Ninth LACCEI Latin American and Caribbean Conference (LACCEI'2011), Engineering for a Smart Planet, Innovation, Information Technology and Computational Tools for Sustainable Development, August 3-5, 2011, Medellín, Colombia.

Física y Ciencia de los Materiales: oportunidades del vínculo interdisciplinario en el currículum de Ingeniería Mecánica.

Hernández Fereira Arcelio A., Castellanos González Luís M

Universidad de Cienfuegos, Cienfuegos, Cuba, Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias, Colombia.

RESUMEN

Algunos tópicos previstos en los cursos de Ciencia de los Materiales en las carreras de Ingeniería Mecánica podrían ser presentados de una forma más profunda y ser mejor comprendidos por los estudiantes si los mismos son tratados con un estilo de enseñanza especial durante los cursos de Física.

Este trabajo interdisciplinario requirió de la identificación de los tópicos correspondientes a ambas disciplinas que estaban relacionados y la definición de su tratamiento dentro de las asignaturas de Física. Esto incluyó la planeación y diseño de actividades académicas, innovaciones en el sistema de evaluación, la organización del trabajo científico en los primeros semestres. Tal tratamiento didáctico incrementa la motivación de los estudiantes desde los primeros semestres y contribuye a elevar las habilidades profesionales del futuro ingeniero.

Palabras Claves. Vínculo interdisciplinario, Física, Ciencia de los Materiales, oportunidades

ABSTRACT

Some topics foreseen in Materials Science courses in Mechanical Engineering career could be presented in a deeper way and successfully understood by students if they are treated in a special teaching style during Physics courses.

This interdisciplinary work required the identification of the related topics and the definition of its treatment within Physics subjects. That included planning and designing of academic activities, innovations in the evaluation system, organization of student scientific work in the first semesters. Such didactic treatment increases the motivation of the students since initial semesters and contributes to raise the professional skills of the future engineer.

Key words: Interdisciplinary link, Physics, Materials Science, opportunities.

1. INTRODUCCIÓN

El problema de la relación que debe haber entre la Formación Básica y la Formación Profesional es muy debatido a escala internacional. Resumiendo los planteamientos de los educadores y dirigentes académicos de ingeniería en este aspecto: "***Que el primer atributo del tipo de ingeniero que será requerido en el año 2010, sea la comprensión de los fundamentos. Las ciencias de Ingeniería no tratan con ningún sistema especifico, sino que enfatizan en los principios fundamentales aplicables a condiciones, sistemas, maquinas y procesos de especial interés para los ingenieros…"*** (Informe Technion sobre la enseñanza de la ingeniería).

Por otra parte la cuestión de la interdisciplinaridad: el reto de integrar los conocimientos, las habilidades, las destrezas, los hábitos y los valores en el ejercicio de profesión a través la adecuada integración de las asignaturas y disciplinas que conforman el currículo.

Estos dos planteamientos son las direcciones fundamentales en que se basa el presente trabajo. Para este propósito se requiere que las asignaturas de profesión sean más científicas, en tanto que las de formación básica sean más profesionales.
De modo que nuestra investigación fue dirigida al perfeccionamiento de una disciplina de tanto impacto en la formación básica del ingeniero como es la Física, pero desde una óptica de relación interdisciplinaria.

1.1. Breve caracterización del currículo de Ingeniería Mecánica

En la figura 1 se muestran resumidamente las disciplinas componentes de la carrera de Ingeniería mecánica por semestres y años académicos. Los tres dos primeros años se emplea la organización semestral y a partir de tercero la trimestral dedicando el último semestre a práctica de producción y desarrollo de proyectos integradores.

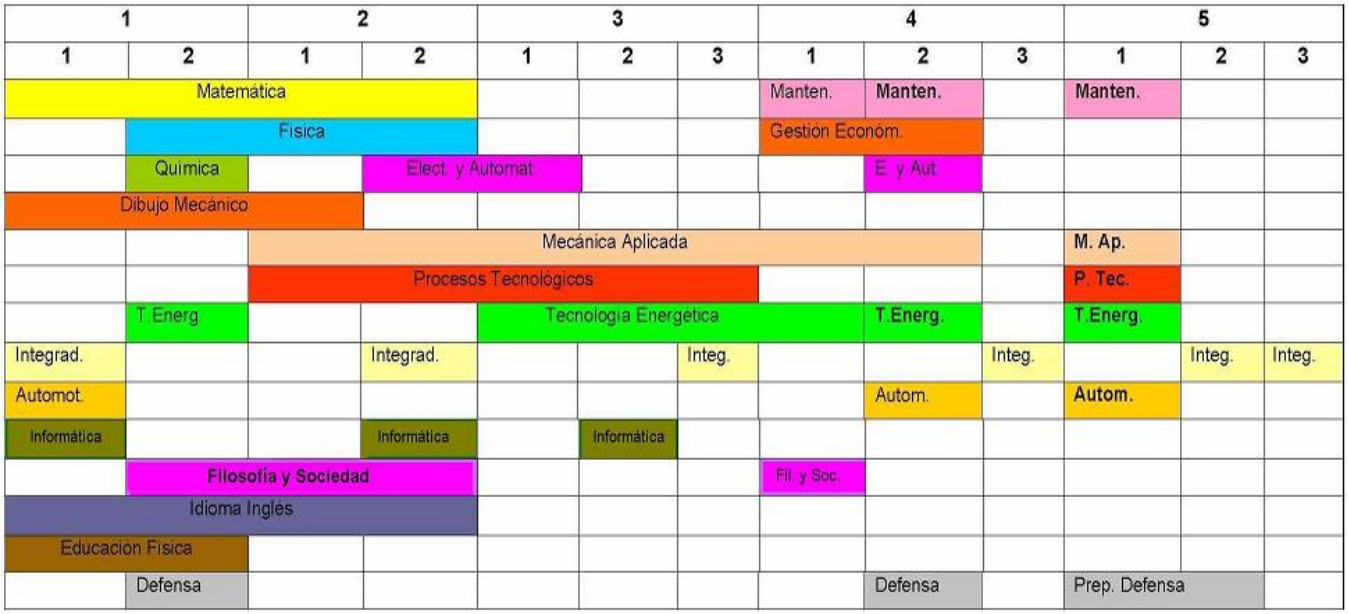

Figura 1. Distribución de disciplinas por años y semestres de la carrera de Ingeniería Mecánica.

Como se puede apreciar se distinguen varios grupos de disciplinas entre las cuales destacamos las de Formación Básica, donde se incluyen Matemática, Física, Química, entre otras y las de Formación Profesional donde se incluyen entre otras Mecánica Aplicada, Tecnología Energética, Mantenimiento, Procesos Tecnológicos a la cual pertenecen las asignaturas de Ciencia de los Materiales.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Comenzamos por diagnosticar el grado de interrelación existente entre contenidos de la disciplina Física, perteneciente al ciclo de Ciencias Básicas y de la disciplina Ciencia de Materiales, del ciclo de Formación Profesional, tarea que ocupa una importante posición en el diseño curricular contemporáneo de las carreras de Ingeniería. Para ello se procedió a un minucioso estudio de los programas de ambas disciplinas y las correspondientes asignaturas componentes. Los aspectos analizados fueron: el sistema de conocimientos, el sistema de habilidades, los niveles de asimilación previstos para cada contenido, el grado de profundidad en el tratamiento matemático, entre otros.

Luego de realizar el diagnóstico antes mencionado y detectadas las posibilidades y oportunidades en el vínculo interdisciplinario, procedimos a definir el tratamiento más adecuado de cada uno de los contenidos dentro de la disciplina Física para lograr un mejor aprovechamiento de estos fundamentos cuando fueran a ser abordados dentro de Ciencias de los Materiales.

Complementariamente se realizó un análisis de los contenidos de la disciplina Ciencia de Materiales buscando las prioridades temáticas en Ciencia de Materiales orientadas hacia el perfil de Ingeniería Mecánica. Nos percatamos que los programas de los cursos de Ciencia de Materiales en Ingeniería son muy dependientes del tipo de materiales y las propiedades vinculadas con los mismos que resultan los de mayor aplicación en esa rama. Así, en Ingeniería Mecánica, el énfasis fundamental se realiza en materiales metálicos, polímeros, cerámicos y materiales compuestos. La lógica puede ilustrarse en el ejemplo mostrado en la figura 2.

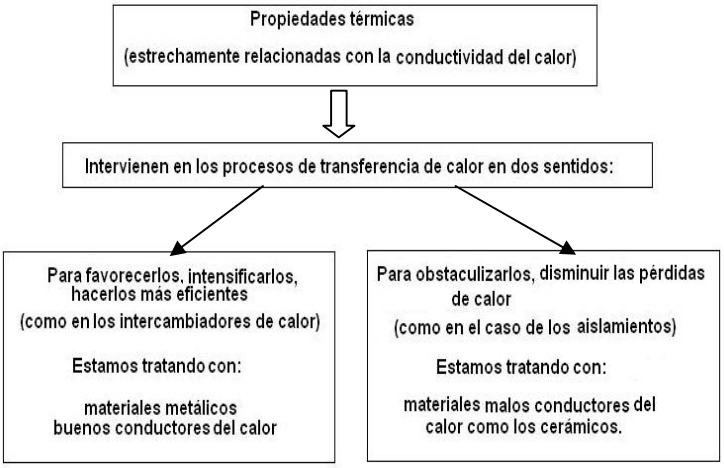

Figura 2. Esquema de la lógica para definir las prioridades temáticas en Ciencia de los Materiales.

3. RESULTADOS Y DISCUSIONES

Luego de realizar las tareas antes mencionadas pudimos arribar a las siguientes consideraciones.
La definición del grado de interrelación buscado se puede resumir en lo siguiente:

- *El sistema de conocimientos de la disciplina Física presenta un alto grado de vinculación con los contenidos del programa de la disciplina Ciencia de Materiales de Formación Profesional.*

Esta coincidencia permite que algunos contenidos del programa de Ciencia de Materiales puedan ser tratados con mayor profundidad y ser mejor comprendidos al haber sido previamente tratados en los cursos de Física.

- *Es prácticamente idéntico el nivel del tratamiento científico que se da en algunos temas, como por ejemplo el caso de las propiedades físicas de los sólidos.*

Haber detectado y evidenciado estos tipos de solapamientos permitirá perfeccionar y optimizar el diseño curricular. Posibilita descargar el programa de Ciencia de Materiales en base a los aspectos coincidentes que fueron tratados a profundidad en los cursos de Física. De esta forma no reiterar contenidos y reforzar otros que no tienen antecedentes en Física.

- *Se aprecia la posibilidad de garantizar un adecuado equilibrio entre la lógica interna de los contenidos de la Física y el enfoque profesional que se exige dar a ésta.*

Defendemos la idea que los contenidos del programa no pueden ser exclusivamente enciclopédicos, deben proveer los conocimientos básicos necesarios y entrenar en la realización de las acciones fundamentales de la futura actividad profesional. Estamos insistiendo por un desarrollo formativo de los estudiantes inmerso en un pensamiento interdisciplinario, donde no vea los fenómenos desde un solo punto de vista de determinada ciencia (Falcón, 2004).

Pretendemos que el futuro ingeniero sea capaz de analizar el problema que en su objeto de trabajo se manifiesta determinando el fenómeno físico estudiado y sea capaz de resolverla teniendo el dominio de la base física de una serie de técnicas de análisis y caracterización de materiales que la disciplina brinda. Al organizar de esta forma los cursos de Física se logra que los estudiantes adquieran las habilidades vinculadas con las técnicas de determinación de propiedades físicas empleadas en la caracterización e investigación de los materiales, con las cuales se garantizan la realización de las actividades de explotación, diseño, proyección, mantenimiento, acciones de máxima prioridad en el modelo profesional del ingeniero mecánico. De modo que se hace necesaria la derivación del sistema de conocimientos y habilidades profesionales hacia el interior de la disciplina Física (Hernández and Muñiz, 2009).

En los cursos de Física generalmente se desarrollan muchos aspectos con un esquema de presentación tradicional: caracterización del fenómeno, introducción de las magnitudes físicas para describirlo, precisando sus dependencias con algunos factores. Sin embargo, es posible generalizar y hacer más abarcadores los conceptos para garantizar un conocimiento más profundo y mejor orientado al campo de acción profesional, lo cual hace la enseñanza de la Física más funcional (Hernández, 2008). Así para cumplir con estas nuestras aspiraciones metodológicas introducimos en los contenidos de la Física lo que le hemos dado en llamar **"un valor agregado"**. Ilustraremos ese sencillo aporte con el siguiente ejemplo.

Dos formas en el tratamiento de un mismo contenido.
Tema: Propiedades magnéticas de las sustancias.

Tratamiento tradicional	Tratamiento propuesto
Caracterización del fenómeno, introducción de las magnitudes físicas para describirlo: M, B, χ, μ señalando, para esta última, la dependencia de su valor con la sustancia.	Caracterización del fenómeno, introducción de las magnitudes físicas para describirlo: M, B, χ, μ señalando, para esta última, la dependencia de su valor no solo con la sustancia (elemento químico) sino además de su estructura cristalina (incluido el estado en que se encuentre), la cual puede ser diferente en dependencia de las condiciones físicas. Noción de polimorfismo y alotropía.
¿De qué bagaje (información) científica se ha apoderado el estudiante?	
Cada sustancia tiene un valor de μ según el cual se clasifica en cuanto a sus propiedades magnéticas. El estudiante asocia el valor de μ en relación con el elemento químico.	Cada forma alotrópica de una sustancia posee un valor diferente de μ en función de su estructura que puede diferir significativamente de la otra. Existe la posibilidad de que una misma sustancia exhiba propiedades magnéticas diferentes cuando se encuentre en diferentes formas alotrópicas.
Posibilidades de vínculo con la Ciencia de Materiales	
Muy limitada, solamente permitiría caracterizar sustancias puras.	Se pueden emplear las propiedades magnéticas para detectar los cambios de una forma alotrópica a otra y para determinar la abundancia relativa cuando coexisten más de una fase.

Ejemplo ilustrativo del tratamiento propuesto para el tópico difracción de rayos X

Tradicionalmente la difracción de los rayos X solamente abarca el planteamiento de la *ley de Bragg* que especifica las direcciones en que se producen los máximos de difracción en dependencia de la distancia interplanar. Sin embargo, esta no especifica la intensidad de los haces difractados. Realizando la deducción de la intensidad del haz difractado partiendo de la condición de dispersión elástica de la radiación X por los electrones de los átomos localizados en determinadas posiciones de la celda elemental se puede obtener **el factor de estructura de la red**. Con ayuda del mismo se puede predecir de cuáles planos cristalinos estarán presentes las reflexiones en el haz difractado en dependencia del tipo de red. Este es el fundamento del análisis cualitativo de fases. Con su empleo se pueden seguir los procesos de transformaciones de fases en los metales y aleaciones que constituye uno de los aspectos de mayor relevancia en las Ciencia de los Materiales, por ejemplo cuando se abordan los mecanismos de endurecimiento de los materiales.

De manera similar se definió para cada uno de los contenidos identificados que revelaban la existencia de relación entre ambas disciplinas. La tabla I sistematiza los resultados del trabajo realizado para dar el cumplimiento a nuestras aspiraciones metodológicas descritas anteriormente con el objetivo de perfeccionar la enseñanza de la Física, haciéndola más funcional al introducir lo que llamamos el "**valor agregado"** en el tratamiento de sus contenidos. En la misma aparecen los temas y aspecto dentro del mismo, los contenidos, su aplicación y un breve comentario de la forma en que se enfocará su tratamiento para nuestros propósitos.

Tabla 1. Resumen de los resultados del proceso de identificación de los contenidos que vinculan ambas disciplinas y enfoque propuesto en el tratamiento de los mismos en las asignaturas de Física.

Tópicos de Física	Valor agregado	Contenido en Ciencia de Materiales
Curvas de fuerza y energía potencial. Análisis de posibilidades de movimiento.	Discutir las curvas específicas de fuerza y energía potencial en el enlace entre átomos.	Tipos de enlace. Mecanismo de la deformación elástica
Trabajo y Energía. Conservación de la energía.	Discutir el fundamento del péndulo Charpy.	Propiedades mecánicas y ensayos para determinarlas.
Termodinámica. Constancia de la temperatura durante los cambios de fase.	Extender el concepto de fase para tratar cambios dentro en un mismo estado (sólido).	Construcción de diagramas de fase a partir de las curvas de enfriamiento.
Variación de la resistencia con la temperatura.	Introducir el platino como metal con característica lineal en todo el intervalo de temperaturas.	Instrumentación para medir y controlar la temperatura en los hornos para el tratamiento térmico y en análisis térmico diferencial (ATD).
Dependencia de la resistencia eléctrica con la sustancia.	Ampliar a fase y al estado en que se puede encontrar (deformado, tensionado)	Método resistométrico para seguir las transformaciones de fase y procesos de recuperación
Efecto Seebeck.	Principio de trabajo del termopar	Instrumentación para medir y controlar la temperatura en los hornos para el tratamiento térmico y en ATD.
Radiación térmica	Fundamento del pirómetro de radiación. Introducir correlación color-temperatura	Uso de pirómetros de radiación en fundiciones. Criterios prácticos durante los tratamientos térmicos.

Óptica geométrica	Estructura del microscopio metalográfico y método de inmersión para incrementar el aumento.	Microscopía óptica, posibilidades de observación y caracterización de la estructura (fases presentes y su distribución, tamaño del grano, etc.
Estructura cristalina	Redes típicas y su caracterización, planos y direcciones cristalinas, densidad de átomos por unidad de superficie en los planos	Sistemas de deslizamiento de cada estructura durante la deformación plástica y el movimiento de las dislocaciones.
Rayos X. Producción y uso.	Uso particular de cada tipo de radiación presente en el espectro de rayos X. Características de los tubos de rayos X usados para su generación.	Radiografía X para detección de defectos luego de procesos tecnológicos (soldadura, fundición) usando el espectro continuo. Difracción de rayos X para caracterizar estructura utilizando el espectro característico.
Difracción de rayos X	Deducción de la expresión para el factor de estructura a partir de la dispersión elástica de la radiación X en un cristal.	Análisis cualitativo y cuantitativo de fases. Transformaciones de fases con la temperatura.
Ley exponencial de atenuación de la radiación ionizante al paso por las sustancias.	Ejemplificar para cuando hay dos sustancias de coeficiente de absorción distinto como inclusiones, escorias, etc. en metales. Fundamento de la defectoscopía.	Defectos presentes en los materiales luego de procesos tecnológicos de elaboración.
Propiedades magnéticas de las sustancias. Ferromagnetismo.	Transformaciones magnéticas presentes en el hierro.	Métodos magnéticos para identificar fases y transformaciones de fases. Determinación de % de fases no magnéticas.
Dilatación térmica. Coeficiente de dilatación térmica. Dependencia de sus valores de la sustancia.	Ampliar el concepto a fase, vincularlo con la estructura cristalina y relacionar con estas el coeficiente de dilatación diferente. Polimorfismo y alotropía.	Método dilatométrico para detección e identificación de transformaciones de fases.
Capacidad calorífica. Dependencia de los valores de la sustancia.	Ampliar el concepto a fase, vincularlo con la estructura cristalina y relacionar con estas el valor de la capacidad calorífica diferente. Polimorfismo y alotropía.	Método de ATD para detección e identificación de transformaciones de fases.
Oscilaciones armónicas.	Introducir las tensiones que oscilan de forma armónica en ensayo de fatiga.	Ensayos de materiales, propiedades mecánicas.

El nuevo enfoque en el tratamiento de los contenidos, que se caracteriza por el incremento del nivel científico y de la complejidad para satisfacer el propósito de vincularse con la esfera profesional, requiere de transformaciones:

En las actividades académicas

Se incrementó el número de clases tipo seminario para la exposición y debate de los aspectos en cuyas guías para la preparación se introducían elementos de vínculo con la profesión. Se remodelaron algunas prácticas de laboratorio para alcanzar la formación de habilidades profesionales durante la realización de las mismas en Física.

Por ejemplo la práctica de difracción de rayos X solo contemplaba la localización del máximo de difracción correspondiente a un plano y calcular la distancia interplanar ofreciendo como dato el tipo de red cristalina. Ahora se planteó la localización angular de los máximos, la deducción del tipo de red cristalina (atendiendo al factor de estructura), la identificación de los índices de Miller de dichos planos, el cálculo de la distancia interplanar de los mismos y el parámetro de la red.

En las modalidades de evaluación

También se modificaron las modalidades de evaluación, favoreciendo aquellas que propenden al trabajo más independiente de búsqueda, investigación, diseño y realización de actividades experimentales, confección de informe técnico y defensa. Esto se extendió hasta el examen final en algunos casos. Como culminación se propició la presentación de los trabajos en el evento científico estudiantil que se organiza anualmente por el Departamento, cuyo propósito es promover el trabajo científico estudiantil en los primeros años de la carrera desde el currículo de la disciplina Física.

4. CONCLUSIONES

El presente trabajo orientado al perfeccionamiento de la enseñanza de la Física en el currículo de la Ingeniería Mecánica:

1) Permite perfeccionar y optimizar el diseño curricular de la carrera, delimitando los niveles de preparación general y especial que se requiere del egresado.

2) Interconecta en el proceso de enseñanza de la Física elementos tales como el modelo del profesional, sus modos de actuación y la lógica de la ciencia en que se basa la disciplina docente.

3) Revela el carácter funcional de la Física en las carreras de Ingeniería, incrementando los niveles de motivación por la carrera y adquisición de una actitud positiva hacia la ciencia.

4) Proporciona una preparación más sólida con la que estudiantes arriban a Ciencia de Materiales permitiendo una mejor compresión de los contenidos con el enfoque más científico, permitiendo la realización de tareas o proyectos de investigación.

5) Hace el trabajo experimental en los Laboratorios de Física más significativo para los estudiantes contribuyendo el desarrollo de las habilidades profesionales.

6) Permite las innovaciones en el proceso de evaluación de la disciplina acorde a las tendencias actuales.

7) Abre el espacio para la organización del trabajo científico estudiantil en los primeros años de la carrera desde el currículo de las ciencias básicas.

8) Se caracteriza por su actualidad y universalidad por lo que tiene la capacidad de transferencia para la posible aplicación en otras disciplinas.

5. REFERENCIAS

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

2. Falcón Tanda, H. *"Una concepción teórica de profesionalización como base para el diseño de la disciplina Física General en Ingeniería. Aplicación en la carrera de Ingeniería Mecánica"*. Tesis en Opción al grado de Doctor en Ciencias Pedagógicas, CUJAE. La Habana, 2004.

3. Hernández Fereira A., Muñiz Olite J.L "Design and Application of a Physics Course in Mechanical Engineer Career with emphasise in the professional skills". Journal of Science Education Vol. 10, 2009. Special Issue. Proceedings of the International Congress of Science Education 10 years of the Journal of Science Education, Cartagena, Colombia, 15-18 July 2009.

4. Hernández Fereira A. *"Las potencialidades educativas de la asignatura Física III de la carrera de Ingeniería Mecánica"*. En CD de trabajos presentados en la Conferencia Científica Internacional de Ingeniería Mecánica COMEC 2008. Universidad Central de Las Villas. ISBN-978-959-250-404-2.

Autorización y Renuncia

Los autores autorizan a LACCEI para publicar el escrito en las memorias de la conferencia. LACCEI o los editores no son responsables ni por el contenido ni por las implicaciones de lo que esta expresado en el escrito.