

EVOLUCIÓN, PRESENTE Y FUTURO DE LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA PARA INGENIEROS EN CUBA

EVOLUTION, PRESENT AND FUTURE OF TEACHING OF PHYSICS FOR ENGINEERS IN CUBA

A.D. RODRÍGUEZ-LLERENA^{a†}, H. ASTIGUIETA-QUINTANA^a, J. J. LLOVERA-GONZÁLEZ^a

Departamento de Física, Instituto de Ciencias Básicas, Universidad Tecnológica de la Habana "José Antonio Echeverría", Cujae; deysi@automatica.cujae.edu.cu
 † autor para la correspondencia

Recibido 20/8/2020; Aceptado 20/9/2020

La enseñanza de la física en la formación básica de ingenieros en Cuba ha transitado por diferentes etapas desde los años 1960's hasta la actualidad. Cada etapa ha estado marcada por cambios en los planes de estudio de la disciplina, que se han modificado notablemente tanto en los contenidos como en el número de horas lectivas dedicadas a su impartición. En este artículo se presenta un breve resumen de estos cambios, el estado actual de estos programas y se alerta acerca de los retos que hoy se deben asumir para garantizar una sólida formación básica de los futuros ingenieros sobre los fundamentos físicos de las presentes y futuras tecnologías.

Physics teaching in the basic formation of engineers in Cuba has evolved through different stages since the 1960's until the present. Each stage has been marked by changes in the plans of study, which have been modified substantially both in terms of contents and of teaching hours. This paper presents a brief summary of these changes, the current state of the Physics programs, and warns about the challenges to be faced nowadays in order to guarantee a solid basic formation of the future engineers in connection with the physical foundations of present and future technologies.

PACS: General physics (física general), 01.55.+b; course design and evaluation (diseño y evaluación de cursos), 01.40.Di; engineering (ingeniería), 89.20.Kk; careers in physics and science (carreras en física y en ciencia), 01.85.+f

I. INTRODUCCIÓN

Como bien se conoce, la Física constituye un pilar fundamental en la formación de los ingenieros por lo que, de manera general, en la mayor parte de las universidades del mundo se insiste en prestar atención especial a una sólida formación en Física como ciencia básica en los planes y programas de estudio de las diferentes carreras de ingeniería, pretéritas y actuales.

Analícemos cómo ha variado la enseñanza de la Física para ingenieros en Cuba en los últimos 60 años a través de sus diferentes planes de estudio, tanto en contenidos como en presupuesto de tiempo destinado a su enseñanza, a fin de revelar los retos que hoy enfrenta la formación en Física de los futuros ingenieros cubanos.

II. LA FÍSICA EN LOS PLANES DE ESTUDIO DE INGENIERÍA EN CUBA (1960-2020)

Desde la primera etapa de la Reforma Universitaria en el año 1960 hasta la fecha se han puesto en práctica varios planes de estudio para las carreras de ingeniería en Cuba. Los mismos se han ido ajustando a las condiciones socioeconómicas por las que ha transitado la Educación Superior Cubana hasta llegar al actual Plan E, que se encuentra en estos momentos en ejecución en su segunda edición.

Aunque la Reforma Universitaria de 1962 significó un hito en la introducción de los estudios de ciencias básicas y la investigación en las ingenierías, en ese momento no se

logró unificar los fundamentos de la enseñanza de la Física para todas las carreras de ingeniería que se estudiaban en el país, manteniéndose en las diferentes especialidades diversos programas de estudio de Física diseñados básicamente por los profesores que la impartían, de acuerdo con su experiencia previa. Analicemos sucintamente los cambios más significativos que se han producido en los diferentes planes de estudio hasta hoy.

Tomemos como referente de partida el plan de la carrera de ingeniero electricista establecido con la primera etapa de la Reforma Universitaria en 1960 [1,2]. En este plan, la Física se impartía durante 4 semestres de 15 semanas cada uno, siendo los contenidos correspondientes respectivamente a Mecánica (90 h/c), Termodinámica (90 h/c), Electricidad y Magnetismo (105 h/c) y Óptica (90 h/c) para un total de 375 h/c de Física General. De estas, 150 h/c eran explícitamente dedicadas a prácticas de laboratorio [2].

Con el plan "A" establecido en el curso 76-77, se actualizaron los contenidos comenzando a impartirse la Teoría de la Relatividad y la Física Moderna. Anteriormente la Física que se impartía solo abarcaba los contenidos hasta la Óptica Ondulatoria. Se inició en este plan un proceso de preparación didáctica de los docentes en las universidades y se promovió la formación de habilidades prácticas y experimentales en los estudiantes a través de clases prácticas y prácticas de laboratorio [3].

En el plan "B" (1982) se continuó el proceso de actualización de los contenidos, incluyéndose en el programa la Física de los Semiconductores, completando y actualizando la concepción

del Cuadro Físico del Mundo y se trató de lograr una mejor articulación con la Matemática. Se estableció entonces un programa de la disciplina Física General único para todas las carreras a fin de unificar contenidos esenciales comunes [4].

El plan "C" y el C perfeccionado (C') (1991), tuvieron como objetivo acercar la disciplina al perfil del profesional, manteniendo los llamados "núcleos básicos". Se disminuyó el número de horas dedicadas a conferencias y se aumentaron las horas de clases prácticas y laboratorios, encaminadas a lograr que los estudiantes tuvieran una participación más activa en su aprendizaje y fortaleciéndose el trabajo científico estudiantil [5].

Se diseñaron programas específicos para las diferentes ingenierías, lo que condujo a que en algunas especialidades dejaran de impartirse algunos núcleos básicos de la disciplina y se estrechara el perfil del ingeniero en formación.

El plan "D" (2003) retomó la concepción de una Física General única para todas las carreras, pero permitiendo entre un 10% y un 20% de horas para el acercamiento de la disciplina al perfil profesional de la especialidad sin afectar los núcleos básicos. Se lograba así un justo equilibrio entre la formación básica y su vínculo con la especialidad en cada caso. Durante este periodo, se introdujo con mucha fuerza el uso de las TIC en la enseñanza y se mantuvo una proporción de hasta solo un tercio de las horas lectivas dedicadas a conferencias [6].

A partir del año 2016, se analizó por la dirección del país la necesidad de reducir las carreras universitarias a 4 años, orientándose a las diferentes comisiones de carrera elaborar un Plan "E" (2016) en el cual también se redujeron horas lectivas y algunos contenidos básicos de los anteriores programas de Física General en las diferentes carreras.

Tabla 1. Presupuestos de horas clase (h/c) dedicadas a la enseñanza de la Física General en carreras de ingeniería en Cuba y sus decrementos sucesivos ($\Delta h/c$) entre 1960 y 2020.

Plan	Pre Ref. Univ. 1960	A	B	C y C'	D	E
Curso de inicio de plan	60-61	76-77	82-83	91-92	03-04	16-17
h/c	375	320	300	240	216	208 160*
$\Delta h/c$	-	-55	-20	-60	-24	-8 -56*
$\Delta h/c$ acumulado entre 1960 y 2020: -167 (-215)*						
* Carreras que eliminaron la Física Moderna (Física III) del plan de estudio.						

La Tabla 1 resume las cantidades de horas clase (h/c) dedicadas a la Física para carreras de ingeniería en los sucesivos planes de estudio implementados en Cuba desde el año 1960 hasta la actualidad.

Como se puede apreciar en dicha tabla, durante el período de los últimos 60 años transcurridos la cantidad de horas lectivas

¹En estas carreras se eliminó totalmente la impartición de los contenidos de la Física Moderna, reduciendo la disciplina a solo dos asignaturas de 80 h/c cada una; una dedicada a la Mecánica newtoniana, la Física Molecular y la Termodinámica y la otra al Electromagnetismo y la Óptica Ondulatoria lo que implica un retroceso involutivo con respecto incluso al plan A; no solo en tiempo de horas lectivas sino también, y sobre todo, en contenidos fundamentales de la Física de los siglos XX y XXI que hoy no son tratados en el curso.

dedicadas a la formación en Física General de los estudiantes de ingeniería ha ido en franco decremento.

III. SACRIFICIOS PREOCUPANTES

El número de horas dedicadas a la Física General en los planes de estudio ha disminuido en 167 horas (44,5%) en algunas carreras y hasta en 215 horas (57,3%) en otras, y aunque se ha declarado como indicación no restar tiempo al tratamiento de los núcleos básicos de la disciplina, varias carreras optaron por eliminar la Física III, privando al programa del contenido de la Física Moderna totalmente, en tanto en todas las asignaturas de Física el desarrollo de habilidades por parte de los estudiantes en presencia de su profesor ha tenido una afectación considerable.

Es así como en el último de los planes (plan E) por primera vez se sacrifica la uniformidad en los contenidos esenciales de enseñanza de la Física en algunas carreras respecto a otras incluyendo diferencias sustanciales en cuanto a horas entre estas dedicadas a la Física, debido a que siete de las once carreras de ingeniería que se estudian en Cuba e incluyen la disciplina Física, decidieron limitar el estudio de la Física General solamente a dos asignaturas, eliminando del plan de estudio la Física III (Física Cuántica, Física Atómica y Física Nuclear).

Esta decisión priva a los estudiantes de estas carreras, desde su formación básica, del conocimiento de la mayor parte de los fundamentos sobre los que descansan los adelantos de la ciencia y la tecnología moderna basados en la física aplicada, reduciendo la enseñanza de la Física al desarrollo que esta tuvo solo hasta finales del siglo XIX [7] lo que está afectando en más de 120 años la actualidad de la formación básica del ingeniero en lo que a la Física se refiere en dichas carreras¹.

Esta última reducción en horas dedicadas a la Física en los planes de estudio se ha basado en una concepción del proceso de enseñanza en la cual el estudiante debe autogestionar su aprendizaje a partir de un incremento de sus horas de estudio individual en detrimento de las horas presenciales, logrando un aprendizaje comprometido con sus resultados más activo y autónomo, como declara el Reglamento Docente Metodológico vigente cuando establece que: "... se debe garantizar un balance adecuado del tiempo que los estudiantes dedican a las actividades presenciales y a las no presenciales, como vía para fomentar su aprendizaje autónomo bajo la orientación y control de los profesores" [8]. Sin embargo, en la actualidad es difícil de lograr este objetivo.

A finales de la última década del siglo XX, como consecuencia de la crisis de profesores que se produjo en la enseñanza precedente acompañada de la eliminación de la prueba de Física de los exámenes de ingreso a la Educación Superior, los estudiantes que lograban matricular en las carreras de ciencias técnicas comenzaron a mostrar insuficientes conocimientos básicos de Física y Matemática, lo que incidió negativamente

en el rendimiento académico de dichos alumnos en estas asignaturas [9]. Esta situación se mantiene en la actualidad.

La mayor parte de los estudiantes continúan careciendo de la suficiente base en Física y Matemática al arribar a la universidad desde la enseñanza precedente, nivel en el cual inclusive, no se logra formar hábitos de estudio independiente en la mayor parte de los jóvenes.

Por otra parte, el plan "E" ha reducido drásticamente el tiempo dedicado a prácticas de laboratorio desde 90 h/c hasta apenas 26 h/c, contrariamente a lo que se venía logrando con los planes anteriores. Ello se ha instrumentado limitando la cantidad de prácticas de laboratorio posibles a realizar, actividad reconocida por la didáctica como la clase por excelencia para la enseñanza de las ciencias y, particularmente, en la formación de los ingenieros [10].

Es interesante recordar que desde la Reforma Universitaria de 1962 se planteaba: "...las escuelas de ciencias (física, química, matemática) tendrán que proveer también los profesores que en poco tiempo se encarguen de prepararnos ese nuevo tipo de graduados de la enseñanza secundaria y darle al aspirante a estudios universitarios el nivel adecuado, para enfrentarse con disciplinas que ahora le resultan poco menos que torturantes, por su apartamiento de ellas antes de llegar a las aulas superiores..." [11].

Este planteamiento ha vuelto a tener total vigencia, por lo que consideramos que tomar conciencia de esta situación es de vital importancia para lograr garantizar una formación básica sustentable de los futuros ingenieros y revertir los bajos rendimientos académicos en Física en las carreras de ingeniería.

IV. EL "TRONCO COMÚN" ¿UN PARADIGMA NECESARIO?

Otra situación que compromete la calidad en la formación de los ingenieros es el llamado "tronco común" de Física General para todas las especialidades que se ha establecido en algunas universidades, implicando un retroceso en lo que se había avanzado en didáctica de la Física Universitaria para carreras de ingeniería desde el Plan "C" hasta la actualidad en cuanto a vincular cada vez más la Física a la especialidad.

Esta concepción consiste en disponer que todas las especialidades reciban un programa de Física idéntico concretado a "esencialidades", sin considerar las características específicas de cada carrera en cuanto a articular la Física con las demás asignaturas básicas específicas a las que sirve de base. Este proceder ha provocado un distanciamiento entre la Física General y el perfil profesional del futuro ingeniero lo que, según se asevera en [12]: "impactará negativamente en la motivación para estudiar la asignatura; conllevará a un distanciamiento de la Física y las Ciencias Técnicas, provocará un debilitamiento entre la teoría y la práctica y no favorecerá el aprendizaje significativo".

Como bien se ha afirmado en un artículo recientemente publicado en esta revista [13] "Es imprescindible rescatar la enseñanza de la Física, como ciencia básica, amena, moderna y con rigor, en todos los niveles de enseñanza". Enfatizando,

entre otras direcciones, en la enseñanza de la Física en las carreras universitarias de ciencias básicas e ingenierías.

V. CONCLUSIONES

Entre los retos que enfrenta la Educación Superior Cubana en cuanto a la formación en Física de los ingenieros hoy están:

a) Revisar los presupuestos de tiempo que se han asignado a la enseñanza-aprendizaje de la Física General para estudiantes de ingenierías, rescatando urgentemente la actualidad del contenido en algunos de estos planes en que se ha eliminado la Física Moderna.

b) Propiciar cada vez más el estrecho vínculo de la Física con las especialidades, a fin de lograr en el estudiante la motivación necesaria por el estudio de esta ciencia como base de su carrera, propiciando un aprendizaje sostenible (aprender a aprender), que contribuya a su futuro modo de actuación.

c) Contribuir a elevar el nivel de desarrollo de las habilidades prácticas, en particular las experimentales, que se deben lograr en los estudiantes de ingeniería para desempeñarse con independencia cognoscitiva en cualquier contexto de aprendizaje futuro sobre la base de una sólida y actualizada formación en Física como fundamento imprescindible de las actuales y futuras tecnologías.

Docentes y directivos con ingenio y voluntad podemos ser capaces de enfrentar con éxito estos retos. ¿Estamos todos dispuestos a aceptar el desafío?

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al profesor, Ing. José B. Altshuler-Gutwert, (Dr. C) por la rica información ofrecida, en comunicación personal, relativa al proceso de conformación de los planes de estudio en las carreras de ingeniería en Cuba que sirvieron de base a la Reforma Universitaria de 1962, en particular en la carrera de ingeniero electricista; planes de los cuales fue uno de sus principales gestores.

REFERENCIAS

- [1] Facultad de Ingeniería: Ingeniería eléctrica: Nuevo plan de estudios. Universidad de La Habana, 15 pp. multicopiadas (1960)
- [2] L. Altshuler "Para una Historia de las Ciencias Física y Técnicas en Cuba" (Ed. Científico-Técnica, Bogotá, Colombia, 2006) p.p. 103.
- [3] H. Falcón-Tanda "Una concepción de profesionalización desde la disciplina Física General en Ciencias Técnicas". Tesis doctoral, Cujae, Cuba, (2003).
- [4] A. Hernández-Calzada, "Sistema de actividades para propiciar la evaluación formativa en la enseñanza de la física". Tesis doctoral, Palma de Mallorca, (2013).
- [5] J. A. Alejo-Díaz "Una Propuesta Didáctica para la Enseñanza en contexto para la disciplina Física General en carreras de ingeniería", Tesis doctoral, Cujae, Cuba, (2006).

- [6] Ministerio de Educación Superior de Cuba (MES) Plan de Estudio "D", (2003).
- [7] F. J. Ynduran-Muñoz, *Rev. Real. Acad. Cienc. Exac. Fis. Nat. Esp.* **99**, 97 (2005).
- [8] Ministerio de Educación Superior Resolución No. 2/2018 (GOC-2018-460-O25).
- [9] E. Moltó, E. Altshuler, *Rev. Cubana Fís.* **30**, 58 (2013).
- [10] Cruz y Espinosa, *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, [ISSN: 0124-5821] 35 feb-mayo (2012) (<http://www.redalyc.org/articuloa?id19422436>).
- [11] C.R. Rodríguez-Rodríguez, *Economía y Desarrollo* **148**, 273 (2012).
- [12] J. A. Alejo-Díaz, J. B. Cruz-Arencibia, J. J. Llovera-González, *Rev. Cubana Fís.* **35**, E52. (2018).
- [13] C. Cabal, *Rev. Cubana Fís.* **36**, 87 (2019).

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International (CC BY-NC 4.0, <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) license.

