

## Sistema de prácticas de laboratorio para la asignatura física III de ingeniería mecánica; evaluación de su impacto en la calidad y formación del profesional

A. Hernández F., A. Hernández G., S. Tsering

Departamento de Física-Química, Universidad de Cienfuegos, Cuba; [archdez@ucf.edu.cu](mailto:archdez@ucf.edu.cu)

Recibido el 1/02/09. Aprobado en versión final el 13/06/2010.

**Sumario.** Se exponen las tareas tanto técnicas como didácticas que se llevaron a cabo para posibilitar la incorporación del nuevo equipamiento recibido para el laboratorio de Física al sistema de prácticas de laboratorio de la disciplina. Como resultado del mismo quedó implementado un sistema de prácticas de laboratorio para la asignatura Física III con sus correspondientes guías las cuales tienen relación directa con los contenidos de 4 de los 6 temas de la asignatura. De igual manera se realizó una evaluación del impacto en la calidad de las prácticas de laboratorio durante su realización por los estudiantes. Se pudo determinar cuánto se ganó en precisión en la determinación de las magnitudes previstas en las prácticas, el aumento en la confiabilidad y el grado de repetibilidad.

**Abstract.** Didactic and experimental tasks done to allow the incorporation of new received Physics laboratory equipment to laboratory works system of discipline are shown. As result of these tasks, a laboratory work system for the subject Physic III with its corresponding guides for the students was set up. These laboratory works are close related with 4 of the 6 themes of the subject. In the same way, an evaluation of the impact in quality of laboratory works during its performance by the students was done. It was possible to determine how much won in precision in the determination of physics magnitudes during the laboratory works, the increasing of trusting and the degree of repeatability.

**Palabras clave.** Physics education, 01.40.-d., Laboratory course design, organization and evaluation 01.50.Qb, Laboratory experiments and apparatus 10.50.Pa, Physics Laboratory manual 01.30.L-

### 1 Introducción

Las prácticas de laboratorio ocupan un lugar cada vez más importante en el proceso de enseñanza de las asignaturas, motivado en primer lugar por el carácter activo que le confieren al proceso de aprendizaje y porque contribuyen a objetivizar el conocimiento, a hacerlo más consolidado y duradero. En segundo lugar, son, de las formas de enseñanza, las que más acercan al estudiante de forma natural al trabajo científico-investigativo; de esta manera, contribuyen al desarrollo de las habilidades para el trabajo científico y a que, cada vez más, predomine

la lógica del mismo en su actividad profesional. Por último, la realización de las prácticas de laboratorio desarrolla las habilidades experimentales exclusivas de esta forma de enseñanza, las cuales no pueden lograrse por ninguna de las restantes.<sup>1,2</sup>

La contribución de la Física en la formación del ingeniero no se agota con la formación del cuadro físico del universo que presupone la comprensión de diversos fenómenos que se dan en la naturaleza o la fundamentación de la tecnología del mundo contemporáneo sino que debe incidir al mismo tiempo en el desarrollo de las habilidades profesionales que tipifican los modos de ac-

tuación del ingeniero. Esto se ha venido manifestando como tendencia desde hace dos décadas en la formación de los ingenieros.<sup>3-6</sup>

Consciente de lo anterior y con el propósito de elevar la calidad de la docencia universitaria, el Ministerio de Educación Superior destinó un monto de un millón de dólares para la compra de equipos de laboratorio para la disciplina de Física de las carreras de Ciencias Técnicas y Ciencias Exactas. Este monto se ejecutó a través de un crédito por dicho valor otorgado por la República Popular China y varias firmas de dicho país ofertaron los productos que poseían para estos fines. Desde el segundo semestre del curso 2006-2007 empezaron a recibirse los equipos en las universidades. Durante el segundo semestre del curso 2007-2008 y de manera simultánea con la docencia de las asignaturas que se impartieron, se llevó a cabo el trabajo que tenía como propósito incorporar los nuevos equipos adquiridos en las asignaturas de la disciplina de Física y cuyos resultados se exponen en el presente trabajo.

Antes del arribo de los equipos la asignatura de mejor cobertura del contenido por las prácticas de laboratorio era la Física I en que se alcanzaba un por ciento elevado. Un análisis preliminar del equipamiento recibido nos indicó que la presencia de equipos llevaría el grado de cobertura de los aspectos del sistema de conocimientos para los temas de la asignatura Física I al 100% y elevaría las condiciones con que se hacen en la actualidad. Es por ello que nos dedicamos entonces a la Física III, que era la otra asignatura que se venía desarrollando en el segundo semestre y en la cual la situación no era tan favorable. En este caso el trabajo fue completo hasta el desarrollo de las prácticas por los estudiantes y la evaluación del impacto en la calidad.

## 2 Materiales y métodos

Durante la realización del trabajo se llevaron a cabo las siguientes tareas de tipos didácticas y técnico-experimentales:

- 1) Selección de aquellos equipos dedicados a temas de la Física III.
- 2) Estudio de la documentación técnica (en todos los casos en idioma inglés) que brindaban los fabricantes y que acompañaba al equipo.
- 3) Montaje del equipo y verificación del modo de funcionamiento del mismo de acuerdo a la documentación técnica.
- 4) Realización de corridas experimentales para la comprobación de la exactitud con que se determinan las magnitudes previstas a determinar con el equipo.
- 5) Elaboración de las guías de las prácticas de laboratorio adaptadas a las condiciones de los nuevos equipos.
- 6) Implementación de los sistemas de prácticas con los estudiantes.
- 7) Evaluación del impacto en la calidad de las prácticas (y por ende en la formación del estudiante).

A continuación algunos comentarios sobre cada una

de las anteriores tareas.

1) **Selección de aquellos equipos dedicados a temas de Física III.** Teniendo en cuenta los programas de las asignaturas se realizó un análisis de la cobertura que se podía lograr con el ingreso del nuevo equipamiento en los aspectos del sistema de conocimientos por temas de la asignatura y en el sistema de habilidades.<sup>7,8</sup> Vimos que excepto en algunos temas, la cobertura era ahora muy favorable. En las tabla 1 se muestran los por cientos que se pueden alcanzar y los ya alcanzados en este momento con los montajes efectuados.

**Tabla I**

Cobertura de los aspectos del sistema de conocimientos por temas de la asignatura Física III.

Temas	%
1	50/100
2	100
3	0
4	0/20
5	90
6	10/30

**Tabla II**

Cobertura de las habilidades de la asignatura Física III

Habilidades	%
1	0/60
2	100
3	100
4	100
5	0
6	15/60
7	100
8	100

En Física III solamente el tema 3, Propiedades ondulatorias de las partículas. Principios de Mecánica Cuántica (que tiene carácter muy teórico, el equipamiento necesario para ello es muy específico y no se adquirió) y el tema 4 Átomos multielectrónicos, quedaban con pobre vínculo. El tema 1 Propiedades corpusculares de la luz no alcanza el 100% por no disponer de equipamiento relacionado con el estudio de la radiación térmica y precisa de elaborar algún montaje. El tema 6 Física del Núcleo puede ampliarse algo la cobertura pero queda limitada a los fenómenos de la interacción de la radiación con las sustancias.

En lo relativo al sistema de habilidades, como se observa de la tabla II, hay mejor cobertura y se ampliará con los montajes planteados que incrementan la cobertura del sistema de contenido.

Partiendo del listado de los equipos recibidos y del programa de la asignatura se seleccionaron 7 equipos, de los cuales 4 correspondían a instalaciones experimentales de propósito específico y 3 a equipos de propósito general. Los equipos en cuestión fueron:

- Instrumento experimental de Franck y Hertz.
- Instrumento de medición del ciclo de histéresis y la

curva de magnetización de un material magnético.

- Instrumento experimental para el estudio del efecto Hall.

- Instrumento experimental para la determinación de la constante de Planck a partir del efecto fotoeléctrico.

- Espectrómetro (o goniómetro).

- Baño térmico con regulación de temperatura.

- Medidor digital multipropósito de formato grande.

**2) Estudio de la documentación técnica (en todos los casos en idioma inglés) que brindaban los fabricantes y que acompañaba al equipo.** Ante todo el idioma inglés usado por los especialistas chinos es bastante complicado porque se emplean términos y expresiones no adecuadas lo que en ocasiones hacía difícil la comprensión del material y exigía la lectura reiterada de un mismo párrafo hasta lograr captarle el sentido. Se garantizó que en ningún caso se montaba el equipo ni se energizaba si antes no se tenía plena comprensión de sus características. Esto resulta vital para evitar roturas y daños a los equipos que son costosos.

**3) Montaje del equipo y verificación del modo de funcionamiento del mismo de acuerdo a la documentación técnica.**

En este caso se procedió a desembalar con cuidado los equipos, montarlos de acuerdo a los requerimientos de la documentación, conectarlos y verificar su modo de funcionamiento.

**4) Realización de corridas experimentales para la comprobación de la exactitud con que se determinan las magnitudes previstas a determinar con el equipo.** Se efectuaron para cada uno de ellos un grupo de corridas experimentales durante las cuales se obtuvieron juegos de datos de las magnitudes necesarias para su procesamiento estadístico conforme al fundamento teórico del experimento. Los resultados obtenidos al procesar los datos experimentales nos permitían calcular los errores cometidos y comprobar si estaban en los límites que establecía el fabricante para la magnitud objeto de estudio. En todos los casos los resultados fueron satisfactorios.

**5) Elaboración de las guías de las prácticas de laboratorio adaptadas a las condiciones de los nuevos equipos.** Se elaboraron las guías de 6 prácticas de laboratorio las cuales tenían la siguiente estructura:

- Título de la práctica. - Objetivos. - Fundamentación teórica. - Descripción de la instalación experimental. - Técnica operatoria. - Elaboración de los resultados. - Anexos con fotos de los equipos.

Se procuró que no fueran muy extensas y se colocaron en versión digital en los Materiales de las asignaturas en la plataforma Microcampus.

**6) Implementación del sistema de prácticas para Física III con los estudiantes.** Se estableció un ciclo de 6 prácticas de acuerdo al fondo de tiempo para esta forma de docencia que aparecían en el Plan Calendario de la Asignatura. Se organizaron los subgrupos para el laboratorio con los equipos conformados previa-

mente y a cada uno se le programó las sesiones en que iba a trabajar en el laboratorio y en qué orden iba a realizar las prácticas del ciclo. Se le entregó la guía de la primera práctica antes de empezar. Esta se recogía durante la práctica y se le entregaba la de la siguiente. Dos estudiantes que tuvieron buen aprovechamiento en la asignatura realizaron todas las prácticas antes que el resto del grupo y luego ayudaron al profesor cuando la realizó el grupo. En este caso precisaban las características de las instalaciones experimentales, la técnica operatoria y los cuidados a tener en cada caso.

**7) Evaluación del impacto en la calidad de las prácticas en Física III (y por ende en la formación del estudiante).**

El primer elemento que se tuvo en cuenta durante la evaluación del impacto se obtuvo a partir de un análisis pormenorizado de las características del nuevo equipamiento y de cuáles ventajas que traía consigo su empleo respecto al equipamiento anterior. A continuación aparecen las consideraciones equipo por equipo.

**Espectrómetro (goniómetro).** Con el uso del nuevo goniómetro se ganó en la precisión al determinar los ángulos bajos los cuales se observaban las líneas espectrales. En el goniómetro anterior la precisión era de una décima de grado (6 minutos) mientras que en este es de 1 minuto. Esto reduce el error en la determinación de la longitud de onda de las líneas espectrales seleccionadas ( $\Delta\lambda/\lambda$ ) y con ello, a su vez, en la determinación de la constante de Rydberg ( $\Delta R/R$ ). La red de difracción nueva es más transparente y de menor período  $d$  que la que anteriormente se usaba y esto permite ver las líneas espectrales con mejor nitidez y bajo un ángulo mayor con lo que también se reduce el error relativo en la determinación de la longitud de onda.

**Instrumento experimental para la determinación de la constante de Planck a partir del efecto fotoeléctrico.** El equipo de efecto fotoeléctrico posee un amplificador con sensibilidad de pico Ampere lo cual hace que la determinación del voltaje de corte a partir del hecho de que la corriente por la fotocelda sea cero, es más exacta. Por otra parte, el valor de dicho voltaje se registra mediante un voltímetro digital con una exactitud de una milésima de volt (0,001 V). Estos dos hechos hacen que, con respecto al montaje anterior, el error en la determinación de la constante de Planck se haya reducido.

**Baño térmico con regulación de temperatura.** El uso del baño térmico con control de temperatura permitió efectuar el calentamiento de la muestra a velocidades bajas, de cerca de un grado por minuto en las etapas más rápidas. Se podía apreciar el cambio de valor cada una décima de grado lo cual permitía al estudiante prepararse de antemano para registrar la medición cuando arribara a un valor exacto.

**Medidor digital multipropósito de formato grande.** El multímetro de gran formato permitía visualizar con comodidad los valores de la resistencia eléctrica del termistor y poseía una precisión en la escala empleada (hasta 200  $\Omega$ ) con 0,1  $\Omega$ . El mismo detectaba de forma pal-

pable las variaciones que experimentaba la resistencia eléctrica al variar la temperatura incluso en una décima de grado.

**Instrumento experimental para el estudio del efecto Hall.** El equipo de efecto Hall posibilita el estudio de las principales características del mismo y en particular obtener las dependencias del voltaje Hall con la intensidad del campo magnético a corriente constante y con la corriente a campo magnético constante. Dado el fondo de tiempo disponible para las prácticas y tomando en cuenta que este efecto se empleaba en el equipo para la medición del ciclo de histéresis y la curva de magnetización se decidió no incorporar esta como una práctica independiente, que puede ser vinculada de forma tal vez más directa en el tema de interacción del campo magnético con partículas cargadas en movimiento de la asignatura Física II.

**Instrumento experimental de Franck y Hertz.** El instrumento experimental de Franck y Hertz presenta una versión para reproducir un experimento clásico directamente tratado en clases teóricas. El equipo de que disponíamos anteriormente (de la firma Leybold) constaba de 5 elementos en el montaje, separados y que como reproducía el experimento original de Franck y Hertz usaba vapores de mercurio en la válvula o tubo. Esto traía consigo una dificultad adicional de calentar el tubo para lograr la obtención de vapores de mercurio en su interior a partir de mercurio líquido. Este equipo resulta mucho

más compacto y de mayor grado de simplicidad para su operación por los estudiantes. El actual montaje emplea gas argón dentro del tubo lo cual ilustra de manera similar la presencia de niveles discretos de energía para los electrones en los átomos y permite determinar los valores del primer potencial de excitación de los átomos de argón. Los valores de la corriente de placa se brindan con una precisión de 1 nA y el potencial acelerador principal de los electrones con 0,1 V.

**Instrumento de medición del ciclo de histéresis y la curva de magnetización de un material magnético.** El instrumento de medición del ciclo de histéresis y la curva de magnetización de un material magnético está concebido para mostrar la dependencia directa de la inducción magnética B en el interior de un material con la intensidad del campo magnético H. El mismo hace uso de un teslámetro digital a base de un sensor de efecto Hall para medir B en una ranura practicada en el núcleo ferromagnético. Aquí se presenta la oportunidad de ilustrar el uso de las condiciones de frontera para el vector inducción magnética B. También permite mostrar la variación de B a lo largo de la sección del núcleo ferromagnético. La precisión en la determinación de B era de 0,1 mT y la corriente para generar la excitación magnética H se podía establecer con una precisión de 0,1 mA. Este equipo brinda la posibilidad de investigar características magnéticas de materiales. Para ello basta confeccionar un núcleo con la geometría adecuada.

Tabla III						
Resultados obtenidos por los equipos de estudiantes en las prácticas de Física III						
Parámetros considerados en las práctica	Equipos de estudiantes					
	1	2	3	4	5	6
Error relativo en la constante de Planck (%)	0.59	0.62	0.39	0.36	0.57	0.57
Coefficiente correlación lineal $R^2$ fotoefecto	0.9954	0.9979	0.9992	0.9996	0.9958	0.9968
Error relativo en la constante de Rydberg (%)	1.39	0.53	0.62	0.470	0.546	0.470
Coefficiente correlación lineal $R^2$ semiconductor	0.9914	0.9992	0.9990	0.9990	0.9990	0.9990
Error relativo en la distancia interplanar (%)	1.34	1.44	1.23	1.66	1.05	1.44
Coefficiente correlación lineal $R^2$ efecto Hall	0.9999	0.9998	0.9997	--	--	--
Error relativo en primer potencial de excitación del Ar						

Tabla IV																		
Resultados de la encuesta aplicada a los estudiantes																		
Calificación	Práctica No.																	
	1			2			3			4			5			6		
	5	4	3	5	4	3	5	4	3	5	4	3	5	4	3	5	4	3
Pregunta 1	6	5	0	7	4	0	6	5	0	9	2	0	7	4	0	5	5	1
Pregunta 2	7	4	0	8	3	0	8	3	0	8	3	0	8	3	0	6	5	0
Pregunta 3	8	3	0	4	7	0	8	3	0	6	5	0	6	5	0	6	5	0
Pregunta 4	4	7	0	6	5	0	6	5	0	6	5	0	5	6	0	6	5	0
Pregunta 5	7	4	0	7	4	0	9	2	0	8	3	0	6	5	0	7	3	1
Pregunta 6	5	5	0	6	4	0	5	5	0	6	4	0	6	4	0	5	5	0

### 3 Resultados y discusión

Todas las características antes mencionadas hacen que la calidad de las prácticas de laboratorio de Física III se haya elevado ostensiblemente. Destacamos los siguientes elementos que lo determinan:

1) **Aumento en la precisión al determinar las diferentes magnitudes.** Como ya anotamos, en todos los casos se eleva la precisión con que se determinan las magnitudes necesarias para obtener los resultados previstos en las prácticas. A manera de ilustración presentamos en la tabla III los resultados obtenidos por varios



grupos de estudiantes de Física III, en los cuales los errores relativos de las magnitudes a determinar experimentalmente resultan bajos comparados con los valores teóricos reportados en la literatura. De igual manera, en los casos en que las magnitudes tenían dependencias lineales los valores de los coeficientes de correlación siempre eran muy cercanos a 1.

**2) Aumento del grado de reproducibilidad y de la confiabilidad.** La realización de las prácticas de laboratorio por los primeros grupos de estudiantes puso de relieve el grado de reproducibilidad de los resultados, lo cual hace que los mismos resulten muy confiables y aseguran, que con un trabajo cuidadoso por los estudiantes, les permitirá obtener los resultados previstos. Una manera de evidenciar lo anterior fue la comparación de los resultados obtenidos por varios grupos de estudiantes con los resultados en las corridas experimentales durante la puesta a punto de los equipos, en los informes confeccionados por los estudiantes de alto aprovechamiento y en los brindados por los fabricantes en los manuales de los equipos. A manera de ilustración sirve la figura 1.

### 3) Opiniones de los estudiantes.

Al concluir el ciclo de prácticas se evaluó, con la aplicación de una encuesta anónima, el grado de satisfacción de los estudiantes con las mismas, cómo vieron el cumplimiento de los objetivos previstos para cada una, el grado de vinculación con el contenido de la asignatura, el aporte a la comprensión, consolidación e integración de los conocimientos, las habilidades experimentales adquiridas y la evaluación integral que le otorgarían tomando en cuenta todos los aspectos. En el anexo I aparece el modelo empleado. La calificación de cada aspecto se expresó en una escala de 1 a 5. Los resultados se muestran en la tabla IV.

Como se observa ningún aspecto recibió calificación inferior a 3 puntos y solo en dos oportunidades se otorgó esta calificación. La mayoría evalúa con valores de 4 y 5. Un análisis riguroso de estas opiniones apunta a que las prácticas 1 y 5 el orden de calificación se invierte siendo mayoritaria la de 4 por encima de la de 5. Esto se corresponde con el hecho de que en las mismas existe menos manipulación por parte de los estudiantes y nos indica que hubo objetividad en sus respuestas.<sup>9</sup>

## 4 Conclusiones

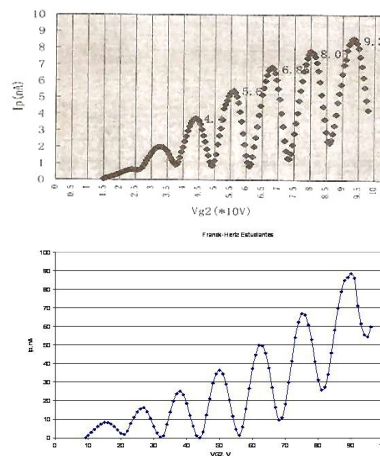
1. La incorporación de los nuevos equipos eleva ostensiblemente el grado de cobertura en los aspectos del sistema de conocimientos para los temas de las asignaturas de la disciplina, al igual que la calidad de las prácticas de laboratorio, lo cual se manifiesta en el aumento de la precisión con que se determinan las magnitudes a medir, el grado de reproducibilidad de los resultados y el resto de los aspectos que fueron evaluados por parte de los estudiantes.

2. Se diseñó, implementó y aplicó un sistema de nuevas prácticas de laboratorio para la asignatura Física III dotadas de sus correspondientes guías para la prepa-

ración de los estudiantes.

3. Las tareas realizadas para la incorporación del nuevo equipamiento a las prácticas de laboratorio de la asignatura Física III son las adecuadas para que el trabajo tenga integralidad.

4. El trabajo hasta ahora realizado tiene muchas posibilidades de generalización de forma inmediata en todas las universidades por cuanto el equipamiento está tipificado. Ya se han iniciado gestiones en este sentido.



**Figura 1.** Gráfica brindada por el fabricante (arr.) y obtenida por los estudiantes (ab.)

## Anexo 1

### ENCUESTA SOBRE LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO DE FÍSICA III

Estimados estudiantes:

Con el propósito de continuar mejorando la calidad de las prácticas de laboratorio les estamos solicitando nos respondan con la mayor objetividad posible las seis preguntas y reflejen las respuestas en la tabla. Usen como criterio de calificación la escala de 1 a 5.

- 1) ¿Cómo evalúa usted el cumplimiento de los objetivos previstos en cada práctica?
- 2) ¿Cómo evalúa usted el vínculo de las prácticas con los contenidos de la asignatura?
- 3) ¿Cómo evalúa usted el aporte que pueden haber hecho las prácticas a la comprensión, consolidación e integración de los conocimientos?
- 4) ¿Cómo evalúa usted la contribución al desarrollo de las habilidades experimentales?
- 5) ¿Cómo evalúa usted la calidad del equipamiento a partir de su precisión, repetibilidad, presentación, etc.?
- 6) ¿Cómo evalúa usted de forma integral (teniendo en cuenta todos los factores) las prácticas realizadas en este semestre?

## Referencias

1. Hernández Ferreira Arcelio, Jiménez Chappotin Giraldo, Arévalo Velosa Zósimo: "Las prácticas laboratorio por proyecto y su impacto en el desarrollo de las habilidades en los estudiantes". Anuario Científico Universidad de Cienfuegos. Sección de Ciencias Técnicas (2002).
2. Hernández Ferreira Arcelio: "Los niveles de asimilación del contenido: una pauta para la organización de las prácticas de laboratorio." Revista ACTAS PEDAGOGICAS. Universi-

dad de Ibagué, Colombia. Año 5. No 5. Junio (2001).

3. L. del Risco, A. Hernández. Propuesta metodológica para interrelacionar las habilidades de la disciplina Física con las profesionales del Ingeniero Mecánico. Anuario Científico Universidad de Cienfuegos. Sección de Ciencias Técnicas (2002).

4. C. Alvarez. Nuevas tendencias en la enseñanza de la ingeniería. Revista Cubana de la Educación Superior (La Habana) (3), (1994).

5. Informe Technion sobre la enseñanza de la ingeniería. Revista Cubana de la Educación Superior (La Habana) 10 (1), (1990).

6. C. Alvarez. Tendencias en la enseñanza de la Física para ingenieros en Cuba. Revista Cubana de Educación Superior (La Habana) 6 (1), (1986).

7. P. Horrutinier. El perfeccionamiento del sistema de conocimientos de la disciplina Física para estudiantes de ingeniería. La Habana: Ediciones ISPJAM, (1988).

8. G. Fariñas. Una estrategia para el futuro: El proceso docente orientado a la formación de habilidades. Revista Cubana de Educación Superior (La Habana) 7 (3) (1988).

9. A. Hernández, A. Hernández, S. Tsering. Implementación de un sistema de prácticas de laboratorio para la asignatura Física III de la carrera de Ingeniería Mecánica y evaluación de su impacto en la calidad de las mismas y en la formación del profesional. En CD de trabajos presentados en la Conferencia Científica Internacional de Ingeniería Mecánica COMEC 2000. Universidad Central de Las Villas. ISBN-978-959-250-404-2 (2000).