

# Estudio comparativo de las potencialidades didácticas de las simulaciones virtuales y de los experimentos reales en la enseñanza de la Física General para estudiantes universitarios de ciencias técnicas



**D. Rodríguez-Llerena<sup>1</sup>, J. Llovera-González<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>*Departamento de Física, ISPJAE, calle 114 No.11901 entre 119 y 127, CP 10400 La Habana, Cuba.*

**E-mail:** deysi@electronica.cujae.edu.cu

(Recibido el 26 de Octubre de 2009; aceptado el 8 de Enero de 2010)

## Resumen

Una de las formas más activas de organización del aprendizaje con que ha contado históricamente la enseñanza de la Física General Universitaria (FGU) es la realización de experimentos de carácter docente en forma de prácticas de laboratorio por parte de los estudiantes; estos experimentos tienen una contribución muy importante y propia en la asimilación de conocimientos y en el desarrollo de habilidades que deben adquirir los estudiantes en el aprendizaje de esta disciplina, las que resultan particularmente imprescindibles para los estudiantes de ciencias técnicas. Desde la última década del siglo pasado la enseñanza de la Física General Universitaria ha podido contar con una gran cantidad de simulaciones por computadora de experimentos de Física los cuales son utilizados por los profesores en su actividad docente con mayor o menor frecuencia. Entre los profesores de Física Universitaria hay partidarios incluso de que dichas simulaciones virtuales de experimentos docentes (SVED) pueden sustituir la realización del experimento real logrando igualmente la formación de las habilidades que esta forma de enseñanza debe garantizar, sin embargo la revisión bibliográfica acerca del tema evidencia que son pocas las investigaciones pedagógicamente fundamentadas que se han realizado a fin de precisar el verdadero alcance y posibilidades didácticas de estas simulaciones en comparación con los experimentos reales. En este trabajo se presentan resultados de una investigación realizada durante dos cursos académicos con el objetivo de fundamentar psicodidácticamente en qué medida las simulaciones virtuales de experimentos docentes pueden contribuir objetivamente a aumentar la calidad en el aprendizaje de la Física General Universitaria en comparación con la realización de los experimentos docentes reales. Se fundamenta el papel de las simulaciones como apoyo al aprendizaje en las diferentes etapas de asimilación de los contenidos y se presentan y discuten resultados de un experimento didáctico del cual se han derivado novedosas conclusiones.

**Palabras clave:** Laboratorios docentes, laboratorio virtual, enseñanza de la Física.

## Abstract

One of the most active ways to organize the Physics learning in university is the realization of experiments of educational character in form of laboratory practice by students; these experiments have an own and very important contribution to assimilation of knowledge and in the development of abilities that the students should acquire in the learning of this discipline, those that are particularly indispensable for the students of technical sciences. From the last decade of pass century the teaching of Physics has been able to have a great quantity of simulated experiments for computer which are used by the professors in its educational activity frequently. Among the professors of University Physics there are even partisans that virtual simulations of educational experiments (VSEE) they can substitute the realization of the real experiment achieving the formation of the abilities that this teaching form should guarantee equally, however the bibliographical revision about the topic evidences that a few pedagogically based investigations have been carried out in order to specify the true reach and didactic possibilities of these simulations in comparison with the real experiments. In this paper a pedagogical experiment made during two academic courses with the objective of basing psychodidactic in what measure the virtual simulations of educational experiments can contribute objectively to increase the quality in the learning of the Physics General University student in comparison with the realization of the real educational experiments is presented. The role of the simulations like support to the learning in the different stages of assimilation of the contents is discussed and the results of this didactical experiment of which have been derived novel summations are obtained.

**Keywords:** Educational laboratories, virtual laboratory, Physics teaching.

**PACS:** 01.50.Lc

**ISSN 1870-9095**

## I. INTRODUCCIÓN

La Física es una ciencia experimental por excelencia, es decir, se apoya en la observación y en la experimentación para obtener el conocimiento de los fenómenos que estudia, esto hace que la forma de enseñanza idónea para el aprendizaje de la física sea el laboratorio docente.

El plan de estudio de la disciplina Física General para Ingeniería incluye explícitamente en su sistema de conocimientos y habilidades las siguientes habilidades que solo se pueden lograr con la realización de prácticas de laboratorios:

- Medir tiempo, longitud, masa, ángulo, presión y temperatura.
- Procesar estadísticamente datos experimentales de mediciones directas e indirectas.
- Construir gráficos en escalas lineales y no lineales e interpretar resultados.
- Montar instalaciones experimentales, para simular y comprobar leyes físicas.
- Desarrollar la capacidad de observación.
- Desarrollar la capacidad de modelación.
- Identificar fuentes de errores en las mediciones.

En la última década del siglo pasado se produjo un desarrollo acelerado de las tecnologías de la informática y las telecomunicaciones (TIC) que provocó la producción acelerada de programas que son utilizados en todos los campos de la vida del hombre. La enseñanza no fue ajena a este proceso y en particular la enseñanza de la Física pudo contar con una gran cantidad de simulaciones de experimentos de Física los que son utilizados por los profesores en su actividad docente con mayor o menor frecuencia [1].

En Cuba, en este mismo período se produjo un deterioro muy grande de los recursos materiales en los laboratorios docentes, lo que trajo como consecuencia la utilización de simulaciones de experimentos de Física, los que vamos a llamar a partir de ahora simulaciones virtuales de experimentos docentes (SVED), como prácticamente la única alternativa para realizar experimentos docentes, en no pocos casos los profesores consideraban que esto podía sustituir a los laboratorios reales o tradicionales, sin embargo, son relativamente pocas las investigaciones teóricas pedagógicamente fundamentadas que se han realizado a fin de precisar el verdadero alcance y posibilidades didácticas de estas simulaciones.

Para los autores una SVED es la simulación en la pantalla de una computadora de un experimento físico que permite al estudiante reproducir un fenómeno en un ambiente virtual, esto permite al estudiante asimilar los conceptos teóricos asociados al fenómeno estudiado y simular la realización de mediciones de magnitudes física a través de instrumentos virtuales para comprobar leyes físicas relacionadas con el experimento, estudiar comportamientos experimentales límites en condiciones ideales así como facilitar el procesamiento y representación gráfica de los resultados.

La mayoría de los autores consultados consideran que las SVED complementan a los laboratorios reales que

tradicionalmente se utilizaron en la enseñanza de la Física y no sustituyen a estos [2, 3, 4].

En los últimos años, la educación superior en Cuba ha realizado un esfuerzo grande para la dotación de los laboratorios docentes de Física en todas sus universidades, para lo cual se adquirió una gran cantidad de equipos que han permitido la recuperación de los laboratorios y que puedan cumplir la función que tienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física en las carreras de ingeniería que se imparten en todo el país. Por otro lado con la adquisición del nuevo equipamiento, los laboratorios se han dotado de novedosos sistemas de cómputo, los cuales apoyarán al proceso docente dentro del laboratorio [5].

Teniendo en cuenta que en estos momentos la universidad cubana se encuentra en una franca recuperación de los laboratorios docentes de Física y además, se cuenta con una gran cantidad de SVED que son utilizadas por los profesores como laboratorios virtuales, en ocasiones como única actividad y en otras como complemento al laboratorio real, nos encontramos frente a la necesidad de identificar los aspectos que deben ser analizados científicamente desde el punto de vista pedagógico con la finalidad de lograr aumentar la calidad en el aprendizaje de la Física complementando las dos formas de realizar los laboratorios que estamos analizando, esto definió la situación problemática que originó este trabajo investigativo y nos situó frente al siguiente problema científico: ¿Cómo puede lograrse aumentar la calidad en el aprendizaje de la Física en el laboratorio utilizando las simulaciones virtuales de experimentos docentes como complemento al laboratorio tradicional?

Este problema nos condujo a la necesidad de estudiar el proceso de enseñanza aprendizaje de la Física a través de la forma de enseñanza laboratorio docente como objeto de estudio de nuestra investigación y en particular estudiamos los procesos que conducen a la apropiación por parte de los estudiantes de los conocimientos y habilidades planteadas en los programas de estudio de la disciplina Física para las carreras de Ingeniería, a través de la forma de enseñanza laboratorio docente, lo cual definió el campo de acción de la investigación realizada.

Los métodos de investigación utilizados en este trabajo han sido fundamentalmente la revisión bibliográfica, la entrevista a especialistas, la encuesta, la observación y el experimento didáctico.

Como referente teórico para la investigación se preferencia la teoría de la formación por etapas de las acciones mentales (Galperin y Talizina), esta teoría tiene como base el Enfoque Histórico Cultural de Vigotsky.

El objetivo de este trabajo es presentar los resultados obtenidos en la aplicación de un experimento didáctico a estudiantes de Ingeniería Automática con la finalidad de comparar las potencialidades didácticas de las SVED y de los experimentos reales con vistas a lograr una mayor calidad en el aprendizaje.

## II. LA TEORÍA DE LA FORMACIÓN POR ETAPAS DE LAS ACCIONES MENTALES (TFEAM) Y SU RELACIÓN CON EL LABORATORIO DE FÍSICA

La teoría de la formación por etapas de las acciones mentales proporciona una explicación de como ocurre el proceso de asimilación del contenido objeto de aprendizaje por parte de los estudiantes, esta teoría tiene una base esencialmente psicológica y considera que este proceso se divide en 6 etapas que enunciaremos a continuación:

- **Etapas motivacional:** En esta el profesor debe lograr incentivar en el estudiante la necesidad de aprender el nuevo conocimiento, si esto no se logra el estudiante no aprende y esto es independiente de las acciones que realice el profesor.
- **Etapas de la elaboración de la base orientadora de la acción (BOA):** En esta etapa el profesor expone el nuevo contenido de forma tal que el estudiante realice acciones con o sin ayuda del profesor que le permitan comprender los nuevos contenidos.
- **Etapas material (o materializada):** En esta etapa el estudiante debe asimilar la acción de forma desplegada conscientemente y con toda la composición por operaciones y con el apoyo de recursos materiales para su asimilación.
- **Etapas del lenguaje externo:** El estudiante debe ser capaz de explicar a otros los conocimientos adquiridos a través del lenguaje hablado y escrito.
- **Etapas del lenguaje interno:** En esta las acciones que realiza el estudiante deben estar dirigidas a incorporar el nuevo contenido a su estructura cognitiva, utilizando el lenguaje para sí.
- **Etapas mental:** esta es la etapa final del proceso de aprendizaje en la cual el contenido pasa a formar parte de la estructura cognitiva del alumno de forma consciente y con dominio total y autónomo de este, es decir cuando el alumno se ha apropiado del contenido objeto de aprendizaje.

Según la teoría de la formación por etapas de las acciones mentales, al estudiante se le debe propiciar el tránsito por estas etapas para que se logre la asimilación de los conocimientos y las habilidades propias de la disciplina [6].

En la bibliografía revisada [1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10] no fue identificado trabajo alguno que refiera un estudio realizado de forma sistematizada y fundamentado pedagógicamente dedicado a esclarecer como los laboratorios reales o los "virtuales" (SVED) contribuyen al tránsito del estudiante por las etapas del proceso de asimilación planteadas en la teoría de la asimilación por etapas de las acciones mentales.

A juicio de los autores, una de las vías a investigar para identificar ventajas y desventajas de las SVED en relación a los experimentos reales consiste en estudiar cómo las primeras pueden contribuir a que los estudiantes transiten por las diferentes etapas de asimilación de manera consciente en comparación con el experimento real.

## III. ENCUESTAS A ESTUDIANTES Y PROFESORES ACERCA DE LA CONTRIBUCIÓN DEL LABORATORIO DE FÍSICA AL APRENDIZAJE Y DESARROLLO DE HABILIDADES EN ESTA DISCIPLINA

Como primera etapa de la investigación se diseñó una encuesta que se aplicó a estudiantes de las carreras de Ingeniería Automática e Ingeniería Industrial de la CUJAE, después de culminar el semestre de Física I (mecánica, física molecular y termodinámica) en el cual realizaban prácticas reales y SVED, y a profesores del departamento de Física de este mismo centro en calidad de especialistas.

Para la confección de la encuesta se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Las habilidades que deben adquirir los estudiantes con la realización de una práctica de laboratorio.
- Las etapas del proceso de asimilación y su relación con las habilidades que deben lograrse con las prácticas de laboratorio docente.

El objetivo fundamental de la encuesta fue conocer cómo perciben los estudiantes y profesores la contribución de estas formas de realizar los laboratorios al aprendizaje de la Física y cómo vincular las etapas de la TFEAM con las habilidades propias del laboratorio de Física.

A continuación se enumeran los aspectos que se tuvieron en cuenta en la encuesta:

1. Representarse mentalmente los fenómenos físicos estudiados.
2. Explicarse a si mismo/a los fenómenos físicos estudiados.
3. Orientarse en cómo proceder para realizar el experimento.
4. Utilizar correctamente los instrumentos de medición.
5. Identificar las unidades de medición de las magnitudes físicas objeto de medición.
6. Identificar las fuentes de errores en las mediciones.
7. Construir gráficas en diferente escala.
8. Procesar numéricamente los datos experimentales.
9. Sacar conclusiones sobre el experimento y presentarlas por escrito en un informe.
10. Exponer razonadamente a otros el experimento y sus conclusiones (incluyendo al profesor)
11. Motivarlo por aprender física.
12. Diseñar experimentos similares por si mismo/a.
13. Asimilar los conceptos teóricos asociados al experimento.

En el procesamiento de los resultados de la encuesta primeramente asociamos los aspectos que se estaban valorando en la misma con las diferentes etapas del proceso de asimilación.

La realización de una práctica de laboratorio constituye un mecanismo idóneo para la motivación del estudiante a aprender el nuevo contenido relacionado con el experimento que va a realizar, esto se logra de forma natural si tenemos en cuenta que los estudiantes que tenemos en las aulas no han realizado experimentos reales en la enseñanza anterior, esto contribuye a que los experimentos reales los motiven

más que las SVED. En el laboratorio la BOA debe estar bien formulada para que favorezca el trabajo independiente con todo el despliegue de las acciones que son necesarias para realizar el acto de experimentación. Teniendo en cuenta que esta actividad se lleva a cabo en parejas el tránsito por las etapas 4 se favorece, además, la confección del informe final de la actividad y la defensa del trabajo frente al profesor contribuye de forma natural al tránsito por las etapas 5 y 6 del proceso de asimilación.

Para la evaluación de los resultados de la encuesta se tuvieron en cuenta las respuestas de 4 y 5 puntos por parte de los estudiantes y profesores (Ver anexo 1), a las etapas que le corresponde más de una pregunta se procesó la suma de las respuestas de todas las preguntas reportándose un solo valor.

En la tabla I se muestra como quedaron identificadas las etapas del proceso de asimilación con las habilidades que se median en la encuesta y la frecuencia de las respuestas de estudiantes y profesores:

**TABLA I.** Relación entre las etapas del proceso de asimilación con las habilidades que se median en la encuesta según respuestas de estudiantes y profesores.

Etapa de asimilación	Preguntas asociadas	Estudiantes		Profesores		Estu- dian- tes	Profeso- res
		Rea- -les (R)	Virtu- ales (V)	Rea- -les (R)	Virtu- ales (V)	Diferencia (R-V)	
Primera	11	34	28	16	9	6	7
Segunda	3	29	24	11	9	5	2
Tercera	4	87	58	41	16	29	25
	5						
	6						
Cuarta	7	54	63	27	21	-9	6
	9						
Quinta	1	34	26	24	18	8	6
	2						
	12						
Sexta	13	11	7	9	9	4	0

Análisis de los resultados obtenidos en la encuesta.

1. Las encuestas revelan que en las etapas 1, 2, 3, 5 y 6 de formación de las acciones los estudiantes identifican que el laboratorio real contribuye más efectivamente en su aprendizaje que el laboratorio virtual. En particular esto es más evidente en la etapa material o materializada como era de esperarse.
2. En la cuarta etapa que incluye la elaboración de gráficos los alumnos aprecian más útil las simulaciones, lo que puede estar relacionado con la posibilidad de usar procesadores matemáticos, este aspecto debe ser objeto de profundización.
3. La tendencia de los profesores es a valorar como más apropiado el laboratorio real en todas las etapas excepto en la sexta que los valorar por igual.

#### IV. DISEÑO DEL EXPERIMENTO DIDÁCTICO Y RESULTADOS OBTENIDOS EN SU APLICACIÓN

Dándole continuidad a la investigación se diseñó un experimento didáctico que se aplicó a estudiantes de primer año de la carrera de ingeniería Automática cuando recibieron la Física I.

Para realizar el experimento se seleccionaron tres grupos de estudiantes que realizaron los laboratorios de la siguiente manera:

- El primer grupo realizó SVED solamente.
- El segundo grupo realizó prácticas reales solamente.
- El tercer grupo realizó laboratorios reales y SVED simultáneamente.

En el caso del grupo experimental tres podían realizar las SVED en dos variantes:

- Como preparación previa al laboratorio real.
- Como consolidación al laboratorio real.

En ambos casos se le orientó al estudiante la tarea que tenía que cumplir con el experimento virtual, basándonos en las habilidades y los conocimientos que deben lograrse en cada caso. En el anexo 2 se muestran las orientaciones que se dan a los estudiantes para realizar el experimento virtual de una de las prácticas seleccionadas en el experimento didáctico.

Para aplicar el experimento se seleccionaron cuatro prácticas de laboratorio reales de las cuales existían SVED muy similares a los experimentos reales.

Las prácticas seleccionadas fueron:

- Estudio del movimiento de un proyectil.
- Estudio del movimiento de rotación de un cuerpo rígido.
- Conservación de la cantidad de movimiento lineal en los choques elásticos e inelásticos.
- Péndulo balístico.

A los grupos dos y tres se les exigió que se estudiaran el experimento previo a la práctica por el instructivo didáctico del experimento [11]. El primer grupo conoció previamente el experimento, pero no se le exigió que lo revisara, en el momento de realizar el experimento el alumno estudiaba la teoría y después pasaba a la simulación del experimento.

A los tres grupos se les pidió que entregaran al profesor 15 días después de realizar el experimento un informe de su trabajo para ser defendido ante el profesor, los estudiantes del primer grupo tenían la posibilidad de revisar antes de presentar el informe el experimento completo incluyendo la simulación, los estudiantes de los grupos dos y tres tenían el instructivo didáctico como guía para confeccionar el informe pero no pueden realizar nuevamente el acto de experimentación.

Los estudiantes del grupo realizaron la simulación virtual sin la presencia del profesor y tenían la posibilidad de hacerlo tantas veces como lo creyeran necesario.

Los grupos seleccionados fueron similares en cuanto a:

- La procedencia de estudios anteriores, el 95 % de los estudiantes provenían de preuniversitarios lo cual garantizaba una preparación similar en conocimientos y habilidades prácticas en Física, el 5 % restante proviene de enseñanza politécnica y su preparación es menor.

- La motivación para realizar experimentos reales debido a que en la enseñanza anterior la experiencia en este sentido era muy pobre o nula en muchos casos.
- Todos los estudiantes que se sometieron al experimento recibieron un curso propedéutico de Física al comenzar el primer año de su carrera.

Al finalizar el experimento se aplicó a los tres grupos de estudiantes la encuesta mencionada anteriormente, solo fue agregada una pregunta que planteaba lo siguiente:

**De una de las prácticas realizadas por usted exprese el fenómeno físico que comprobó experimentalmente y mencione 5 fuentes de errores.**

En la tabla II se muestran los resultados obtenidos en la respuesta a la pregunta anterior:

**TABLA II.** Comparación de los resultados obtenidos de la encuesta acerca de la identificación de fenómenos físicos estudiados y fuentes de errores.

Grupo	Cantidad de alumnos encuestados	Respuesta correcta de Principio Físico	Respuestas correctas de fuentes de errores	% Principio Físico	% Fuentes de errores
1	13	5	4	38	31
2	15	10	6	66	40
3	15	11	10	73	67

Análisis de los resultados de la segunda encuesta:

1. Los resultados de esta encuesta muestran que los laboratorios reales contribuyen más a que los alumnos identifiquen los principios físicos estudiados en cada experimento realizado.
2. Utilizar las simulaciones virtuales como complemento a los laboratorios reales contribuye a que los estudiantes modelen el sistema real e identifiquen las fuentes de errores en las mediciones.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en esta encuesta se procedió a aplicar el experimento con los mismos grupos de estudiantes cuando recibieron la Física II.

Las prácticas seleccionadas en esta ocasión fueron:

- Estudio del campo electrostático.
- Bobinas de Helmholtz.
- Inducción electromagnética.
- Difracción de la luz por una abertura.
- Fuerza de Lorentz.

En esta ocasión se aplicó una encuesta (ver anexo 3) a los estudiantes en la semana 7 del semestre cuando solo habían realizado 3 prácticas de las 5 que estaban planificadas y la encuesta estaba dirigida a conocer si los estudiantes recordaban las prácticas y las leyes físicas que comprobaron en cada caso, además, la encuesta contaba con 7 preguntas que correspondían a las 7 prácticas que aparecían en la secuencia de los estudiantes, solo se les pedía que respondieran 3 preguntas, las que correspondían a las prácticas que habían hecho hasta el momento.

Los resultados de la encuesta se muestran en la tabla III:

*A refresher on curvature for application to centripetal acceleration*

**TABLA III.** Comparación de los resultados obtenidos de la encuesta dirigida a conocer si los estudiantes recordaban las prácticas y las leyes físicas estudiadas en el laboratorio de Física II.

	Cantidad de encuestados	Aprobados en preguntas	% aprobados en preguntas	% Aprobados en PF
Grupo 1	19	9	47	37
Grupo 2	16	9	56	81
Grupo 3	17	13	74	100

Para procesar los resultados de la encuesta se evaluaron las respuestas de los estudiantes a las preguntas y al principio físico (PF) como: Bien (3 Puntos), Regular (2 puntos) y Mal (1 punto), se ha considerado que el estudiante está aprobado si tiene 6 puntos o más, en la tabla se muestra la cantidad de alumnos encuestados, los aprobados en las respuestas a las preguntas, el % de aprobados en las respuesta a las preguntas y el % de aprobados en las respuestas al principio físico.

Análisis de los resultados obtenidos:

1. Los resultados de la encuesta muestran que los estudiante que hicieron solamente SVED recuerdan menos el PF estudiado en la práctica y responden con mayor frecuencia mal las preguntas de contenido relacionadas con el experimento.
2. Los estudiantes que realizaron experimentos reales solamente, superan en los dos aspectos evaluados en la encuesta a los que realizaron solamente SVED.
3. Los resultados que se observan en la tabla muestran que los estudiantes que realizaron las prácticas de laboratorio reales y las complementan con las virtuales son capaces de responder con mayor frecuencia preguntas de contenido relacionadas con las prácticas realizadas y recuerdan con mayor frecuencia el principio físico estudiado en el experimento.

## V. CONCLUSIONES

1. Es posible identificar acciones propias del modo de actuación del alumno en el laboratorio de Física con las diferentes etapas del proceso de asimilación de las acciones contempladas en la teoría de la asimilación por etapas de las acciones mentales.
2. Los resultados obtenidos en la aplicación del experimento didáctico reflejan que el uso de SVED como complemento a los experimentos reales logra mayor aprovechamiento y mejora la calidad de esta actividad docente en el aprendizaje de la Física.
3. Se impone la confección de una evaluación generalizadora para las dos etapas de la investigación que permita evaluar si la realización de los experimentos virtuales como complemento a los reales aumenta la calidad en el aprendizaje de la Física a través de la forma de enseñanza laboratorio docente

## REFERENCIAS

- [1] Monge-Nájera, J. Rivas, M., *La evolución de los laboratorios virtuales durante una experiencia de seis años con estudiantes a distancia*, Centro para el Mejoramiento de los Procesos Académicos (CEMPA), UNED (2003). Versión electrónica.
- [2] Rosado, L., Herreros, J. R., *Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física*, [www.formatex.org/micte2005/286.pdf](http://www.formatex.org/micte2005/286.pdf), enero de 2009.
- [3] Lucero, I., Meza, S., Sampallo, G., Aguirre, M. S., Concari, S., *Trabajos de Laboratorio de Física en ambiente real y virtual*, Comunicación científica y Tecnológica, Universidad Nacional del Nordeste, Argentina (2000).
- [4] Palacios, J., Repilado, F., *Una alternativa metodológica para la realización de los laboratorios virtuales de física general en las carreras de ingeniería*, Memorias electrónicas del taller TICEC '05, Las Villas, Cuba, (2005).
- [5] Moreno, A. y Llovera, J., *Perspectivas del desarrollo de habilidades en el Laboratorio de Física*, Memorias electrónicas del EFING, La Habana, Cuba, diciembre de 2006 (en CD).
- [6] Talizina, N. F., *Psicología de la Enseñanza*, Ed. MIR, Moscú, 1988.
- [7] González, M., Arranz, R., *Un laboratorio virtual para Física general: algunas reflexiones*. [www.ub.edu/javaoptics/reunion/paginas/contribuciones.html](http://www.ub.edu/javaoptics/reunion/paginas/contribuciones.html) enero de 2008
- [8] Alejandro, C., Aceituno, J., El laboratorio de Física desde su PC, Revista Iberoamericana de Educación, ISSN: 1681-565 n.º 48/6 – 10 de marzo de 2009
- [9] Sánchez, R., Videaux, F., *Ambiente de Aprendizaje en una Web de Física para la Realización de Laboratorios Virtuales*, Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa Vol. 5 No. 1 2006.
- [10] González, T., Herrera, K. C., Orozco, M., *Un sitio web para Laboratorios Virtuales de Física*, Memorias de la VIII CIAEF, San José de Costa Rica, Julio de 2006.
- [11] Ortega, J., *Folletos de prácticas de laboratorios*, Impresión ligera, Departamento de Física, ISPJAE, Cuba, 2008.

## ANEXO 1

### ENCUESTA A ESTUDIANTES SOBRE LA REALIZACIÓN DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE FÍSICA.

Apreciado estudiante:

Con la aplicación de esta encuesta pretendemos que nos des tu valoración de cómo contribuye la realización de experimentos reales y experimentos virtuales en el aprendizaje de la física, según tu apreciación personal.

Confiamos en que tus respuestas serán objetivas y confiables para que nos sean útiles en la investigación que realizamos para mejorar nuestra incidencia en tu formación como ingeniero. La valoración de cómo contribuye cada forma de realizar los laboratorios en cada aspecto evaluado debes hacerla teniendo en cuenta que 5 representa que contribuye mucho y va

disminuyendo hasta 2 que significa que no contribuye nada. Gracias por tu colaboración.

## ANEXO 2

### PRÁCTICA: PÉNDULO BALÍSTICO (Simulación virtual, previa al experimento real).

Se introducen en el applet las siguientes cantidades correspondientes a magnitudes reales:

$$M_b = 7,70 \text{ g}$$

$$M_c = 78,4 \text{ g}$$

Se introducen los valores de velocidad inicial de la bala variando desde 8 m/s hasta 20 m/s, de 0.5 m/s en 0.5 m/s. Para cada  $V_0$  obtener un valor de ángulo de desviación.

#### Experimento real.

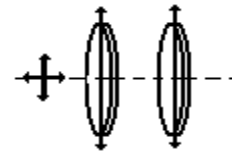
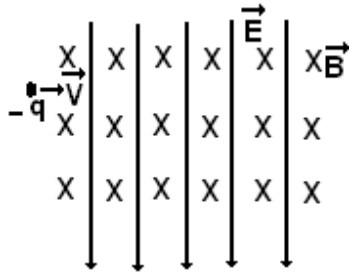
- Se realiza el experimento real y se determina el ángulo de desviación del sistema para 2 pasos de compresión del muelle, y comparando con los valores de ángulo obtenidos en el experimento virtual se obtiene el valor de la velocidad de salida de la bala en cada caso.
- Mida la distancia que se comprime el resorte en cada caso.
- Aplicando el método energético se determina el valor de la constante elástica del resorte.
- Aplicando la conservación de la cantidad de movimiento en el choque obtener la velocidad final del sistema.
- Obtener las pérdidas de energía cinética en el choque.
- Hacer análisis de las fuentes de errores en el experimento real, considere al experimento virtual como sistema modelo.

## ANEXO 3

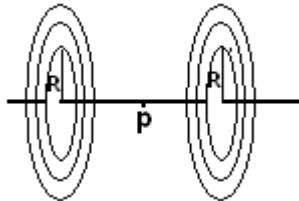
Mencione las prácticas de laboratorio realizadas hasta el momento por usted y diga de cada una de ellas el principio físico o ley física que se utilizó.

De las preguntas que se le formulan a continuación responda las tres que se relacionan con las prácticas realizadas hasta el momento.

1. Dibuje la distribución de líneas de fuerzas y superficies equipotenciales de un dipolo eléctrico y explique brevemente como determinar el valor de la carga del dipolo.
2. Si un electrón atraviesa un región del espacio donde existe un campo eléctrico y un campo magnético mutuamente perpendiculares como se muestra en la figura, ¿Qué valor debe tener la velocidad del electrón para que atravesase la región sin desviarse?



3. Dibuje el gráfico de distribución de intensidades que se obtiene en la difracción de una abertura.
4. Describa uno de los experimentos que realizó Michael Faraday para estudiar la inducción electromagnética y los resultados que de este se obtienen.
5. En la figura se muestran dos bobinas por las que circulan corrientes iguales y en sentido contrario, ¿Cuál es el valor de la inducción magnética en el punto P (punto medio entre las dos bobinas)?



6. Describa las características del patrón de difracción que se obtiene cuando incide luz proveniente de una lámpara de sodio sobre una red de difracción.
7. Si sobre un sistema formado por dos láminas polarizadoras incide luz natural monocromática, dibuje el gráfico aproximado de la variación de la intensidad de la luz a la salida de la segunda lámina en función del ángulo.

Esta forma de hacer el laboratorio me enseñó a:	Lab. real				Lab. Virtual			
	5	4	3	2	5	4	3	2
1 Representarme mentalmente los fenómenos físicos estudiados.								
2 Explicarme a mí mismo/a los fenómenos físicos observados.								
3 Orientarme en como proceder para realizar el experimento.								
4 Utilizar correctamente los instrumentos de medición.								
5 Identificar las unidades de medición de las magnitudes físicas.								
6 Identificar las fuentes de errores en las mediciones.								
7 Construir gráficas en diferentes escalas.								
8 Procesar numéricamente los datos experimentales.								
9 Sacar conclusiones sobre el experimento y presentarlas por escrito en un informe.								
10 Exponer razonadamente a otros el experimento y mis conclusiones (incluyendo al profesor).								
11 Motivarme por aprender física.								
12 Diseñar experimentos similares por mi mismo/a.								
13 Asimilar los conceptos teóricos asociados al experimento.								