



**MEMORIA DE LAS ACCIONES DESARROLLADAS.  
PROYECTOS DE MEJORA DE LA CALIDAD DOCENTE.  
VICERRECTORADO DE PLANIFICACIÓN Y CALIDAD.  
XII CONVOCATORIA (2010-2011)**



## **DATOS IDENTIFICATIVOS**

### **1. Título del Proyecto**

Tutorías asistidas por Mapas Conceptuales para la enseñanza de las Ondas Mecánicas para la Ingeniería en el contexto metodológico del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

### **2. Código del Proyecto # 106020**

### **3. Resumen del Proyecto**

En consonancia con el modelo de Convergencia Europea (EEES), el desarrollo de unos Complementos Didácticos, apoyados en gran medida en el desarrollo previo de Mapas Conceptuales, aportaría a un enfoque innovador de la docencia, facilitando, guiando y tutorizando al estudiante en el proceso de aprendizaje en una materia, tal como las Ondas Mecánicas, que, por su carácter interdisciplinario, sus relevancia en distintas ramas de la Ciencia y de la Tecnología y su presencia en un extenso diseño curricular, tienen gran interés en una variada gama de Titulaciones Científicas y Técnicas.

En este marco de referencia hemos elaborado un conjunto de instrumentos, incluidos mapas conceptuales, resúmenes y presentaciones multimedia, destinados al apoyo de la docencia presencial en varias asignaturas que tienen los fen como parte sustancial de su contenido. Para ello, hemos planteado las ideas y conceptos propios de fenómenos ondulatorios mecánicos de tal modo que, además de rigurosos, resulten atractivos y esclarecedores para los alumnos. Hemos prestado especial atención a aquellos conceptos de más difícil asimilación por el alumno, conceptualizándolos mediante la conocida técnica de Mapas Conceptuales. Además, hemos incluido material práctico y de autoevaluación progresiva. El e-book resultante y el resto de los instrumentos están disponibles para los alumnos a través de la página WWW del coordinador de este Proyecto, en la dirección URL (<http://www.uco.es/users/mr.ortega/fisica/docencia/>), así como en el Aula Virtual de la UCO, estando disponibles, además, en soporte CD-rom y en soporte impreso los que se prestan a ello.

### **4. Coordinador del Proyecto**

<b>Nombre y Apellidos</b>	<b>Departamento</b>	<b>Código del Grupo Docente</b>	<b>Categoría Profesional</b>
Manuel R. Ortega Girón	Física Aplicada	77	Prof. Titular Univ.

## 5. Otros Participantes

Nombre y Apellidos	Departamento	Código del Grupo Docente	Categoría Profesional
Rafael López Luque	Física Aplicada	77	Prof. Titular Univ.
Antonio López Pinto	Física Aplicada	77	

## 6. Asignaturas afectadas

Nombre de la asignatura	Área de Conocimiento	Titulación/es
Fundamentos Físicos de la Ingeniería	Física Aplicada	Grado de Ingeniería Alimentaria y del Medio Ambiente Grado de Ingeniería Forestal Grado de Ingenierías Técnicas (EPS)
Energías Renovables	Física Aplicada	Grado de Ingeniería Alimentaria y del Medio Ambiente Grado de Ingeniería Forestal Grado de Ingenierías Técnicas (EPS)
Control del Medio Ambiente	Física Aplicada	Grado de Ingeniería Alimentaria y del Medio Ambiente Grado de Ingeniería Forestal

# MEMORIA DE LA ACCIÓN

*Especificaciones: Utilice estas páginas para la redacción de la Memoria de la acción desarrollada. La Memoria debe contener un mínimo de cinco y un máximo de diez páginas, incluidas tablas y figuras, en el formato indicado (tipo y tamaño de fuente: Times New Roman, 12; interlineado: sencillo) e incorporar todos los apartados señalados (excepcionalmente podrá excluirse alguno). En el caso de que durante el desarrollo de la acción se hubieran producido documentos o material gráfico dignos de reseñar (CD, páginas Web, revistas, vídeos, etc.) se incluirá como anexo una copia de buena calidad.*

## 1. Introducción

*(justificación del trabajo, contexto, experiencias previas etc.)*

Los conceptos de enseñanza y de aprendizaje han experimentado una revisión profunda y constante en el último decenio. En las modernas teorías educativas no se sigue contemplando la figura del docente como un simple transmisor del conocimiento y, en consecuencia, no cabe considerar al alumno como un mero receptor del mismo. De forma paulatina, pero inexorablemente, la interacción profesor-alumno se ha ido adaptando a estos cambios de modo que, actualmente, la labor del profesor se considera como la de un facilitador del acceso al conocimiento, una guía y un tutor para la adquisición de destrezas, convirtiéndose el alumno en el actor principal y activo del proceso de aprendizaje.

Los profesores proponentes, entendiendo las ventajas que aporta a este nuevo enfoque de la docencia, y en consonancia con el modelo de Convergencia Europea (EEES), nos hemos empeñado en el desarrollo de unos Complementos Didácticos, en los que hemos incluido Mapas Conceptuales y abundante material multimedia, para facilitar, guiar y tutorizar al estudiante en el proceso de aprendizaje y captación comprensiva de los fenómenos ondulatorios mecánicos que, por su carácter interdisciplinario y su transversalidad debida a su implicación en diversas ramas de la Ciencia y de la Tecnología, ocupa un lugar destacado en la mayor parte de los temarios de los cursos Universitarios de Física y de Fundamentos Físicos para diversas ramas de la Ingeniería.

## 2. Objetivos

*(concretar qué se pretendió con la experiencia)*

Hemos entendido el presente proyecto no tan solo como una aproximación a la enseñanza virtual, no presencial, de los fenómenos ondulatorios mecánicos, complementaria de la enseñanza presencial en el aula y en el laboratorio, sino también como una adaptación de contenidos y métodos en el contexto del Espacio Europeo de Educación Superior (EEES).

Nuestro objetivo ha sido el desarrollo unos Complementos Didácticos en el marco de las Ondas Mecánicas que forma parte de los Programas de las Asignaturas de Fundamentos Físicos que forman parte del desarrollo curricular de las Titulaciones Científico-Técnicas. En definitiva, proyectamos desarrollar unos Complementos Docentes de Apoyo a las Tutorías en el marco de Ondas Mecánicas que forma parte de los Programas de las Asignaturas de Fundamentos Físicos de la Ingeniería en el contexto curricular de las Titulaciones Técnicas de Grado contempladas tras la implantación del Plan Bolonia en nuestras Facultades y Escuelas de Ingeniería, transversalizando contenidos, competencias y habilidades..

Con carácter general, la redacción de los temas seleccionados, así como la preparación de las ilustraciones estáticas asociadas a los mismos, ha estado orientada por las siguientes líneas directrices:

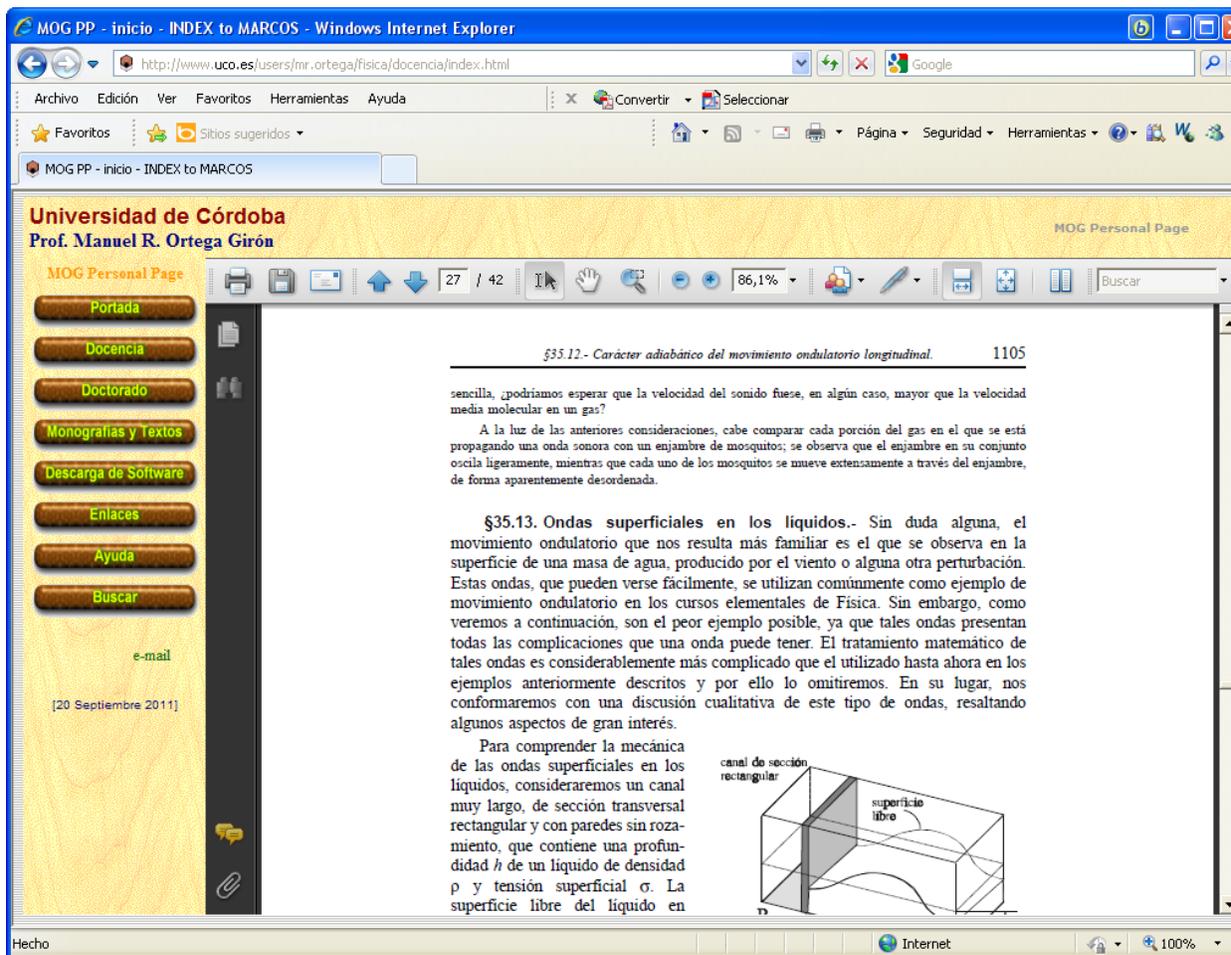
- En todos los temas nos hemos propuesto poner de relieve la interconexión de las Ondas Mecánicas con las otras ramas de la Física y hemos procurado resaltar que ciertos conceptos clave son comunes a diferentes áreas de la Física. En particular, resaltamos constantemente el concepto de energía como vínculo entre esas ramas, así como las leyes de conservación.
- Procuramos evitar la exposición excesivamente axiomática y formal de los fenómenos ondulatorios a fin de que su comprensión resulte más intuitiva y relacionada con la realidad directamente observable. Aspiramos a que el estudiante entienda los fenómenos ondulatorios mecánicos como un intento de comprensión y descripción de los fenómenos naturales y que su relevancia práctica.
- Por último, hacemos hincapié en el carácter práctico-experimental de los fenómenos ondulatorios, enfatizando la relación existente entre teoría y experiencia, en su mutua dependencia y en su mutua fecundación.

Con nuestro trabajo hemos pretendido, y por nuestra experiencia previa en otras unidades docentes confiamos haberlo conseguido, alcanzar los siguientes objetivos:



**Ilustración 1.-** Página de entrada a la oferta de complementos docentes “online” en la WWW.

- Facilitar la organización lógica y estructurada de los contenidos de aprendizaje.
- Suministrar al alumno una herramienta que le permita seleccionar, extraer y separar la información significativa de la accesoria.
- Integrar la información en un todo, estableciendo relaciones de subordinación e interrelación.
- Desarrollar ideas y conceptos a través de un aprendizaje interrelacionado, pudiendo precisar si un concepto es importante y válido en si y si hacen falta relacionarlo con otros desarrollados en otras unidades docentes; i.e., determinar la necesidad de investigar y profundizar en los contenidos de modo sistémico.
- Organizar el pensamiento y el conocimiento.
- Insertar nuevos conceptos en la propia estructura de conocimiento.



**Ilustración 2.-** Ejemplo de visualización “online” del contenido del e-book de Ondas Mecánicas

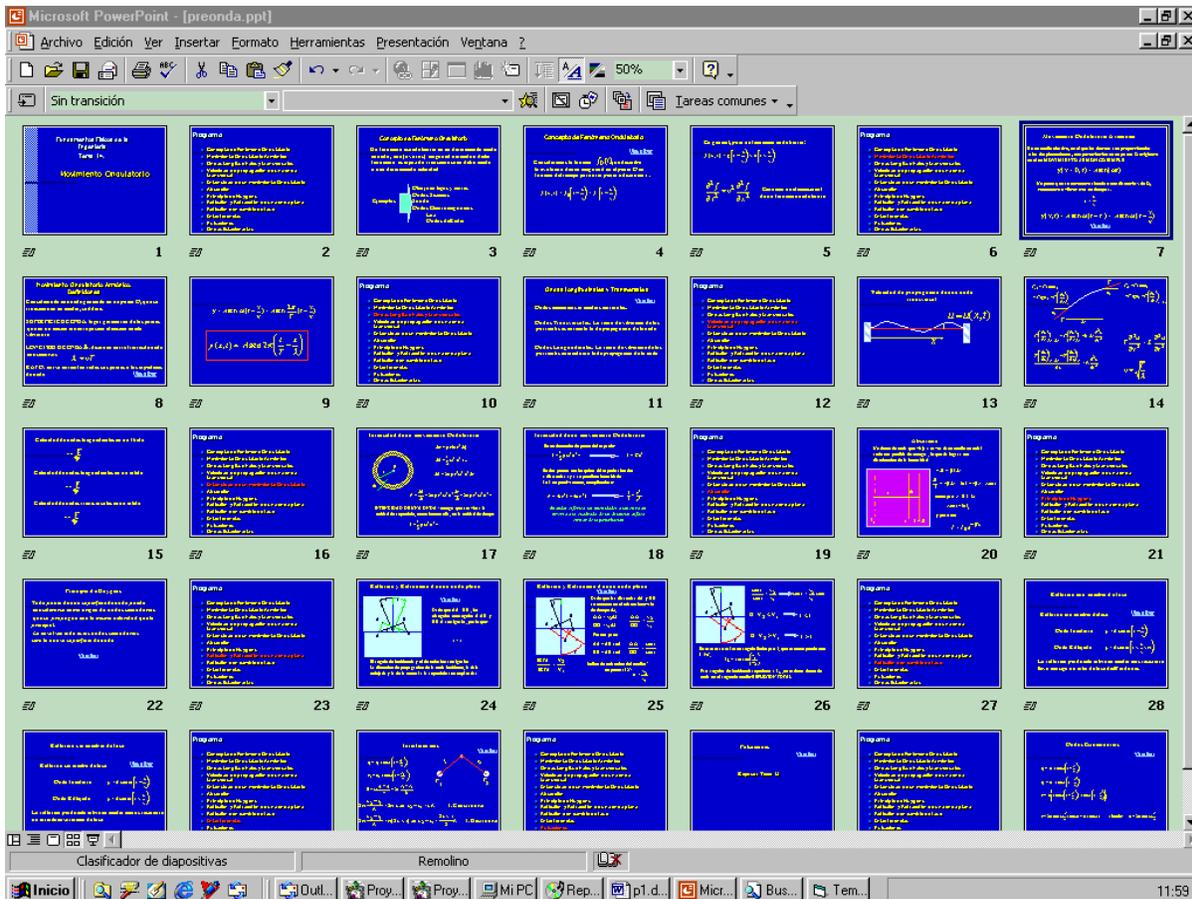
- Expresar el propio conocimiento actual acerca de un t3pico
- Emplear im3genes y esquemas (est3ticos y animados) para facilitar el proceso de memorizaci3n.

### 3. Descripci3n de la experiencia

(exponer con suficiente detalle lo realizado en la experiencia)

#### 3.1. Preparaci3n b3sica

Hemos comenzado nuestro trabajo redactando unas **Gu3as de Estudio**, consistentes en un texto b3sico asociado con la exposici3n de los conceptos y magnitudes propias de los fen3menos ondulatorios, as3 como su formulaci3n matem3tica y de los desarrollos matem3ticos asociados con esos conceptos y magnitudes. A tal efecto hemos consultado abundante documentaci3n bibliogr3fica sobre los temas a desarrollar. Para cada uno de ellos hemos redactado unas Gu3as de Estudio, bien documentadas y con gran profusi3n de informaci3n gr3fica, en las que se resumen los contenidos b3sicos de cada uno de los temas y de las unidades conceptuales y pr3cticas



Ilustraci3n 3.- Gu3a de Estudio.

básicas.

### 3.2. Diseño de Mapas Conceptuales

Los mapas conceptuales constituyen una técnica cada día más utilizada en los diferentes niveles. Son utilizados como técnica de estudio y como herramienta para el aprendizaje. Permiten al docente “construir” el conocimiento con sus alumnos y evaluar los conocimientos previos de estos. Al alumno, le facilita organizar, interrelacionar y fijar el conocimiento del contenido estudiado. El ejercicio de elaboración de mapas conceptuales fomenta la reflexión, el análisis y la creatividad.

Los Mapas Conceptuales constituyen una representación esquemática del conjunto de significados conceptuales incluidos en una estructura de proposiciones y sus relaciones. Ilustran gráficamente las relaciones entre las ideas. En un mapa conceptual, dos o más conceptos están unidos a través de palabras que describen la relación entre ellos.

Así pues, los Mapas Conceptuales contienen tres elementos fundamentales: concepto, proposición y palabras de enlace. Los conceptos son palabras o signos con los que se expresan regularidades; las proposiciones son dos o más términos conceptuales unidos por palabras de enlace para formar una unidad semántica; y las palabras de enlace, por tanto, sirven para relacionar los conceptos. Se caracterizan por la jerarquización de los conceptos, ya que los conceptos más inclusivos ocupan los lugares superiores de la estructura gráfica, por la selección de los términos que van a ser centro de atención y por el impacto visual, ya que permiten observar las relaciones entre las ideas principales de un modo sencillo y rápido. Dadas esas características, esta estrategia didáctica puede ser un instrumento eficaz para el desarrollo del pensamiento científico en los estudiantes, porque en ellos se ponen de manifiesto las características esenciales de este tipo de pensamiento, el carácter jerárquico, el carácter integrador y la multiplicidad de descripciones.

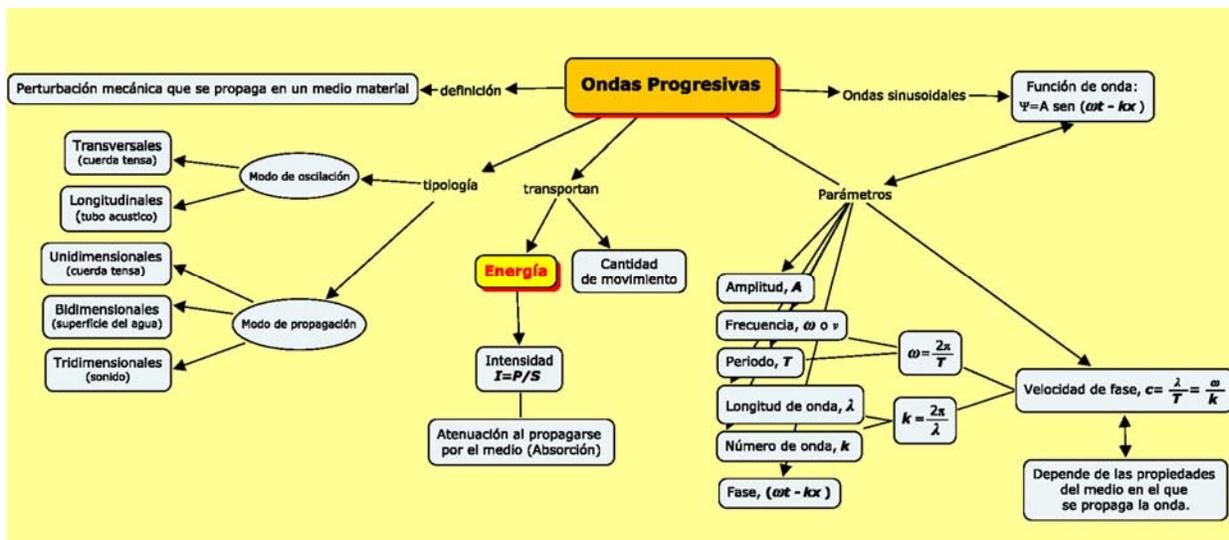


Ilustración 4.- Ejemplo de uno de los Mapas Conceptuales, correspondiente a la Unidad Temática.

A continuación relacionamos las siguientes fases o etapas implicadas en el desarrollo metodológico del proyecto.

1. Una vez redactadas las Guías de Estudio, hemos identificado y separado claramente las ideas o conceptos principales de los secundarios. Con todos ellos hemos elaborado una lista.
2. Esa lista representa los conceptos que aparecen en la lectura, pero no como están conectadas las ideas, ni el orden de inclusión y derivación que llevan en el mapa. Obviamente, cada profesor puede tomar una idea y expresarla de diversas maneras en su discurso, para aclarar o enfatizar algunos aspectos y en el mapa, por lo que esta fase del trabajo presenta una buena dosis de subjetividad, solo mitigada por la discusión entre los profesores participantes hasta alcanzar un consenso.
3. En la siguiente fase, hemos seleccionado los conceptos que se derivan unos de otros, distinguiéndolos claramente de aquéllos que no se derivan que tan solo presentan una relación cruzada. Los conceptos que tienen el mismo peso o importancia los situamos en la misma línea o altura, es decir al mismo nivel y luego los relacionamos con las ideas principales.
4. Conectamos, mediante líneas, los conceptos plasmados en el mapa, asignando diferentes colores para establecer diferencias entre los que se derivan unos de otros y los simplemente relacionados (conexiones cruzadas) y escribimos sobre cada línea una palabra o breve enunciado (palabra enlace) que aclare porque los conceptos están conectados entre sí,
5. Ubicamos las imágenes que complementen o proporcionen mayor significado a los conceptos o proposiciones.
6. Diseñamos ejemplos que permiten concretar las proposiciones y los conceptos.
7. Seleccionamos las figuras (óvalos, rectángulos, círculos,...) de acuerdo a la información que manejamos.
8. El último paso consistió en la construcción del mapa, ordenando los conceptos en correspondencia al conocimiento organizado y con una secuencia instruccional. Los conceptos están representados desde el más general al más específico en orden descendente y utilizando las líneas cruzadas para los conceptos o proposiciones.

### **3.3. Complementos Didácticos (animaciones y material Auxiliar)**

Finalizados los Mapa Conceptuales los hemos enlazado (*links*) con animaciones desarrolladas en Visual Basic, Flash, GIF y Applets Java diseñadas *ex profeso*, así como con fragmentos de texto aclaratorio, formulación y desarrollos matemáticos asociados con los conceptos y magnitudes inherentes de las Ondas Mecánicas.

## **4. Materiales y métodos**

(describir la metodología seguida y, en su caso, el material utilizado)

Los contenidos básicos de este proyecto se refieren a los materiales siguientes:

### 1.- Ondas progresivas

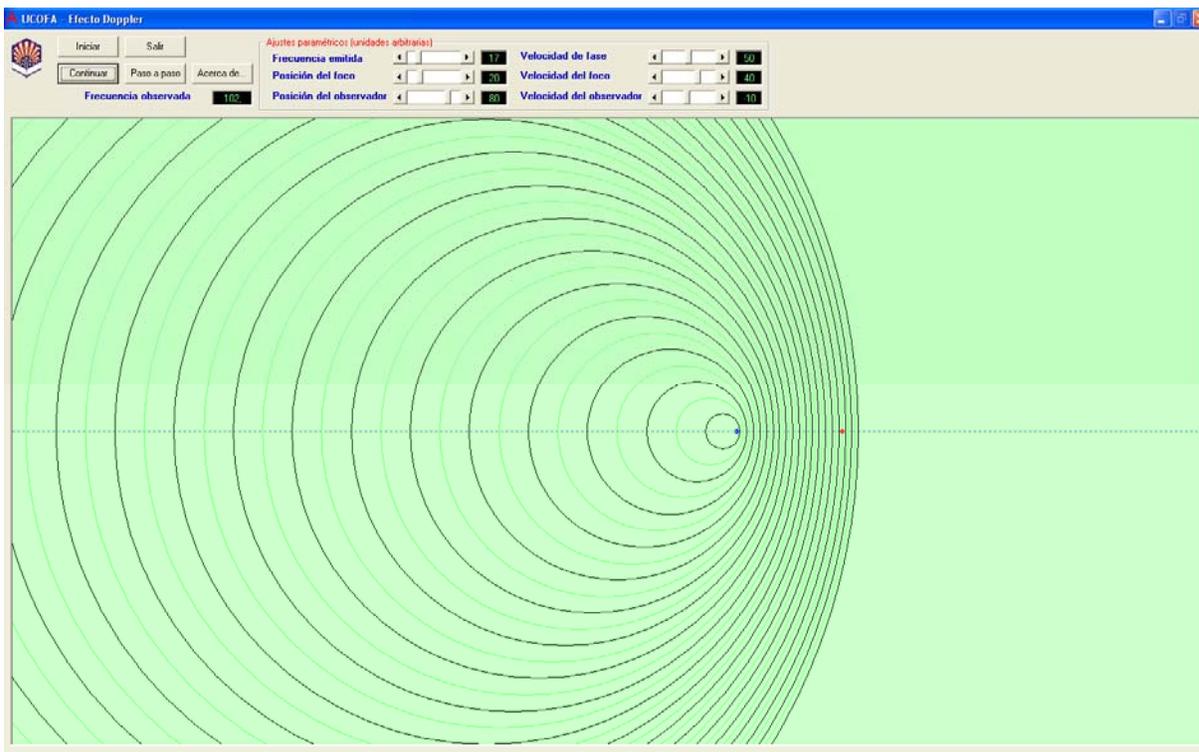
1. Tipos de ondas. Perturbación progresiva. Función de onda plana. Velocidad de fase.
2. Ecuación diferencial de la onda plana. Ondas armónicas. Longitud de onda.
3. Ondas transversales. Polarización. Ondas longitudinales.
4. Carácter adiabático del movimiento ondulatorio longitudinal.
5. Ondas superficiales en los líquidos.
6. Energía en el movimiento ondulatorio. Absorción.

### 2.- Fenómenos ondulatorios en medios ilimitados

1. Efecto Doppler. Onda de Mach.
2. Superposición e interferencias en una dimensión. Pulsaciones.
3. Análisis y síntesis armónica. Grupo de ondas. Velocidad de grupo.
4. Interferencias en dos y tres dimensiones. Coherencia.

### 3.- Fenómenos ondulatorios en medios limitados.

1. Principio de Huygens. Difracción.
2. Reflexión y refracción de ondas planas.



**Ilustración 5.- Animación para ilustración del Efecto Doppler.** Permite ilustrar gráfica y auditivamente las alteraciones a las que da lugar el movimiento relativo entre foco y observador, contemplándose también la formación de la onda balística, conceptos y representaciones que a un elevado porcentaje de alumnos le cuesta imaginar.

### 3. Factores de reflexión y de transmisión.

En el desarrollo y exposición de esta unidad docente destacamos dos ideas fundamentales: a) que el fenómeno ondulatorio viene caracterizado por una ecuación de propagación (ecuación de onda) cuya estructura matemática determina las propiedades de la onda y b) que una onda transporta energía y cantidad de movimiento.

En la primera lección, estudiamos las características generales del movimiento ondulatorio y tratamos de que el alumno comprenda el proceso mediante el cual se genera y propaga. Escribimos la ecuación de onda y demostramos que con la onda se propaga energía y cantidad de movimiento.

La segunda lección está dedicada al estudio de algunas características del movimiento ondulatorio en los medios materiales ilimitados, tales como la velocidad de propagación (en función de las características elásticas e inerciales del medio), el efecto Doppler y las interferencias.

En la tercera lección abordamos las características del movimiento ondulatorio en los medios limitados. Enunciamos el principio de Huygens y estudiamos los fenómenos de reflexión, refracción y transmisión.

## 5. Resultados obtenidos y disponibilidad de uso

*(concretar y discutir los resultados obtenidos y aquéllos no logrados, incluyendo el material elaborado y su grado de disponibilidad)*

En este proyecto hemos continuado nuestra participación en la que fue prometedora, y ya es realidad, línea de mejora innovadora del trabajo docente consistente en apoyar la enseñanza de los distintos temas y capítulos incluidos normalmente en las asignaturas de los primeros cursos de Grado de Ingeniería, aportando un material didáctico que facilitará su aprendizaje en habilidades y competencias, y que en buena medida ya está disponible para el alumnado a través de la WWW departamental y del Aula Virtual de la Universidad de Córdoba, así como en formato CD-ROM y en soporte impreso (papel).

## 6. Utilidad

*(comentar para qué ha servido la experiencia y a quiénes o en qué contextos podría ser útil)*

El material que hemos preparado, tanto en la versión e-book como en la versión impresa, será de utilidad para los alumnos que cursan las asignaturas de básicas de Física y de Fundamentos Físico en los primeros cursos universitarios.

La valoración de la utilidad y grado de aceptación de este Proyecto Docente solo será posible cuando, una vez iniciado el próximo Curso Académico, los alumnos dispongan y utilicen las al completo las facilidades que ponemos a su disposición. Sin embargo, puesto que en cierta forma este proyecto forma parte de una estrategia más amplia, que en gran parte ya ha sido desarrollada e implementada durante los cursos anteriores, podemos remitirnos a esos resultados, extrapolándolos al presente trabajo, para confiar en la buena acogida y aceptación de estos recursos docentes por parte del alumnado.

## 7. Observaciones y comentarios

(comentar aspectos no incluidos en los demás apartados)

## 8. Autoevaluación de la experiencia

(señalar la metodología utilizada y los resultados de la evaluación de la experiencia)

Justamente a principios de abril de 2011 estuvieron disponibles la totalidad de las Guías de Estudio elaboradas en el marco de este proyecto así como los primeros mapas conceptuales, por lo que fue posible su utilización en el aula para los alumnos de la Asignatura de Fundamentos Físicos de la Ingeniería (Primer Curso de la Titulación Grado en Ingeniería Forestal). A mediados del segundo cuatrimestre, antes de las pruebas de evaluación del “segundo cuatrimestre” (esta asignatura es anual), realizábamos un test sobre los conceptos básicos de los procesos ondulatorios, el mismo que habíamos pasado en cursos académicos anteriores a los entonces alumnos de esa misma asignatura, cuando aún no estaba disponible esta herramienta de aprendizaje. Aunque el estudio detallado de los resultados obtenidos con este test y del porcentaje de veces que es escogido cada uno de los distractores de cada ítem no es objeto específico de este proyecto, como valoración global, al comparar los resultados obtenidos en años anteriores por grupos de alumnos que no habían participado en la experiencia con los obtenidos por el grupo de alumnos participantes, se observa que éste último obtuvo unos resultados que superaban en un 23% el porcentaje de aciertos obtenido por el primero. Este resultado podría significar que los alumnos han asimilado mejor los conceptos e ideas que los que habían seguido un método convencional; aunque, como no podemos dejar de reconocer, el margen de significación de este resultado es relativamente bajo, debido a l pequeño tamaño de las muestras y a su variabilidad.

Los profesores participantes en el desarrollo de este Proyecto de Mejora Docente estamos satisfechos con los resultados ya obtenidos en los cursos anteriores y continuaremos trabajando en Proyectos de Mejora Docentes hasta completar los contenidos ordinarios de la asignatura de Física que, bajo diversas denominaciones, se imparte en los primeros cursos de diversas titulaciones universitarias.

## 9. Bibliografía

### 9.1. Libros de Consulta

- Annequin, R. & Boutigny, J.:** *Curso de Ciencias Físicas (obra completa)* Reverté. Barcelona (1978).
- Balkanski, M. & Sebbenne, C.:** *Physique*. (2 vol.) Dunod. Paris (1970).
- Devore et Rivaud:** *Cours de Physique*. Vuibert. París (1969).
- Feynman, R.P. Leighton, R.B. & Sands, M.:** *Lectures on Physics*. (3 vol.). Addison-Wesley (1971)
- Halliday, D. & Resnick, R.:** *Física*. (2 vol.). C.E.C.S.A. Méjico (1980)
- Jouguet, H.:** *Cours de Physique*. (4 vol.). Eyrolles. Paris (1963).
- Kitaigorodski, A.I.:** *Introducción a la Física*. MIR. Moscú (1975).
- Eisberg, R.M. & Lerner, L.S.:** *Física: Fundamentos y Aplicaciones*. (2 vol.). Ed. McGraw-Hill. Madrid (1983).
- Physical Science Study Committee (PSSC):** *Física. Curso Universitario*. Reverté. Barcelona (1970).

Sears, F. W., Zemansky, M. W. & Young, H. D.: *Física Universitaria*. Fondo Educativo Interamericano. México (1986).

Tipler, P. A.: *Física*. Reverté. Barcelona (1978).

## 9.2. Vibraciones y Ondas

Elmore, W. C.: *Physics of waves*. Ed. McGraw-Hill. New York (1973).

Crawford, F.S.: *Ondas*. (BPC). Ed. Reverté. Barcelona (1971).

French, A. P.: *Vibraciones y Ondas*. Ed. Reverté. Barcelona (1974).

Waldron, R. A.: *Ondas y oscilaciones*. Ed. Reverté. Barcelona (1968).

## 9.3. Mapas Conceptuales

Arellano, Norka.: *Metodología de los Mapas Conceptuales*. Loginow Mcs. <http://www.monografias.com/trabajos10/mema/mema.shtml>

Bravo Romero, Silvia & Vidal Castaño, Gonzalo.: *El Mapa Conceptual como estrategia de enseñanza y aprendizaje en la resolución de problemas*. Universidad de la Habana. <http://www.educar.org/articulos/usodemapas.asp>

Drummond, Tom.: *College practice in teaching*. North Seattle Community College (2002). <http://northonline.sccd.ctc.edu/eceprog/bstprac.htm>

Gagné Robert, Y Briggs, Leslie. : *La planificación de la Enseñanza (sus principios)*. México (1999). Trillas.

IHMC CMAP TOOLS.: *Software*. <http://cmap.coginst.uwf.edu/>

Novak, J., Gowin, D.B.. *Aprendiendo a aprender*. Barcelona: Martinez Roca. (1988)

Notoria, Antonio, et All.: *Mapas Conceptuales. Una técnica para aprender*. NARCEA Ediciones, Madrid(2000).

Segovia Véliz, Luis.: *Estrategias para iniciar la Elaboración de Mapas Conceptuales en el Aula*. EDUTEKA. <http://www.eduteka.org/pdfdir/MapasConceptuales.pdf>

## 9.4. Revistas de interés didáctico

American Journal of Physics.

European Journal of Physics.

Investigación y Ciencia. (Scientific American).

Physics Education.

Physics Today.

Córdoba, a 21 de septiembre de 2011