

ARTÍCULO

## DISEÑO Y APLICACIÓN DE UN PROGRAMA DE FÍSICA EN LA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA CON ÉNFASIS EN LAS HABILIDADES PROFESIONALES

*Dr. Arcelio Hernández Fereira, Universidad de Cienfuegos, Cuba*

E-mail: [archdez@ucf.edu.cu](mailto:archdez@ucf.edu.cu)

*Dr. Jorge Luis Muñoz Olite, Universidad Tecnológica de Bolívar, Colombia*

E-mail: [jlmolite5@yahoo.com](mailto:jlmolite5@yahoo.com)

### RESUMEN

Constituye casi un invariante que se dediquen tres semestres para el desarrollo de la Física General en las carreras de ingeniería. Sin embargo, los contenidos abordados en los mismos presentan marcadas diferencias y no siempre resultan convenientemente enfocados a la búsqueda de un vínculo sólido con las disciplinas posteriores de las carreras y con el perfil profesional que se pretende para el futuro egresado. Ya algunos trabajos apuntan en esta dirección.

Tomando como base el plan de estudio de la carrera de Ingeniería Mecánica y su perfil profesional se revisaron los contenidos de los tres semestres de Física siguiendo un enfoque transdisciplinar de manera que se garantizara en la mayoría de estos su continuidad en disciplinas básicas específicas y del ejercicio de la profesión así como su contribución a las habilidades profesionales. Este análisis incluyó las prácticas de laboratorio.

Se observó que para los dos primeros semestres de Física en los cuales se abordan los cuadros físicos mecano-clásico y electromagnético los núcleos fundamentales del contenido eran casi invariables incluso al comparar con otras carreras y estaban bien definidos. Las principales diferencias surgieron al comparar los contenidos del tercer semestre, que tiende a ser más específico y en el cual ya se busca una mayor contribución a las habilidades profesionales. El tercer semestre está dedicado a abordar el cuadro mecano-cuántico y junto a los contenidos tradicionales se incluyó, como contenido distintivo, la Física de los Sólidos con marcado énfasis en la estructura y propiedades físicas de los mismos. Aquí se definieron los aspectos a tratar, se localizaron en las disciplinas y materias posteriores y se definieron las formas de docencia adecuadas para abordarlos. Quedaron establecidas las potencialidades educativas de esta materia en la cual aparecen detallados los vínculos con la actividad profesional. El trabajo concluyó con el diseño, montaje e implementación del sistema de prácticas de laboratorios. El actual programa posee probadas ventajas y garantiza un alto nivel de motivación en los estudiantes desde los primeros semestres cuando reciben las asignaturas del ciclo básico.

### Palabras clave:

habilidades profesionales, diseño curricular, cursos de Física.

## ABSTRACT

*It's almost an invariant dedicate three semesters to the development of General Physics Courses in the engineering careers. However, the content covered in the such courses are markedly different and not always appropriately focused on finding a strong link with the later disciplines and the professional profile for the future graduated. Already some works have been developed in this direction.*

*Based on the curriculum of the Engineering Mechanics career and its professional profile, were reviewed the contents of the three semesters of Physics following a transdisciplinary approach in order to guarantee in most of these the continuity in specific disciplines and those related with the exercise the profession and its contribution to professional skills. This analysis included the labs.*

*It was noted that for the first two semesters of Physics, addressed to the classical mechanic and electromagnetism, fundamental nuclei of the content were almost unchanged even when comparing with other careers and were well defined. The main differences arose when comparing the contents of the third semester, which tends to be more specific and which is already seeking a greater contribution to professional skills. The third semester is dedicated to the quantum-mechanical and together with traditional content was included, as a distinctive content, Physics of Solids with a strong emphasis on their structure and physical properties. For this course were defined the fundamental aspects to include, were located in the later disciplines and subjects, and were defined forms of teaching appropriate to develop them. Educational potentials of this subject were established and were detailed links with the future professional activity. The work concluded with the design, installation and implementation of the laboratory practices. The current program has proven benefits and guarantees a high level of motivation in students from the first semester when they receive the subjects of the basic cycle.*

## Key words:

*professional abilities, curricular design, courses of Physics.*

## INTRODUCCIÓN

En la práctica internacional se observa como una regularidad el hecho de que se dediquen tres semestres para el desarrollo de la Física General en las carreras de ingeniería con una duración de 10 semestres, aunque hay algunas tendencias que tratan de reducir estos estudios a 8 semestres. Sin embargo, los contenidos abordados en los programas de Física presentan marcadas diferencias y no siempre resultan convenientemente enfocados a la búsqueda de un vínculo sólido con las disciplinas posteriores de las carreras y con el perfil profesional que se pretende para el futuro egresado. Algunos trabajos desarrollados apuntan en esta dirección [1]. Aquí se presenta una propuesta de programa con los mayores aportes en el tercer semestre y con la introducción del tema de Física de los Sólidos como elemento distintivo en el mismo.

## Metodología.

Para la realización del trabajo se tomó como punto de partida el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Mecánica. Del mismo se extrajeron las habilidades profesionales o modos de actuación del ingeniero mecánico, las disciplinas que lo integran con sus asignaturas componentes y la secuencia de precedencia de las mismas. En el siguiente esquema se presentan las disciplinas y su distribución por semestres y trimestres de los cinco años que dura la carrera.

| 1                | 2                     | 3                     | 4               | 5             |
|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|---------------|
| 1 2              | 1 2                   | 1 2 3                 | 1 2 3           | 1 2 3         |
| Matemática       |                       |                       | Mante. Manten.  | Manten.       |
| Física           |                       |                       | Gestión Económ. |               |
| Química          | Elect. y Automát.     |                       | E. y Aut.       |               |
| Dibujo Mecánico  |                       |                       |                 |               |
|                  | Mecánica Aplicada     |                       |                 | M. Ap.        |
|                  | Procesos Tecnológicos |                       |                 | P. Tec.       |
| T. Energ.        |                       | Tecnología Energética | T. Ener.        | T. Ener.      |
| Integrad.        | Integrad.             | Integ.                | Integ.          | Integ.        |
| Automot.         |                       |                       | Autom.          | Autom.        |
| Inform.          | Inform.               | Inform.               |                 |               |
| Humanidades      |                       |                       | Hum.            |               |
| Idioma Inglés    |                       |                       |                 |               |
| Educación Física |                       |                       |                 |               |
| Defensa          |                       |                       | Defensa         | Prep. Defensa |

Las asignaturas resaltadas en **negritas** son opcionales dentro de esa disciplina.

Las primeras disciplinas son las del ciclo básico que incluye Matemática, Física, Química y Dibujo Mecánico. Como se aprecia las tres disciplinas que conforman el tronco de la carrera son Mecánica Aplicada, Procesos Tecnológicos y Tecnología Energética. A estas se añaden Máquinas Automotrices y Mantenimiento como posibles salidas de énfasis y la Integradora, que como su nombre lo indica, asume el papel de ir integrando las habilidades y conocimientos en actividades que acercan al estudiante a la labor del futuro ingeniero mediante la realización de proyectos integradores y de las tareas de las prácticas laborales. Completan el currículo las disciplinas Electricidad y Automatización, Informática para Ingenieros, Gestión Económica y Empresarial y las correspondientes al área de Humanidades, Idioma Extranjero y Preparación para la Defensa.

La precedencia de las disciplinas queda determinada por la necesidad del dominio por parte de los estudiantes de contenidos que resultan imprescindibles para la construcción del conocimiento posterior. Así se desfazan las asignaturas de Física un semestre respecto a las de Matemática de forma de contar con esas herramientas del cálculo superior para presentar con el nivel adecuado los contenidos. De igual manera la Física I precede a la Mecánica Teórica, a la Termodinámica Técnica, la Física II a la Electricidad Aplicada a la Ingeniería Mecánica I (Electrotecnia), la Física III a la Ciencia de Materiales y la Electricidad Aplicada a la Ingeniería Mecánica II (Electrónica), la Transferencia de Calor I y II.

Sin embargo, esta precedencia también debe ser usada para enfatizar en las habilidades profesionales desde las primeras disciplinas. Esto implica el conocimiento de los temas de las disciplinas básicas específicas y del ejercicio de la profesión para cuando se aborden en las Ciencias Básicas contenidos relacionados se pueda ir vinculando con aquellos, llamando la atención y realizando la labor de motivación de los estudiantes tan importante en estos momentos.

Sin perder de vista la función de la Física como disciplina que ofrezca un cuadro físico contemporáneo del mundo y tomando como base el plan de estudio de la carrera de Ingeniería Mecánica y su perfil profesional, se revisaron los contenidos de los tres semestres de Física. Se realizó un levantamiento de los aspectos abordados en cada tema siguiendo un enfoque transdisciplinar de manera que se garantizara en la mayoría de estos su continuidad ya fuera como presencia o mediante alguna relación en las disciplinas básicas específicas y del ejercicio de la profesión así

como su contribución a las habilidades profesionales. Este análisis incluyó las prácticas de laboratorio. Luego se decidió cómo vincularlo y la manera concreta en que iba a tributar o utilizar para enfatizar en alguna de las habilidades profesionales.[2]

### Resultados y discusión.

Los sistemas de conocimientos y de habilidades contenidos en los programas de Física I y Física II guardan estrecha relación con los de las asignaturas Mecánica Teórica I y II, Resistencia de Materiales I y II, Mecanismos y Elementos de Máquina, de la disciplina Mecánica Aplicada, Termodinámica Técnica I y II, Mecánica de los Fluidos de la disciplina Tecnología Energética, Electricidad Aplicada a la Ingeniería Mecánica I y II de la disciplina Electricidad y Automatización. Los mismos resultan ser los adecuados para satisfacer los propósitos declarados y guardan estrecha relación con un grupo de aplicaciones en el campo de la Ingeniería Mecánica. De manera muy sintética los resultados aparecen de forma muy resumida en las dos tablas siguientes.

| Asignatura | Tema y Aspecto  | Aplicación   | Comentario   |
|------------|---|--|--|
| Física I   |   |  |  |
|            | Dinámica de la traslación.  | Mecanismos y máquinas elementales.                               | Racionalidad del uso de polipastos y sistemas de poleas.   |
|            | Tipos de fuerzas. Fuerzas de fricción.                                | Leyes de la fricción seca. Fricción viscosa                      | Bases de la tribología.  |
|            | Trabajo y Energía. Potencia.  | Máquinas empleadas para el suministro de potencia mecánica.      | Significado del concepto de potencia de una máquina y su empleo práctico.                                |
|            | Dinámica de la rotación. Condiciones de equilibrio del cuerpo rígido. | Aplicaciones de las condiciones de equilibrio a sistemas reales. | Infinidad de ejemplos prácticos de tensores, anuncios colgantes, vallas lumínicas, grúas, etc.           |
|            | Cinemática y Dinámica de la rotación.                                 | Reguladores centrífugos de velocidad                             | Uso de poleas y otros esquemas de transmisión. Interruptores centrífugos para motores. Regulador de Watt |
|            | Oscilaciones Mecánicas  | Caso críticamente amortiguado                                    | Sistemas hidráulicos de cierre de puertas para locales acondicionados.                                   |

| Asignatura | Tema y Aspecto                                    | Aplicación                        | Comentario   |
|------------|---|-----------------------------------|--|
| Física I   |   |                                   |  |
|            | Termodinámica. Ciclos, eficiencia de las máquinas | Máquinas térmicas y su eficiencia | Ejemplos de máquinas y ciclos térmicos de alta eficiencia destacando el significado en términos energéticos y medio ambientales. |

| Asignatura | Tema y Aspecto   | Aplicación   | Comentario   |
|------------|--|--|--|
| Física II  |  |  |  |
|            | Electrostática. Fuerza eléctrica.                              | Filtros electrostáticos. Sistemas de pintura electrostáticos. <a href="http://www.comapint.com">www.comapint.com</a>   | Información acerca de su diseño y empleo así como de los resultados de su aplicación en ahorro de materiales y/o energía y la reducción de su carga contaminante.  |
|            | Conducción. Resistencia eléctrica. Efecto Joule.               | Diseño de calentadores eléctricos. Reducción de pérdidas por efecto Joule.   | Materiales y calibres de los conductores para las líneas de transmisión. Uso de valores elevados del voltaje. (***)  |
|            | Magnetismo. Generación de campos magnéticos. Fuerza magnética. | Tratamiento magnético al agua y al combustible. Electroimanes industriales. Separadores magnéticos de materiales ferrosos. <a href="http://www.global-magnetics.com">www.global-magnetics.com</a> <a href="http://www.master-magnets.com">www.master-magnets.com</a> | Incremento de eficiencia en la combustión de combustible tratado magnéticamente. Dispositivos comerciales. Plantas de tratamiento de residuales sólidos urbanos. Instalaciones de la minería ferrosa. Métodos de enriquecimiento de minerales. |
|            | Inducción electromagnética. Corrientes de Foucault             | Reducción de pérdidas en transformadores eléctricos. Separadores magnéticos de materiales no ferrosos.   | Plantas de tratamiento de residuales sólidos urbanos. Medidas para reducción de efecto Joule por corrientes parásitas de Foucault. (*)   |

| Asignatura | Tema y Aspecto  | Aplicación  | Comentario   |
|------------|---|---|--|
| Física II  |   |   |  |
|            | Oscilaciones electromagnéticas libres en circuito RLC. Casos de amortiguamiento | Amortiguamiento crítico.  | Casos de empleo de esta condición para el regreso de sistemas a su estado de equilibrio.   |
|            | Oscilaciones electromagnéticas forzadas en circuito RLC. Resonancia.            | Aumento del factor de potencia por balance entre cargas capacitivas e inductivas. | Reducción de la potencia reactiva y mejor uso de la capacidad instalada en las centrales eléctricas.   |
|            | Ondas electromagnéticas   |   |  |
|            | Óptica geométrica. Leyes de la reflexión y refracción.                          | Reflexión de la radiación en la atmósfera. Microscopios e instrumentos ópticos.   | Efecto invernadero. Microscopio metalográfico. Refractómetro de Abbe.  |
|            | Óptica Ondulatoria. Interferencia   | Interferómetro de Linnik.   | Rugosímetro interferencial.  |
|            | Óptica Ondulatoria. Redes de Difracción.  | Red de difracción como instrumento para en análisis espectral.                    | Análisis espectral para la determinación de composición de materiales. (**)  |
|            | Óptica ondulatoria. Polarización.   | Filtros polarizadores. Análisis de tensiones usando birrefringencia artificial.   | Filtros atenuadores de la radiación solar para reducir carga térmica de habitaciones y locales. Método foto elástico para análisis de tensiones. |

Para el caso de la Física III lo más significativo fue la introducción del tema de Física de los Sólidos y la definición en el mismo de los sistemas de conocimiento y habilidades y la detección del vínculo con temas afines de la carrera tratados en otras asignaturas y su contribución a las habilidades profesionales y a la motivación del estudiante. En la tabla que sigue se resume la labor realizada.

| Asignatura | Tema y Aspecto  | Aplicación   | Comentario   |
|------------|---|--|--|
| Física III |   |  |  |
|            | Propiedades corpusculares de la luz. Radiación Térmica.                           | Mecanismo de conducción del calor. Reducción de pérdidas y aumento de eficiencia.  | Superficies selectivas de absorbedores en instalaciones solares. Pirómetros de radiación.  |
|            | Física Atómica. Átomos multi-electrónicos.  | Líneas espectrales. Producción de los rayos X. Términos espectrales  | Análisis espectral para la determinación de composición de materiales. (**). Uso de los rayos X para la radiografía.   |
|            | Física de los Sólidos. Estructura cristalina. Propiedades físicas de los sólidos. | Difracción de rayos X. Dilatación térmica. Conductividad térmica. Conductividad eléctrica. Propiedades magnéticas. Histéresis. | Métodos dilatométricos para seguir las transformaciones de fase en materiales. Identificación de fases por difracción de rayos X. Unión de piezas por interferencia dimensional. Necesidad de lazos de expansión en tuberías largas. Selección de materiales para conductores eléctricos. (***) Selección de materiales para intercambiadores de calor. Selección de materiales para aislamiento térmico. Selección de materiales para núcleos de transformadores. (*) |



| Asignatura | Tema y Aspecto   | Aplicación   | Comentario  |
|------------|--|--|---|
| Física III | Física Nuclear. Reacciones de fisión y fusión. Interacción de la radiación con las sustancias. | Centrales nucleares. Aplicaciones de los radioisótopos. Control de espesores y defectos. | Energética nuclear. Peso actual e impacto ambiental. Métodos no destructivos para verificar uniones soldadas. |

El programa de prácticas de laboratorio también fue objeto de nuestro trabajo. Se montaron las prácticas para esta última asignatura y se evaluaron varias de ellas ya en su aplicación con los estudiantes evaluando su calidad y recogiendo las opiniones de los estudiantes [3]. Otro grupo fue evaluado a nivel de montaje, ya que el actual fondo de tiempo de la asignatura no permitió su realización por los estudiantes. En la actualidad se estudian alternativas para que sean realizadas por los estudiantes tal vez a través de un curso optativo.

El tratamiento de los temas con los propósitos definidos es el siguiente: explicación del fenómeno en base a algún modelo microscópico que ilustre su esencia, presentación de la ecuación matemática que describe el fenómeno ya a escala macroscópica, pero basada en el modelo anterior y que por tanto describa los principales elementos del mismo y destaque de los parámetros importantes que servirán de base a cálculos prácticos e ingenieriles. En este momento se brinda la aplicación que guarda estrecha relación con la carrera, se señala su presencia en otras asignaturas del plan de estudio y se aprovecha para destacar la habilidad profesional implicada. Por último se ofrece la manera de determinar experimentalmente precisamente esos parámetros que resultan importantes para los cálculos ingenieriles.

Ilustremos la lógica seguida en la presentación desde la Física de algunos contenidos concretos para enfatizar en las habilidades profesionales. A manera de ejemplo tomemos algunos aspectos del sistema de conocimientos.

Dilatación térmica. En la asignatura Física III este se aborda en el Tema Física de los Sólidos en lo concerniente a Propiedades Físicas de los Sólidos y se explica este fenómeno a partir del modelo de la red cristalina y la asimetría de los potenciales asociados a las fuerzas interatómicas que favorecen el desplazamiento en el sentido de la dilatación al aumentar las amplitudes de las oscilaciones con el aumento de la temperatura. Luego se presenta la ecuación que describe macroscópicamente la dilatación térmica

de un cuerpo y se introduce el coeficiente de dilatación lineal de las diferentes sustancias que resulta el elemento base para los cálculos. Seguidamente se muestra la posibilidad de uso de dicho fenómeno en la sujeción de piezas haciendo uso de lo que se llama interferencia dilatométrica. También se ejemplifica con la necesidad de introducción de lazos o bucles de expansión en los tramos largos de tuberías metálicas. Aquí se vincula con las asignaturas.... y...en que esto se hace con detalle. En la clase práctica se resuelven ejercicios en que se emplea la ecuación pero sobre problemas de aplicación y se aprovecha para destacar de nuevo la utilidad de la interferencia dilatométrica. Para cerrar el ciclo tenemos una práctica de laboratorio sobre dicho fenómeno en que se determina experimentalmente el coeficiente de dilatación lineal de las sustancias.

Variación de la resistencia en los metales con la temperatura. En la asignatura Física II se presenta el modelo clásico de la conducción electrónica y en base al mismo se explican las causas de la resistencia eléctrica y el por qué esta aumenta con la temperatura. Luego se presenta la ecuación que describe la variación de la resistencia con la temperatura y se introduce el coeficiente de temperatura de la resistencia, que resulta positivo para los metales. La dependencia presentada es lineal y se observa de forma estricta con este carácter para algunos metales en algunos intervalos de temperatura. Destaca el caso del platino para el cual es lineal para todo el intervalo de temperaturas y de ahí el uso de las resistencias de platino para la medición de temperaturas muy altas. Para cerrar el ciclo tenemos una práctica de laboratorio en la que se determina experimentalmente el coeficiente de temperatura de la resistencia para el cobre.

Estructura de las sustancias cristalinas. En la asignatura Física III el tema Física de los Sólidos se inicia con el estudio de la estructura cristalina de las sustancias, los tipos de redes y sus características así como las particularidades del fenómeno de la difracción de los rayos X en los cristales. A partir de la deducción de la expresión de la intensidad del haz difractado en el caso de una dispersión elástica se obtiene el factor de estructura para cada tipo de red y de esta manera se explica la presencia de determinadas líneas de difracción característica de cada una. Esto se emplea en la identificación de las estructuras a partir del procesamiento de los datos obtenidos de su patrón de difracción. Para cerrar el ciclo tenemos una práctica de laboratorio sobre difracción de rayos X en un cristal de cobre en la que se determina experimentalmente la distancia interplanar correspondiente a determinada familia de planos cristalinos y se verifica con la que se calcula teóricamente.

Absorción de la radiación por las sustancias. En el tema de Física Nuclear se estudia la interacción de las radiaciones ionizantes con las sustancias y en particular los mecanismos de absorción de la radiación en dependencia de la energía de los fotones y la ley exponencial de absorción de la radiación. En esta destaca el coeficiente de absorción lineal cuyo valor determina el grado de atenuación para un espesor dado. De aquí se pueden derivar dos aplicaciones: el cálculo de los espesores para la protección contra ellas, resaltando el plomo como material más empleado y el uso de la radiación para la detección de defectos en uniones soldadas. Para cerrar el ciclo tenemos una práctica de laboratorio sobre absorción de la radiación beta por las sustancias en la que se determina experimentalmente el coeficiente de absorción lineal del aluminio.

Se han utilizado otras modalidades no solo las que se derivan de los tipos de clases (conferencias, clases prácticas, seminarios y laboratorios). Por ejemplo, se han generados tareas investigativas, se asigna la preparación de pequeñas intervenciones para exponer brevemente en las clases por estudiantes con aplicaciones, se adoptan nuevas modalidades para el examen final de las asignaturas con desarrollo de temas específicos por parte de estudiantes con buen aprovechamiento durante el semestre, etc.

## CONCLUSIONES

La disciplina Física posee innumerables oportunidades para contribuir al desarrollo de las habilidades profesionales del ingeniero mecánico.

Quedaron definidos los aspectos a tratar en los sistemas de conocimientos con presencia en disciplinas posteriores y se definieron las formas de docencia adecuadas para abordarlos.

Quedaron establecidas las potencialidades educativas de las asignaturas en las cuales aparecen detallados los vínculos con la actividad profesional.

Se realizó el diseño, montaje e implementación del sistema de prácticas de laboratorios.

El actual programa posee probadas ventajas y garantiza un alto nivel de motivación en los estudiantes desde los primeros semestres cuando reciben las asignaturas del ciclo básico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Falcón Tanda, H. (2004). Una concepción teórica de profesionalización como base para el diseño de la disciplina Física General en Ingeniería. Aplicación en la carrera de Ingeniería Mecánica. Doctor en Ciencias Pedagógicas CUJAE. La Habana, CUJAE, La Habana.
- [2] Hernández A. (2008). "Las potencialidades educativas de la asignatura Física III de la carrera de Ingeniería Mecánica. In En CD de trabajos presentados en la Conferencia Científica Internacional de COMEC 2008. Universidad Central de Las Villas.
- [3] Hernández A. Hernández A, Tsering S. (2009). "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". In En CD de trabajos presentados en el V Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitaria V TIBERO. Universidad de la Habana.