aprendizaje en el dominio metodológico, este ensayo no permite establecer comparaciones conclusivas. En general, tres de los cuatro grupos evidenciaron dominio de los aprendizajes esperados.
- El grupo 3 AV-TR evidenció problemas en las descripciones del experimento y del método de medidas, y problemas en el cálculo (derivadas) de la propagación de incertezas. Este resultado pudiera evidenciar poca comprensión del diseño y los procesos de medida experimental, y aunque realizaron el montaje experimental y obtuvieron resultados para la situación problema, es posible que lo hayan realizado por imitación, ya que este grupo observó a los grupos TR – AV en el desarrollo de esta etapa, mientras trabajaban con video. La dificultad en comunicar por escrito en el informe los procesos pueden ser causa del resultado.
- Si bien se evidenció que con el uso del video es posible optimizar el tiempo requerido para la realización del TL, no se puede garantizar comprensión del diseño experimental ya que desde el enfoque asumido para el desarrollo del trabajo de laboratorio se asume que el aprendizaje ocurre con el estudiante en acción frente a la tarea. En consecuencia, no es recomendable que todos los TL que se le planteen a los estudiantes se realicen con videos.
- Los videos resultan útiles en el estudio de fenómenos donde hay cuerpos que realizan movimientos rápidos como el rebote de pelotas, la propagación de una onda viajera sobre un medio, el movimiento de un yo – yo, o pelotas en eventos deportivos donde se dificulta la medición con instrumentos de medida tradicionales. También resultan convenientes, en montajes experimentales complejos donde se requieren ajustes muy precisos, tal como: choques en dos dimensiones, cuerpos que caen en un medio viscoso, movimiento bidimensional, movimientos reales, otros.
- La mayor dificultad que tienen los estudiantes es al establecer relación entre los modelos teóricos y el diseño experimental (Fase I), así como en el análisis e interpretación de resultados (Fase IV), donde se requiere interrelacionar éstos con los modelos teóricos. En tal sentido, es necesario analizar con profundidad esta problemática para diseñar estrategias didácticas dirigidas a superarlas. También es necesario dedicar tiempo y diseñar actividades que les permitan aprender a comunicar el trabajo de laboratorio tanto en forma escrita como oral.

Para finalizar, con este trabajo ratificamos el valor que tiene desarrollar los trabajos de laboratorio a partir de situaciones problema mediante actividades didácticas dirigidas para que los estudiantes logren aprendizajes en acción referidos a las diferentes tareas del proceso que hemos agrupado en Fases interrelacionadas. La búsqueda de estrategias que hagan más eficiente el

desarrollo de este proceso, resulta importante para poder incluir más experiencias de TL en los cursos, para lo cual los recursos actuales tecnológicos e informáticos son una buena opción.

Referencias

- Andrés Z. Ma. y Figueroa D. (2001). *El Trabajo de Laboratorio en la Enseñanza de la Física*. CELCIEC. Mérida – Venezuela.
- Andrés Z. Ma., Meneses J. y Pesa M. (2006). Desarrollo conceptual acerca de Ondas mecánicas en un laboratorio guiado por el modelo MATLaf. *Rev Electrónica Ens C*. 5 (2) 260 – 288.
- Andrés Z. Ma., Pesa M y Moreira M. (2006). El trabajo de laboratorio en cursos de física desde la teoría de campos conceptuales *Ciencia & Educación*. Vol. XXII N° 2 129 – 142. Brasil UNSR.
- Andrés Z. Ma. (2008). Desarrollo de competencias científicas en el lab: profesores de física en formación inicial. Comunicación oral en *XV Jornada Anual de Investigación*, UPEL-IPC, Caracas, 22-24 Octubre 2008.
- Andrés Z, Ma. M., Pesa, M. A. y Meneses, JV 2007 Efectividad Metacognitiva de la heurística V de Gowin en trabajos de laboratorio centrados en la resolución de situaciones problemáticas *Indivisa Boletín de Estudios e Investigación Monografía VIII*. V Encuentro Internacional sobre Aprendizaje Significativo Madrid: La Salle Centro Universitario ISSN: 1579-3141 p 203-215
- Andrés Z. Ma. (2009). Evaluación del aprendizaje en trabajo de laboratorio centrado en resolver situaciones problema. *Enseñanza de las Ciencias*, No. Extra. VIII Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias, Barcelona, 366-370
- Calderon, S., Núñez, P. y Gil, S. (2009). La cámara digital como instrumento de laboratorio: estudio del tiro oblicuo. *Latin American Journal of Physic. Educ*. Vol 3 (1). 87 – 92.
- Carrascosa, J., Gil, D. y Valdés, P. (2005). ¿Cómo hacer posible el aprendizaje significativo de conceptos y teorías? En Gil- Pérez, D., Macedo, B., Martínez Torregrosa, J., Sifredo, C., Valdés, P. y Vilches, A.(Eds.). *¿Cómo promover el interés por la cultura científica? Una propuesta didáctica fundamentada para la educación científica de jóvenes de 15 a 18 años*. Santiago: OREALC/UNESCO. (2005). pp 123-140.
- García, P.; Insausti, M.J. y Merino, M. (1999) Propuesta de un modelo de trabajos prácticos de Física en el nivel universitario. *Enseñanza de las Ciencias*. 17, 533-542.
- Gil, S (1997). Nuevas Tecnologías en la Enseñanza de la Física. *Educ. en Ciencias* 1 (2) 34 1 -10.
- Heck, A. y Uylings, P. (2010). In a Hurry to work with High – Speed Video at School?. *The Physics Teacher*, Vol. 48, 176 – 181.
- International Softball Federation (ISF). (2009). *Reglas Oficiales de Softbol*. [Documento en línea]. [Fecha de Consulta: Marzo 2010]. Disponible en: http://www.internationalsoftball.com/spanish/rules_standards/REGLAS_ISF_REVISADAS_POR_CLOVIS.pdf
- Laws, P. (1998). Using Digital Video Analysis in Introductory Mechanics Projects. *The Physics Teacher*, Vol. 36, 282 – 287
- Martínez, A., Espí M., Jover, E., Prats G. (2003). El Video Digital como recurso didáctico para el estudio cinemática del movimiento. *Actes VII Jornades de la Curie*. 53 – 65.
- Mazur, E. (1997). *Peer Instruction. A User's Manual*, Prentice Hall. [ISBN 0-13-565441-6](https://doi.org/10.1002/9781118139201)

Anexo

A. Análisis Físico de la situación problema del TL.

El modelo teórico para la situación problema requiere analizar los choques en una dimensión para determinar experimentalmente el grado de elasticidad del choque, (coeficiente de restitución, COR⁹). El resultado permite evaluar las pelotas de softbol disponibles.

La interacción mutua entre las partículas altera su movimiento (el de cada partícula), produciendo un intercambio de momento y energía. En general, se puede decir que ha ocurrido una colisión cuando las dos partículas están próximas una de la otra, produciendo *un cambio medible* en sus estados de movimiento en un intervalo de tiempo pequeño.

Si se considera que el sistema de las partículas está aislado, se puede tener en consideración que la cantidad de movimiento de dicho sistema, se conserva. Como el sistema esta formado por dos partículas, las cuales poseen momentos lineales y energías propias, se tiene que el momento lineal del sistema está formado por la combinación lineal de los momentos de las partículas individuales, lo cual se expresa en la siguiente ecuación,

$$\boxed{} \quad (1)$$

siendo **p** la cantidad de movimiento total del sistema.

Teniendo en cuenta que $\boxed{}$, y recordando que toda interacción implica un cambio en el estado del movimiento de los cuerpos, resulta conveniente estudiar el cambio del momento $\boxed{}$ con respecto al tiempo, se obtiene:

$$\boxed{} \quad (2)$$

Esto se debe esencialmente a que sólo fuerzas internas entran en acción durante el choque -conservación del momento lineal y la energía total del sistema.

El grado de elasticidad de un choque se puede medir a través de un *coeficiente de restitución* (COR), el cual se define como la razón entre la velocidad relativa de alejamiento después del choque y la velocidad relativa de acercamiento antes del choque, entre las partículas:

$$\boxed{} \quad (3)$$

Este coeficiente puede tener valores entre 0 y 1. Para COR=1 el choque entre las dos partículas se considera perfectamente elástico. Si el COR=0 el choque entre las partículas se considera perfectamente inelástico, donde se conserva la cantidad de momento lineal, y la energía cinética inicial del sistema se transforma totalmente en deformación, temperatura y/o sonido (Tipler y Mosca, 2003; pp 226).

Los valores de COR dependen del material que componen los cuerpos que colisionan, por ende, el COR entre una pelota y el piso de concreto no será igual al COR entre la misma pelota y un bate de aluminio o de madera. Para medir el COR de una pelota resulta conveniente provocar una interacción con un objeto cuyo cambio de velocidad sea despreciable o nulo, por ejemplo con el suelo del laboratorio.

En el caso en estudio se deja caer una pelota desde cierta altura H conocida con respecto al suelo, aproximándose a las siguientes condiciones: 1) La altura H desde donde se dejará caer la pelota con respecto al suelo, deberá ser mucho menor que el radio terrestre ya que la aceleración de gravedad depende de la separación entre las partículas en una interacción gravitacional; 2) Para velocidades pequeñas, la fuerza de roce sobre la pelota debido al aire resulta proporcional a la velocidad. Así, la altura desde donde se deja caer la pelota hacia el suelo deberá ser tal que no alcance velocidades grandes, para que la fuerza de roce sea despreciable en comparación con el peso de la pelota,

⁹ Se usará COR (Coefficient of Restitution) por ser las siglas que aparecen en las pelotas de softbol. Sin embargo, en la física, por lo general, se emplea el símbolo de *e*.

poder considerar que se cumple el principio de conservación de la energía mecánica; 3) Como se asume el modelo de partícula, se debe evitar la rotación durante el recorrido

Igualando la energía mecánica antes del choque, $E_{M1} = E_{M2}$, se tiene: $mgH = \frac{1}{2}mv_{01}^2$, y después del

choque, $E_{M4} = E_{M3}$, se tiene: $mg h = \frac{1}{2}mv_{f1}^2$ (conservación de la energía). Despejando la velocidad antes del choque, v_{01} , y la velocidad después del choque, v_{f1} , resulta:

$$v_{01} = \sqrt{2gH} \quad (4), \quad \text{y} \quad v_{f1} = \sqrt{2gh} \quad (5)$$

Considerando que la velocidad del suelo es nula antes y después de la colisión, se tiene que la expresión de COR se reduce a:

$$\boxed{\phantom{COR = \frac{v_{f1}}{v_{01}}}} \quad (6)$$

Conociendo que las dos velocidades tienen sentidos opuestos y sustituyendo las relaciones (4) y (5) en la ecuación (6) se obtiene el coeficiente de restitución en función de las alturas correspondientes:

$$\boxed{\phantom{COR = \frac{h}{H}}} \quad (7)$$

En consecuencia, en el laboratorio se puede obtener el valor del COR de acuerdo con el modelo físico: midiendo la altura desde la cual se deja caer la pelota antes del choque, H , y la altura que alcanza después del rebote, h , o bien, midiendo la velocidad de la pelota inicial, justo antes del choque, v_{01} , y la velocidad de la pelota justo después del choque, v_{f1} .

Los valores de COR para pelotas de softbol permitidos son: i) La International Softball Federation (ISF, Federación Internacional de Softbol) en sus Reglas Oficiales de Softbol, debe ser de 0.47 o menor (ISF, 2009). ii) La Amateur Softball Association (ASA, Asociación de Softbol Aficionado), pelotas con valores de COR entre: 0.47, 0.44 y 0.40.