

25

Fecha de presentación: agosto, 2017
Fecha de aceptación: noviembre, 2017
Fecha de publicación: diciembre, 2017

PERFECCIONAMIENTO

DEL SISTEMA DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO PARA LA DISCIPLINA FÍSICA DE CARRERAS DE INGENIERÍA

IMPROVEMENT OF THE LAB PRACTICES SYSTEM FOR PHYSICS DISCIPLINE IN ENGINEERING CAREERS

Dr. C. Arcelio A. Hernández Ferreira¹

E-mail: archdez@ucf.edu.cu

Ing. Ariel Hernández Gessa¹

¹ Universidad de Cienfuegos. Cuba.

Cita sugerida (APA, sexta edición)

Hernández Ferreira, A. A., & Hernández Gessa, A. (2017). Perfeccionamiento del sistema de prácticas de laboratorio para la disciplina Física de carreras de ingeniería. *Universidad y Sociedad*, 9(5), 189-197. Recuperado de <http://rus.ucf.edu.cu/index.php/rus>

RESUMEN

En el trabajo se describen las tareas técnico-experimentales y didácticas llevadas a cabo durante varios cursos para dotar a la disciplina Física de las carreras de ingeniería de un sistema de prácticas de laboratorio que satisfaga los objetivos de la misma y ofrezca la mayor cobertura posible tanto al sistema de conocimientos como al sistema de habilidades. Entre las tareas se incluyen las relacionadas con el proceso de incorporación del nuevo equipamiento recibido por la Universidad. Para ello se elabora una metodología con carácter integral que concluye con la incorporación de la práctica al sistema de la asignatura, su realización por los estudiantes y la evaluación del incremento en la calidad e impacto en la formación del profesional. Como resultado del trabajo se implementan nuevos montajes que permiten verificar experimentalmente fenómenos y leyes que antes no se podían mostrar, se mejoraron montajes anteriores al elevar precisión y repetitividad de los experimentos.

Palabras clave: Sistema de prácticas de laboratorio, Física para carreras de ingeniería, perfeccionamiento técnico-experimental y didáctico.

ABSTRACT

The paper describes the technical-experimental and didactic tasks carried out during several courses to equip the Physics discipline of the engineering careers with a system of laboratory practices that satisfies their objectives and offers the greatest possible coverage to the knowledge and the skills systems. Tasks include those related to the process of incorporating the new equipment received by the University. For this purpose, a comprehensive methodology was elaborated, concluding with the incorporation of the practice into the system of the subject in question, its realization by the students and the evaluation of the increase in the quality and impact on the professional's training. As a result of the work, new assemblies were implemented that allow to verify experimentally phenomena and laws that could not previously be shown, as well as some previous assemblies were improved, increasing the precision and repetitiveness of the experiments.

Keywords: System of laboratory practices, physics for engineering careers, technical-experimental and didactic improvement.

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 hacer más objetivo el conocimiento, a hacerlo más consolidado y duradero. En segundo lugar, son de las formas de enseñanza, las que más acercan al estudiante de manera 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 prácticas de laboratorio desarrolla habilidades experimentales exclusivas de esta forma de enseñanza, las cuales no pueden lograrse por ninguna de las restantes. (Hernández, 2001; Hernández, Jiménez, Arévalo, 2002)

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 influir al mismo tiempo en el desarrollo de las habilidades profesionales que tipifican los modos de actuación del ingeniero. Esto se ha venido manifestando como tendencia desde hace casi tres décadas en la formación de los ingenieros. (Álvarez, 1986, 1988; Torres, 1994; García del Portal, 1990; Del Risco, Hernández, 2008)

Consciente de lo anterior y con el propósito de elevar la calidad de la docencia universitaria, el MES destina 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, los cuales empezaron a recibirse en las universidades a partir del segundo semestre del curso 2006-2007.

DESARROLLO

Para llevar a cabo el proceso de puesta a punto de los equipos nuevos con propósitos específicos se implementa una metodología para garantizar la explotación de los mismos de forma segura e integral, pues termina con la incorporación de la práctica al sistema de prácticas de la asignatura y su realización por los estudiantes, contempla la ejecución de las siguientes tareas didácticas y técnico-experimentales:

1. Selección de los equipos por temas de la disciplina Física.

2. Estudio de la documentación técnica (en todos los casos en idioma inglés) que brindan los fabricantes y que acompañan al equipo.
3. Montaje o puesta en marcha del equipo y verificación del modo de funcionamiento del mismo de acuerdo con 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. Realización de las prácticas por los alumnos ayudantes.
7. Incorporación de las prácticas al sistema de prácticas de las asignaturas y realización por los estudiantes.
8. Evaluación de la calidad de las prácticas y del impacto en la formación del profesional.

A continuación, algunos comentarios sobre cada una de las anteriores tareas.

1. Selección de los equipos por temas de la disciplina Física.

El criterio fundamental seguido para esta selección fue el de lograr la cobertura máxima en los contenidos de los temas contemplados en las asignaturas. Se realiza 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 las asignaturas y en el sistema de habilidades (Horruitiner, 1985; Fuentes, 1989; Fariñas, 1988). Excepto en algunos temas, la cobertura posible a alcanzar era favorable.

Antes del arribo de los equipos la asignatura cuyas prácticas de laboratorio brindaban una mejor cobertura del contenido era la Física I, que aborda la Mecánica (incluidas las Oscilaciones y Ondas Mecánicas), la Física Molecular y la Termodinámica. En esta asignatura se alcanzaba un por ciento elevado en la cobertura tanto del sistema de conocimientos como en de las habilidades. Un análisis preliminar del equipamiento recibido indicó que la presencia de los equipos nuevos llevaría el grado de cobertura de los aspectos del sistema de conocimientos para temas de la asignatura Física I al 100% y mejoraría las condiciones con que se realizaban las prácticas que se efectuaban.

Las dos restantes asignaturas de la disciplina, la Física II (que aborda el Electromagnetismo y la Óptica) y la Física III (que aborda los temas de la Física Moderna) no tenían una situación tan favorable. En Física II el énfasis se hizo en estudiar las interacciones del campo magnético en los

tres niveles previstos en el curso (con partículas cargadas, con conductores que transportan corriente y con dipolo magnético). Se revitalizó la de líneas equipotenciales y se unificaron las oscilaciones electromagnéticas libres y forzadas en circuitos RLC. Las restantes prácticas fueron mejoradas con los nuevos equipos.

En Física III solamente el tema 3: Propiedades ondulatorias de las partículas. Principios de Mecánica Cuántica (que tiene carácter muy teórico, el equipamiento que se oferta para ello es muy específico y no se adquirió) y el tema 4: Átomos multielectrónicos, quedaban con pobre cobertura. 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.

2. Estudio de la documentación técnica (en todos los casos en idioma inglés) que brindan los fabricantes y que acompaña al equipo.

Ante todo, el idioma inglés usado por los especialistas chinos es bastante complicado porque se emplean términos y expresiones no adecuados lo que en ocasiones hace difícil la comprensión del material y exige la lectura reiterada de un mismo párrafo hasta lograr captarle el sentido. Se garantizó que en ningún caso se montara el equipo ni se energizara 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 con la documentación técnica.

En este caso se procedió a desembalar con cuidado los equipos, montarlos de acuerdo con 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 efectúa 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 permiten calcular los errores cometidos y comprobar si estaban en los límites que establece 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 o reelaboraron 25 guías de 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 Moodle y se incluyeron junto con algunas animaciones, prácticas virtuales y otros materiales en una multimedia soportada en CD.

6. Realización de las prácticas por los alumnos ayudantes.

Los alumnos ayudantes realizaron las prácticas a partir de las guías desarrolladas. Esto sirvió para comprobar si estaban escritas de forma accesible a los estudiantes. Los resultados experimentales obtenidos por los alumnos ayudantes sirvieron para evaluar el grado de repetitividad respecto a los nuestros y usados como referencia para el resto de los estudiantes. En Física III los estudiantes que tenían buen aprovechamiento en la asignatura realizaron todas las prácticas antes que el resto del grupo y luego ayudaron al profesor durante la impartición de las prácticas al grupo. En este caso precisaban las características de las instalaciones experimentales, la técnica operatoria y cuidados a tener en cada caso.

7. Incorporación de las prácticas al sistema de prácticas de las asignaturas y realización por los estudiantes.

Se establecieron los ciclos de prácticas de acuerdo con el fondo de tiempo para esta forma de docencia que aparecía en el Plan Calendario de las Asignaturas, se organizaron los subgrupos para el laboratorio con los equipos conformados previamente 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 les facilitaron guías en diferentes formatos y luego de realizadas las prácticas se recogieron los informes para usar los datos en calidad de elementos de evaluación de la repetitividad.

8. Evaluación de la calidad de las prácticas y del impacto en la formación del profesional.

El primer elemento que se tuvo en cuenta durante la evaluación de la calidad se obtuvo a partir de un análisis pormenorizado de las características del nuevo equipamiento y de cuáles ventajas traía consigo su empleo respecto al equipamiento anteriormente usado. Esto incluyó la precisión de los equipos, la exactitud de las magnitudes determinadas, el error relativo de sus valores respecto a los reportados en la literatura, entre otras.

El segundo elemento fue el grado de repetitividad de los resultados obtenidos con los diferentes montajes. Para ello se compararon los resultados obtenidos por el profesor durante la etapa de montaje, los de los alumnos ayudantes, los de los grupos de estudiantes y los ofrecidos por los fabricantes.

Otros elementos fueron recogidos en una guía que aparece en el anexo 2 y a la que se sometieron los montajes anteriores y los nuevos. Por último, se aplicó una encuesta a los estudiantes cuyo contenido aparece en el anexo

1 y que trataba de obtener sus opiniones relativas a la calidad de las mismas. Las tareas didácticas y técnico-experimentales llevadas a cabo hicieron que la calidad del sistema de prácticas de laboratorio de la disciplina Física se haya elevado ostensiblemente. Se destacan los siguientes elementos que lo determinan:

1. Aumento en la precisión al determinar las diferentes magnitudes.

Como ya se anotó, 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 se presentan en la tabla 1 resultados obtenidos por varios grupos de estudiantes de Física III, 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.

Tabla 1. Resultados obtenidos por los equipos de laboratorio de los estudiantes en 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 R2 en 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 R2 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 R2 efecto Hall	0.9999	0.9998	0.9997	0.9998	0.9997	0.9998

Tabla 2. Resultados obtenidos en corridas experimentales durante montaje de prácticas de Física II.

Práctica de Laboratorio	Error relativo en magnitud de referencia, %	Coefficiente de correlación lineal R ² en dependencia de referencia
Circuito RLC en oscilaciones libres	(L de la bobina) 0.423	0,9982
Circuito RLC forzado. Resonancia	(L de la bobina) 0.86	0.9996
Fuerza magnética sobre electrón	(e/m) 5.6	0.998
Fuerza magnética sobre conductor	(μ0) 3.74	0.999
Fuerza magnética sobre dipolo	B _{terrestre horizontal} 11.2	0.987

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 y los resultados en las corridas experimentales durante la puesta a punto de los equipos y en los informes confeccionados por los estudiantes de alto aprovechamiento. La tabla 1 brinda algunos elementos, así como la tabla 3 referida a la práctica de efecto Hall.

Tabla 3. Resultados obtenidos por 10 equipos de estudiantes en la práctica sobre Efecto Hall.

Equipo de estudiantes	Sensibilidad a B=cte	Coficiente R^2	Sensibilidad a I=cte	Coficiente R^2	Densidad de portadores promedio ($\times 10^{14}$)
1	220	1	216,41	0,995	1,43
2	218	1	218	0,999	1,43
3	219	0,9999	223,1	1	1,415
4	218,8	1	219,7	1	1,425
5	223	1	222,5	0,9999	1,403
6	218	1	218	1	1,43
7	205	1	212	0,999	1,49
8	221,6	1	224	1	1,4
9	226,8	0,999	223,3	0,999	1,405
10	202,9	1	201	0,998	1,54
Promedio	217,144	0,99989	217,801	0,99899	1,4368
Desviación del promedio	5,86411	0,00178	7,705	0,0015	0,055

3. Resultados de evaluación de la calidad de prácticas de laboratorio según guía elaborada.

Cada práctica de laboratorio fue evaluada según la guía elaborada antes y después del proceso de perfeccionamiento y que aparece en el anexo 2. En el caso de prácticas que anteriormente no existían la calificación inicial era cero (0). En la tabla 4 aparecen los resultados particulares para la Física II.

Tabla 4. Resultados de la evaluación de las prácticas de Física II antes y después del proceso de perfeccionamiento.

Parámetro a Evaluar	Prácticas								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	5/5	0/5	5/5	0/5	0/5	5/5	3/5	0/5	0/5
2	5/5	0/5	5/5	0/5	0/5	5/5	4/5	0/5	0/5
3	5/5	0/5	5/5	0/4	0/4	4/5	5/5	0/5	0/5
4	5/5	0/5	5/5	0/5	0/5	4/5	5/5	0/5	0/5
5	5/5	0/5	5/5	0/5	0/5	4/5	5/5	0/5	0/5
6	4/5	0/5	4/5	0/5	0/5	4/5	4/5	0/5	0/5
7	5/5	0/5	4/5	0/5	0/5	4/5	4/5	0/5	0/5
8	3/5	0/5	5/5	0/5	0/5	5/5	5/5	0/5	0/5
9	5/5	0/5	5/5	0/5	0/5	5/5	4/5	0/5	0/5
10	4/5	0/5	4/5	0/5	0/5	4/5	3/5	0/5	0/5
11	5/5	0/5	4/5	0/5	0/5	5/5	4/5	0/5	0/5
12	5/5	0/4	4/5	0/5	0/5	5/5	5/5	0/5	0/5
13	0/0	0/5	0/0	0/0	0/0	0/0	0/5	0/5	0/0
Totales	56/60	0/64	55/60	0/59	0/59	54/60	51/65	0/65	0/60

4. Opiniones de los estudiantes.

Al concluir los ciclos 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 las habilidades experimentales adquiridas y la evaluación integral que le otorgarían tomando en cuenta todos los aspectos. La calificación de cada aspecto se expresó en una escala de 1 a 5. Los resultados particulares para Física III se muestran en la tabla 5.

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 indica que en las respuestas a la pregunta 4 en las prácticas 1 y 5 se invierte el orden de calificación, es 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 e indica que hubo objetividad en sus respuestas (Hernández, Hernández & Tsering, 2010).

Tabla 5. Resultados de la encuesta aplicada a los estudiantes en Física III.

	Práctica No.																	
	1			2			3			4			5			6		
Calificación	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

5. Impacto en la formación del profesional.

Hay una mejora ostensible de la cobertura en el sistema de conocimientos y habilidades antes y después de implementado el sistema (con las nuevas y las remodeladas) tal y como puede apreciarse en las tablas 6 y 7. Es evidente que el estudiante al realizar estas nuevas prácticas de laboratorio que permiten mostrarle nuevos elementos del contenido que antes no era posible por la vía experimental o que ahora realiza prácticas de mayor calidad, con más precisión que hacen más verosímil la verificación que se hace de las leyes estudiadas y las principales relaciones teóricas resulta con una formación mucho más completa.

Tabla 6. Cobertura de aspectos del sistema de conocimientos por temas de las asignaturas componentes de la disciplina Física.

ASIGNATURA	TEMAS								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
FÍSICA I	100	100	100	100	100	100	100	100	--
FÍSICA II	50	50	80	100	100	75	100	50	100
FÍSICA III	50/100	100	0	0/20	90	10/30	--	--	--

Tabla 7. Cobertura de las habilidades de las asignaturas componentes de la disciplina Física.

ASIGNATURA	HABILIDADES											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
FÍSICA I	100	100	100	100	80	100	50	80	100	100	100	100
FÍSICA II	80	100	100	100	80	100	100	100	100	100	100	100
FÍSICA III	0/60	100	100	100	0	15/60	100	100	--	--	--	--

Aparte de su evaluación cuantitativa en las guías empleadas para evaluar la calidad de las prácticas, los profesores expresaron sus criterios cualitativos que se resumen en que el perfeccionamiento llevado a cabo:

- Permitió ampliar el estudio experimental de los contenidos del programa comparados con los cursos anteriores (antes en algunos casos estaba restringido al tratamiento teórico).
- Amplió la gama de fenómenos abordados en el laboratorio (hay posibilidad de ofrecer prácticas opcionales a los interesados, entre ellos, estudiantes de alto aprovechamiento).
- Enriqueció el diseño de las tareas experimentales en cuanto a su variedad del contenido y del equipamiento empleado.
- Elevó la calidad de los instrumentos y equipos de medición empleados, lo que se refleja en la precisión de los valores experimentales obtenidos y la reducción de los errores.
- Elevó el nivel del uso de las TIC en cuanto a la presencia del procesamiento de los datos experimentales.
- Mejoró el proceso de habilidades de todo tipo (experimentales, de elaboración de informes, de procesamiento de datos, etc.) por parte de los estudiantes.

- Abrió el espacio para el diseño de las prácticas por parte del estudiante.

El trabajo se encuentra ya aplicado desde el curso 2009-2010 y se sigue aplicando en la actualidad. De su aplicación han resultado beneficiados los estudiantes que han realizado las prácticas de laboratorio de la disciplina Física de las carreras de Ingeniería Mecánica, Industrial, Informática, Agronomía y Química. En la Universidad de Camagüey se concretó su aplicación en el curso 2010-2011 y el centro emitió el correspondiente aval de introducción del resultado.

6. Vínculo con el trabajo científico estudiantil.

Uno de los méritos principales del trabajo es la participación de los estudiantes mediante el trabajo científico estudiantil extracurricular en el grupo organizado para tales fines. Esto ha potenciado su participación en eventos nacionales e internacionales, así como la publicación de artículos en revistas nacionales e internacionales. Se han obtenido varios premios en los eventos municipales y provinciales del Fórum de Ciencia y Técnica correspondientes a las convocatorias XVI y XVII, en los cuales han resultado Destacados.

CONCLUSIONES

Las tareas técnico-experimentales y didácticas llevadas a cabo para el perfeccionamiento del sistema de prácticas de laboratorio elevan el grado de cobertura en los aspectos del sistema de conocimientos y las habilidades para los temas de la disciplina Física.

El sistema de nuevas prácticas de laboratorio para la disciplina Física se ha aplicado con éxito durante varios cursos y se está aplicando actualmente con los grupos de las carreras de Ingeniería Mecánica, Química, Industrial e Informática.

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

La calidad de las prácticas de laboratorio ha aumentado significativamente, lo cual se manifiesta en el aumento de la precisión con que se determinan las magnitudes a medir y el grado de repetitividad y confiabilidad de los resultados. Esto determinó el alto grado de correspondencia de las dependencias estudiadas y los bajos valores de los errores relativos cometidos. Esto trae consigo una formación profesional de mayor calidad.

El impacto sobre la formación del estudiante quedó evidenciado con la evaluación efectuada en base al criterio de los expertos. Las opiniones de los profesores y estudiantes reafirman esta aseveración. El trabajo realizado tiene posibilidades de continuar su generalización de forma inmediata a otras universidades por cuanto gran

parte del equipamiento está tipificado en las mismas y los planes de estudios son los mismos nacionalmente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez de Zayas, C. M. (1986). Tendencias en la Enseñanza de la Física para ingenieros en Cuba. *Revista Cubana de Educación Superior*, 5 (1), 29-38.
- Álvarez de Zayas, C. M. (1988). Las invariantes de contenido en la enseñanza de la Física para Ingenieros. *Revista Cubana de Educación Superior*, 8, (2), 79-90.
- Del Risco Cabrera, L., & Hernández Ferreira, A. (2008). Propuesta metodológica para interrelacionar las habilidades de la disciplina Física con las profesionales del Ingeniero Mecánico. *Conferencia Científica Internacional de Ingeniería Mecánica COMEC 2008*, Universidad Central de Las Villas.
- Fariñas León, G. (1988) Una estrategia para el futuro: El proceso docente orientado a la formación de habilidades. *Revista Cubana de Educación Superior*, 8 (3), 59-70.
- Fuentes González, H. C. (1989). *Perfeccionamiento del sistema de habilidades en la disciplina Física para estudiantes de Ciencias Técnicas*. Tesis doctoral. Santiago de Cuba: Instituto Superior Pedagógico.
- García del Portal, J. M. (1990) Sobre la enseñanza de la ingeniería. El informe technion. *Revista Cubana de la Educación Superior*. 10 (1), 67-78.
- Hernández Ferreira, A., Hernández Gessa, A., & Tsering, S. (2010). Sistema de prácticas de laboratorio para la asignatura Física III de ingeniería mecánica; evaluación de su impacto en la calidad y formación del profesional. *Revista Cubana de Física*. 27(2A), 154-159. Recuperado de <http://www.revistacubanadefisica.org/RCFextradata/OldFiles/2010/vol.27-No.2A/RCF27-2A-2010-154.pdf>
- Hernández Ferreira, A., Jiménez Chappotin, G., & Arévalo Velosa, Z. (2002). Las prácticas laboratorio por proyecto y su impacto en el desarrollo de las habilidades en los estudiantes. *Anuario Científico*. Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.
- Hernández Ferreira, A. (2001). Los niveles de asimilación del contenido: una pauta para la organización de las prácticas de laboratorio. *Revista Actas Pedagógicas*, 5(5), 66-69.
- Horruitiner Silva, P. (1985). *El Perfeccionamiento en el sistema de conocimientos en la Disciplina Física para estudiantes de Ingeniería*. Tesis doctoral. Santiago de Cuba: Instituto Superior Pedagógico.
- Torres Hernández, M. (1994). Nuevas tendencias en la enseñanza de la ingeniería. *Revista Cubana de Educación Superior*, 14 (3), 85-96.

ANEXOS

A.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.

7. ¿Cómo evalúa usted el cumplimiento de los objetivos previstos en cada práctica?
8. ¿Cómo evalúa usted el vínculo de las prácticas con los contenidos de la asignatura?
9. ¿Cómo evalúa usted el aporte que pueden haber hecho las prácticas a la comprensión, consolidación e integración de los conocimientos?
10. ¿Cómo evalúa usted la contribución al desarrollo de las habilidades experimentales?
11. ¿Cómo evalúa usted la calidad del equipamiento a partir de su precisión, repetitividad, presentación?
12. ¿Cómo evalúa usted de forma integral (teniendo en cuenta todos los factores) las prácticas realizadas en este semestre?

A. 2. Guía para la evaluación de la calidad de las prácticas de laboratorio.

Estimado colega:

Con el propósito de continuar mejorando la calidad de las prácticas de laboratorio les estamos solicitando califiquen con la mayor objetividad la relación de parámetros que hemos establecido los cuales creemos reflejan las características que inciden directamente en la calidad de una práctica de laboratorio y reflejen sus respuestas en la tabla. Usen como criterio de calificación la escala de 1 a 5.

13. Vinculación del objetivo con un contenido concreto del programa de la asignatura.
14. Calidad del montaje. Grado en que el mismo permite apreciar las condiciones de experimento, cómo se van a variar las magnitudes involucradas (o influyentes) y cómo se medirán las necesarias.
15. Grado de repetitividad de los resultados.
16. Precisión con que se determinan las magnitudes que se miden (valoración de los instrumentos de medición utilizados).
17. Proceso de obtención de las magnitudes involucradas en las relaciones de trabajo (directas, indirectas).
18. Calidad de la guía. Grado de orientación al estudiante para el trabajo en el laboratorio (preparación previa, desarrollo, elaboración informe final).
19. Posibilidad de verificar los resultados con la teoría o contrastarlo con alguna magnitud de referencia.
20. Proceso de tratamiento de los resultados experimentales (complejidad, simplicidad).
21. Peso de la práctica en el estudio de un contenido concreto.
22. Calidad del diseño de las tareas experimentales.
23. Eficacia de la forma experimental propuesta de verificar la ley, el fenómeno, las propiedades, etc.
24. Valoración de la formación de habilidades para el trabajo experimental por parte de los estudiantes y su aporte a las habilidades profesionales.
25. Oportunidad de simulación o realización de cálculos computarizados cuyos resultados sean factibles a comparar o contrastar con los resultados experimentales.