



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

---

**U. A. C. P. y P.**

**SISTEMA DE EVALUACIÓN INTELIGENTE  
PARA UN TUTORIAL DE FÍSICA**

**T E S I S**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRA EN CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN**

**P R E S E N T A**

**ÉRIKA ANNABEL MARTÍNEZ MIRÓN**

**DIRECTOR DE TESIS  
DR. FERNANDO GAMBOA RODRÍGUEZ**

**MÉXICO, D.F.**

**MARZO DE 2001**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS:**

A las instituciones del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y al Centro de Instrumentos - UNAM, que me apoyaron con una beca para la realización de mis estudios.

A los profesores expertos de física que me auxiliaron en la construcción de la base de conocimientos: Dr. Apolonio Juárez Nuñez, M.C. José Luis Pérez Silva y Fís. Andrea Miranda.

A todas las personas que de una u otra manera me brindaron su apoyo: Rosalba Juárez, Ricardo Castañeda, Carmen Arelio y Lourdes González.

# ÍNDICE

<b>Introducción</b> .....	1
<b>1. La enseñanza tradicional vs la enseñanza asistida por computadora</b> .....	4
1.1. Aspectos fundamentales de la enseñanza tradicional en la física .....	4
1.2. Características generales de la enseñanza con computadoras .....	6
1.3. Métodos de instrucción por computadora .....	8
1.4. Algunas ventajas de la enseñanza por computadora .....	10
<b>2. Software orientado a la enseñanza de la física</b> .....	12
2.1. Características de algunos de los programas disponibles .....	12
2.2. Análisis de las características del software disponible .....	20
<b>3. Definición del problema</b> .....	23
3.1. Antecedentes .....	23
3.1.1. La necesidad de un <i>sistema de evaluación inteligente</i> .....	25
3.2. El proceso de evaluación .....	27
3.2.1. Tipos de evaluación .....	30
3.2.2. Elementos para la evaluación del aprendizaje .....	30
3.3. Desarrollo de la solución .....	34
3.3.1. Sistemas expertos .....	35
3.3.1.1. Representación del conocimiento .....	44
3.3.2 El uso de sistemas expertos en este problema .....	46
3.3.3 Construcción de los sistemas expertos .....	47
<b>4. Desarrollo del sistema de evaluación</b> .....	50
4.1 Identificación .....	50
4.2 Adquisición del conocimiento .....	51
4.2.1. ¿Cómo evaluar? .....	52
4.3 Diseño conceptual .....	56
4.3.1 Arquitectura del sistema .....	58
4.3.2 Algoritmo .....	59
4.4 Implementación del sistema .....	62

4.4.1 CLIPS vs Level5 Object.....	64
4.4.2 Herramienta multimedia .....	65
4.5 Aplicación y evaluación .....	65
<b>5. Resultados y conclusiones .....</b>	<b>73</b>
<b>Anexo 1. Mapas conceptuales.....</b>	<b>76</b>
<b>Anexo 2. Listado de preguntas .....</b>	<b>81</b>
<b>Anexo 3. Lineamientos para reactivos .....</b>	<b>111</b>
<b>Anexo 4. Trabajos presentados en congresos .....</b>	<b>114</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>125</b>

## INTRODUCCIÓN

Los factores que determinan el nivel de desarrollo de un país son diversos y entre otros podemos mencionar a los sociales, económicos, educativos y culturales.

En lo que respecta al factor educación, en opinión de algunos especialistas, México vive un profundo rezago que se ha acentuado en las últimas décadas [G. Guevara, 1992].

El sector educativo, en todos sus niveles, responde cada vez menos a las necesidades de un mundo que está más interrelacionado y globalizado, con múltiples retos científico-tecnológicos, a los que como país vemos cada vez más inalcanzables.

Múltiples son los esfuerzos que se tienen que realizar para alcanzar la viabilidad como país y aspirar a mejorar los niveles de vida de la población.

Por diversos motivos, desafortunadamente, estos esfuerzos han sido insuficientes para nuestro país. Los pocos indicadores educativos muestran que somos un país con un bajo promedio escolar [G. Guevara, 1992] (en 1992 el promedio escolar era 6.5 [F.Martínez, 1992] y actualmente es de 7.2 [E.Zedillo, 2000]). A pesar del aparente avance que podría concluirse de estos datos y que indican un incremento en los últimos ocho años de casi un grado de escolaridad, esto no se ha visto reflejado en el proceso enseñanza aprendizaje y la infraestructura continua deficiente e insuficiente, así como la carencia de material didáctico adecuado.

Sin embargo, estas estadísticas, aunque desalentadoras, no señalan que debamos cruzarnos de brazos y resignarnos.

Por esta razón, el objetivo principal de este trabajo es contribuir a los esfuerzos que se realizan en el área educativa, de modo a cumplir de una manera adecuada con la formación que los alumnos requieren para ingresar al nivel educativo superior, con un alto índice de preparación y capacitación.

Nuestra contribución consiste en generar una herramienta didáctica computacional de calidad, accesible a una gran población estudiantil, que sirva como continuación a trabajos que ya existen y como base para trabajos futuros

Al igual que los métodos de instrucción que hasta hace unos años eran técnicas innovadoras que mejorarían el nivel de enseñanza (por ejemplo, la enseñanza programada, la televisión educativa y los programas tutoriales de audio, etc.), las computadoras se han convertido en un poderoso auxiliar en el

proceso enseñanza aprendizaje. Desafortunadamente, al igual que en los enfoques anteriores, las computadoras, menos susceptibles a la falta de flexibilidad e interacción, no han cubierto con todas las expectativas acerca de los beneficios positivos y duraderos que traerían a la enseñanza. A pesar de lo anterior, los intentos por desarrollar programas, que vayan mejorando las deficiencias que han mostrado sus precursores, continúan.

En ese orden de ideas, este trabajo también pretende ayudar a mostrar que las computadoras se pueden constituir en un poderoso auxiliar didáctico para el proceso enseñanza aprendizaje, subsanando carencias mostradas en sistemas similares desarrollados con anterioridad.

En particular en el área de la física y con base en lo anterior, desarrollamos un Sistema de Evaluación Inteligente para un Sistema Tutorial de Física a nivel medio superior. El sistema se desarrolló considerando la importancia del papel que tiene la fase de evaluación durante el proceso de enseñanza – aprendizaje. En efecto, *“No sólo es importante proporcionar información, sino saber cuánta de esa información se comprendió y/o asimiló”*.

El desarrollo de la etapa de evaluación, en la forma tradicional, es compleja y llena de vicisitudes. Esto es debido a que realizar un buen instrumento de evaluación no es tarea fácil, ya que involucra decidir qué, cómo y cuándo evaluar. En esencia, una prueba necesita obtener información acerca de cuánto está aprendiendo el alumno y cómo es el desempeño del profesor frente al grupo. En este contexto es importante remarcar las dificultades que se pueden encontrar al intentar evaluar cuánto se aprendió mediante el uso de un tutorial computarizado, y esto, en razón de las limitaciones que se tienen en la interacción del estudiante con la máquina.

No obstante, y considerando la utilidad de una evaluación, se decidió trabajar en este sentido y desarrollar un sistema que permitiera al alumno diagnosticar su aprendizaje después de haber estudiado el contenido de un tutorial de Física, de manera particular el tema de Mecánica. Los trabajos realizados se desarrollan en este documento de la siguiente manera:

En el capítulo 1 se describen algunas de las diferencias entre los métodos de enseñanza tradicionales y los métodos que pueden ser empleados cuando se tiene al alcance una computadora. Se discuten las ventajas y desventajas de cada uno de los métodos y su implicación en el futuro.

En el capítulo 2 se analiza el estado del arte del software enfocado a la educación y en especial aquel que se ha diseñado para utilizarse en el área de Física. Se describen las características principales de los programas, su

aplicación y resultados que pueden ser obtenidos al ser utilizados en el sistema educativo.

En el capítulo 3 se describe el problema al cual está orientado este trabajo y la solución planteada. La descripción de las fases de construcción del sistema se encuentra en el capítulo 4.

Finalmente, en el capítulo 5 se exponen los resultados alcanzados y se presentan las conclusiones obtenidas con el desarrollo de este trabajo, donde se hace mención al hecho de que la computadora, si bien puede convertirse en un poderoso auxiliar para mejorar la calidad del proceso educativo, difícilmente podrá sustituir la labor realizada por un profesor frente a grupo, así como el hecho de que la computadora tampoco puede sustituir el carácter interactivo del laboratorio y la necesidad de realizar experimentos.

## 1. LA ENSEÑANZA TRADICIONAL VS ENSEÑANZA ASISTIDA POR COMPUTADORA

La educación en nuestro país es deficiente. Un indicador relativo son las calificaciones de los egresados de bachillerato en los exámenes de ingreso que aplican las universidades. Por ejemplo, en el diagnóstico de 1986 en la UNAM se muestra que en el plazo de la década (1975-1986), la calificación de corte con la cual ingresaron los alumnos a licenciatura fue en promedio de 4.56, en una escala de uno a diez. El promedio de los estudiantes de la Universidad Autónoma De Nuevo León que presentaron examen de admisión en 11 escuelas y facultades fue de 4.76<sup>2</sup>.

Si hablamos de física en particular, los estudiantes, cuando tienen su primer contacto con esta área, deben aprender una nueva forma de pensar y deben aprender un nuevo lenguaje que contiene definiciones precisas en su vocabulario y fórmulas matemáticas en su gramática. Para lograrlo tienen que modificar el uso de algunas palabras que significan una cosa en la vida cotidiana y otra en el contexto científico. Frecuentemente los estudiantes no parecen realizar esto.

La obtención de estos resultados ha sido motivo para el análisis del proceso enseñanza aprendizaje por personas involucradas y/o interesadas en esta área (CIIDET). En la realización de estas investigaciones se observaron aspectos interesantes como los que a continuación se describen.

### 1.1. Aspectos generales de la enseñanza tradicional en la física

Tradicionalmente la enseñanza de la Física se ha basado en la visión del profesor sobre el contenido y sobre la percepción del estudiante. Esto se puede puntualizar de la siguiente manera:

- Frecuentemente los profesores enseñan a los estudiantes de lo general a lo particular, formulando generalizaciones en el momento de introducir conocimientos sin comprometer activamente a los estudiantes en el proceso de abstracción y generalización.
- En el proceso se desarrolla poco el pensamiento inductivo, el razonamiento es generalmente deductivo.
- Los profesores esperan que los estudiantes estén capacitados para aplicar los principios generales a nuevas situaciones, dado que se les mostró como hacerlo en unos cuantos casos especiales.

Por estos motivos, este enfoque tradicional presenta diversas insuficiencias entre las que se pueden destacar:

- A muchos estudiantes no les es posible integrar los conceptos relacionados dentro de una estructura conceptual coherente.
- Las concepciones previas erróneas que están profundamente enraizadas no pueden desaparecer con las explicaciones del profesor.
- Muchos estudiantes presentan la incapacidad para hacer razonamientos cualitativos que son necesarios para la aplicación de los conceptos.
- Durante el proceso los estudiantes se encuentran poco activos intelectualmente.

Estas deficiencias originan la búsqueda de nuevas vías para resolver la problemática descrita y para lograrlo es necesario un nuevo enfoque en la enseñanza que requiere de:

- Estar conscientes que no sólo es necesario que los estudiantes memoricen la información, sino que además tienen que comprenderla y saberla aplicar correctamente.
- Confrontar sus creencias incorrectas.
- Encontrar formas de comprometer a los estudiantes a que aprendan activamente.

Lo antes descrito nos lleva al hecho de que: el enfoque tradicional ignora la posibilidad de que la percepción del estudiante puede ser diferente a la del profesor, y, a que muchos estudiantes no están preparados para aprender física de la forma en que es enseñada tradicionalmente.

El aprendizaje que los estudiantes realizan de los temas de Física, pueden hacerlo de muchas formas diferentes. Algunos aprenden únicamente de los libros de texto, algunos más aprenden de las clases y demostraciones; algunos obtienen su mayor entusiasmo dentro del laboratorio.

Sin embargo, estos métodos de enseñanza por separado no son suficientes para que el alumno logre desarrollar todas sus habilidades y conocimientos: las clases no cubren los detalles necesarios; las tareas y exámenes asumen un antecedente en el alumno; los laboratorios de enseñanza ocupan ángulos de naturaleza manejable y limitada. Por lo anterior, es necesario que el profesor cubra las deficiencias que los métodos anteriores presentan, por medio de las habilidades y las estrategias obtenidas a través de su experiencia frente a grupo. En la actualidad, el profesor no sólo cuenta con habilidades y

estrategias, sino que cuenta también con una herramienta más para lograr esto: la computadora.

## **1.2. Características generales de la enseñanza con computadoras**

Cuando se construyeron las primeras computadoras, no se tenía idea del gran impacto que en unos cuantos años iban a lograr. El objetivo inicial de la primer computadora era realizar eficientemente cálculos engorrosos para el hombre. Con los avances que posteriormente tuvo esta herramienta, tanto en hardware como en software, se modificaron los objetivos iniciales y se pretendió que sirviera para mejorar procesos de producción, optimizar almacenamiento y procesamiento de información, agilizar la comunicación, entre otros.

Como consecuencia de su desempeño y decremento en los costos de su producción, su empleo se extendió a muchas áreas y entre ellas al de la educación.

Antes de que las computadoras entraran al campo de la educación, existían otras técnicas de instrucción que hacían uso de la tecnología:

- 1) la televisión educativa, que empezó durante los 50's, es esencialmente una forma de comunicación que permite presentar la misma información a una gran cantidad de estudiantes, en igual intervalo de tiempo,
- 2) los programas tutoriales de audio, que presenta la instrucción en forma oral, y
- 3) la instrucción programada, que recibió un gran ímpetu en 1954, consiste en incluir cualquier tipo de material de audio, visual o ambos<sup>10</sup>.

Desafortunadamente, estos enfoques no cumplieron con las expectativas acerca de los beneficios positivos y duraderos que traerían a la enseñanza. Cuando se empezó a hablar de computadoras se creyó que éstas sí cumplirían con dichas expectativas, debido a su flexibilidad y capacidad de interacción.

El uso de las computadoras en la educación empezó a atraer la atención al final de la década de los cincuentas. Los términos instrucción manejada por computadora (*Computer-Managed Instruction*, CMI), aprendizaje asistido por computadora (*Computer Assited Learning*, CAL) e instrucción asistida por computadora (*Computer-assited instruction – CAI*) son usados para designar el uso de las computadoras como una plataforma instruccional (usualmente en forma intercambiable).

La instrucción asistida por computadora intenta utilizar la computadora como un "cerebro" instructor sabelotodo, con el que los estudiantes pueden

interactuar directamente sin la mediación inmediata de un profesor humano. Las características que identifican a la instrucción asistida por computadora se listan a continuación<sup>10</sup>:

- ***Interacción humana.*** La más obvia diferencia entre CAI y enseñanza en el salón de clase es que en CAI el humano interacciona con una máquina más que con otro ser humano. La dinámica y modo de comunicación son diferentes.
- ***Individualización.*** El ritmo que se establece en este tipo de enseñanza es individualizado, esto es, se avanza conforme el alumno va entendiendo uno a uno los conceptos que se le van presentando.
- ***Decisiones.*** El autor de CAI debe hacer decisiones de enseñanza y de manejo: tiene que controlar y decidir cuántas preguntas realizar, pero también debe forzar al estudiante a contestarlas y si lo requiere, solicitar un nivel de maestría antes de permitir al estudiante proceder. Decisiones pedagógicas, de diseño, de manejo y producción que deben ser hechas antes de que el que va a aprender, estudie la lección.
- ***Almacenado de datos.*** Los exámenes, tareas y apuntes de clase proveen los datos de evaluación en la enseñanza tradicional. En CAI las respuestas que da el alumno, mientras se está desarrollando la lección, son los datos utilizados para evaluar la lección, así como para manejar el curso instruccional del alumno.
- ***Tiempo para desarrollo de las lecciones CAI.*** Generar una lección, particularmente la primera, toma una enorme cantidad de tiempo. El tiempo varía dependiendo de factores como la complejidad de la lección, si se trabaja individualmente o en grupo y si la lección hace uso de una estrategia de enseñanza CAI o genera una nueva. Después de una o dos lecciones, el tiempo necesario para producir lecciones CAI usualmente decrementa y los niveles de complejidad bajan. El tiempo de producción puede incrementarse otra vez si una lección subsecuente involucra algún diseño complejo o innovador.
- ***Viabilidad de instrucción innovadora.*** CAI provee a los autores la oportunidad de desarrollar una aproximación completamente nueva a la enseñanza.

Además de estas características, la instrucción asistida por computadora tiene distintos enfoques para presentar la lección, éstos se describen en la siguiente sección.

Además de estos cinco tipos de instrucción, considerados por Stolurow, otros autores también consideran que los siguientes métodos están incluidos en la metodología CAI:

### 1. Simulación

Estos programas son participativos, el operador "toma el control" de algún dispositivo o exploración. Una simulación permite al estudiante probar distintas respuestas a la situación dada sin temer las consecuencias de una respuesta incorrecta. En términos de control, las simulaciones permiten al estudiante volverse quien toma la decisión en vez de ser simplemente un receptor de información. En apariencia, a través de la literatura y por nuestra propia experiencia, este tipo de control es intrínsecamente motivador para el estudiante, lo que ayuda a que la simulación sea una efectiva herramienta de aprendizaje.

### 2. Auxiliar de laboratorio

Tal vez pensaríamos que una computadora no podría ser útil en un laboratorio, en el cual la interacción del alumno con el experimento es la clave del éxito; no obstante, en este caso, la computadora puede ser utilizada activamente como un controlador de experimentos más que como un dispositivo de adquisición y análisis de datos.

Para llevar a cabo lo anterior, se necesita tener disponible hardware con sensores para detectar ondas de sonido, luz, temperatura, señales eléctricas y/o componentes generando señales. Este hardware puede tener un amplificador que pueda proveer al equipo de laboratorio con señales externas analógicas y digitales.

### 3. Programación

Las ventajas de tener estudiantes que sepan programar consisten en que pueden modificar los programas para obtener otros parámetros de interés o bien obtener los mismos resultados pero utilizando diferentes técnicas. También les permite no estar sujetos a un software comercial, o *shareware* que pudieran encontrar, y desarrollen sus propios programas.

Como podemos ver, existen muchos tipos de instrucción por computadora que pueden auxiliar al profesor en su labor diaria. Y aunque no es posible que la computadora posea la empatía, la adaptabilidad y la habilidad refinadas de un tutor humano, tiene muchas características que la hacen superior a otros métodos de instrucción.

#### 1.4. Algunas ventajas de la enseñanza por computadora

Entre las características de la computadora que podemos mencionar y que posibilita un mejor aprendizaje del alumno se encuentran:

- 1) es paciente, esto es, no ejerce presión en el usuario para que en un tiempo determinado cubra un material específico,
- 2) permite el avance de acuerdo al ritmo que el usuario establezca, conforme a sus capacidades y disponibilidad de tiempo.
- 3) no intimida, el alumno adquiere confianza para trabajar en los aspectos en los le hace falta mejorar su desempeño,
- 4) es imparcial en cuanto a razas o etnias,
- 5) es excelente para ejercitar y practicar,
- 6) es divertida y entretenida,
- 7) trabaja rápidamente,
- 8) ofrece privacidad,
- 9) no se cansa,
- 10) no se enoja.

Por lo anterior, una gran cantidad de programas ha sido producida en todo el mundo para facilitar y automatizar múltiples tareas. En el siguiente capítulo se presenta una descripción del software producido para el área de Física.

## 2. SOFTWARE ORIENTADO A LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA

La cantidad de software producido para la educación es amplia y variada. Se producen aplicaciones para diferentes plataformas incluyendo UNIX (en distintas versiones), Windows 95/98/NT, Mac, etc. Entre esos programas están los tutoriales, otros que simulan algún fenómeno físico y otros que permiten la ejecución en línea sin necesidad de ejecutarlos desde nuestro disco duro (a distancia).

Existen al menos cuatro enfoques:

1. *Laboratorios basados en simulaciones*, donde la experiencia física se simula con base en modelos matemáticos, el alumno puede variar los parámetros y observar los resultados de estas variaciones
2. *Laboratorios basados en videos*, donde un experimento físico es grabado y presentado al alumno. Es sobre este video que se realizan las mediciones pertinentes,
3. *Laboratorios basados en micros*, donde la computadora tiene sensores, captura y en ocasiones también analiza matemáticamente los resultados y
4. El *courseware*, que consiste en presentar el texto del curso utilizando gráficas y dibujos, generalmente en formato de hipertexto.

Esta clasificación puede ampliarse si consideramos que muchos sistemas hacen combinaciones entre estos enfoques, originando sistemas híbridos. La intención de desarrollar sistemas de este estilo es proporcionar en un solo programa diversas opciones, que originen una mejor recepción entre los usuarios y, a la vez, brinden mayores recursos para la solución de los diversos problemas.

Con base en la clasificación que solo considera cuatro enfoques, se proporciona a continuación una lista de algunos de los programas que se encuentran disponibles para el área de Física. Posteriormente se realiza un análisis de las características que poseen.

### 2.1 Características de algunos de los programas disponibles

#### a) Software basado en simulaciones

- *ActivPhysics 1* es un programa comercial que ayuda al entendimiento conceptual de la física a través de simulaciones, animaciones, video y pistas de audio. Contiene 122 actividades guiadas y 115 simulaciones que cubren mecánica, termodinámica y ondas. Anexo tiene un libro de trabajo que contiene hojas de trabajo para que los estudiantes dibujen, hagan gráficas y obtengan los cálculos para los ejercicios del CD ROM.

(<http://www.pearsoned.com/hk/PS/mm/others.htm>)

- *Addison-Wesley Interactive Physics Simulations* ayuda a los estudiantes a explorar conceptos de física mediante simulaciones, estas requieren que se manipulen variables, se observe el movimiento, se interpreten gráficas, se piense críticamente y que se predigan y verifiquen resultados. Incluye 32 simulaciones, hojas de trabajo para las prácticas guiadas y guía de usuario. (<http://www.pearsoned.com.hk/PS/mm/others.htm>)
- *BearEdu Physics* es un material diseñado para complementar el material presentado por el profesor y libros de texto, con el objetivo de hacer más divertido el estudio. Este paquete utiliza animaciones y ejemplos prácticos para facilitar el entendimiento de conceptos de física de temas como mecánica (vectores, equilibrio, movimiento, trabajo, energía), calor (energía térmica, termodinámica), luz (velocidad, reflexión, lentes), electricidad (voltaje, corriente AC y DC, magnética), sonido (ondas de sonido, resonancia). (<http://bearedu.com/>)
- *EM Field* es un software comercial completamente interactivo que facilita la exploración rápida y cualitativa de campos eléctricos y magnéticos, así como una comprensión intuitiva de los campos de fuerza, ley de Gauss, ley de Ampere y el concepto de flujo. Permite configurar las cargas y corrientes; los vectores del campo magnético se actualizan en tiempo real cuando se carga una corriente, produciendo una gráfica dinámica y global de los campos en la región. Una característica adicional es un juego, que reta al estudiante a usar lo que ha aprendido para determinar posiciones y magnitudes de cargas o corrientes ocultas. ([http://wasnet03ws.physics.ncsu.edu/pasnew/em\\_field/emf.html](http://wasnet03ws.physics.ncsu.edu/pasnew/em_field/emf.html))
- *Física animada* es una colección de 50 animaciones de física general, como por ejemplo mecánica (trayectoria de proyectiles, cinemática, momento angular, etc), electromagnetismo (generador, campo eléctrico, motor eléctrico, circuito RC, Kirchhoff, etc), óptica (espejos, lentes, el ojo, aberraciones, cámara, etc), ondas y vibraciones (onda acústica, efecto Doppler, etc), entre otras. Además contiene 23 y 25 programas interactivos para Macintosh y Windows 95/98/NT, respectivamente. (<http://www.fynu.ucl.ac.be/didactique/physanim/cdrom.html>)
- *Gravitation Ltd. 5.0* es una simulación bidimensional gráfica de gravedad/órbita para Macintosh, que permite construir sistemas solares o crear un cinturón de asteroides. La versión 5.0 incluye gráficas de color, editor mejorado, capacidad para 25 planetas y simulación para lunas y asteroides. Además, este programa simula la interacción gravitacional entre 25 cuerpos o más, tiene muchos escenarios y el editor configura nuevos escenarios. Este software es gratuito. (<http://stage.macinsearch.com/infomac/sci/gravitation-ltd-50.html>)

- *Interactive Physics* es un completo laboratorio de simulación de física fácil de usar. Permite controlar las características físicas de un objeto, como son la fricción y elasticidad; las mediciones son desplegadas como números, gráficas o vectores; es suficientemente flexible para demostrar los problemas con escenarios “qué si...” y ver el resultado inmediatamente.  
<http://www.krev.com/products/ip.html>  
<http://arborsci.com/Software/Demos.htm>
- *Interactive Journey Through Physics, MAC and Windows*, software interactivo diseñado para aumentar las experiencias del aprendizaje tradicional de lección, laboratorio y texto. Incluye varios componentes dinámicos – simulación, animación, video y solución de problemas interactivo – que permite a los estudiantes interactuar y visualizar conceptos que en la forma tradicional no es posible. El contenido está organizado de acuerdo a cuatro áreas principales en física: mecánica, electricidad y magnetismo, termodinámica, luz y óptica.  
<http://vig.prenhall.com/acadbook/0,2581,0132541033,00.html>
- *Kinematic Land 1.2* es un sistema gratuito de simulación gráfica de cadenas de cinemática para Macintosh. Resuelve la posición, velocidad y aceleración de cualquier punto y cualquier miembro. Puede editar cadenas cerradas o abiertas, utilizando puntos movibles y bloqueados. Las herramientas estándar están disponibles en una barra para hacer más fácil la edición. Todo miembro o punto puede tener una evolución de tiempo independiente.  
<http://stage.macinsearch.com/infomac/sci/kinematic-land-151.html>
- *Knowledgebase Physics* es un programa comercial interactivo que utiliza animaciones, gráficas y sonido para crear una experiencia educacional estimulante para el estudiante, mientras provee de retroalimentación al profesor. Provee una excelente base de física del movimiento, fuerzas, comportamiento molecular y atómico, electricidad, acción de onda, óptica y física de partículas.  

Este programa proporciona algunos tutoriales y también permite medir el progreso del estudiante con reportes y evaluación integrados.  
<http://www.knowledgefactory.com/>
- *PEARLS* es un conjunto de 35 simulaciones y animaciones independientes que conducen comprensiblemente tópicos usualmente encontrados en un curso introductorio de física. La versión 8 incluye cinco nuevas simulaciones en sonido y electromagnetismo, cubriendo ondas sinusoidales, suma de ondas, fuerza de Lorentz, circuitos LRC y radiación de cargas.  

Con un conjunto de controles el estudiante puede explorar el efecto de diferentes condiciones iniciales. La mayoría de cantidades puede ser graficada fácilmente y las simulaciones pueden ser repetidas o pausadas

para mayor claridad. Debido a que las simulaciones son programas independientes, es posible ejecutar varias simultáneamente. Se puede también ejecutar la misma simulación para diferentes condiciones iniciales. Se pueden adquirir licencias individuales, por escuela o laboratorio, con distinto costo. (<http://wasnet03ws.physics.ncsu.edu/pasnew/pearls/pearls.html>)

- **Physics demonstrations** es una colección comercial de 10 simulaciones por computadora de la física de movimiento y sonido. Entendido para el uso en preparatorias a través de cursos de Física introductorios, las simulaciones pueden ser utilizadas en sí o a través de demostraciones reales. Estas demostraciones incluyen tiempo de reacción, balística, el mono y el coco, la flama de la pipa, osciloscopio, rompiendo un vaso con sonido, efecto dopler. (<http://sprott.physics.wisc.edu/physdemo.htm>)
- **Play Physics** es un software comercial interactivo de simulación para estudiantes que estudian ciencias físicas y Física. El software provee hechos y explicaciones de fenómenos físicos y laboratorios basados en computadoras donde los estudiantes configuran las condiciones del laboratorio y proporcionan variables para cada experimento. Contiene 36 conceptos diferentes.  
<http://www.i-t.com/engsw/jason/pp2.htm>
- **SIMLAB: Physics Laboratory Simulation.** Ofrece gratuitamente una serie de simulaciones de experimentos que pueden ser usados como una forma alternativa para coleccionar datos o como ejercicios pre y post laboratorio. Hay cuatro principales tipos de experimentos: *Experimentos balísticos, confusión de Newton, simulador de vías aéreas y simulador de cuadro aéreo.* (<http://www.saintmarys.edu/~rtarara/software5.html>)
- **SToMP (Software Teaching of Modular Physics)** es un recurso comercial basado en computadora que es utilizado para enseñar Física en el primer año de universidad. Comprende los siguientes módulos: Ondas y Vibraciones, Medición e Incertidumbre, Demostraciones de Ondas. El módulo de demostraciones de ondas utiliza el mismo material que el módulo de Ondas y Vibraciones, pero está diseñado para uso fácil del paquete como una ayuda para lecturas/seminarios donde SToMP no es utilizado como recurso central.  
SToMP es capaz de incorporar código ejecutable escrito en varios lenguajes incluyendo VisualBasic, ToolBook y C++. Puede ser también configurado en un nivel local y los tutores pueden añadir sus propios recursos, ya sea documentos, fotografías, video o código ejecutable.  
(<http://www.ph.surrey.ac.uk/stomp/>)

- *The Animated Chalkboard*. Este software gratuito ofrece 105 secuencias cortas animadas que están diseñadas para ser utilizadas por el instructor durante clases. Los tópicos cubiertos incluyen cinemática, dinámica, relatividad, termodinámica, sonido, electromagnetismo, óptica, energía nuclear y muchos más. (<http://www.saintmarys.edu/~rtarara/software5.html>)
- *Ultimate Einstein* presenta una historia interactiva de la vida de Einstein, mejorada con video y audio clips. El usuario encontrará un Einstein virtual que contestará preguntas de una variedad de materias. Incluye una simulación que permite a los usuarios participar en una serie de experimentos para demostrar las teorías de Einstein. Este programa comercial está diseñado para ser una guía accesible a la vida y trabajo de Einstein, introduciendo al usuario en las teorías revolucionarias de Einstein acerca del espacio, tiempo, luz y gravedad. (<http://www.cdromshop.com/cdshop/desc/p.793763000218.html>)
- *Virtual Physics* es un programa comercial que incluye material relacionado a conceptos de Física: ondas, luz, electricidad, espejos y lentes, magnetismo, método científico, relojes y unidades estándar. Cada sección es presentada en una variedad de formas incluyendo un tutorial, conteniendo información exacta y pertinente, un ejercicio que es completamente explicado y puede ser conducido y observado por el estudiante en una forma confiable y preguntas interactivas que enseñan como ellas funcionan. Como cada sección es completada, el usuario debe contestar dos preguntas correctamente para ganar una pieza de la clave de escape. Además, *Virtual Physics* incluye un glosario accesible de términos científicos.
- El Departamento de Física de la Universidad del Estado de Kansas desarrolló el paquete *Visual Quantum Mechanics* orientado a Física Moderna. Este paquete incluye simulaciones con ambiente interactivo en las que se pueden manipular los parámetros involucrados en cada uno de los experimentos. (<http://phys.educ.ksu.edu/>)
- *XSPACE* es un paquete de software gratuito educacional de Física. Está diseñado para introducir a los estudiantes a conceptos físicos del espacio y ser usado como ejercicios para clase. Cuenta con las siguientes secciones: Magnetosferas, movimiento de partículas, ondas de plasma, colisiones, viento solar, ionosfera y similares. (<http://www-ssc.igpp.ucla.edu/ssc/software/xspace.html> )
- *YP Package* es un conjunto de simulaciones diseñadas para profesores y estudiantes de física, que comprende diversos temas, a continuación se describen algunos.

- *YP Circular* simula un objeto en movimiento circular uniforme (mcu) y/o en movimiento armónico simple (mas). Ambos movimientos pueden ser animados simultáneamente para mostrar que el mcu es una combinación de dos movimientos armónicos simples.
- *YP Collisions* simula una colisión bidimensional entre dos partículas. Permite la elección de parámetros como velocidad inicial y coeficiente de restitución. Devuelve información como velocidad final, impulso, momentum, energía cinética, etc.
- *YP Projectiles* es para simular una trayectoria, el usuario elige la velocidad inicial (magnitud y dirección), la componente vertical de desplazamiento y la aceleración gravitacional. El software entonces dibuja la trayectoria parabólica y escribe sus principales características: rango, máxima altura alcanzada, etc.
- *YP Slider Crank* simula el movimiento de un pistón activado por un mecanismo deslizador de manivela. La manivela está en movimiento rotacional uniforme (velocidad angular constante), causando que el pistón se mueva con una aceleración variable. Las longitudes relativas de la manivela y la varilla conectora pueden ser cambiados fácilmente. Durante la simulación, es posible desplegar los vectores y las gráficas respectivas para aceleración, velocidad y posición.

(<http://www.kagi.com/pelletier/>)

#### **b) Software basado en videos**

- *Laboratorio de Física basado en video*. Software para nivel medio superior que incluye experimentos relacionados con Mecánica (movimiento rectilíneo uniforme, plano inclinado, aceleración uniforme, caída libre, etc). Este software incluye un módulo de mediciones y está integrado a un hipertexto con contenidos del programa de Física de preparatoria.  
Gamboa, F., J. L. Pérez, et al. (1999)
- *VideoGraph*. Este software permite a los estudiantes ver tanto el movimiento y la gráfica sin la sobrecarga de equipo de interfaz de laboratorio basado en computadora y configurando situaciones que involucran movimiento.  
Beichner, R. J. (1995).
- *World-in-Motion Physics Video Analysis Software* es una herramienta educativa útil para lecciones y experimentos de laboratorio. Proporciona más de 200 experimentos de video cubriendo la mayoría de tópicos de mecánica y tiene además herramientas para el manejo y análisis de esos videos.  
(<http://members.aol.com/raacc/wim.html>)

Marcuso (1996) describe algunos trabajos y resultados obtenidos al trabajar con software basado en videos, así como algunas de las ventajas y desventajas de esto.

**c) Software basados en micros**

- ***Digital Oscilloscope***. Este programa gratuito permite usar una computadora como un osciloscopio y un medidor de frecuencia. Lo que se necesita para que esta aplicación trabaje es un dispositivo de entrada de sonido y una fuente de sonido conectada a la computadora. Soporta dos canales y entrada de sonido de 16 bits, incluye un medidor de frecuencia, mejora el control de los trazos, trazos de color, opciones de salida adicional.  
(<http://polly.phys.msu.su/~zeld/oscill.html>)
- ***LABSIS*** es un laboratorio didáctico que permite realizar medición de variables físicas a través de una computadora personal. El laboratorio está compuesto de un gabinete de construcción robusta, al que se le conectan las tarjetas de los instrumentos. Cada uno de los instrumentos tiene sus propias terminales adecuadas para medir la variable física correspondiente. La interfaz electrónica se comunica con la computadora a través de un puerto serial. El programa en la computadora controla la toma de lecturas a la frecuencia que establece el usuario y hasta un máximo de una muestra cada segundo. El programa también muestra los datos, obtiene gráficas, almacena, imprime y calcula parámetros de ajuste a una curva con los datos que recibe.
- ***Logic-sim 3.0b*** es una aplicación gratuita que simula circuitos digitales. Tiene una interfaz gráfica fácil de usar, similar a los programas estándares de dibujo. Los circuitos son construidos desde elementos estándares y pueden incluir módulos más complicados creados compilando un circuito previo. *LogicSim* tiene una "ventana de señales" proveyendo un osciloscopio desplegador de las señales en los nodos en el circuito.  
(<http://www.planete.net/~amasson/logicsim.html>)
- ***Pintar VirtualLab*** es un producto comercial consistente en un laboratorio de simulación en la computadora que permite crear experimentos para el área de electricidad, mecánica, óptica, ondas, sonido y electrónica. Se pueden modificar las características tantas veces se desee.  
<http://www.pintarmedia.com/>
- ***The Cathode Ray Oscilloscope*** es un programa interactivo que permite al estudiante aprender a manejar las operaciones básicas de un osciloscopio antes de que lo haga en el laboratorio. Los puntos cubiertos son aplicables

a la mayoría de osciloscopios y los usuarios pueden cambiar la configuración y observar los resultados en la pantalla.

El paquete resalta cinco grandes objetivos: familiarizar a los usuarios con el funcionamiento interior del tubo de rayos catódicos; permitir la exploración de las partes y controles principales de un osciloscopio; ayudar a los usuarios a entender los parámetros; explicar las frecuencias de entrada de ondas sinusoidales por medio de la interpretación de patrones de Lissajous; y enseñar a los usuarios a medir los parámetros de tiempo.

([http://wasnet03ws.physics.ncsu.edu/pasnew/cathode\\_ray\\_oscilloscope/cro.html](http://wasnet03ws.physics.ncsu.edu/pasnew/cathode_ray_oscilloscope/cro.html))

- *YP DC Circuits* permite construir un circuito eléctrico virtual incluyendo baterías, resistores e interruptores. También se pueden tomar mediciones del circuito construido con un amperímetro y un voltímetro. El circuito puede ser copiado, impreso o salvado como un archivo PICT.  
(<http://www.kagi.com/pelletier/>)

#### d) Courseware

- *PhysicsTutorials* trata temas como torca y movimiento rotacional, circuitos DC, diagramas de cuerpo libre y movimiento armónico simple. Este material gratuito proporciona la descripción del tema, gráficos de ilustración, ejemplos y problemas para ser resueltos por el usuario.  
(<http://www.physics.uoguelph.ca/tutorials/tutorials.html>)
- *A small tutorial in gamma-gamma Physics* por Jan A. Lauber. Aquí se encuentra una pequeña introducción para física de dos fotones. Este software es gratuito.  
(<http://www.hep.ucl.ac.uk/~opal/gammagamma/gg-tutorial.html>)
- *Tutorial de Física y Química Nuclear* diseñado por alumnos de los primeros cursos de Física y Química de la materia de Ciencias Nucleares. Este material es *shareware*.  
(<http://www.geocities.com/Area51/Chamber/9656/nuclear.html>)
- *Thermodynamics Multimedia Learning Environment (TMLE)* es un curso modular interactivo diseñado para mejorar la calidad de la educación en los principios básicos de termodinámica, a través de temas como calor específico, transferencia de calor, trabajo y energía, etc.  
(<http://www.succeed.vt.edu/products/etmle.html>)
- *General Physics I* comprende el capítulo 3 de "The vector description of motion del curso Physics 271" y contiene un tutorial con ejemplos, problemas y simulaciones de los diferentes temas.  
(<http://www.cedarville.edu/dept/sm/lee/p271-c03.htm>)

La recopilación de esta información brinda una perspectiva general de las características que tiene cada uno de los programas que se ofrecen gratuita o comercialmente, para los estudiantes y profesores de física interesados en alguna área en particular. En la siguiente sección se analizan las características del material antes descrito.

## 2.2 Análisis de las características del software disponible

Considerando la clasificación realizada en el punto anterior, se puede observar que la producción de software orientado a las simulaciones ha tenido mucho éxito. El desarrollo de los productos de los otros enfoques, a pesar de no ser tan numerosos, continua en la competencia de satisfacer las necesidades del mercado potencial. Este mercado está constituido principalmente por las personas involucradas en el proceso enseñanza aprendizaje de la física (alumnos y profesores) y las personas interesadas en el uso de la computadora como herramienta didáctica que permita mejorar la calidad de la enseñanza.

A continuación, en la Tabla 2.1, se realiza un análisis de las características de los programas antes mencionados y considerando que, como cualquier otro programa de software, estos programas se encuentran en un ciclo de vida que involucra un proceso continuo de mejoramiento de calidad, que experimenta con nuevos modelos, metodologías y herramientas; el contenido de este análisis pudiera verse modificado después de un cierto tiempo.

Tabla 2.1 Características del software orientado a física

<b>SOFTWARE BASADO EN SIMULACIONES</b>	<b>Comercial</b>	<b>Híbrido</b>	<b>Tutorial</b>	<b>Evaluación</b>
<i>ActivPhysics 1</i>	✓	✓		
<i>Addison-Wesley Interactive Physics Simulations</i>	✓			
<i>BearEdu Physics</i>	✓	✓	<i>Texto</i>	<i>Problemas</i>
<i>EM Field</i>	✓	✓	<i>Texto</i>	<i>Juego</i>
<i>Física animada</i>	✓	✓		
<i>Interactive Physics</i>	✓	✓	<i>Texto</i>	
<i>Interactive Journey Through Physics</i>	✓	✓	<i>Texto</i>	<i>Preguntas y problemas</i>
<i>Kinematic Land 1.2</i>			<i>Texto</i>	
<i>Knowledgebase Physics</i>	✓	✓	<i>Texto</i>	<i>Problemas</i>
<i>PEARLS</i>	✓	✓		
<i>Physics demonstrations</i>	✓	✓	<i>Texto</i>	
<i>Play Physics</i>	✓	✓		
<i>StoMP (Software Teaching of Modular Physics)</i>	✓	✓	<i>Texto</i>	

Tabla 2.1 Continuación ...

Ultimate Einstein	✓	✓	Audio	
Virtual Physics	✓	✓	Texto	Preguntas
XSPACE	✓			
YP Package	✓			

<b>SOFTWARE BASADO EN VIDEOS</b>				
Lab. de Física		✓	Texto	Preguntas
World-in-Motion Physics Video Analysis	✓		Texto	

<b>SOFTWARE BASADO EN MICROS</b>				
Pintar VirtualLab	✓			Experimentos
The Cathode Ray Oscilloscope	✓		Texto	Preguntas
YP DC Circuits	✓			

<b>COURSEWARE</b>				
PhysicsTutorials			Texto	Preguntas
Gamma-gamma Physics			Texto	
Física y Química Nuclear		✓		
General Physics I		✓	Texto	Problemas

De la tabla anterior, podemos observar que la cantidad de software que se produce considerando más de un enfoque es de tipo comercial. Pocos son los programas gratuitos que son de carácter híbrido.

Con respecto a los diferentes tutoriales para la enseñanza de la Física, todos ellos abordan la teoría del tema a tratar con sus respectivos gráficos, sin embargo, generalmente no utilizan ejercicios ni contienen una evaluación (ver Tabla 2.1).

Tabla 2.1 Características de algunos tutoriales orientados a Física

Software	Teoría	Gráficos	Ejercicios	Evaluación
Physics Tutorial	✓	✓	✓	
PhysicsTutorials	✓	✓	✓	✓
Gamma-gamma Physics	✓	✓		
Física y Química Nuclear	✓	✓		
General Physics I	✓	✓	✓	✓

Ahora, si consideramos a los tutoriales gratuitos que proporcionan un sistema de evaluación, éstos se enfocan únicamente a proporcionar al usuario un conjunto de preguntas (en la modalidad de examen) y devolverle una puntuación. Esta puntuación no le dice mucho al usuario acerca del tema o concepto en el cual falló, y esto algunas veces provoca que el usuario se sienta decepcionado acerca de la utilidad y eficacia del tutorial, originando el abandono del sistema.

Desde nuestro punto de vista, proporcionar información al usuario acerca de su avance en el entendimiento del contenido es importante. Por lo tanto, este trabajo se enfoca en la realización de un sistema que se encarga de la fase de evaluación. La argumentación y desarrollo se describe en los capítulos siguientes.

### 3. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

#### 3.1 Antecedentes

El proceso enseñanza-aprendizaje puede ser realizado de diferentes maneras, dependiendo del papel que desempeña tanto el alumno como el profesor (actores fundamentales de este proceso). Tales maneras de realización pueden ser las siguientes [Laurillard D., 1994]:

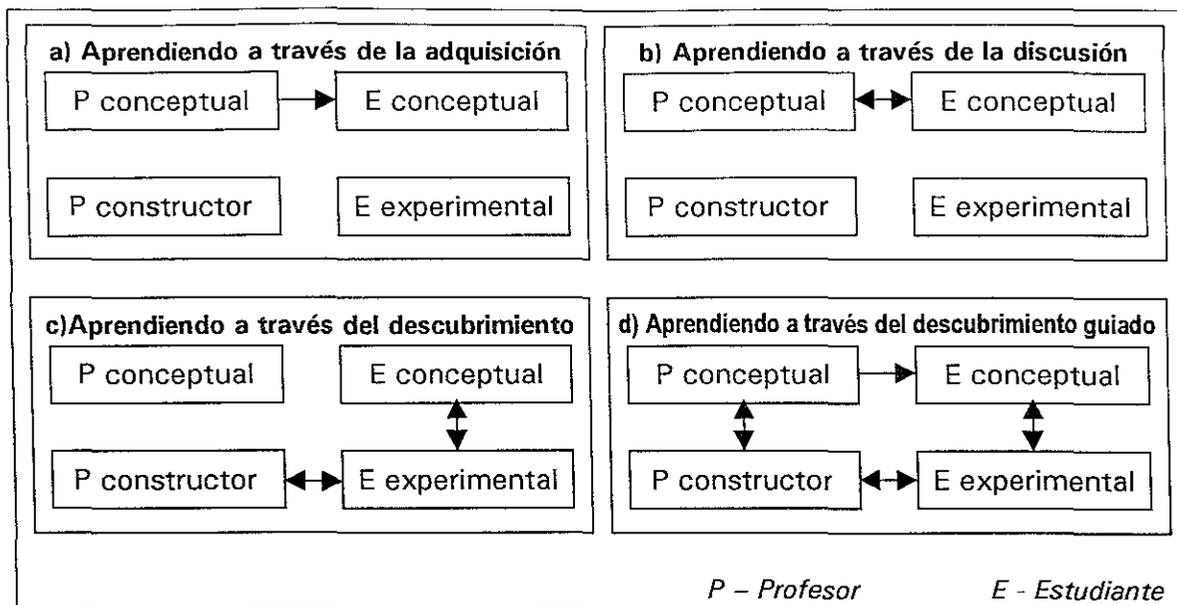
- a) A través de la adquisición: El profesor es un "narrador de historias";
- b) A través de discusiones: El profesor y el estudiante son "negociadores";
- c) A través del descubrimiento: El estudiante es un "investigador"; y,
- d) A través del descubrimiento guiado: El profesor y el estudiante son "colaboradores".

En la Figura 3.1 se representa la interacción que existe entre profesor y estudiante dependiendo del modelo seleccionado para efectuar el proceso enseñanza-aprendizaje.

Sin embargo, durante mucho tiempo, el proceso de enseñanza-aprendizaje generalmente ha observado al primero de los modos antes descritos; esto es, ha sido desarrollado en forma activa por el profesor y de forma pasiva por el estudiante. Generalmente, el papel del primero consiste en estar al frente del pizarrón transmitiendo conocimientos y el papel del segundo es estar en su butaca prestando atención y tomando notas. Estas condiciones, al paso del tiempo, se han ido modificando con base en los resultados de investigaciones realizadas en el área de pedagogía, psicología y áreas afines, que muestran que una metodología que otorga mayor peso a la participación del alumno da mejores resultados en su aprendizaje.

No obstante estas nuevas metodologías, cuando los estudiantes tienen su primer contacto con Física y Matemáticas, deben aprender una nueva forma de pensar y deben aprender un nuevo lenguaje que contiene definiciones precisas en su vocabulario y fórmulas matemáticas en su gramática.

Los errores que se presentan en su aprendizaje resultan generalmente de interpretaciones incorrectas y un desgano o incapacidad para aplicar definiciones apropiadas y leyes físicas, aún cuando las lecciones cubren el material relevante repetidamente. Dadas estas condiciones, se requiere instrucción tutorial individualizada para la enseñanza efectiva de aspectos tales como: 1) los detalles, que tienden a perderse en una lección larga en el aula, 2) los estudiantes necesitan actuar sobre la información recibida de acuerdo a su ritmo, y 3) los estudiantes necesitan retroalimentación individual a su pensamiento



*Figura 3.1 Interacción entre alumno y profesor, usando distintos modos de enseñanza-aprendizaje. a) profesor "narrador de historias"; b) profesor y alumno "negociadores"; c) estudiante "investigador"; y, d) profesor y estudiante "colaboradores".*

Obviamente, este tipo de instrucción tutorial individualizada no es posible impartirla en la mayoría de las instituciones debido a muchos factores. Sin embargo, creemos que la computadora puede hacer un buen papel al respecto. Aunque no es posible que ésta posea el entendimiento, la adaptabilidad y la habilidad refinadas de un tutor humano, tiene muchas características que la hacen superior a otros métodos de instrucción, por ejemplo: Los estudiantes encuentran que la computadora

- a) Es paciente: No se necesita cubrir determinado tema en un tiempo específico, por lo que pueden avanzar como lo consideren necesario.
- b) Permite privacidad: No sienten el temor de equivocarse frente a un grupo de compañeros y pueden intentar obtener la respuesta correcta, tantas veces como lo deseen.
- c) No intimida: Algunas veces el alumno se siente empujado ante un profesor que tiene conocimientos superiores acerca de un tema en particular. La computadora no ejerce este sentimiento de superioridad y por lo tanto, el alumno se siente con mayor confianza para interactuar con ella.
- d) Avance a ritmo propio: En un grupo tradicional, el avance del profesor lo determina el avance promedio de entendimiento del grupo; en cambio con la computadora, el alumno determina su ritmo de avance y no se

siente presionado por el resto del grupo. En caso de que su entendimiento sea muy rápido, el alumno puede incrementar el ritmo.

- e) No es tediosa: Debido a que se cuenta con distintas herramientas que permiten animación, simulación y conexión a otros temas, los temas se pueden presentar de una manera no monótona y amigable a la vez.

La instrucción por computadora, como se ha analizado, cuenta con diferentes características que traen como consecuencia ventajas sobre otros métodos de instrucción. A pesar de lo anterior, los esfuerzos que se realizan para producir software educativo de calidad no alcanza a cubrir las expectativas en el área de enseñanza – aprendizaje para Física.

Como observamos en el capítulo anterior, la cantidad de software gratuito para el área de Física que reúne tanto teoría, gráficos, ejercicios y evaluación, es mínima. La mayoría de tutoriales gratuitos que proporcionan un sistema de evaluación se remiten únicamente a brindar al usuario un conjunto de preguntas (en la modalidad de examen) y devolverle una puntuación. Esta puntuación no le dice mucho al usuario acerca del tema o concepto en el cual falló, y esto algunas veces provoca que el usuario se sienta decepcionado acerca de la utilidad y eficacia del tutorial, originando el abandono del sistema.

En las siguientes secciones se describirá el trabajo que se ha realizado para subsanar algunas carencias de este estilo.

### **3.1.1 La necesidad de un sistema de evaluación inteligente**

En el Centro de Instrumentos de la Universidad Nacional Autónoma de México, se tiene una línea de investigación en la unidad *Multimedia* para generar software educativo, específicamente en el área de Física. Una de las bases en el desarrollo de esta línea consistió en la elaboración de un hipertexto de Física, que contiene la currícula de un curso de física a nivel bachillerato, dividido en diez temas principales: 1) Mecánica y fluidos; 2) ondas; 3) termodinámica; 4) óptica; 5) electromagnetismo; 6) física moderna; 7) electrónica; 8) tecnología; y, 9) el método experimental. La información contenida en cada uno de estos temas está organizado en cinco categorías: teoría, teoría avanzada, biografías, documentos históricos y experimentos.

El hipertexto fue creado como un archivo de ayuda de Windows 3.1 y, a pesar de las limitaciones del compilador de ayuda de este sistema operativo, varios tipos de medios fueron integrados (fotografías, imágenes, videos, representaciones virtuales, simulaciones, gráficas, etc.). Además, dos aspectos importantes, no siempre considerados por otras aproximaciones, fueron incluidos.

- 1) notas filosóficas que explican el sentido de los conceptos estudiados en su contexto histórico particular y cómo han evolucionado hasta nuestros días, y;
- 2) cómo los conceptos físicos están ligados con el mundo cotidiano, principalmente a través del capítulo de tecnología.

El hipertexto de Física contó con muy buena aceptación entre los alumnos de diversos grupos de bachillerato en la ciudad de México. Los comentarios de los estudiantes que lo usaron, mostraron aceptación, calificando a éste como un buen material complementario. Motivados por esta respuesta se decidió continuar este trabajo para generar una herramienta que les permitiera, entre otras cosas, evaluarse a sí mismos en su progreso personal. Por tal motivo, se optó por realizar reuniones para discutir cuáles podrían ser algunas opciones para mejorar el hipertexto. El resultado de tales discusiones fue anexar recursos como:

- a) *Estrategias de solución de problemas* para permitir que un problema se pueda resolver por distintos métodos, proporcionando al usuario oportunidad de analizar diversos ejercicios por diferentes caminos.
- b) *Prácticas basadas en video* para ayudar a los alumnos a preparar, realizar y entender prácticas experimentales propuestas en los cursos de Física. En especial, con la idea de auxiliar a los alumnos que no cuentan con equipo de laboratorio suficiente en sus escuelas.
- c) *Diccionario inverso* para brindar al usuario una herramienta que le permita realizar búsquedas, no a partir de conceptos, sino de definiciones. Esta herramienta puede contribuir a que el alumno se percate de cómo un mismo concepto es utilizado en diferentes áreas de la Física.
- d) *Módulo de dudas* con la idea de que se proporcione al alumno aquellas dudas o creencias erróneas que se han detectado en el grueso de los estudiantes para un tema particular. De esta manera también se espera despertar en él la autoreflexión sobre su propia comprensión del tema estudiado.
- e) *Paseos virtuales* que ayuden al alumno a situar en el mundo real los temas presentados en el tutor, mediante la visita virtual a diferentes laboratorios relacionados con los temas tratados en el tutor.
- f) *¿Cómo funciona?* Que tiene como objetivo principal atrapar la atención del alumno a partir de animaciones en 2D y 3D, que le muestren las aplicaciones e implicaciones que tiene la Física en la vida diaria.
- g) *Explícame mi fórmula*, que al igual que el anterior intenta atraer la atención del alumno a partir de una petición típica de ellos: ¿qué significa esta fórmula?

- h) *Haz tu propio acordeón* brinda al usuario una herramienta que le facilite sus estudios, permitiendo que el alumno copie la información que considere importante y ésta a su vez quede unida al lugar de donde se obtuvo. De esta manera se puede elaborar un buen resumen y a la vez contar con el contenido de cada punto contemplado en él.
- i) *Evaluación*, este módulo proporciona un método de evaluación que permita identificar los puntos débiles en el aprendizaje de los alumnos, además ofrece al usuario una lista personalizada de los temas a revisar.
- j) *Guía inteligente* que tiene la tarea de coordinar las actividades de aprendizaje de un alumno, integrando para ello a los módulos arriba descritos del Tutorial de Física.

En la Figura 3.2 puede apreciarse el esquema de estos módulos involucrados en el sistema. También puede observarse que cada uno de ellos se implementa con una o varias herramientas. Estas herramientas son Multimedia, que permite desarrollar ambientes con muchas facilidades de interacción; Sistema Inteligente, que posibilita modelar la experticia de los profesores de física; e, Ingeniería del Lenguaje, que es una aplicación del conocimiento del lenguaje para el desarrollo de los sistemas de cómputo, a fin de reconocer, entender, interpretar y generar lenguaje humano en todas sus formas".

Pero, ¿por qué incluir un módulo de evaluación en un tutorial? Si el objetivo fundamental de un tutorial es enseñar algo a un usuario (por ejemplo, el manejo de un programa, el uso de un dispositivo periférico y/o el funcionamiento de algún instrumento), tal vez sería suficiente con presentar la información o conocimiento que nos interesa que aprenda el alumno. Pero entonces, ¿cómo saber si el alumno aprendió o no dicho conocimiento?

En el siguiente punto se desarrolla la teoría y fundamentos que nos llevaron a considerar cuán importante era incluir este módulo.

### **3.2 El proceso de evaluación**

En nuestro sistema educativo, el proceso de enseñanza-aprendizaje se realiza en distintas etapas o grados. En dicho sistema, se espera que el alumno que va a transitar de un nivel al siguiente superior, haya comprendido cabalmente el material correspondiente al actual. Aún cuando esta situación es la ideal, en la realidad lo que ocurre es que el estudiante va acumulando un conjunto de dudas, que se reflejan posteriormente en las dificultades que tiene para entender los conceptos del siguiente nivel.

Para evitar lo anterior, el profesor utiliza la evaluación como medio para detectar a aquellos alumnos que, con mayor probabilidad, no tendrán éxito en el nivel superior. A estos alumnos se les retiene hasta que hayan comprendido de manera adecuada los conceptos que comprende la currícula del nivel en mención.

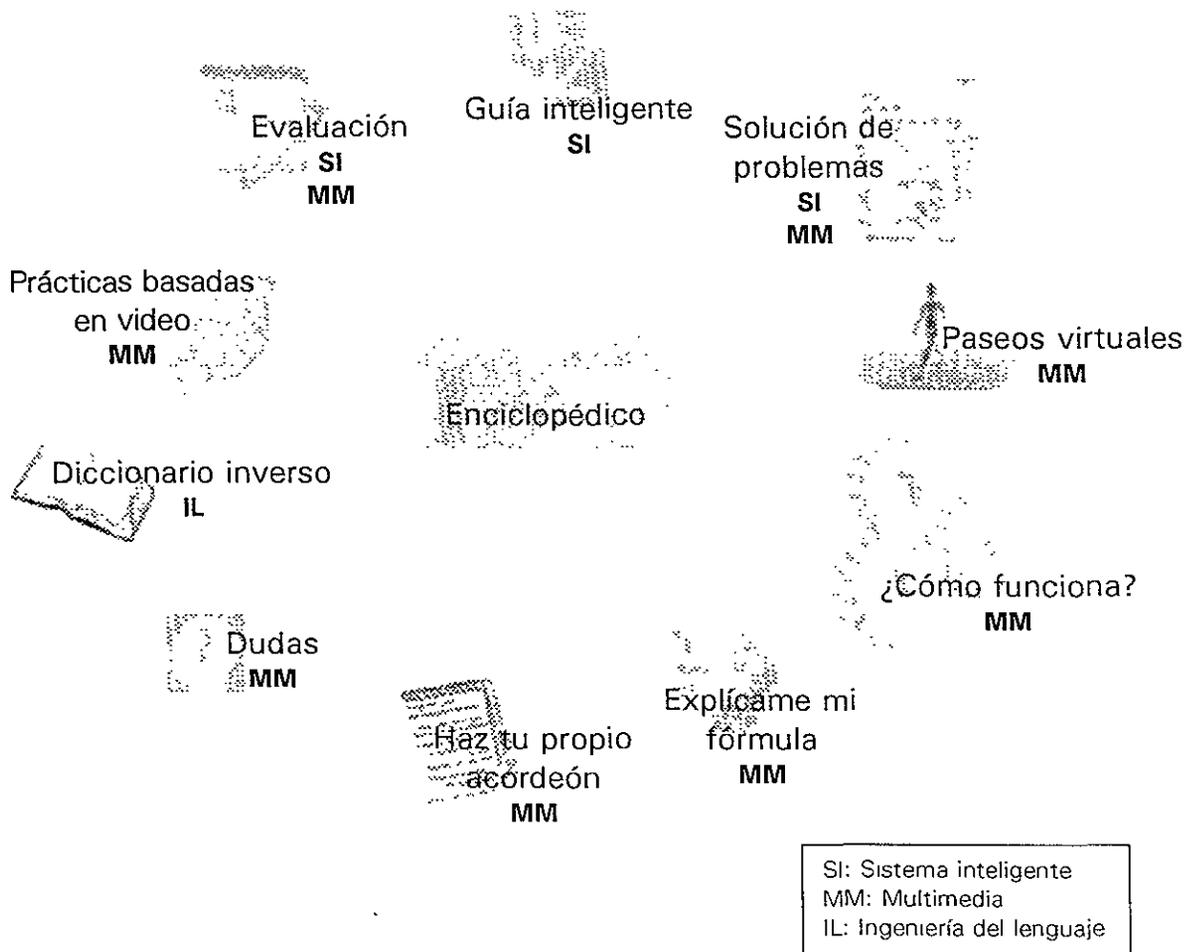


Figura 3.2 Módulos que componen el tutor inteligente

La evaluación educativa, a pesar de ser una actividad compleja y en ocasiones sin parámetros formales que conduzcan a valoración eficiente, equitativa, y objetiva, se considera como un elemento indispensable en la labor docente. Desafortunadamente, a pesar del papel fundamental que ésta desempeña, la mayoría de los instrumentos utilizados evalúan únicamente procesos de memorización o automatización de los contenidos, sin tomar en cuenta el logro de habilidades cognitivas más complejas. Esto también origina

que generalmente se considere a la evaluación como aislada e independiente del proceso de enseñanza.

En esencia, la evaluación del aprendizaje es un proceso que tiene como objetivo obtener información que permita regular el proceso de enseñanza aprendizaje, con la idea de ajustarlo para que sea más eficiente [CEPAC, 1997]. Dicha información permite identificar:

- a) el dominio que el estudiante tiene sobre los antecedentes o requisitos necesarios para lograr aprendizajes que plantea el programa;
- b) el nivel de alcance que el estudiante va logrando a lo largo del curso, para realimentar y favorecer sus condiciones de logro;
- c) la eficiencia de la metodología empleada en la enseñanza para, en su caso, hacer las correcciones de procedimientos que se juzgen pertinentes;
- d) los aprendizajes alcanzados por cada estudiante al finalizar una fase completa de enseñanza.

Esta información le permite al profesor tomar decisiones respecto a:

- 1) la eficiencia de la estrategia didáctica utilizada;
- 2) los ajustes necesarios para la estrategia;
- 3) la planeación de cursos subsecuentes;
- 4) tomar medidas para resolver o aminorar las carencias detectadas;
- 5) hacer consciente al alumno sobre su grado de avance;
- 6) decidir sobre la acreditación o no de cada estudiante.

Tomando en cuenta los puntos anteriores, observamos que la evaluación del aprendizaje tiene una función reguladora (ajustar el proceso de enseñanza) y una función de decisión (otorgar calificación). Es importante mencionar que en nuestro caso no se considera esta última función, ya que no nos interesa dar un número a los resultados que encontramos, sino simplemente proporcionar al alumno información acerca de sus deficiencias (bajo la forma de una lista de conceptos para revisar).

Para que la evaluación cumpla con las funciones anteriores (reguladora y de decisión), debe cumplir con las condiciones de oportunidad y pertinencia. La primera se cumple cuando se proporciona la información requerida en el momento adecuado, permitiendo fundamentar la acción y tomar decisiones que realimenten el proceso. La segunda, pertinencia, se adquiere cuando se aplican criterios, medios e instrumentos acordes con el contenido, el tipo de conocimiento y el nivel de complejidad del aprendizaje que se quiere lograr en el estudiante. Esto implica que sólo se deberá evaluar aquello que ha sido establecido en el programa y los medios e instrumentos de evaluación tendrán

que corresponder con la manera en que ha sido conducido el proceso de enseñanza aprendizaje.

### 3.2.1 Tipos de evaluación

Existen tres modalidades de evaluación:

- 1) *Evaluación diagnóstica*: Que se utiliza para detectar el estado inicial del usuario, explorando sus esquemas referenciales con la intención de seleccionar la(s) estrategia(s) didáctica(s) que permitan la transformación de esquemas erróneos o la consolidación de esquemas correctos.
- 2) *Evaluación formativa*: Esta modalidad se usa para valorar el avance que se va alcanzando durante el seguimiento del tutorial y, con base en esto, valorar la pertinencia de las estrategias de enseñanza para ajustarlas o rectificarlas.
- 3) *Evaluación sumativa*: Esta evaluación nos permitirá detectar si el usuario podrá o no avanzar al siguiente tema. Puede abarcar un subconjunto de temas o un tema.

Todos estos aspectos influyeron de manera importante en el desarrollo del sistema de evaluación. La manera en que influyeron en el diseño final será tratada en detalle en el Capítulo 4. Para evaluar el aprendizaje se tienen que considerar distintos niveles en él. En la siguiente sección se describen estos niveles y en particular cuál fue utilizado en el sistema.

### 3.2.2 Elementos para la evaluación del aprendizaje

En el aprendizaje convergen tres ejes: a) el relativo al contenido, que define los tipos de conocimiento a evaluar; b) el cognitivo, referente a la actividad intelectual del estudiante; y c) el afectivo-motivacional, que dispara, mantiene y refuerza las conductas de estudio (ver Figura 3.3).

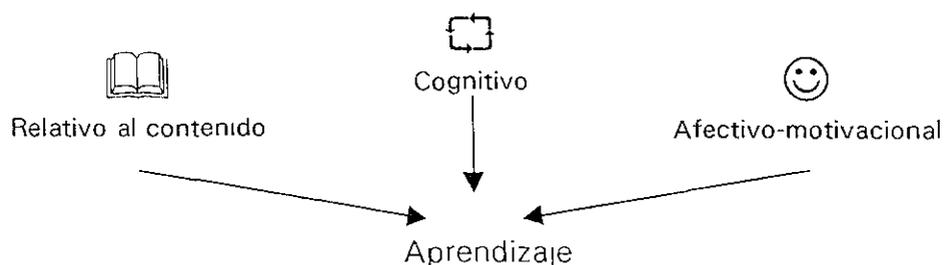


Figura 3.3 Ejes articulados que convergen en el aprendizaje

### a) Eje relativo al contenido

Los contenidos incluyen los conocimientos que se pueden clasificar en declarativos y procedimentales. Los primeros se refieren a lo que el alumno sabe, y los segundos se refieren a lo que sabe hacer. A su vez, el conocimiento declarativo se puede dividir en factual y conceptual.

El conocimiento declarativo factual se refiere a los hechos y se caracteriza por ser del estilo de proposiciones enunciativas (v.g. fechas, cantidades, lugares, etc.). Por su parte, el conocimiento declarativo conceptual involucra, entre otras actividades, el establecimiento de relaciones entre hechos y entre conceptos; la formación de categorías y esquemas; y la elaboración de inferencias deductivas, inductivas y analógicas. En términos generales, el conocimiento declarativo conceptual es más complejo que el factual.

Por otra lado, el conocimiento procedimental se subdivide en reconocimiento de patrones y secuencias de acción. Esta última tiene una mayor complejidad que el reconocimiento de patrones.

El conocimiento procedimental está referido a destrezas dirigidas a la acción y se puede poseer parcial o totalmente, se adquiere en forma gradual por la práctica y es difícil de verbalizar. La complejidad de lo procedimental varía en función del número de acciones o pasos implicados, grado de libertad en el orden de éstos y de la naturaleza de la meta a la que se orientan, por ejemplo, construir un plano, realizar un balance contable, etc.

Esta clasificación de conocimiento se esquematiza en la Figura 3.4.

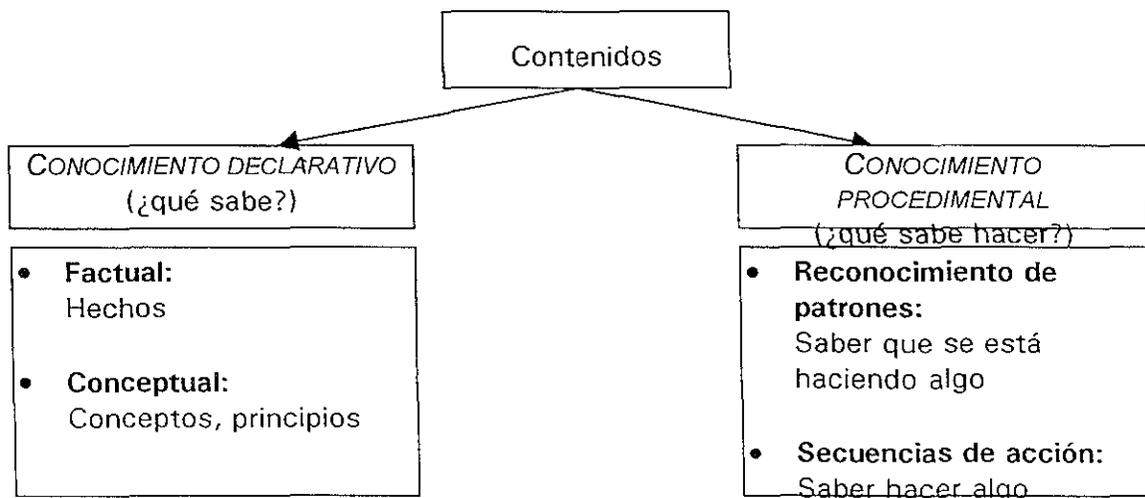


Figura 3.4 Eje articulado relativo al contenido

Con lo que hemos visto hasta ahora, podemos darnos cuenta de que los niveles de complejidad involucrados en el aprendizaje implican procesos de valoración diferentes para cada uno de ellos.

Dadas las características de nuestro problema y los objetivos que se pretendían alcanzar, en este eje sólo consideramos para nuestro sistema el conocimiento declarativo conceptual.

Sin embargo, no sólo este eje fue considerado, sino que también algunos de los aspectos del eje cognitivo son evaluados. A continuación describiremos cuáles son estos aspectos.

### **b) Eje cognitivo**

Este eje, como ya se mencionó, se refiere a la actividad intelectual del estudiante y comprende cuatro variables que se activan en la interacción del estudiante con el material estudiado (Figura 3.5), permitiendo que la información sea asimilada.

*1) Procesos cognitivos.* Estos procesos determinan el nivel de complejidad con el que se efectúa una tarea e incluyen, de menor a mayor grado de complejidad:

- **Identificación:** se reconocen a nivel memorístico hechos, conceptos, principios y procedimientos nuevos o ya conocidos.
- **Comparación:** se establecen semejanzas y diferencias entre cosas, situaciones o fenómenos.
- **Clasificación:** se forman categorías mediante clases conceptuales, semejanzas, diferencias, enumeraciones y definiciones.
- **Razonamiento:** A partir de reglas generales se explican casos particulares (deducción) y se elaboran conclusiones de lo particular a lo general a partir de piezas específicas de información (inducción).
- **Integración y estructuración del conocimiento:** el estudiante organiza, resume, sintetiza, crea esquemas o redes conceptuales para estructurar la información aprendida en un todo coherente e integrado.
- **Solución de problemas y creatividad:** El estudiante define el espacio, factores o variables que configuran un problema e identifica o propone un arreglo de operadores para generar soluciones, así como nuevas maneras de ver la situación y/o resolver estándares de ejecución definidos.

*2) Estrategias de aprendizaje.* Implican el uso consciente, sistemático e intencionado de los procesos cognitivos por parte del estudiante.

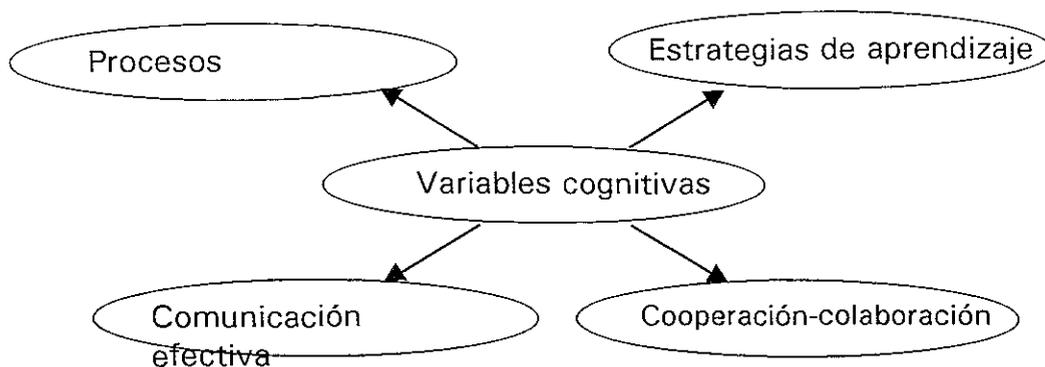


Figura 3.5 Variables consideradas en el eje cognitivo para valorar el aprendizaje

- 3) **Comunicación afectiva.** Incluye la capacidad de expresar claramente las ideas tanto en forma oral como escrita, comunicarse efectivamente con diversas audiencias (adaptar estilo y tono al nivel de conocimiento e interés de la audiencia), y, comunicarse efectivamente en una variedad de maneras (usar múltiples métodos para comunicar ideas y hacerlo adecuadamente).
- 4) **Cooperación – colaboración.** Implica la pertinencia de intervenir para el logro de metas grupales, usar efectivamente su capacidad para establecer relaciones interpersonales, su contribución al mantenimiento del grupo y el desempeño de diferentes roles de acuerdo a las circunstancias.

Analizando este eje, podemos reafirmar el hecho de que realizar una evaluación no es algo sencillo e implica una gran cantidad de factores. Respecto a este eje, nuestro sistema comprende la valoración de las variables "Procesos cognitivos" y "Estrategias de aprendizaje".

Además, podemos observar que los ejes relativos al contenido y cognitivo interactúan directamente para conformar los conocimientos y habilidades cognitivas a desarrollar y consolidar en las asignaturas. Sin embargo, el porcentaje que en cada uno de estos ejes se hace presente es diferente, dependiendo del tipo de asignatura. Así, por ejemplo, en Física y/o Matemáticas no se tienen las mismas demandas de habilidades de comunicación afectiva que en Taller de Lectura y Redacción.

### c) Eje afectivo-emocional

Este eje se puede considerar como indicador tanto del aprendizaje del estudiante como de la estrategia didáctica del profesor. Entre otros elementos se tienen:

- El concepto que el estudiante tiene de sí mismo y la confianza que siente sobre su capacidad ante una tarea determinada.
- La utilidad y atracción que percibe de la tarea de aprendizaje en la que se compromete.
- La ansiedad de examen.
- Las creencias emotivas: atribución de éxito y fracaso percibido.

Este eje no fue contemplado, por el momento, en el desarrollo del sistema.

Todos los aspectos anteriores, que describen cómo, cuándo y qué evaluar, nos llevan a establecer que planear y realizar con éxito un buen proceso de evaluación es una tarea complicada. Además, concluimos que existen diferentes tipos de evaluación, si se considera nuevamente en qué etapa es realizada, qué es evaluado y la forma de hacerlo; y por lo tanto, también existen distintos niveles de complejidad para elaborar cada uno de ellos. No es lo mismo redactar un test que tenga como fin evaluar la capacidad de expresión clara de ideas o el desempeño en grupo, que, por otro lado, valorar su capacidad de clasificación.

Por lo anterior, se optó por diseñar e implementar el módulo de evaluación con las características que en la siguiente sección son descritas.

### **3.3 Desarrollo de la solución**

Para generar una herramienta, que proporcionara información al usuario del tutorial acerca de su avance en el entendimiento del contenido del mismo, fue necesario considerar los tipos de evaluación descritos en las secciones anteriores y las facilidades de interacción que brinda la computadora.

Se decidió que en esta primer versión se valorará únicamente los ejes relativo al contenido y cognitivo. Esto es, valorar, entre otros, la capacidad de establecimiento de relaciones entre hechos y entre conceptos; la formación de categorías y esquemas; y la elaboración de inferencias deductivas, inductivas y analógicas.

Para el desarrollo del módulo de evaluación se decidió emplear un sistema experto que emulara la experticia de un profesor de Física para identificar y evaluar si un alumno comprendió o no determinado tema o concepto. Por otra parte, para interactuar con el usuario (alumno/a) se tuvo en mente proporcionar un ambiente interactivo y de fácil uso, por lo que se diseñó una interfaz multimedia.

Veamos ahora qué es y por qué fue empleada la tecnología de sistemas expertos.

### 3.3.1 Sistemas expertos

Los sistemas expertos (SE) han evolucionado en el campo de la Inteligencia Artificial. La inteligencia artificial (IA) es el campo de las Ciencias de la Computación que se concentra tanto en el desarrollo de innovaciones en hardware como en técnicas de programación, habilitando a las máquinas para desarrollar tareas que requerirían inteligencia si fueran realizadas por personas [Giarratano, 1994]. La Figura 3.6 muestra las principales áreas de interés en IA.

Algunas habilidades que son consideradas como signos de inteligencia son:

- Aprender y entender de la experiencia
- Entender de mensajes contradictorios o ambiguos
- Responder rápida y exitosamente a una situación nueva
- Usar la razón para resolver problemas
- Entender e inferir en formas racionales ordinarias
- Aplicar el conocimiento para manipular el ambiente
- Adquirir y aplicar el conocimiento
- Pensar y razonar
- Reconocer la importancia relativa de diferentes elementos en una situación

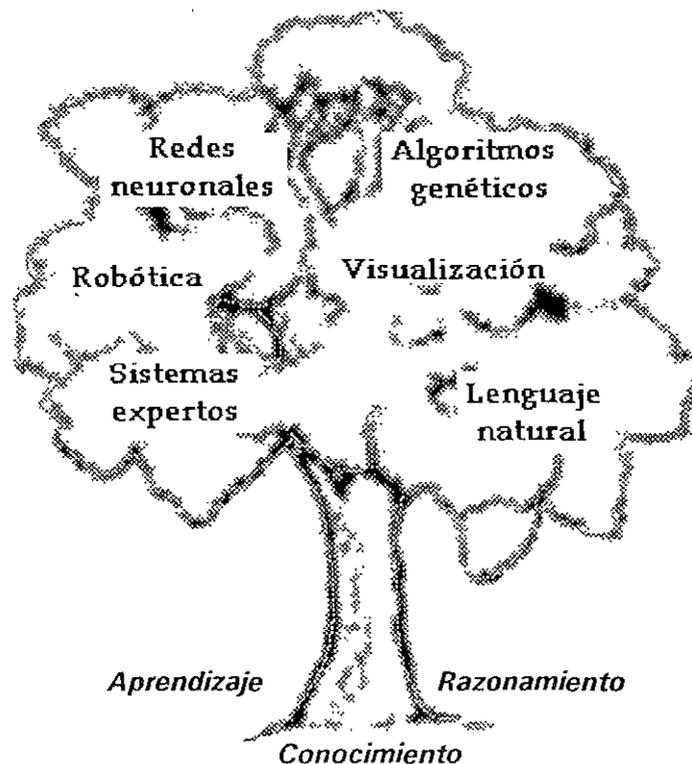


Figura 3.6 Áreas principales en Inteligencia Artificial

Los SE son una rama de la IA que intentan imitar los procesos de razonamiento y conocimiento de expertos en resolver problemas de tipo específico. Un experto es una persona que tiene experticia en una cierta área. Las principales características con las que cuenta un SE son:

- a) Alto desempeño. El sistema debe ser capaz de responder en un nivel de competencia igual que un experto en el campo.
- b) Procesa simbólicamente. Proporciona modos de representación que se acercan al modo de pensar de la gente, que tiende a pensar y procesar simbólicamente más que sólo numéricamente.
- c) Usa métodos no algorítmicos. Permite emular procesos de razonamiento que tienden a ser no algorítmicos (algoritmos no claros), esto es, representar actividades mentales que consisten de más que sólo procedimientos lógicos paso por paso.
- d) Tiempo de respuesta adecuado. El sistema se debe desempeñar en un tiempo razonable.
- e) Buena confiabilidad. El SE debe ser confiable y no ser propenso a fallas.
- f) Entendible. El sistema debe ser capaz de explicar los pasos de su razonamiento.
- g) Maneja heurísticas. Proporciona métodos para simular cómo la gente hace decisiones usando heurísticas; es decir, no tiene que volver a pensar completamente qué hacer si se encuentra con un problema similar resuelto anteriormente.
- h) Trabaja con incertidumbre. El SE puede lograr un resultado favorable sin haber tenido acceso a toda la información necesaria. Para ello se vale de mecanismos de decisión basados en incertidumbre.
- i) Trabaja con rangos.

La Figura 3.7 ilustra la arquitectura de un SE basado en el conocimiento (Harmon, P. & Sawyer, B., 1990). El usuario proporciona hechos u otra información al SE y recibe un consejo experto (o experticia) en respuesta.

A continuación se describen cada uno de los componentes ilustrados en la dicha figura.

#### *1. Interfaz de usuario.*

Un SE necesita medios y canales adecuados para comunicarse tanto con el usuario (y permitir así una interacción eficiente y el alcance de metas); como con archivos externos: bases de datos, hojas electrónicas de cálculo,

archivos de texto, etc. A los módulos encargados de dicha comunicación se les conoce como las interfaces del sistema.

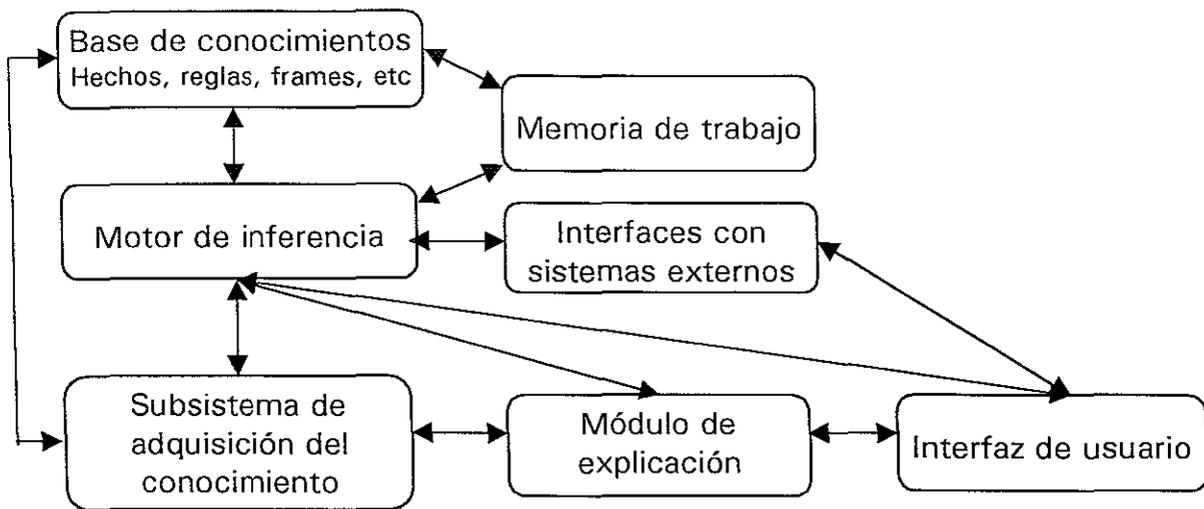


Figura 3.7 Arquitectura de un sistema experto basado en el conocimiento

## II. Memoria de trabajo.

La memoria de trabajo es una base de hechos global utilizada por las reglas.

## III. Módulo de explicación.

Como su nombre lo dice, este módulo expone al usuario el razonamiento que el sistema utilizó para llegar a una determinada respuesta.

## IV. Subsistema de adquisición del conocimiento

Este subsistema proporciona una forma automática para que el usuario introduzca el conocimiento en el sistema más que tener al ingeniero del conocimiento codificándolo explícitamente.

## V. Motor de inferencia

Este motor se encarga de hacer inferencias, decidiendo qué reglas son satisfechas por hechos u objetos, da preferencia a las reglas satisfechas y ejecuta la regla con la mayor prioridad. En seguida será tratado con mayor detalle este elemento, dada la importancia que una máquina de inferencias tiene en un SE.

Dos métodos generales de hacer inferencias son comúnmente usados: encadenamiento hacia delante y encadenamiento hacia atrás.

V.1. El encadenamiento hacia delante es un razonamiento de los hechos (o estados iniciales) a las conclusiones (o estados meta), resultantes de esos hechos (ver Figura 3.8).

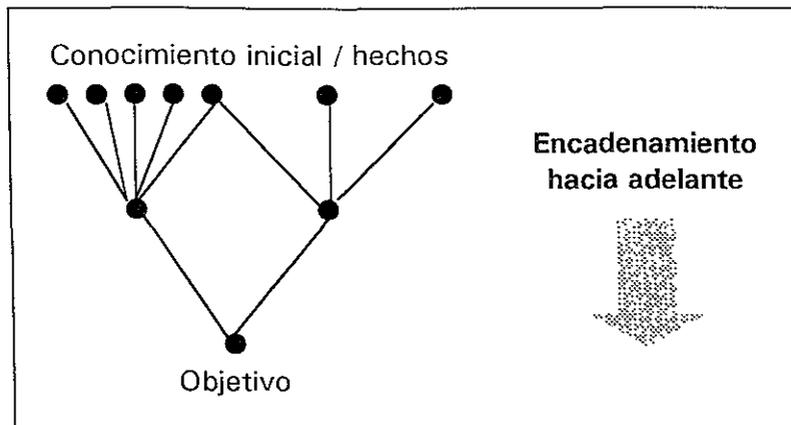


Figura 3.8 Método de inferencia con encadenamiento hacia adelante

Este razonamiento empieza a partir de un conjunto de datos; se verifica cada una de las reglas para ver si los datos observados satisfacen las premisas de alguna de las reglas. Si una regla es satisfecha, es ejecutada derivando nuevos hechos que pueden ser utilizados por otras reglas para derivar hechos adicionales, y así sucesivamente hasta evolucionar hacia una conclusión. Este proceso puede observarse gráficamente en la Figura 3.9, donde los pasos 1, 2 y 3 se refieren a:

1. Unificación (*Matching*). En este paso, se prueban los hechos conocidos al momento en las reglas en la base de conocimientos, para ver cuáles son las que resultan satisfechas. Para decir que una regla ha sido satisfecha, se requiere que todas las premisas o antecedentes de la regla resuelvan a verdadero.
2. Resolución de conflictos. Es posible que en la fase de unificación resulten satisfechas varias reglas. La resolución de conflictos involucra la selección de la regla que tenga la más alta prioridad de entre el conjunto de reglas que han sido satisfechas.
3. Ejecución. El último paso en la interpretación de reglas es la ejecución de la regla. La ejecución puede dar lugar a uno o dos resultados posibles: nuevo hecho (o hechos) pueden ser derivados y añadidos a la base de hechos, o una nueva regla (o reglas) pueden ser añadidas al conjunto de reglas (base de conocimiento) que el sistema considera para ejecución.

En esta forma, la ejecución de las reglas procede de una manera progresiva (hacia adelante) hacia los objetivos finales.

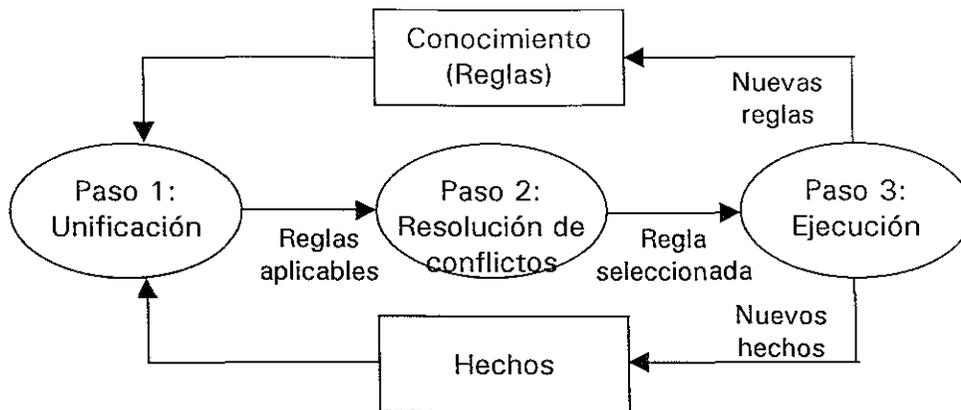


Figura 3.9 Pasos realizados usando el método de inferencia con encadenamiento hacia delante

Un ejemplo de razonamiento hacia delante se muestra a continuación, donde el objetivo es crear todos los hechos derivables de la base de conocimientos :

MECANISMO DE INFERENCIA	BASE DE CONOCIMIENTOS
<p><i>Primer paso</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realiza un "matching" de reglas con hechos</li> <li>Descubre que R1 y R2 se pueden disparar</li> <li>Elige R1 según la estrategia "la primera regla dispara"</li> <li>Dispara R1 e introduce "s" en la base de conocimientos</li> </ul>	<p>R1: si <math>p</math> y <math>q</math>, entonces <math>s</math>            R2: si <math>r</math>, entonces <math>t</math>            R3: si <math>s</math> y <math>t</math>, entonces <math>u</math>            R4: si <math>s</math> y <math>r</math>, entonces <math>v</math></p> <p><math>p</math>  <math>q</math>  <math>r</math>  <math>s</math></p>
<p><i>Segundo paso</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realiza un "matching" de reglas con hechos</li> <li>Descubre que R2 y R4 se pueden disparar</li> <li>Elige R2 según la estrategia "la primera regla dispara"</li> <li>Dispara R2 e introduce "t" en la base de conocimientos</li> </ul>	<p>(R1: si <math>p</math> y <math>q</math>, entonces <math>s</math>)            R2: si <math>r</math>, entonces <math>t</math>            R3: si <math>s</math> y <math>t</math>, entonces <math>u</math>            R4: si <math>s</math> y <math>r</math>, entonces <math>v</math></p> <p><math>p</math>  <math>q</math>  <math>r</math>  <math>s</math>  <math>t</math></p>
<p><i>Tercer paso</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Realiza un "matching" de reglas con hechos</li> <li>Descubre que R3 y R4 se pueden disparar</li> <li>Elige R3 según la estrategia "la primera regla dispara"</li> <li>Dispara R3 e introduce "u" en la base de conocimientos</li> <li>Memoriza que R2 ha sido aplicada</li> </ul>	<p>(R1: si <math>p</math> y <math>q</math>, entonces <math>s</math>)            (R2: si <math>r</math>, entonces <math>t</math>)            R3: si <math>s</math> y <math>t</math>, entonces <math>u</math>            R4: si <math>s</math> y <math>r</math>, entonces <math>v</math></p> <p><math>p</math>  <math>q</math>  <math>r</math>  <math>s</math>  <math>t</math>  <math>u</math></p>

<p><i>Cuarto paso</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiza un "matching" de reglas con hechos</li> <li>• Descubre que <b>R4</b> se puede disparar</li> <li>• Dispara <b>R4</b> e introduce "v" en la base de conocimientos</li> <li>• Memoriza que <b>R4</b> ha sido aplicada</li> </ul>	<p>(R1: si <math>p</math> y <math>q</math>, entonces <math>s</math>)  (R2: si <math>r</math>, entonces <math>t</math>)  (R3: si <math>s</math> y <math>t</math>, entonces <math>u</math>)  <b>R4: si <math>s</math> y <math>r</math>, entonces <math>v</math></b></p> <p><math>p</math>  <math>q</math>  <math>r</math>  <math>s</math>  <math>t</math>  <math>u</math>  <b><math>v</math></b></p>
<p><i>Quinto paso</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realiza un "matching" de reglas con hechos</li> <li>• Descubre que no hay reglas que puedan disparar</li> <li>• Finaliza</li> </ul>	<p>(R1: si <math>p</math> y <math>q</math>, entonces <math>s</math>)  (R2: si <math>r</math>, entonces <math>t</math>)  (R3: si <math>s</math> y <math>t</math>, entonces <math>u</math>)  <b>R4: si <math>s</math> y <math>r</math>, entonces <math>v</math></b></p> <p><math>p</math>  <math>q</math>  <math>r</math>  <math>s</math>  <math>t</math>  <math>u</math>  <math>v</math></p>

Un conjunto de aplicaciones adecuadas para el razonamiento hacia delante incluye supervisión y diagnóstico en sistemas de control de procesos en tiempo real, donde los datos están continuamente siendo adquiridos, modificados y actualizados. Otro conjunto de aplicaciones adecuadas para este razonamiento está formado por: diseño, planeamiento y calendarización, donde ocurre la síntesis de nuevos hechos basados en las conclusiones de las reglas.

V.2. Por otro lado, tenemos el mecanismo de inferencia denominado encadenamiento hacia atrás, éste empieza con la conclusión deseada y decide si los hechos que existen pueden dar lugar a la obtención de un valor verdadero para esta conclusión (ver Figura 3.10)

El sistema empieza con un conjunto de hechos conocidos que típicamente está vacío. Se proporciona una lista ordenada de objetivos (o conclusiones), para las cuales el sistema trata de derivar valores. El proceso de razonamiento regresivo utiliza esta lista de objetivos para coordinar su búsqueda a través de las reglas de la base de conocimientos

Un ejemplo de este razonamiento se muestra a continuación, donde el objetivo es la verificación de la hipótesis  $v$ , esto es, el mecanismo de inferencia comprueba si  $v$  puede ser deducida de los hechos existentes:

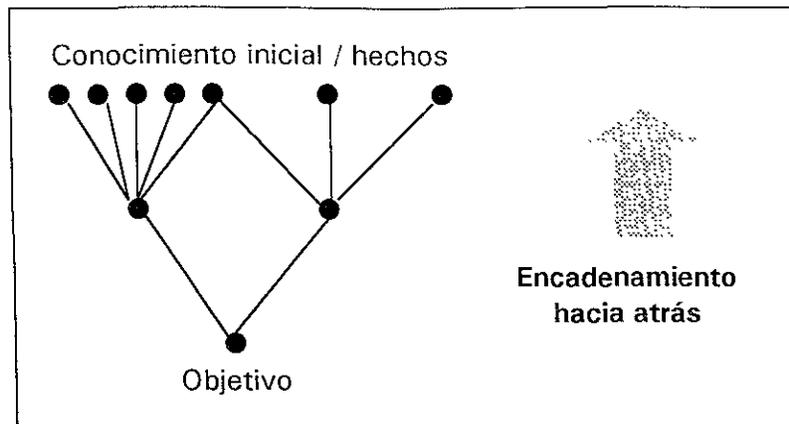


Figura 3.10 Mecanismo de inferencia con encadenamiento hacia atrás

Ejemplo:

MECANISMO DE INFERENCIA	BASE DE CONOCIMIENTOS
<p><i>Primer paso</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprueba si <math>v</math> está contenida en la base de conocimientos</li> <li>• Descubre que <math>v</math> no está contenida en la base de conocimientos</li> <li>• Introduce <math>v</math> como hipótesis e intenta verificar <math>v</math> en el paso siguiente</li> </ul>	<p><b>R1:</b> si <math>p</math> y <math>q</math>, entonces <math>s</math>  <b>R2:</b> si <math>r</math>, entonces <math>t</math>  <b>R3:</b> si <math>s</math> y <math>t</math>, entonces <math>u</math>  <b>R4:</b> si <math>s</math> y <math>r</math>, entonces <math>v</math>  <math>p</math>  <math>q</math>  <math>r</math></p>
<p><i>Segundo paso</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compara las reglas con <math>v</math> (<i>matching</i>)</li> <li>• Descubre que <b>R4</b> incluye a <math>v</math></li> <li>• Comprueba si la 1a premisa de <b>R4</b> se cumple, (es decir, si <math>s</math> está contenida en la base de conocimientos)</li> <li>• Descubre que <math>s</math> no está contenida</li> <li>• Acepta a <math>s</math> como hipótesis e intenta verificar <math>s</math></li> </ul>	<p><b>R1:</b> si <math>p</math> y <math>q</math>, entonces <math>s</math>  <b>R2:</b> si <math>r</math>, entonces <math>t</math>  <b>R3:</b> si <math>s</math> y <math>t</math>, entonces <math>u</math>  <b>R4:</b> si <math>s</math> y <math>r</math>, entonces <math>v</math>  <math>p</math>  <math>q</math>  <math>r</math></p>
<p><i>Tercer paso</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compara las reglas con <math>s</math> (<i>matching</i>)</li> <li>• Descubre que <b>R1</b> incluye a <math>s</math></li> <li>• Comprueba si la 1a premisa de <b>R1</b> se cumple, (es decir, si <math>p</math> está contenida en la base de conocimientos)</li> <li>• Descubre que <math>p</math> está contenida</li> <li>• Comprueba si la 2a premisa de <b>R1</b> se cumple</li> <li>• Descubre que <math>q</math> está contenida</li> <li>• Descubre que se cumplen todas las premisas de <b>R1</b></li> <li>• Dispara <b>R1</b> e incluye <math>s</math> en la base de conocimientos</li> </ul>	<p><b>R1:</b> si <math>p</math> y <math>q</math>, entonces <math>s</math>  <b>R2:</b> si <math>r</math>, entonces <math>t</math>  <b>R3:</b> si <math>s</math> y <math>t</math>, entonces <math>u</math>  <b>R4:</b> si <math>s</math> y <math>r</math>, entonces <math>v</math>  <math>p</math>  <math>q</math>  <math>r</math>  <math>s</math></p>

<p><i>Cuarto paso</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Comprueba, como a continuación del paso 2, si la 2a premisa de <b>R4</b> se cumple, es decir,, si <math>r</math> está contenida en la base de conocimientos</li> <li>• Descubre que <math>r</math> está contenida</li> <li>• Descubre que con ello se han cumplido todas las premisas de <b>R4</b></li> <li>• Dispara <b>R4</b> e introduce <math>v</math> en la base de</li> </ul>	<p><b>R1:</b> si <math>p</math> y <math>q</math>, entonces <math>s</math>  <b>R2:</b> si <math>r</math>, entonces <math>t</math>  <b>R3:</b> si <math>s</math> y <math>t</math>, entonces <math>u</math>  <b>R4:</b> si <math>s</math> y <math>r</math>, entonces <math>v</math></p> <p><math>p</math>  <math>q</math>  <math>r</math>  <math>s</math>  <math>v</math></p>
<p><i>Quinto paso</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Descubre, como continuación del paso 1, que la hipótesis <math>v</math> queda verificada</li> <li>• Finaliza</li> </ul>	<p><b>R1:</b> si <math>p</math> y <math>q</math>, entonces <math>s</math>  <b>R2:</b> si <math>r</math>, entonces <math>t</math>  <b>R3:</b> si <math>s</math> y <math>t</math>, entonces <math>u</math>  <b>R4:</b> si <math>s</math> y <math>r</math>, entonces <math>v</math></p> <p><math>p</math>  <math>q</math>  <math>r</math>  <math>s</math>  <math>v</math></p>

El razonamiento regresivo es mucho más adecuado para aplicaciones que tienen mucho mayor número de entradas, que de soluciones posibles. Una excelente aplicación para el razonamiento regresivo es el diagnóstico, donde el usuario dialoga directamente con el sistema basado en conocimiento y proporciona los datos a través del teclado. Problemas de clasificación también son adecuados para ser resuelto mediante este razonamiento.

Para decidir qué estrategia de encadenamiento usar, es necesario considerar aspectos como:

- 1) número de estados iniciales y estados meta, es deseable moverse desde el conjunto de estados más pequeño hacia el conjunto con mayor número de estados,
- 2) factor de bifurcación (número promedio de nodos que puede ser alcanzado directamente desde un simple nodo), es preferible proceder en la dirección con el menor factor de bifurcación,
- 3) justificación del proceso de razonamiento, es importante que se proceda en la dirección que corresponda más cercanamente con la forma en que el usuario pensará, y
- 4) tipo de evento que activará una nueva etapa de la solución del problema, si es la llegada de un nuevo hecho, el razonamiento hacia

delante tiene sentido. Si es una pregunta de la que se desea la respuesta, entonces es más natural el razonamiento hacia atrás.

Consideremos el siguiente ejemplo, ¿qué es más fácil, dirigirse desde un lugar desconocido a casa o desde casa a un lugar desconocido? En ambos casos el factor de bifurcación es aproximadamente el mismo. Pero si consideramos que cualquier lugar desde donde conocemos cómo llegar a casa es como estar en casa, entonces el número de sitios que podemos considerar como llegar a casa es mayor que aquellos sitios considerados como desconocidos. Por lo tanto, y tomando en cuenta que se tiene preferencia para moverse desde el conjunto de estados más pequeño hacia el conjunto de estados mayor, entonces esto sugiere que para ir de casa a un lugar desconocido, se deberá planear la ruta utilizando razonamiento hacia atrás desde el lugar desconocido.

Por otra parte, para ejemplificar el razonamiento hacia atrás está el problema de integración simbólica. En este caso el espacio del problema es un conjunto de fórmulas. El punto inicial es una fórmula particular conteniendo alguna expresión integral. El estado objetivo es una fórmula equivalente a la inicial que no contenga expresiones de integral. En este caso, es mayor el número de posibles estados objetivo; por lo tanto, es mejor razonar hacia adelante.

Otros métodos de inferencia usados para necesidades más específicas son reducción del problema, evaluación para generar el plan, planeamiento jerárquico y manejo de restricciones, para mayor información se puede consultar I. Graham [1988].

Una vez que se han estudiado las características principales del motor de inferencias, ahora se describirá lo correspondiente a la base de conocimientos de un SE.

#### *VI. La base de conocimientos*

Esta base de conocimientos contiene, como su nombre lo dice, el conocimiento que la máquina de inferencia manipula y a partir del cual, llega a conclusiones. Esas conclusiones son las respuestas del SE. Una base de conocimientos debe ser coherente, rápida, modular, fácil de desarrollar y mantener. Además, el conocimiento tiene que estar representado en la forma que resulte más adecuada para el dominio de su competencia.

Veamos cómo se puede obtener esta representación del conocimiento.

### 3.3.1.1 Representación del conocimiento

La representación del conocimiento tiene gran importancia en los sistemas expertos (SE) por dos razones:

1. La forma en la que un SE representa el conocimiento influye en el desarrollo, eficiencia, velocidad y mantenimiento del sistema.
2. Los *shells* de SE son diseñados para un cierto tipo de representación del conocimiento tal como reglas o lógica.

El conocimiento tiene que estar representado en la forma que resulte más adecuada para el dominio de su competencia. Adicionalmente hay que tratar que esa representación sea sencilla, independiente, fácil de modificar, transparente, relacional y potente.

El conocimiento de un experto es específico al dominio del problema, que es lo contrario al conocimiento acerca de técnicas generales de solución de problemas, y se le llama **dominio de conocimiento del experto**.

En el dominio del conocimiento el sistema experto razona o hace inferencias de una manera análoga a la que un experto humano inferiría la solución de un problema. En la figura 3.11 se ilustra la relación entre el dominio del problema y el dominio del conocimiento.

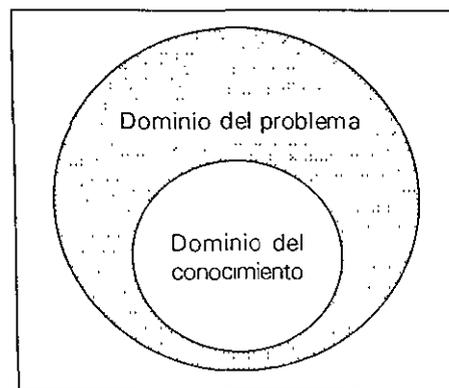


Figura 3.11 Relación entre dominio del problema y dominio del conocimiento

Se han desarrollado un gran número de modelos para la representación del conocimiento. Estos incluyen:

- a) Reglas de producción, estas reglas representan el conocimiento utilizando un formato *SI-ENTONCES (IF-THEN)*, es decir tienen dos partes:
  - i) La parte *SI (IF)*, es el antecedente, premisa, condición o situación; y

ii) La parte *ENTONCES (THEN)*, es el consecuente, conclusión, acción o respuesta.

Las reglas de producción son comúnmente usadas como la base de conocimiento en sistemas expertos, ya que sus ventajas (modularidad, uniformidad y naturalidad para expresar el conocimiento) superan a sus desventajas (encadenamiento infinito, incorporación de conocimiento nuevo contradictorio y modificación de reglas existentes).

- b) Redes semánticas, son un modelo utilizado en la IA para representar información de tipo proposicional. Una proposición es una declaración que es puede ser falsa o verdadera. Este modelo considera una colección de conceptos (objetos, situaciones, nociones) y relaciones entre conceptos, junto con una interpretación. Se usan nodos para representar a los conceptos y arcos para representar las relaciones binarias entre esos nodos. Las redes semánticas constituyen un buen método para representar conocimiento acerca de propiedades de inclusión entre clases, de pertenencia de individuos a clases, pero tienen limitaciones como la falta de nombres estándares para los arcos y para la nominación de nodos
- c) Un *frame* es una estructura que tiene una colección de atributos (ranuras o *slots*), con valores asociados (y posibles restricciones entre los valores), que describe alguna entidad del mundo. Los *frames* se usan para describir el conocimiento que se tiene de un objeto a través de una estructura que incluye información declarativa, procedural y la propiedad de herencia. Los *frames* se pueden ver como nodos complejos, más evolucionados que los de las redes semánticas. Estos surgen por la necesidad de tener una mayor estructura en los nodos y en los arcos. Los *frames* se adaptan muy bien a los problemas de clasificaciones taxonómicas, pero tienen dificultad para manejar casos excepcionales y representar el conocimiento heurístico.
- d) Además de las reglas, objetos, frames y redes semánticas, el conocimiento también puede ser representado por los símbolos de lógica a través del cálculo de predicados. El cálculo de predicados es un lenguaje formal con sintaxis y gramática propias, capaz de valorar enunciados lógicos y extraer conclusiones para la creación de nuevos enunciados.

Pero, ¿por qué utilizar un sistema experto en este problema y no otro paradigma de programación?. En la siguiente sección se exponen los motivos de esta selección.

### **3-3-2 El uso de sistemas expertos en este problema**

El objetivo del sistema a desarrollar era realizar en forma confiable una evaluación al alumno. La fase de evaluación involucra diversos elementos del proceso enseñanza-aprendizaje, descritos en la sección 3.2.2, y algunos de ellos son más susceptibles de ser valorados con el uso de cuestionarios que otros. Entre los primeros se encuentran los ejes relativo al contenido y cognitivo, y dentro de los segundos encontramos al eje afectivo-emocional.

Como ya se había discutido, los cuestionarios empleados para evaluar no son de fácil diseño e involucran diversas metodologías y experiencia en su desarrollo. También es necesario apreciar que, para la elaboración de un cuestionario, se requiere de tiempo y suficiente dominio en el área que será evaluada. Además, la acción de determinar con suficiente confiabilidad si un alumno debe o no ser aprobado, con base en los resultados obtenidos al emplear dichos cuestionarios, es una tarea delicada que, entre otras características, debe ser independiente de la relación alumno-profesor (objetiva), independiente del alumno que esté realizando la evaluación (consistente), y debe considerar factores como la imprecisión de dichos resultados (incertidumbre).

La tecnología de sistemas expertos con sus características (ver sección 3.3.1), y con sus ventajas, nos permitieron considerarla una buena opción para la solución de nuestro problema. Entre esas ventajas se encuentran:

1. Preservar el conocimiento de expertos, en nuestro caso particular profesores de Física,
2. Hacer accesible el conocimiento de los expertos a más personas.
3. Lograr una consistencia superior a la alcanzada por los expertos humanos
4. Distribuir experiencia a múltiples lugares al mismo tiempo
5. Evitar fallos en labores rutinarias complejas.

No obstante esta tecnología también tiene algunas limitaciones que tuvieron que ser consideradas:

1. No puede reemplazar completamente a un experto humano
2. La experiencia puede ser difícil de adquirir y codificar
3. Puede ser costoso o requerir mucho tiempo para ser desarrollado

A pesar de estas limitaciones, las ventajas que esta tecnología ofrece fueron suficientes para decidir que el sistema se realizara con ella.

Por otra parte, si clasificamos el uso de la tecnología de sistemas expertos para nuestro problema, considerando la clasificación de la Figura 3.12, éste se enmarca dentro de la clase I. Esto porque nos interesa determinar cuáles son los puntos débiles en el aprendizaje, o bien, encontrar la(s) causa(s) que origina(n) que un alumno tenga deficiencias en el proceso de aprendizaje de un curso de Física de nivel medio superior.

- Clase I. Caracterizada por la necesidad de seleccionar una solución d entre un conjunto amplio pero bien definido de posibles alternativas, tal como el problema del diagnóstico médico. Esta clase coincide con lo que hemos denominado problemas de clasificación.
- Clase II. Caracterizada por la necesidad de crear un plan o configuración (como puede ser la planeación y control de los procesos de centrale generadoras de electricidad). Esta clase coincide con lo que hemos denominado problemas de construcción.
- Clase III. Caracterizada por la necesidad de creatividad, tales problema incluyen aquellos de diseño (cumplir los requisitos de diseño de productos).
- Clase IV. Caracterizada como aplicaciones que los humanos puede manejar y las computadoras no (reconocimiento de rostros

*Figura 3.12 Clasificación de problemas propuesta por Ten Dyke [1990], basándose en los tipos principales de aplicaciones.*

A continuación se describen las etapas seguidas para la construcción del módulo de evaluación.

### **3.3.3 Construcción de los sistemas expertos**

Para obtener un buen sistema, un analista de sistemas tiene que considerar las etapas de análisis, diseño, desarrollo y evaluación, así como cambios y uso; poniendo un énfasis particular en la etapa de análisis. En esta fase todas las preguntas necesarias deberán ser realizadas y contestadas antes de la etapa de diseño y mucho antes que la de desarrollo. El papel principal del analista es establecer un puente entre la tecnología computacional y el dominio del usuario.

Sin embargo, cuando hablamos del desarrollo de un sistema experto, tenemos que considerar el papel del ingeniero del conocimiento, persona que tiene experiencia y entrenamiento en el diseño, desarrollo, implementación y mantenimiento de un sistema experto; los expertos del dominio, individuos que tiene la experiencia y conocimientos que son capturados en el sistema experto;

y, los usuarios, que es el grupo o individuo que usa y se beneficia del sistema experto.

El ingeniero del conocimiento ayuda a reconciliar las necesidades de los usuarios con el conocimiento de los expertos y reflejar esto en un sistema computacional. La Figura 3.13 muestra la similitud y diferencia que existe en el desarrollo de un sistema tradicional y un sistema experto.

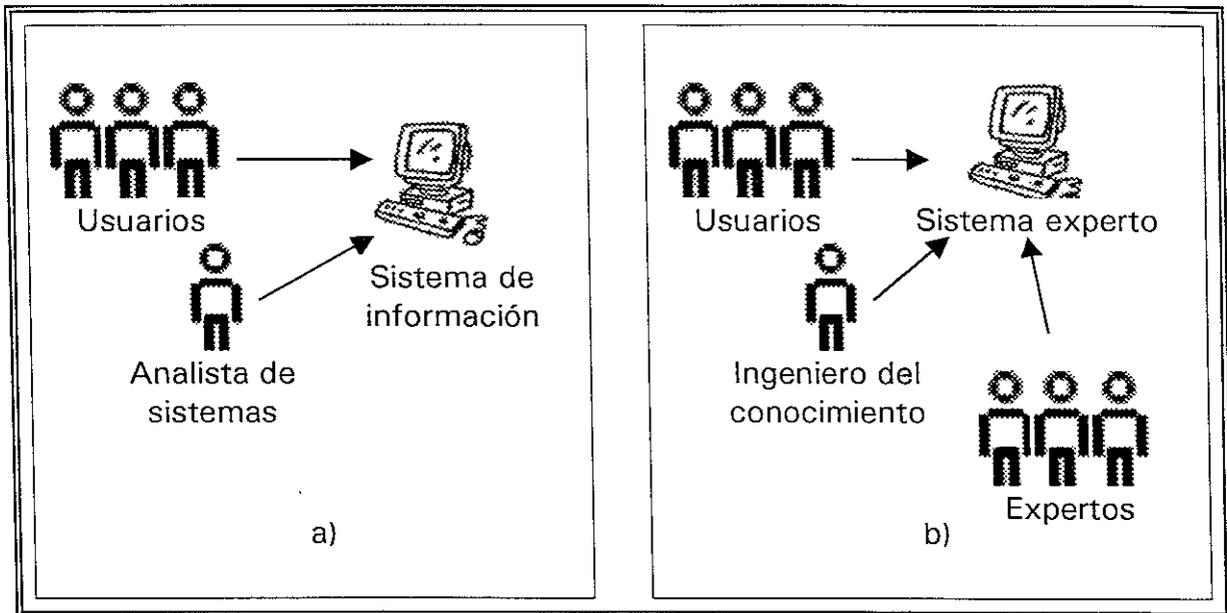


Figura 3.13 Diferencias y similitudes entre el desarrollo de un sistema tradicional y un sistema experto.

Hayes Roth *et al* [1983] identifica las etapas del desarrollo de sistemas expertos como se explica en seguida:

- **Identificación.**  
Alguna tarea o tareas son seleccionadas como adecuadas para un sistema experto. Es necesario definir los objetivos del sistema experto: ¿qué se espera que haga? Esas tareas deben ser razonables en términos de hardware disponible y facilidades de software. Ciertas definiciones pueden ser relativamente vagas en esta etapa, ya que las aplicaciones varían tanto como el proyecto sea innovador en algunos aspectos. Si el proyecto se vuelve inmanejable entonces puede que los objetivos iniciales tengan que ser revalorados.
- **Adquisición del conocimiento.**  
El conocimiento tiene que ser obtenido y representado de tal forma que se pueda construir un modelo conceptual. Este modelo dependerá del dominio estudiado. Como el experto no está consciente explícitamente de tales

conceptos, este estado puede involucrar muchas horas de discusión y argumentación. Antes que nada el ingeniero del conocimiento y los expertos deben de estar de acuerdo en alguna conceptualización del problema. Esto incluye tópicos como:

- ¿Cuáles son las entradas o problemas?
- ¿Cuáles son las salidas o soluciones?
- ¿Qué tipos de entradas causan dificultades?
- ¿Cómo son caracterizados los problemas?
- ¿Cómo son caracterizadas las soluciones?
- ¿Qué orden de conocimiento es usado?
- ¿Cómo los problemas o métodos son divididos hacia unidades más pequeñas?

Para contestar estas preguntas es necesaria una consulta con expertos y usuarios. Una división posterior sería contestar preguntas detalladas tales como:

- ¿Qué datos entraran, en qué orden y forma?
- ¿Cuáles son las interrelaciones entre los datos?
- ¿Cuán importantes y precisos son los datos?
- ¿Qué datos se pueden perder?
- ¿Qué restricciones existen?
- ¿Cuál orden de inferencia puede ser realizado?
- ¿Cuáles son las relaciones causales?
- ¿Qué problemas son fáciles, comunes, difíciles, interesantes, etc.?

- ***Diseño.***

Una vez que el modelo conceptual ha sido producido, se trata el problema de cómo este modelo puede ser implementado. Esto involucra elegir estructuras apropiadas para representar la base de conocimientos y el mecanismo de inferencia.

- ***Desarrollo y evaluación.***

Los detalles de diseño son entonces implementados. Todos los aspectos del sistema tienen que ser evaluados:

- ***Uso.***

El sistema experto puede ser usado, con precaución al principio. Sin embargo, puede ser evaluado y revisado por algún tiempo antes de ser usado con confianza.

Siguiendo estas etapas se planeó y desarrolló el sistema de evaluación con la técnica de sistema experto y su interfaz con herramientas multimedia. En el siguiente capítulo se describe en forma detallada los resultados obtenidos en cada una de ellas.

## 4. DESARROLLO DEL SISTEMA

### 4.1 Identificación

En la sección 3.1.1 de este trabajo, se describieron los distintos componentes que conforman el sistema tutorial inteligente de Física. En la Figura 4.1 se esquematiza cómo se relacionan dichos elementos.

El objetivo general establecido para la realización de este trabajo, consistió en desarrollar un módulo que permitiera detectar las deficiencias en el aprendizaje del alumno. Gráficamente se encuentran resaltadas las secciones que conforman el módulo de evaluación.



Figura 4.1 Estructura del Sistema Tutorial Inteligente de Física

Esta organización del ITS de Física se hizo considerando que algunos módulos – tutor inteligente – son los encargados de solicitar, en conjunto y de

forma coordinada, el despliegue o ejecución de los contenidos de los otros módulos – del sistema multimedia –. Además, y debido a que la naturaleza de la información que dichos bloques contienen es distinta, la implementación de ambos bloques se realizó con distintas herramientas. Esto motivó que se tuviera un módulo de comunicación entre los bloques, para el intercambio de la información.

Por último, se acordó mantener reunidos todos los datos que se fueran originando con el uso del sistema y, como consecuencia, se generó el bloque de base de datos de alumnos y profesores.

Una vez que se definió el objetivo general y se obtuvo este esquema, se procedió con la segunda etapa de desarrollo del sistema experto según Roth (ver sección 3.3.3) y que a continuación se describe.

#### **4.2 Adquisición del conocimiento**

En esta etapa, se discutieron todos los aspectos necesarios para contar con un buen sistema de evaluación. Para lograrlo se realizaron varias sesiones con los expertos para determinar cómo ellos elaboraban un instrumento de evaluación para aplicarlo en clase y cuáles eran los pasos que seguían para depurar y mejorar el contenido del mismo.

Las sesiones tuvieron entonces como objetivos principales: 1)seleccionar y modelar el contenido a evaluar; y, 2)diseñar el instrumento de evaluación. Como ya vimos en capítulos anteriores, el material de una evaluación debe estar acorde a lo que se haya visto durante el curso y, posteriormente, se debe seleccionar y elaborar el instrumento adecuado para valorar dicho material.

Para poder obtener el conocimiento de los expertos y, posteriormente, modelar dicho conocimiento se siguieron las recomendaciones generales para la adquisición del mismo [MacGraw, 1989]. Como primer tarea se tuvo que estudiar, previo a las entrevistas, el material referente al hipertexto de Física, así como ampliar esta información con distintos textos de la materia. Esto se hizo con la intención de poder hablar con los expertos en los mismos términos que ellos acostumbran hacerlo, y para comprender de manera global cada una de las observaciones que pudieran ser hechas. A la vez que se hacía esto, también se aprovechó para entresacar los conceptos que fueran material de evaluación y las principales relaciones que se establecían entre ellos, así como entre los temas que los abordaban. Esto, sin tener un gran conocimiento de ello, forma parte de la metodología que (descrita en mayor detalle en la siguiente sección) siguen los expertos para elaborar un instrumento cuya función sea evaluar a los alumnos.

En primera instancia, se obtuvo consenso en cuanto al contenido (conceptos a evaluar). Una vez que se tuvo una primer versión de las relaciones establecidas entre temas y/o conceptos (mapas conceptuales), se asistió de forma periódica a las entrevistas con los expertos, donde fueron realizadas las modificaciones pertinentes. Se llegó a un acuerdo en el que se estableció que, para esta primera versión, sólo se consideraran algunas de las relaciones que se pueden establecer entre ellos. Ya que, según los profesores expertos en Física, es posible llegar a entender un concepto partiendo desde distintos puntos o conceptos iniciales (y por ende, desde distintos temas).

También durante las entrevistas se fueron haciendo observaciones acerca de las características que deberían tener los problemas que se redactaran para formar los tests. Esto permitió llevar a cabo una primera selección de material, a partir de fuentes bibliográficas, del tipo de problemas que podrían ser de utilidad para la elaboración del instrumento de evaluación.

Para describir formalmente la etapa de adquisición del conocimiento, nos auxiliaremos de la metodología que se utilizó para la obtención del modelo conceptual del instrumento de evaluación y que se desarrolla en detalle en la siguiente sección.

#### **4.2.1.1 ¿Cómo evaluar?**

La elaboración de un instrumento que brinde información válida sobre el nivel de aprendizaje del alumno no es algo que deba suponerse como una cosa trivial. Su realización implica una serie de actividades que se encuentran formalizadas en cuatro etapas: 1) planeación, 2) preparación, 3) aplicación y 4) evaluación.

##### 1) PLANEACIÓN

Por planeación nos referiremos a las actividades que deben llevarse a cabo para la elaboración de una prueba. Esta fase se compone de cuatro aspectos: establecimiento del propósito, elaboración de la tabla de especificaciones, determinación de los pesos relativos del contenido y definición de la extensión de la prueba.

En el caso de nuestro sistema tenemos que:

- i) Los propósitos establecidos para el sistema consisten en implementar una herramienta que ayude a elaborar un diagnóstico, valorar el grado de avance y establecer el nivel de conocimientos alcanzados por los alumnos.
- ii) La tabla de especificaciones elaborada se detalla en la Tabla 4.1.

- iii) La asignación de pesos relativos se hizo en la misma forma que es detallada en la tabla mencionada arriba.
- iv) La extensión de la prueba es determinada en el momento de la ejecución del módulo, debido a que cada alumno tiene distinto nivel de aprendizaje. En tanto menos haya aprendido, mayor será la extensión de la prueba y viceversa.

## 2) PREPARACIÓN

Esta etapa toma en cuenta la elaboración de reactivos y se subdivide en la elaboración de reactivos seguida de su validación y en el armado de la prueba.

Para cubrir esta fase de preparación, se continuó con las reuniones con los expertos para discutir las preguntas seleccionadas de distintos textos y modificar la redacción de muchas de ellas, con el fin de que la claridad con la que se presentaran fuera suficiente y evitar una mala comprensión de las mismas por parte de los alumnos.

*Tabla 4.1. Especificaciones para orientar la elaboración de reactivos e instrumentos de evaluación.*

Funciones	Actividades desarrolladas
1. Especificar los aprendizajes del programa que deben ser evaluados y su nivel de complejidad.	Se tomó como base los objetivos del programa de estudios del bachillerato de la Secretaría de Educación Pública. La complejidad radica en entender cada uno de los conceptos y establecer las relaciones adecuadas entre ellos (anexo 1).
2. Definir los instrumentos a través de los que se evaluará.	Se optó por elaborar reactivos de opción múltiple, involucrando gráficos, videos y simulaciones.
3. Diseñar los reactivos de evaluación congruentes con lo enseñado e integrar el instrumento a aplicar	Se hizo una búsqueda exhaustiva en diversos libros de texto de Física para obtener preguntas conceptuales referentes a los temas abordados en el hipertexto de Física. También se consideraron las preguntas elaboradas por los profesores expertos. Se cuenta con aproximadamente 250 preguntas y ejercicios (ver Anexo 2). Para la verificación de la redacción de los reactivos se utilizó la lista descrita en el anexo 3.
4. Asignar un peso específico a cada uno de los reactivos, en relación con la totalidad del instrumento.	En esta primera etapa, a cada reactivo se le asignó el mismo peso (1 punto). Al lanzar tres preguntas del mismo concepto, se tomó por bueno que se contestaran 2 o 3 de 3, y como insuficiente a 1 de 3.

El armado de la prueba fue considerando el contenido, esto es, se agruparon los reactivos dependiendo de: a) Tema al que pertenece, b) concepto a evaluar, c) relación con los demás conceptos, y, d) nivel de complejidad <sup>1</sup>. El mapa conceptual para el tema de Mecánica se puede observar en la Figura 4.2. En dicha figura se esquematizan las relaciones que se establecieron entre los subtemas correspondientes, por ejemplo, para el subtema de principio de conservación de energía se considera que, teóricamente, el alumno debe haber comprendido todo lo referente a los subtemas anteriores (trabajo y energía, leyes de Newton, tiro parabólico, movimiento uniformemente acelerado y movimiento rectilíneo uniforme). Esto fue tomado en cuenta para establecer las ligas entre los conceptos de cada subtema.

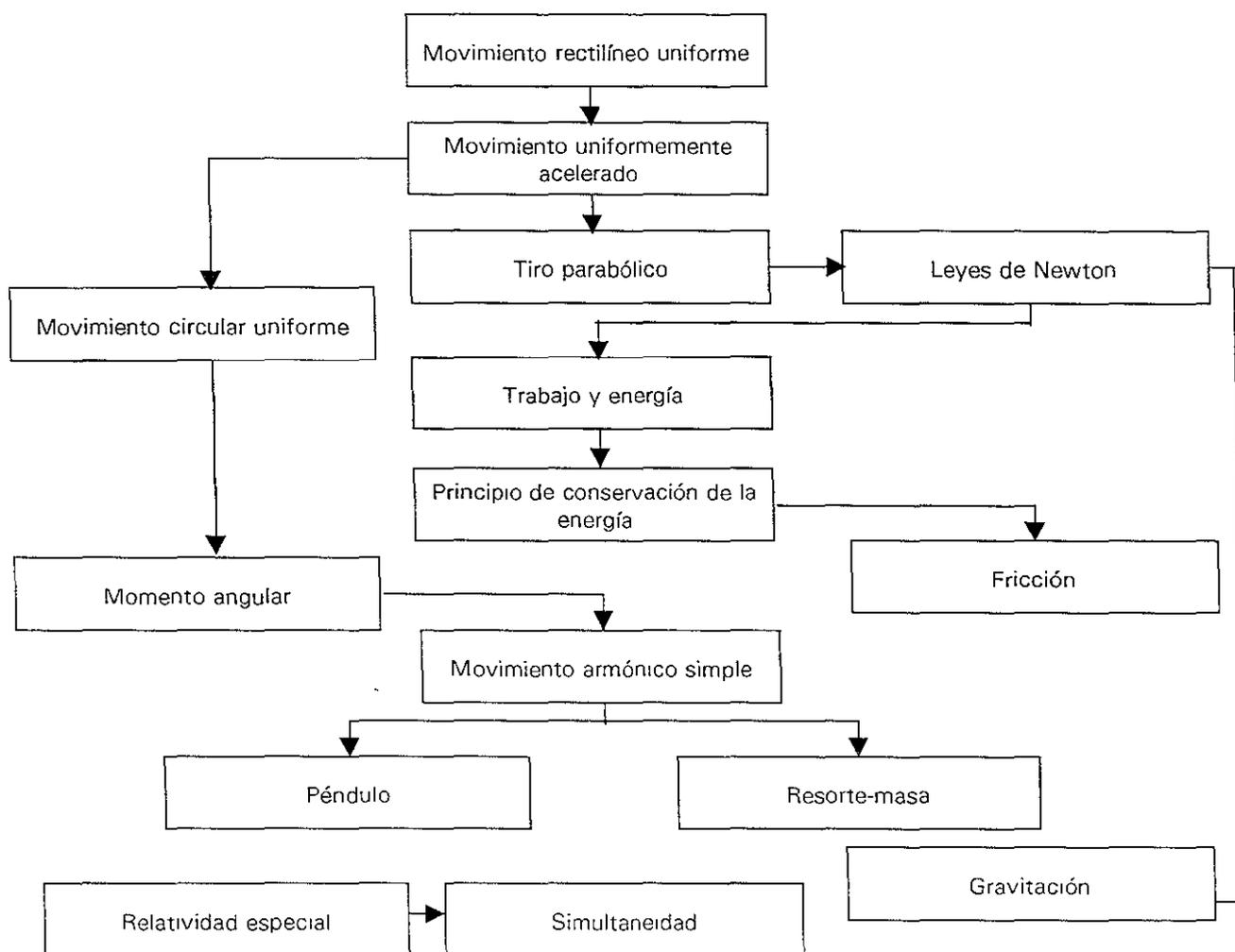


Figura 4.2 Relaciones establecidas entre los temas de Mecánica.

<sup>1</sup> Es necesario expresar que algunas veces la complejidad establecida, generalmente en todos los textos, no refleja con precisión cuán difícil es para muchos entender conceptos básicos, como puede ser el caso del movimiento. A pesar de lo anterior, consideramos que como primer intento para este módulo es suficiente dicha complejidad.

La clasificación por subtemas y conceptos está descrita en la Tabla 4.2 y la organización, considerando la relación con los demás conceptos y nivel de complejidad, se puede apreciar en los mapas conceptuales del anexo 1.

Tabla 4.2. Clasificación de los subtemas y conceptos del tema de Mecánica del hipertexto de Física.

Temas	Conceptos
<i>Movimiento Uniformemente acelerado</i>	Movimiento Velocidad Plano inclinado Movimiento uniformemente acelerado Caída libre Principio de Galileo
<i>Tiro parabólico</i>	Distancia en X, distancia en Y, velocidad vertical Combinación de dos movimientos Altura y distancia máximas
<i>Movimiento circular uniforme</i>	Movimiento circular Período Frecuencia Velocidad angular Aceleración angular Aceleración centrípeta Momento de inercia
<i>Leyes de Newton</i>	Primera ley de Newton Segunda ley de Newton Momentum (ímpetu lineal) Tercera ley de Newton
<i>Trabajo y energía</i>	Trabajo y energía Energía potencial Energía cinética Energía cinética de rotación Principio de conservación de la energía
<i>Fricción</i>	Fricción Potencia Centro de masa
<i>Momento angular</i>	Momento angular Momento de torsión (torca) Conservación del momento
<i>Movimiento armónico simple</i>	Oscilador armónico simple Péndulo Resorte-masa

Tabla 4.2. Continuación ...

<i>Gravitación</i>	Leyes de Kepler Gravitación
<i>Relatividad especial</i>	Relatividad galileana Transformación de Lorentz Relatividad especial Simultaneidad

Las etapas de aplicación y evaluación se realizaron durante la validación del sistema y son descritas en secciones posteriores. A continuación se presenta la fase de diseño del modelo conceptual.

### 4.3 Diseño conceptual

Mientras se fue reuniendo la información para el instrumento de evaluación, también se puso en marcha el diseño e implementación de la herramienta computacional que realizaría la evaluación como tal. Los prototipos que surgieron fueron siendo evaluados por los expertos y siendo modificados conforme a las observaciones que éstos proporcionaban.

Para estas fases, se tuvo que cuidar que la evaluación cumpliera con las funciones de regulación y de decisión, y para ello, ésta debía cumplir con las condiciones de oportunidad y pertinencia. La primera se cumple cuando se proporciona la información requerida en el momento adecuado, para fundamentar la acción y tomar decisiones que retroalimenten el proceso. La segunda, pertinencia, se adquiere cuando se aplican criterios, medios e instrumentos acordes con el contenido, el tipo de conocimiento y el nivel de complejidad del aprendizaje que se quiere lograr en el estudiante. Esto implica que sólo se deberá evaluar aquello que ha sido establecido en el programa y los medios e instrumentos de evaluación tendrán que corresponder con la manera en que ha sido conducido el proceso de enseñanza aprendizaje.

Atendiendo a estas funciones, se tiene acordado para nuestro sistema proporcionar dos modos de navegación: libre y guiado. El modo libre consiste en permitir al usuario navegar libremente y sin ayuda por todas las herramientas del sistema, y por ende, deja al usuario final decidir cuándo, dependiendo de sus conocimientos y su interés, utilizar el módulo de evaluación:

- Antes de iniciar el uso del tutorial
- Al término de cada tema (recomendado)
- Al finalizar todo el tutorial

El modo de navegación "*guiado*", consiste en conducir al usuario a través de los diferentes módulos, utilizando distintas estrategias de enseñanza acordes al tipo de usuario. Utilizando este modo de navegación el tutorial empleará las tres modalidades de evaluación (ver sección 3.2.1): *Evaluación diagnóstica, evaluación formativa, y evaluación sumativa.*

En cuanto a contenido, sólo se le presentan preguntas relacionadas con el tema de Mecánica que se aborda en el hipertexto de Física, si se tuviera que considerar todo el contenido, entonces también sería necesaria la actualización del módulo de evaluación para contemplar al resto de los temas del hipertexto.

También se consideraron los distintos niveles que se deben considerar para evaluar el aprendizaje, revisados en la Sección 3.2 de este documento.

Para el eje relativo al contenido sólo consideramos para nuestro sistema el conocimiento declarativo conceptual. Esta elección se hizo con base en el hecho de que si el alumno no cuenta con una base conceptual sólida, no tiene mucho valor pretender proporcionar el conocimiento procedimental que es mucho más difícil de lograr con éxito. Generalmente el logro alcanzado respecto a este conocimiento consiste en la mecanización de ciertas secuencias de acción, pero no el entendimiento del por qué de dichas secuencias.

Pero no sólo este eje fue considerado, sino que también algunos de los aspectos del eje cognitivo son evaluados. Respecto a este eje, nuestro sistema comprende la valoración de las variables "Procesos cognitivos" y "Estrategias de aprendizaje".

Además, podemos observar que los ejes relativos al contenido y cognitivo interactúan directamente para conformar los conocimientos y habilidades cognitivas a desarrollar y consolidar en las asignaturas. Sin embargo, el porcentaje que en cada uno de estos ejes se hace presente es diferente, dependiendo del tipo de asignatura. Así, por ejemplo, en Física y/o Matemáticas no se tienen las mismas demandas de habilidades de comunicación afectiva que en Taller de Lectura y Redacción.

El último de los ejes, el afectivo-emocional, no fue contemplado, por el momento, en el desarrollo del sistema.

Concluida la discusión sobre los ejes del aprendizaje y pasando a otro punto, tenemos que establecer que este trabajo se realizó con la idea inicial de obtener un perfil del alumno que detallara las deficiencias que éste presentaba en Física, en particular en el tema de Mecánica. Aunque el proceso inverso también es factible, dado un perfil de alumno comprobar que el estudiante se

ajusta a él; consideramos que era un buen comienzo obtener, de forma aproximada y con base en cierta cantidad de hechos (respuestas a las preguntas), el perfil describiendo las deficiencias del educando. Esta decisión conllevó a que el tipo de inferencia a utilizar fuese el encadenamiento hacia delante. Esto es, partiendo del hecho de que un alumno haya contestado bien o mal a una pregunta inicial, se continúa interrogando al usuario las preguntas correspondientes a las respuestas obtenidas, y se llega a la conclusión de que se tienen dificultades en uno o varios conceptos.

Posteriormente, se implementará la opción de que el sistema suponga dificultad en determinado concepto y se llegue a obtener la sustentación de dicha suposición inicial, completando con esto que el sistema cuente con el método de inferencia de encadenamiento hacia atrás.

Atendiendo a todos los puntos anteriores, se obtuvo el modelo estructural del sistema, éste se describe a continuación.

#### **4.3.1 Arquitectura del sistema**

Para proporcionar una buena interfaz de usuario y a la vez un manejo adecuado de la información (respuestas a las preguntas), se separó el sistema en tres grandes bloques (Figura 4.1). En la Figura 4.3 se ilustra de manera particular cómo quedan organizados y comunicados los componentes del módulo de evaluación.

Como se había mencionado antes y puede apreciarse nuevamente en la Figura 4.3, el módulo de evaluación fue implementado con un sistema experto en el shell de Level5 Object. Este módulo se comunica, a través de un ActiveX codificado con el lenguaje Visual Basic, a la interfaz de usuario. Esta interfaz, que fue desarrollada con la herramienta Authorware, permite manejar ActiveX (o bien, usando su terminología, Xtras). De esta forma, el sistema multimedia no tiene trato directo con el sistema experto y viceversa. De igual manera, el usuario sólo tiene que interactuar con el sistema multimedia y no se entera de todo lo que está detrás de él.

En cuanto a las estructuras seleccionadas para representar el conocimiento, se utilizaron reglas de producción y *frames*.

En seguida se presenta el algoritmo usado por el sistema.

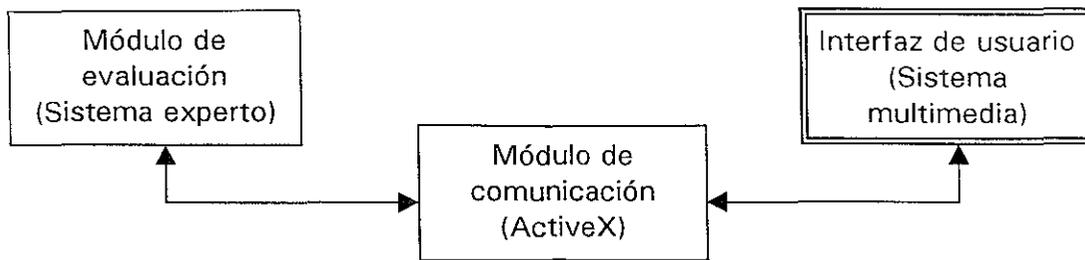


Figura 4.3 Organización y comunicación entre los componentes del módulo de evaluación.

### 4.3.2 Algoritmo

#### *Consideraciones iniciales:*

Para seguir la secuencia de pasos descrita en el siguiente algoritmo, previamente tenemos que hacer algunas consideraciones que a continuación se especifican:

- a) Pregunta inicial. En cada subtema existe una pregunta que tiene como etiqueta "Inicial". Con esto se quiere indicar cuál será, en ese subtema, el primer concepto a evaluar y, por lo tanto, la primer pregunta a realizarse.
- b) Preguntas anterior y siguiente. Las preguntas están dispuestas conforme a como los conceptos correspondientes fueron organizados (ver Tabla 4.1 y anexo 1). Esto motivó que cada pregunta estuviese ligada a una pregunta anterior y a una posterior (o siguiente), y éstas fueran lanzadas dependiendo de la respuesta obtenida al momento de cuestionar al estudiante (ver Figura 4.4). Esto se puede comprender mejor después de ver el algoritmo y diagrama de flujo que son descritos abajo.
- c) Pregunta. Es un objeto que tiene como atributos el número de tema al que pertenece, el concepto que evalúa, si es inicial o no, ligas a pregunta siguiente y anterior, así como dos arreglos que contienen una lista de preguntas posibles y respectivas respuestas correctas. Esto último se contempló porque para evaluar un concepto se tenía que disponer de un conjunto de preguntas y ejercicios, esto con la idea de no presentar siempre la misma pregunta al estudiante y generar que, después de cierto número de intentos, el alumno obtuviera la respuesta correcta simplemente con un método de ensayo y error.

En la Figura 4.5 se ilustra el procedimiento general que sigue el algoritmo: introducir un tema, lanzar una pregunta, obtener una respuesta, evaluar la respuesta, y así sucesivamente hasta que el proceso se detiene y se regresa una lista de conceptos a evaluar.

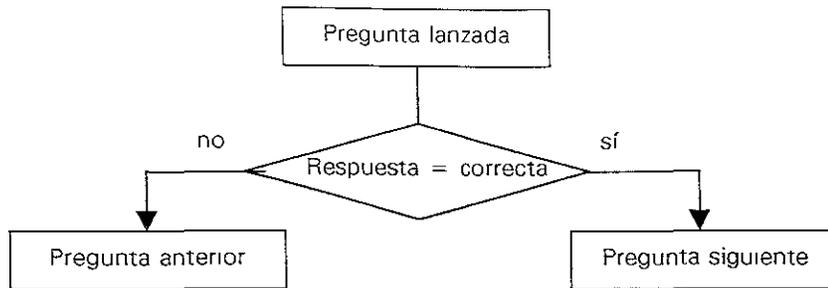


Figura 4.4 Esquema que muestra cómo están conectadas las preguntas entre sí; en general, cada pregunta tiene su pregunta anterior y siguiente.

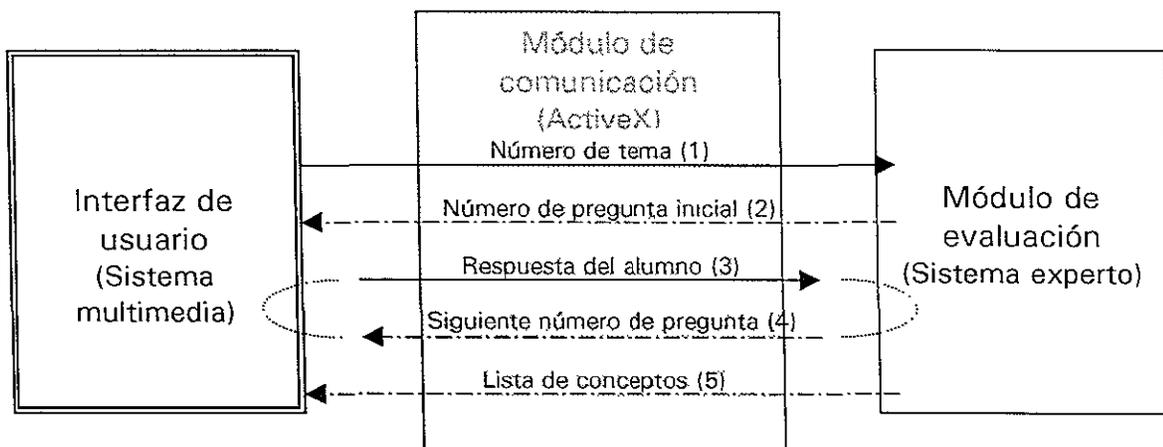


Figura 4.5 Esquema general seguido por el algoritmo del sistema.

### Algoritmo.

1. Obtener el número de tema a evaluar en el sistema multimedia (MM)  
Como el módulo de interacción, es independiente del sistema tutorial, es necesario proporcionar EL número de tema que se quiera evaluar.
2. Enviar, a través del ActiveX, el número de tema.  
Este paso se realiza casi automáticamente, dado que el ActiveX detecta inmediatamente cuando existe un cambio de valor en alguna variable y ejecuta el código respectivo.
3. Obtener el número de pregunta inicial, realizado en el sistema experto (SE).
  - 3.1. Recorrer todas las instancias de pregunta  
Lanza una búsqueda en la base de preguntas para localizar aquellas que correspondan al concepto que se quiere evaluar.
  - 3.2. Comparar si es pregunta inicial o no  
Obtener aquella que esté señalada como pregunta inicial.
  - 3.3. Devolver el número de pregunta correspondiente al concepto  
Una variable almacena el número de la pregunta inicial.
  - 3.4. Elegir aleatoriamente de entre las preguntas relacionadas a ese concepto  
Como ya habíamos mencionado en las consideraciones, cada

objeto pregunta contiene una lista de posibles opciones para proporcionar diversidad en cuanto a redacción, tipo y nivel de complejidad de las preguntas.

La pregunta inicial contiene, entre otros valores, una lista de preguntas relacionadas con el concepto. Mediante las funciones RAND, que regresa un número aleatorio entre 0 y 1 cada vez que es referida; y TRUNC, que devuelve el valor de una expresión numérica después de que ha sido truncada a un entero, obtenemos aleatoriamente el número de la pregunta que será lanzada.

Una vez seleccionada la pregunta, se encuentra un procedimiento para almacenar temporalmente algunos valores de la pregunta a realizarse: respuesta correcta, concepto asociado, ligas a las siguientes preguntas.

4. Devolver número de pregunta

Mediante una variable de salida se pasa el valor de la pregunta inicial, a través del ActiveX, a la interfaz multimedia.

5. Desplegar la pregunta (MM)

5.1. Seleccionar el tipo de pantalla, dependiendo de qué tipo de pregunta es: texto, gráfica o video.

Las preguntas se redactaron con distintas modalidades de presentación, esto es, muchas de ellas cuentan con una gráfica describiendo las condiciones iniciales del problema, otras cuentan con gráficas como opciones de respuesta y algunas más manejan video. Lo anterior motivó la creación de distintas pantallas de presentación y, por lo tanto, la necesidad de seleccionar alguna de ellas, dependiendo de las características de la pregunta.

5.2. Mostrar la pantalla con la pregunta y respuestas respectivas

Esta pantalla es la que está directamente trabajando el usuario y es ahí donde dará respuesta a la pregunta presentada.

6. Obtener la respuesta proporcionada por el usuario (MM)

Se almacena en una variable el valor (A,B,C o D) de la respuesta obtenida y se envía, a través del ActiveX, al sistema experto.

7. Evaluar respuesta (SE)

7.1. Comparar la respuesta obtenida con la respuesta correcta

Como ya se había almacenado temporalmente el valor de la respuesta correcta, entonces se puede proceder a la comparación entre la respuesta seleccionada por el usuario y la respuesta correcta.

7.2. Si es correcta, devolver número de pregunta siguiente.

A la variable de salida se le asigna la liga a la pregunta siguiente, atendiendo a los mapas conceptuales que para tal motivo se elaboraron.

7.3. Si es incorrecta, almacenar concepto y devolver número de pregunta anterior.

Como al final de la evaluación se devuelve una lista de conceptos para revisar, ésta se va obteniendo poco a poco cuando se detecta que se tienen deficiencias en el entendimiento de cierto concepto. La detección se realiza cuando se contesta incorrectamente a una pregunta y es en este paso donde se agrega el concepto a la lista. Después de modificar la lista, se procede a devolver el número de pregunta anterior a realizar, atendiendo nuevamente a los mapas conceptuales respectivos.

#### 8. Obtener número de pregunta siguiente (MM)

8.1. Si es pregunta final, terminar y devolver lista de conceptos para revisión

Si el número de la pregunta a realizar corresponde con el código de fin (999), entonces se procede a mostrar la lista de conceptos que necesitan ser nuevamente estudiados. Esta lista será utilizada posteriormente por el sistema tutorial para decidir hacia dónde dirigir al alumno y, quizá también, para elegir una nueva estrategia de enseñanza.

8.2. En caso contrario, ir al paso 5

Si se llega a este paso, indica que aún existen preguntas que necesitan ser realizadas y se procede a su presentación.

Este algoritmo se puede observar gráficamente en la Figura 4.6.

### 4.4 Implementación del sistema

Hay esencialmente cuatro tipos de software disponible para desarrollo de sistemas expertos:

1. Lenguajes convencionales (tal como Pascal y C)
2. Lenguajes IA (tal como LISP y Prolog)
3. Ambientes de desarrollo IA (como ART y KEE)
4. *Shells* IA (como Savoir)

La mayor parte de desarrollo de sistemas expertos ha sido utilizando las últimas tres opciones. Usar un lenguaje de IA da al programador más flexibilidad, pero requiere un esfuerzo mayor implementar facilidades como la interfaz de usuario. Por otra parte, los ambientes de desarrollo de IA son generalmente paquetes sofisticados de software, muy caros, y que usualmente requieren computadoras con muchos recursos para ejecutarse satisfactoriamente.

En cuanto a los *shells* de sistemas expertos, podemos decir que se les han agregado funcionalidades como interfaces con hojas de cálculo, video

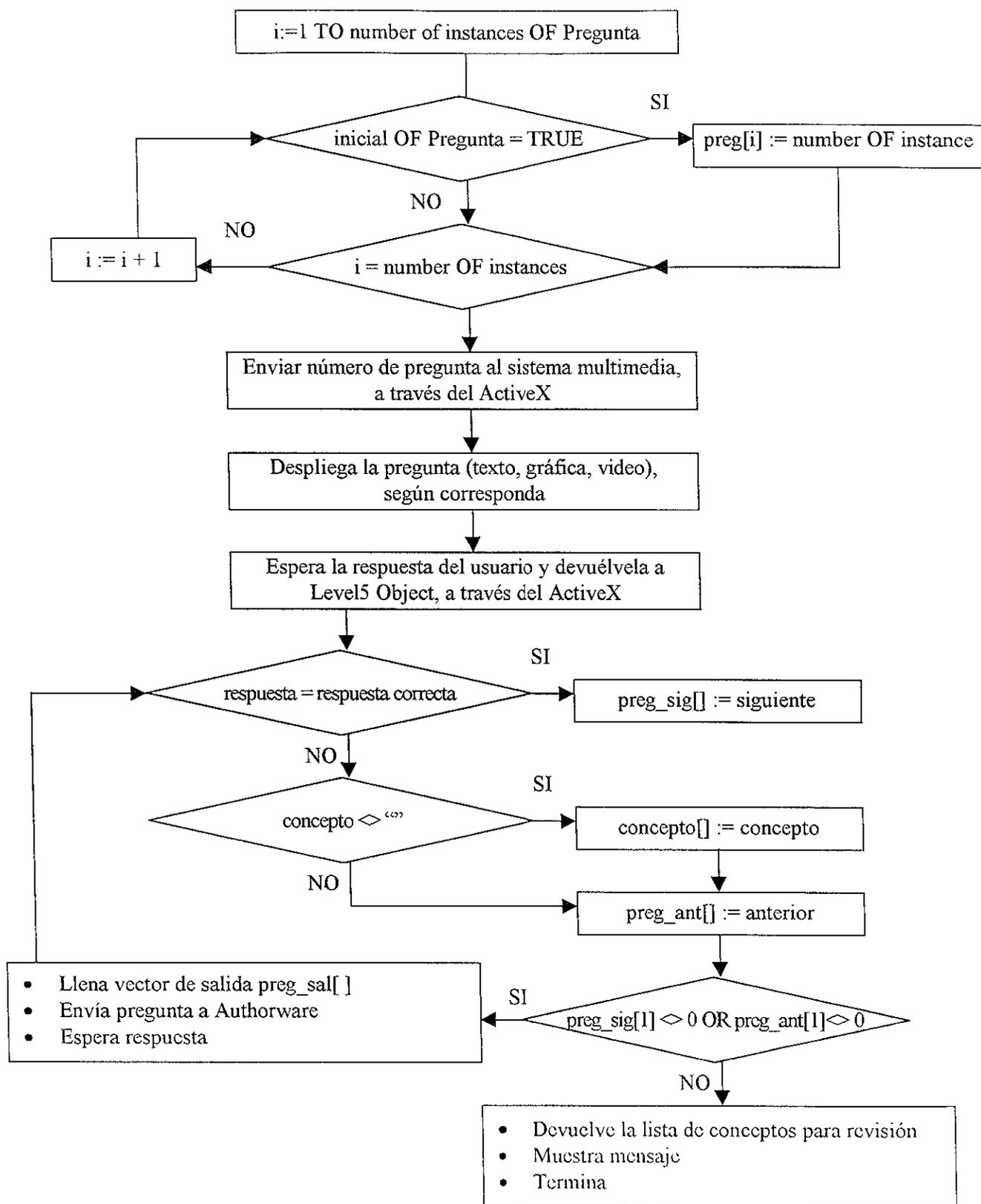


Figura 4.6. Diagrama de flujo que emplea el módulo de evaluación.

interactivo, fuentes externas de datos, pero están limitados en cuanto a las representaciones de conocimiento específicas.

En nuestro caso, comparamos dos *shells* con los que ya se disponía en el laboratorio, para evitar gastos extras en el desarrollo del sistema. Los dos *shells* fueron CLIPS y Level5 Object.

#### 4.4.1 CLIPS vs Level5 Object

Se hizo un listado con las características de los dos ambientes de desarrollo (CLIPS y Level5 Object), y se realizó un análisis de ventajas y desventajas para trabajar con cada uno de ellos. Se obtuvieron los siguientes resultados:

- **Representación del conocimiento:** En ambos se tenían la forma para representar la base de conocimientos del experto en evaluación en Física.
- **Método de inferencia:** Pensando a futuro, sería necesario contar con un *shell* que no tuviera problemas para utilizar el encadenamiento hacia atrás. Esto lo cumple muy bien Level5 Object y no así CLIPS, el cual sólo permite simular este método.
- **Integración/Extensibilidad.** Se necesitaba implementar el sistema experto en un *shell* que permitiera comunicarse con otras aplicaciones Windows, Visual Basic y Authorware, en las que se encuentra implementado el resto del tutorial. Level5 Object proporciona un método sencillo de comunicación con Visual Basic y éste a su vez no tiene problemas para intercambiar información con Authorware a través de la opción de ActiveX ó Xtras.
- **Desarrollo interactivo:** El ambiente de desarrollo de Level5 Object es más accesible, dado que es un ambiente de ventanas, no siendo así con CLIPS que proporciona un ambiente orientado a texto.
- **Verificación/Validación:** Las herramientas de depuración en CLIPS son moderadas, en cambio las de Level5 Object tienen varias opciones que permiten una más rápida y mejor detección de posibles errores.

Considerando los puntos de comparación y las características de nuestro sistema (ambiente multimedia para interactuar con el usuario y el módulo de evaluación implementado en un sistema experto), se decidió trabajar en el *shell* de Level5 Object.

#### 4.4.2 Herramienta Multimedia

Aunque de manera estricta la elección de una herramienta multimedia quedaba fuera del objetivo de esta tesis, las características del trabajo desarrollado nos llevaron a participar en la elección de una herramienta multimedia. Para este rubro se evaluaron tres herramientas integradoras de medios: *Ligthwave*, *Authorware* y *Director*.

Las variables que se consideraron en esta elección fueron la facilidad de comunicarse con *Level5 Object*, la flexibilidad de la herramienta, los alcances, los servicios incluidos (búsqueda de texto, generación automática de índices, etc.) En base a estos parámetros es que se eligió la herramienta *Authorwar.e*.

#### 4.5 Aplicación y evaluación del sistema

La fase de evaluación comprendió una serie de sesiones con alumnos de distintas instituciones que fueron observados individualmente durante la ejecución del sistema. Durante esta fase también se realiza, implícitamente, la parte correspondiente a aplicación y evaluación del instrumento de evaluación.

El propósito de las sesiones era analizar el desempeño del alumno usando el sistema, para detectar los problemas que éste pudiera presentar. Se consideraron aspectos como el tiempo para entender las preguntas, dificultad para comprender una gráfica y la lista obtenida de conceptos para revisión.

Las cuestiones específicas a revisar fueron:

1. ¿Los alumnos comprenden qué se les solicita en cada pregunta?  
¿Existen problemas de redacción?
2. ¿Son claras las gráficas que se presentan?
3. ¿Sabe cómo elegir la opción de respuesta que el considera correcta?
4. ¿Están bien conectadas las preguntas entre sí?

Se trabajó con 15 alumnos, divididos en tres grupos de cinco estudiantes cada uno: 1) estudiantes del segundo semestre de la licenciatura en Física, 2) estudiantes del cuarto semestre de ingeniería, y, 3) estudiantes del último semestre del CCH. La justificación para también utilizar a estudiantes de licenciatura, es que se tuvieron limitaciones para contactar a profesores y alumnos durante el período de huelga por el que atravesó nuestra universidad. Sin embargo, los estudiantes seleccionados contaban con los siguientes antecedentes:

- a) Haber asistido a un curso de Mecánica.
- b) Haber presentado exámenes de los contenidos de dicho curso.
- c) Haber trabajado básicamente con una computadora.

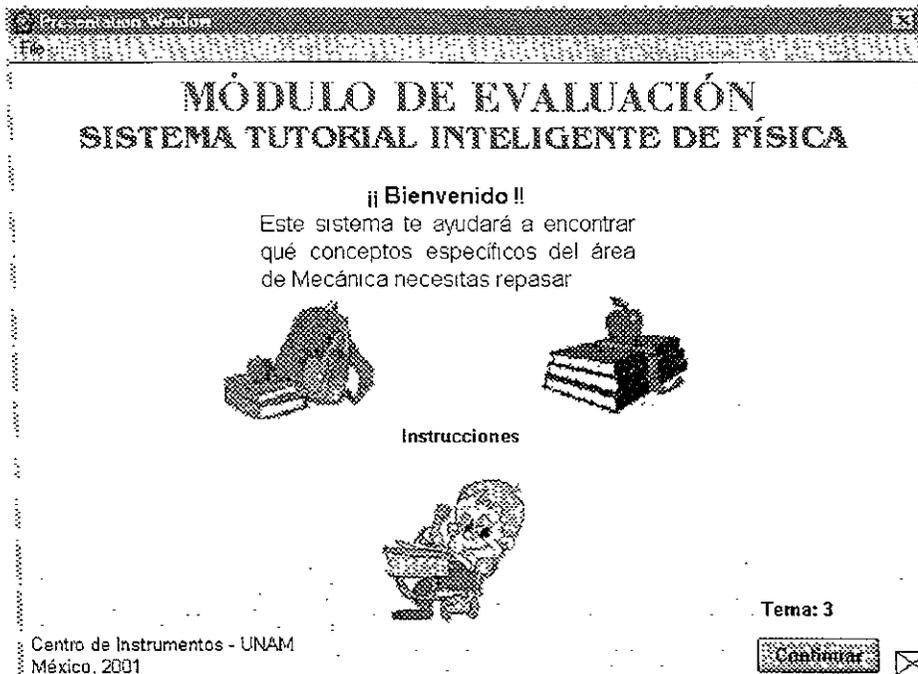
Al inicio de cada reunión, se informó a los estudiantes, de forma breve y concisa, acerca del objetivo que se perseguía y que consistía en validar el sistema de evaluación y no a ellos. Esto permitió que se sintieran relajados durante el desarrollo de la sesión.

Los aspectos que se consideraron para la validación del sistema fueron:

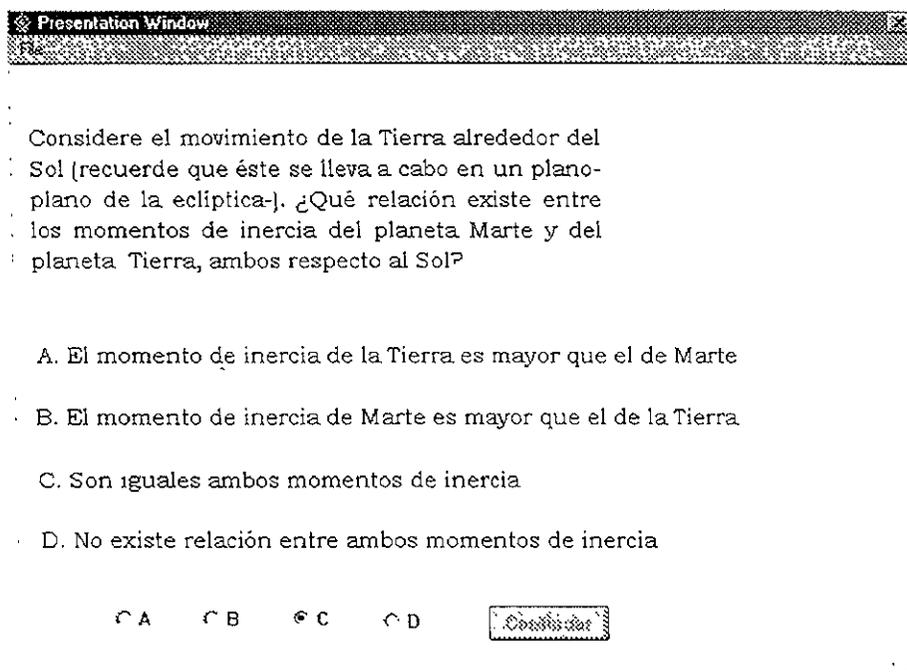
- Abarcar todos y cada uno de los subtemas que cubre el tema de Mecánica, y para los que el sistema tiene un conjunto de preguntas para los conceptos cubiertos en él.
- Los estudiantes contestaron todas las preguntas que se les presentaron.
- Se tomó nota de las observaciones que los alumnos externaron acerca del sistema.
- Se hicieron anotaciones de los problemas que se fueron detectando con el uso del sistema.

Durante estas sesiones se obtuvieron los siguientes resultados:

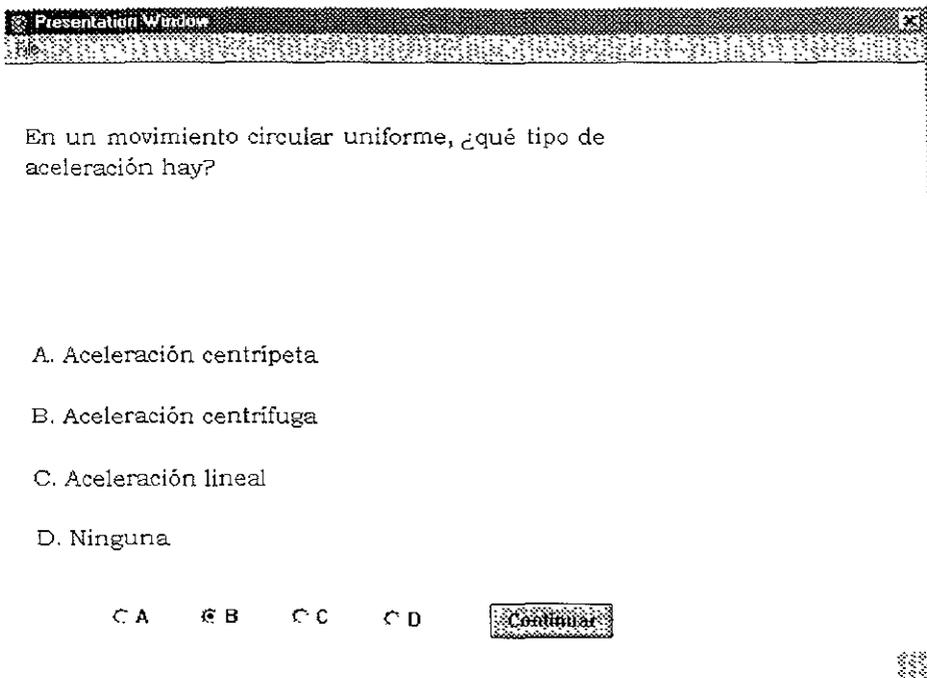
- Primer grupo:  
Fueron detectados algunos problemas con el diseño de la interfaz, la redacción de algunos ejercicios era confusa, y algunas gráficas no fueron comprendidas. Esto fue corregido y presentado nuevamente a otro grupo de alumnos, quienes tuvieron un mejor desempeño al momento de interactuar con el sistema.
- Segundo grupo :  
Fue observado un fenómeno que, a decir de los expertos, es el que con una no deseada alta frecuencia se presenta: Los alumnos contestaban, casi siempre, correctamente a la primer pregunta (correspondiente a un concepto intermedio), pero cuando se lanzaba la siguiente pregunta (correspondiente a un concepto más complejo), ya no respondían correctamente. Esto corroboraba el hecho de que los alumnos generalmente sólo aprenden porciones de cada tema y no logran la integración de todos los conceptos del tema ni con los conceptos de temas posteriores. Debido a esta situación, se procedió a modificar la secuencia de ejecución de las preguntas.
- Tercer grupo:  
En esta etapa, el sistema inicia con una pregunta referente a un concepto integrador. Un concepto integrador es aquel, que como su nombre lo indica, integra dos o más conceptos del tema en cuestión. En caso de obtener una respuesta incorrecta, entonces se agrega el concepto que necesita ser revisado; este proceso se realiza hasta que se obtenga una respuesta correcta, o bien, hasta llegar a evaluar el concepto "más elemental" de ese tema.



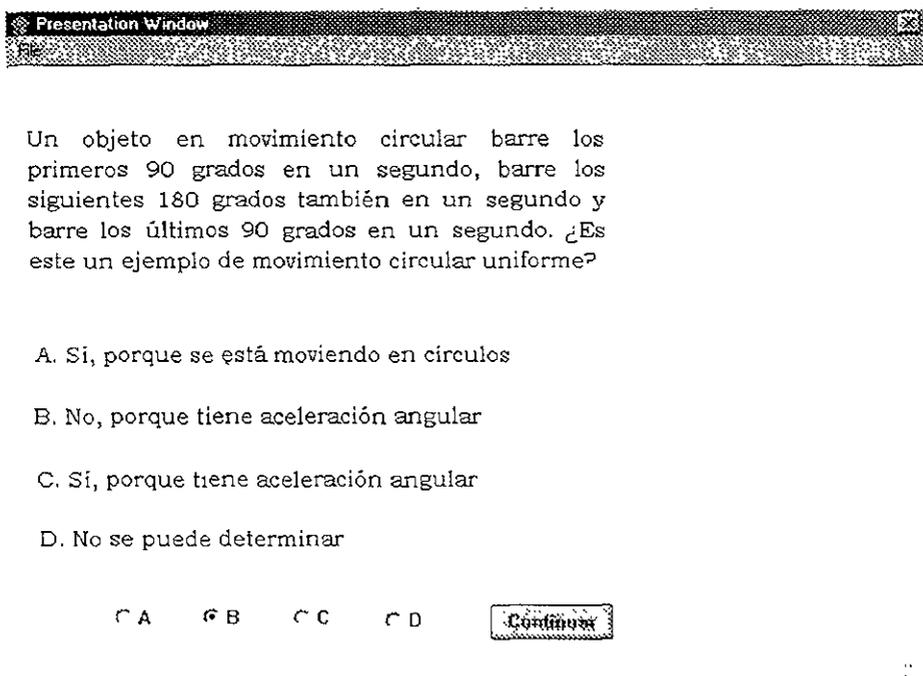
Pantalla inicial del sistema en la que se proporciona el número de tema a evaluar (3), correspondiente a Movimiento Circular Uniforme



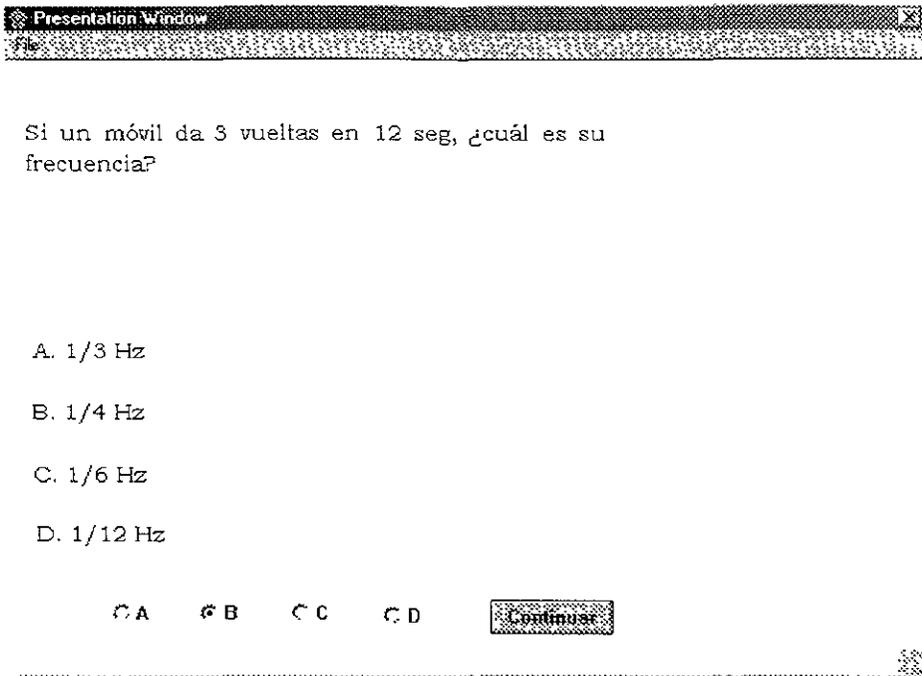
Esta pregunta corresponde al concepto "Momento de inercia", la respuesta obtenida (C) es incorrecta, por lo tanto, procede a evaluar el concepto anterior.



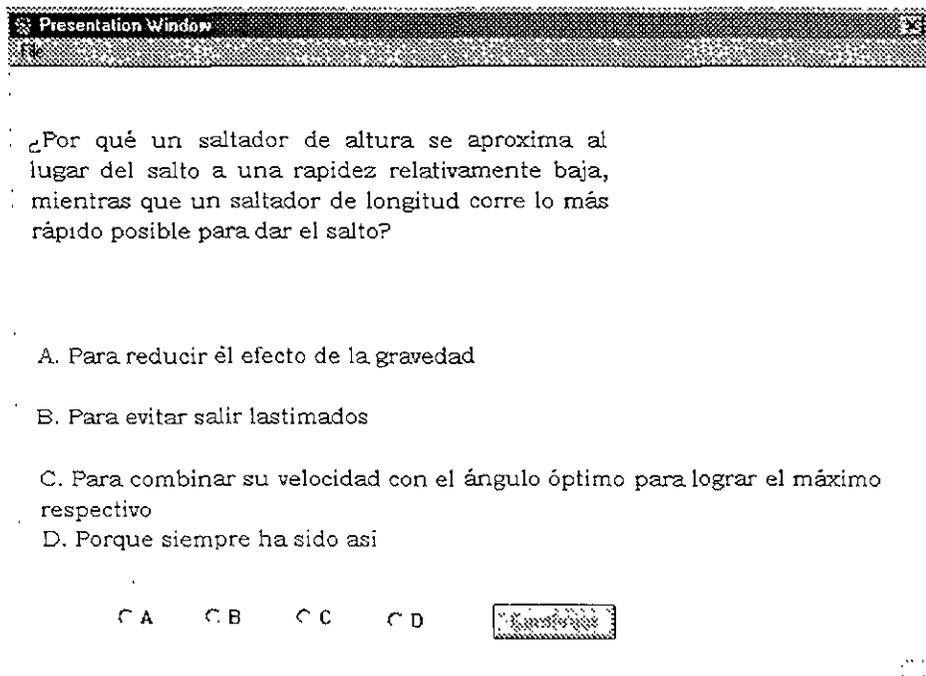
El concepto ahora es "Aceleración centrípeta", la respuesta obtenida (B) es incorrecta, por lo tanto, procede a evaluar el concepto anterior.



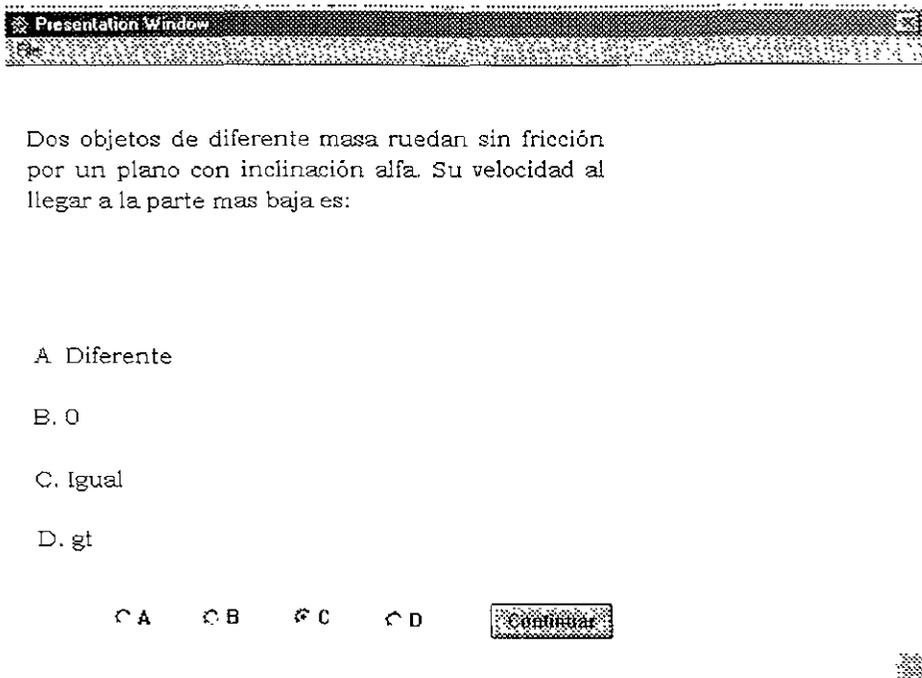
La respuesta obtenida (B), para este concepto de "Aceleración centrípeta", es correcta. Pero se evaluará el concepto "Frecuencia" porque los expertos sugirieron evaluar ambas ramas del árbol, ya que hasta cierto punto, son conceptos independientes.



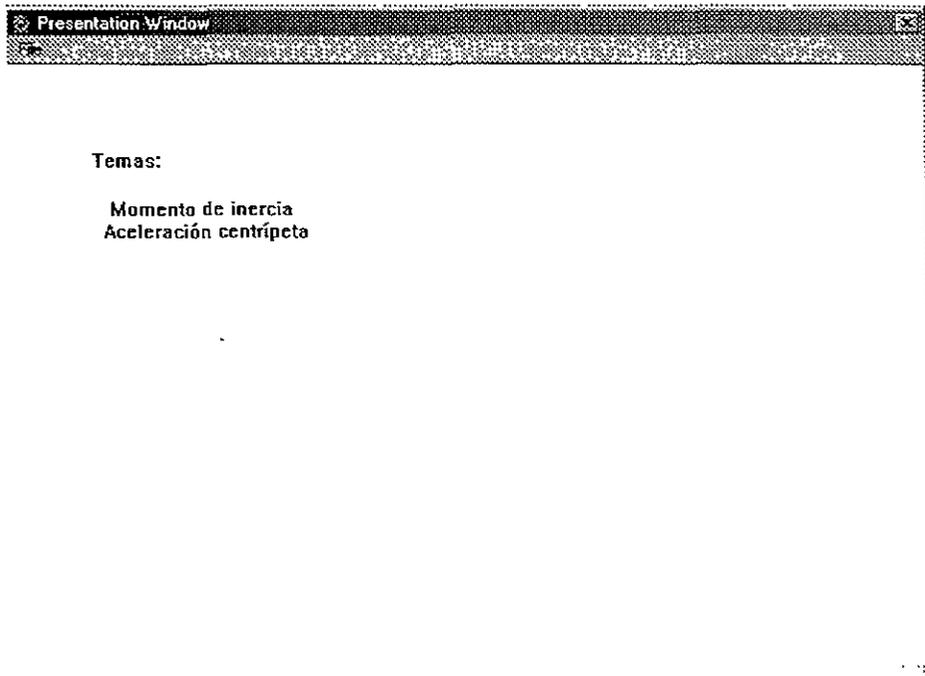
Para este concepto ("Frecuencia"), la respuesta (B) es correcta. Por tanto la evaluación para este subtema ha concluido, pero no sabemos cómo está relacionando estos conceptos con los de los otros subtemas.



Se procede a evaluar el concepto integrador del subtema anterior "Tiro parabólico". La respuesta es correcta, por tanto se procede a evaluar el subtema anterior.



Respuesta correcta al concepto integrador del subtema "Movimiento uniformemente acelerado". Con los resultados anteriores se concluye la evaluación y se devuelve la lista de conceptos a revisar.



Lista de conceptos que ilustra las deficiencias encontradas durante la evaluación.

El ejemplo anterior ilustra el funcionamiento del sistema y el resultado que se obtiene después de haber trabajado con él. En el siguiente capítulo se describen los resultados generales que se obtuvieron con el desarrollo e implementación de este sistema, así como las conclusiones finales.

## 5. RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Como principal resultado del desarrollo de este trabajo tenemos un programa de cómputo que puede ser utilizado por alumnos de nivel medio superior que se encuentren cursando, o hayan cursado, la materia cuyos contenidos abarquen Mecánica clásica; con el objetivo de detectar deficiencias en su proceso de aprendizaje en esta área.

Este sistema de evaluación fue validado por diversos grupos de alumnos de distintas instituciones. Los comentarios de los alumnos resaltan que, el hecho de que pudieran contestar a las preguntas que el sistema seleccionaba para cada uno de ellos, sin tener presiones, ni estar sujeto a posibles críticas o burla de sus compañeros, les produjo una sensación de confianza que difícilmente, manifestaron, logran en el salón de clase.

Otra circunstancia que provocó comentarios positivos fue la circunstancia de no tener que realizar cálculos engorrosos y sólo contestar preguntas de tipo conceptual. También el contar con una gráfica o dibujo que describiese las características iniciales del problema fue acogida de una manera favorable.

Con el uso del sistema el alumno obtiene, al final de su interacción con él, una lista de conceptos en los que fueron detectadas deficiencias en cuanto a su comprensión y relación con otros conceptos. Esto le permitirá contar con una mejor orientación en cuanto a qué material específico tendrá que volver a estudiar.

Simultáneamente, le permitirá distribuir de manera más óptima su tiempo y obtener un mayor aprovechamiento en general, debido a que solo tendrá que invertir mucho más tiempo en repasar y tratar de comprender los conceptos que le fueron señalados.

Esto también será de gran beneficio para el profesor que se encuentre impartiendo el curso, ya que podrá auxiliarse de este material para detectar (sobre todo si tiene poca experiencia impartiendo la materia) las deficiencias que presentan en promedio los alumnos y así modificar sus estrategias de enseñanza y, tal vez, invertir más tiempo en la explicación de los conceptos relacionados a estas deficiencias.

Como podemos observar, no son pocos los beneficios que se pueden obtener con sistemas de este tipo. Antes de pasar a las conclusiones, nos parece importante hacer mención acerca de un suceso que ocurrió en una de las fases de desarrollo del sistema.

Generalmente, el diseño de un sistema es donde se invierte más tiempo, pero cuando hablamos de sistemas expertos o sistemas basados en el conocimiento, también encontramos que necesita ser invertida una considerable cantidad de tiempo en la fase de adquisición del conocimiento.

Durante esta fase de adquisición de conocimiento, se pudo apreciar lo fundamental del papel del ingeniero del conocimiento para obtener toda la experiencia y conocimiento de los expertos, (en nuestro caso, profesores de física), integrando además a este cuerpo de conocimiento lo encontrado en libros y artículos relacionados con el tema.

Lo anterior no es una tarea fácil de realizar, debido a las diferencias que encontramos, al igual que los alumnos, de tratar con un lenguaje diferente y abordar aspectos de la naturaleza que difícilmente analizamos en nuestra vida cotidiana. Por lo que podemos decir que la experiencia al realizar este trabajo fue muy enriquecedora y, en muchas ocasiones, una labor que enfrentó muchos retos.

Finalmente, los resultados obtenidos con nuestro sistema apoyan la tesis de que no siempre que un alumno obtiene la solución a un ejercicio, sabe cómo se están relacionando los conceptos entre sí y/o el por qué de su resultado. Es por lo anterior que consideramos que nuestro trabajo puede contribuir de manera importante en la tarea que día a día realizan los profesores de física frente a grupo, si se les brinda a los alumnos la oportunidad de trabajar con el sistema.

En la etapa de desarrollo en la que se encuentra el módulo de evaluación, éste evalúa a un alumno en el tema de Mecánica y devuelve como resultado una lista de conceptos para revisión por parte del estudiante. Por tanto, este trabajo forma parte de las bases que son necesarias para obtener un módulo de evaluación "inteligente" de calidad, pero su consolidación requiere considerar aspectos como:

- a) Incorporar todos los temas del hipertexto de Física y, por lo tanto, aumentar la base de conocimientos de preguntas y ejercicios.
- b) Integrarlo completamente a los dos sistemas que pueden manejarlo: 1) al sistema multimedia tutorial de Física, para que cumpla su función (diagnóstica, formativa y sumativa), en cada una de las etapas de enseñanza – aprendizaje del alumno, y, 2) respecto al módulo enciclopédico, en formato hipertexto, la conexión puede hacerse sólo haciendo referencia a la página que es necesario acceder.

Para finalizar podemos decir, en resumen, que el uso de la computadora como auxiliar didáctico en el proceso enseñanza aprendizaje aún se encuentra

limitado por las dificultades que implican emular el comportamiento de un profesor, y en general, cualquier ser humano. No obstante, su uso puede permitir que los alumnos encuentren cierto tipo de ventajas que le ayuden a obtener un mejor desempeño en su papel de sujeto adquirente de conocimientos.

# **ANEXO 1**

## **MAPAS CONCEPTUALES**

### **INTERRELACION ENTRE LOS CONCEPTOS INVOLUCRADOS EN LOS TEMAS**

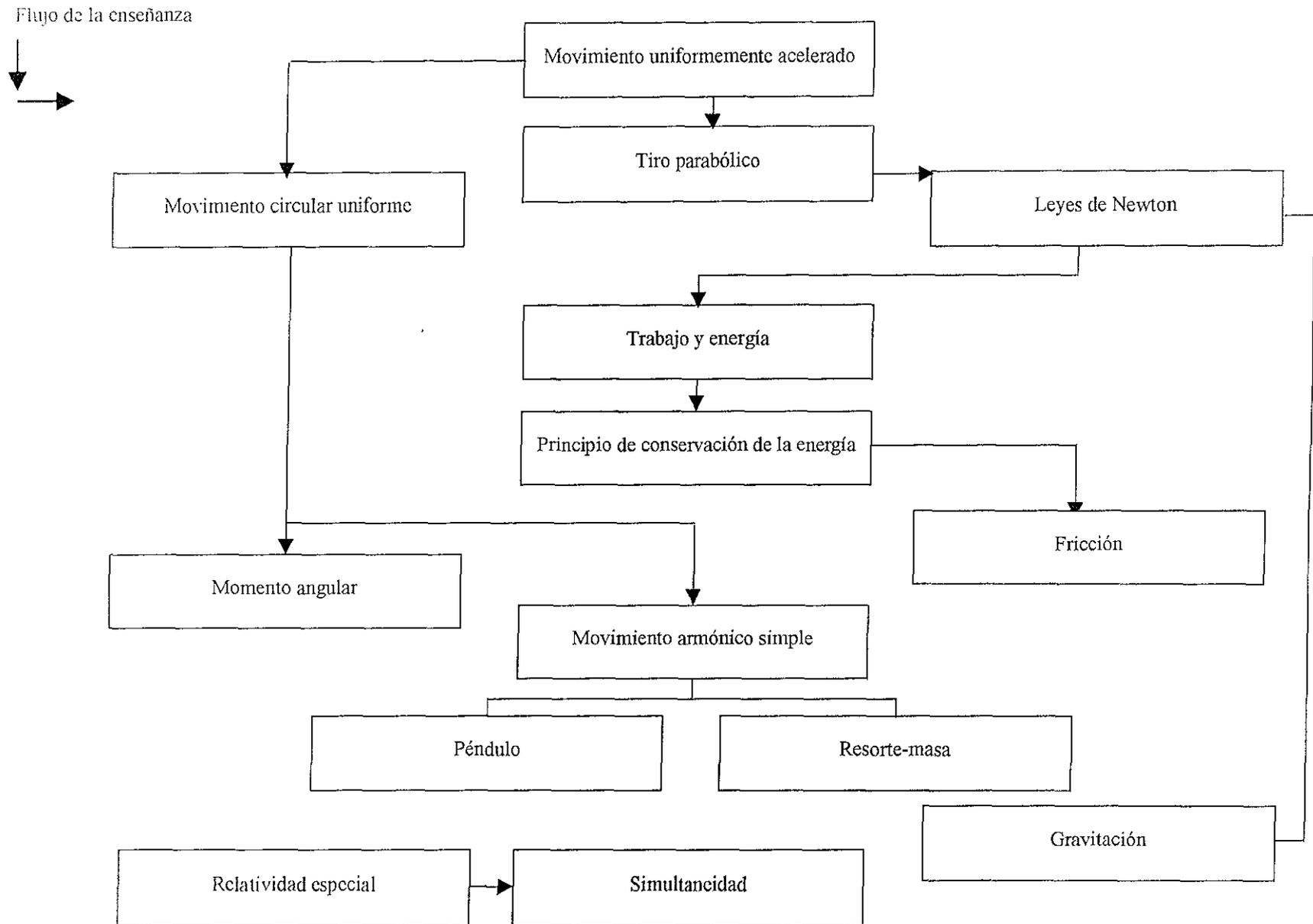
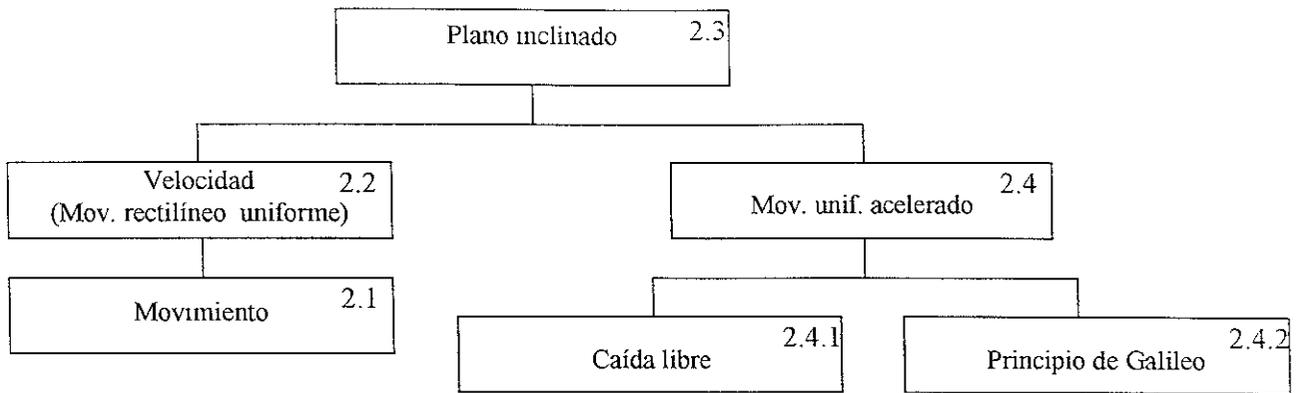
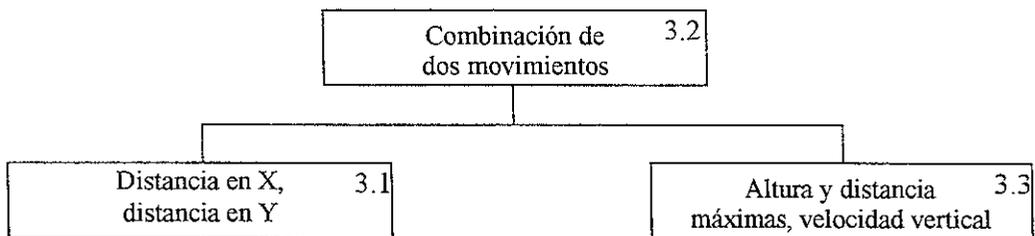


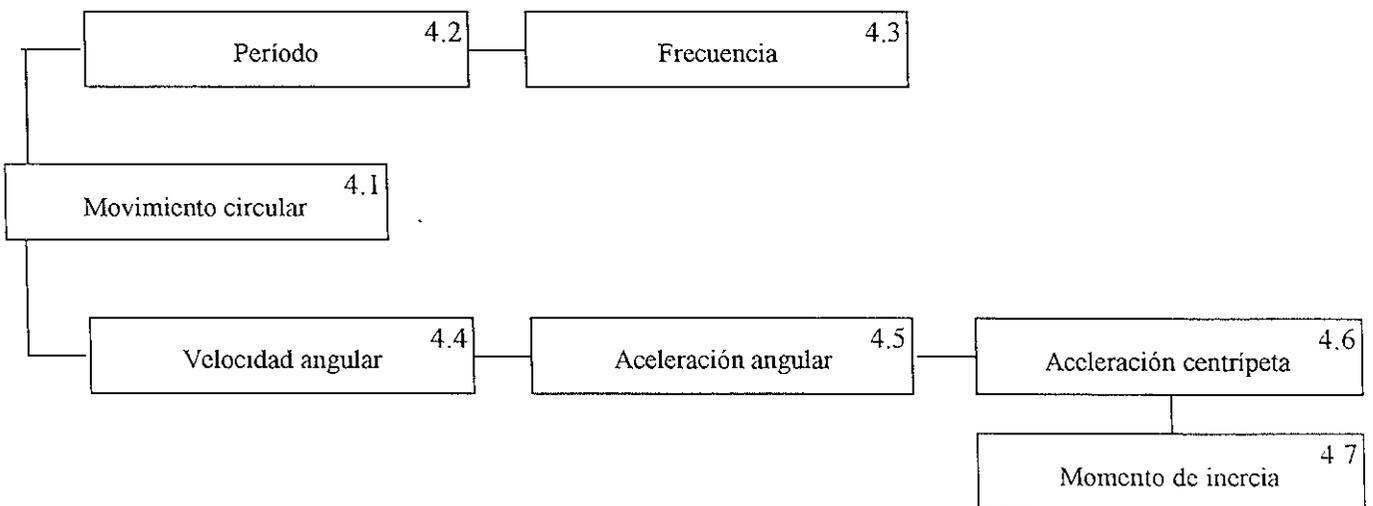
Diagrama 1. Relaciones establecidas entre los temas de Mecánica, a partir del hipertexto de Física.



**Diagrama 2.** Organización establecida entre los conceptos del tema movimiento uniformemente acelerado



**Diagrama 3** Organización establecida entre los conceptos del tema tiro parabólico



**Diagrama 4** Organización establecida entre los conceptos del tema movimiento circular uniforme

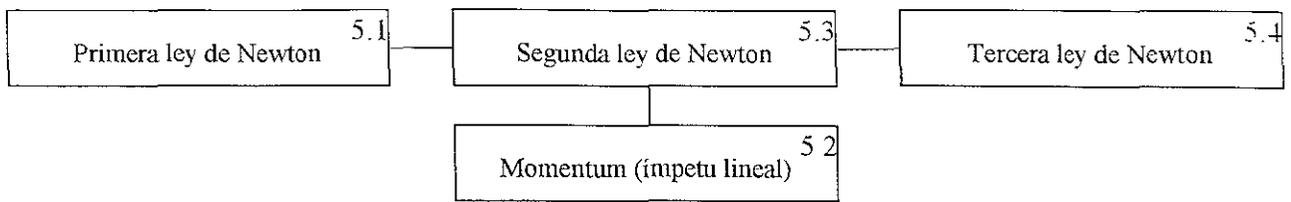


Diagrama 5 Organización establecida entre los conceptos del tema leyes de Newton

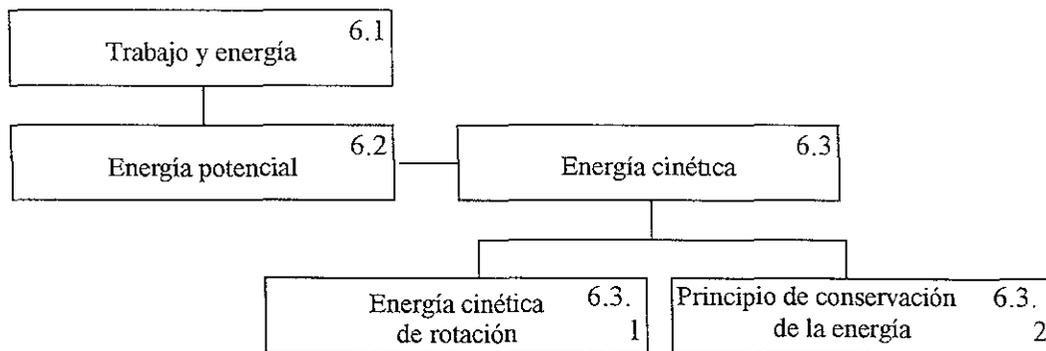


Diagrama 6 Organización establecida entre los conceptos del tema trabajo y energía.

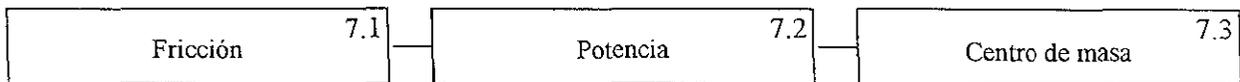


Diagrama 7 Organización establecida entre los conceptos del tema fricción.

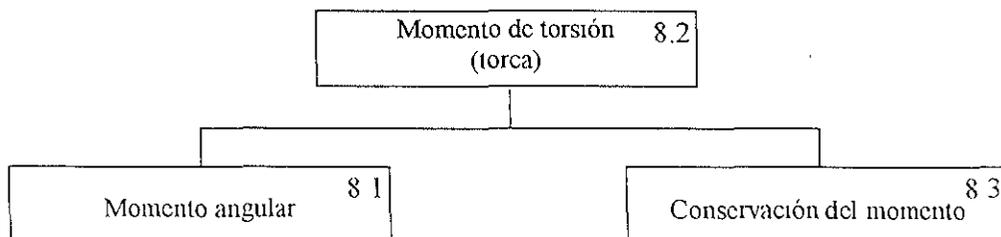
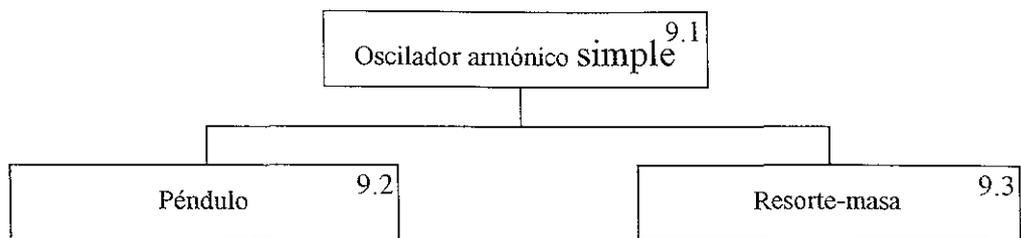
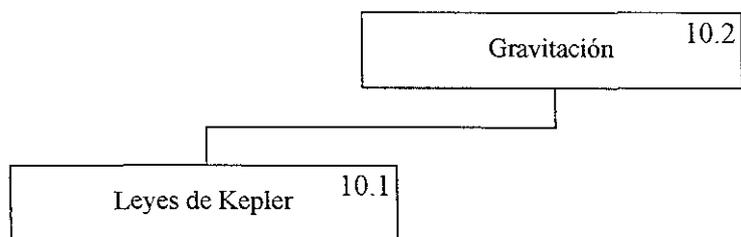


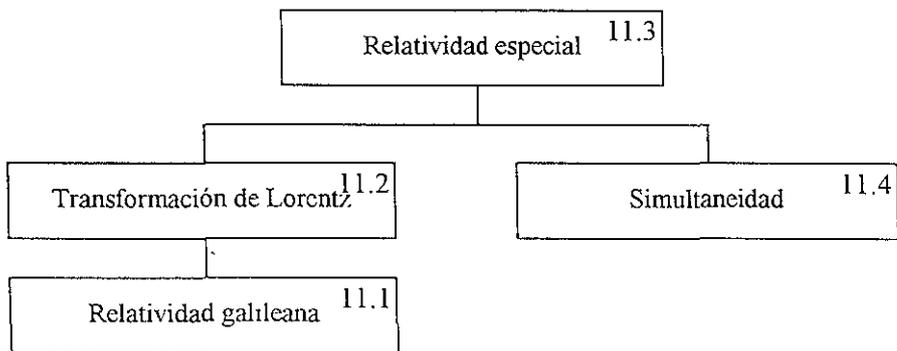
Diagrama 8 Organización establecida entre los conceptos del tema momento angular



**Diagrama 9** Organización establecida entre los conceptos del tema movimiento armónico simple



**Diagrama 10** Organización establecida entre los conceptos del tema gravitación.



**Diagrama 11** Organización establecida entre los conceptos de los temas relatividad especial y simultaneidad

## **ANEXO 2**

### **LISTADO DE PREGUNTAS**

#### **BASE DE PREGUNTAS UTILIZADA POR EL SISTEMA EXPERTO**

-- Tipos de preguntas que se pueden desplegar

T := "Texto"

G := "Gráfica"

TG:= "TextoGráfica"

V := "Video"

-- Directorio en donde se encuentran las imágenes

ruta := "C:\Física\ActiveX\Final\Imágenes"

-- Preguntas a realizar

-- \*\*\*\*\* MOVIMIENTO UNIFORMEMENTE ACELERADO \*\*\*\*\*

-- Tema 1

-- MOVIMIENTO

Ind := 1

P := "¿Qué se necesita para concluir que un objeto se movió?"

RA := "Un intervalo de tiempo y un punto de referencia"

RB := "Un cambio de posición y un punto de referencia"

RC := "Velocidad, tiempo y distancia"

RD := "Un cambio de posición, un intervalo de tiempo y un punto de referencia" -- RESP

Ind := 2

P := "Señalar cuáles de los siguientes cuerpos están en movimiento: a) un ave en vuelo, b) el Sol, c) una silla"

RA := "El ave y el Sol"

RB := "Sólo el ave"

RC := "Sólo el Sol"

RD := "Falta información" -- RESP

Ind := 3

P := "¿Está en movimiento el monitor que está frente a tí?"

RA := "Sí"

RB := "No"

RC := "No sé"

RD := "Falta información" -- RESP

Ind := 4

P := "Respecto a un observador en la Luna, ¿está en movimiento el monitor que está frente a tí?"

RA := "Sí" -- RESP

RB := "No"

RC := "No sé"

RD := "Falta información"

Ind := 5

P = "Supón que estás viajando en autobús y éste empareja a otro, continuando ambos con la misma rapidez. Durante el tiempo en que se mueven con la misma rapidez, ¿los pasajeros del otro autobús están en movimiento respecto a tí?"

RA := "Sí"

RB := "No" -- RESP

RC := "No sé"

RD := "Falta información"

-- VELOCIDAD

Ind := 6

P := "Juan y Pedro se encuentran en los extremos contrarios de la misma avenida. Si Juan avanza hacia Pedro con una velocidad  $v$  y Pedro avanza hacia Juan con una velocidad  $V$ , ¿con qué rapidez ve Juan acercarse a Pedro?"

RA := " $v + V$ " -- RESP

RB := " $v - V$ "

RC := " $V - v$ "

RD := " $v * V$ "

imagen := "\\JuanyPedro.bmp"

Ind := 7

P := "El diagrama representa una fotografía multiframe de un objeto moviéndose a lo largo de una superficie horizontal ¿Cuál de las siguientes gráficas representa mejor la velocidad del objeto como una función del tiempo?"

imagen := "\\vel.bmp"

imagenA := "\\vel\_gr1.bmp"

imagenB := "\\vel\_gr2.bmp" -- RESP

imagenC := "\\vel\_gr3.bmp"

imagenD := "\\vel\_gr4.bmp"

Ind := 8

P := "¿Cuándo se tiene un movimiento rectilíneo uniforme?"

RA := "Cuando se va en línea recta"

RB := "Cuando se recorren distancias iguales en tiempos iguales" -- RESP

RC := "Cuando la velocidad aumenta gradualmente"

RD := "Cuando la aceleración es la misma"

Ind := 9

P := "Un alumno recorre un largo pasillo con velocidad constante. ¿Cómo es la razón de cambio entre la distancia y el tiempo?"

RA := "Constante" -- RESP

RB := "Variable"

RC := "Nula"

RD := "Menor que 1"

Ind := 10

P := "¿Es correcta la expresión: 'Un autobús viaja con velocidad de 95 km/h?'"

RA := "Falta información"

RA := "Sí"

RC := "No" -- RESP

RD := "No, debe expresarse en m/s"

-- PLANO INCLINADO

Ind := 11

P := "Considera una bola que se desliza a lo largo de un plano inclinado (sin fricción) partiendo del reposo ¿La magnitud de su velocidad será siempre la misma?"

RA := "Sí"

RB := "No, va disminuyendo"

RC := "Al principio sí, pero al final ya no"

RD := "No, va aumentando" -- RESP

Ind := 12

P := "Considera una bola que se lanza de modo que suba a lo largo de un plano inclinado (sin fricción) partiendo del reposo ¿Qué ocurre con la rapidez de la bola mientras va subiendo?"

RA := "Va aumentando"

RB := "Va disminuyendo" -- RESP

RC := "Es irregular"

RD := "No se modifica"

Ind := 13

P := "Supón que un cuerpo abandona un plano inclinado con velocidad  $v$  y rueda sobre una superficie horizontal plana (sin fricción). ¿Cuál es la velocidad del cuerpo a los 5 seg. de haber abandonado el plano?"

RA := "No se puede saber"

RB := " $v*5\text{seg}$ "

RC := " $v$ " -- RESP

RD := "0"

Ind := 14

P := "Supón que un cuerpo se encuentra deslizando (sin fricción) sobre un plano inclinado y considera dos puntos cualesquiera sobre él. ¿Cómo es el valor de la aceleración en ambos puntos? "

RA := "No se puede saber"

RB := "Diferente"

RC := "El mismo" -- RESP

RD := "No hay aceleración"

Ind := 15

P := "Considera un plano inclinado con una inclinación suave a un ángulo  $s$  (ver dibujo) y sobre él un bloque bien engrasado, listo para deslizarse hacia abajo. Si despreciamos la fricción, ¿con qué rapidez se desliza el bloque?"

RA := "Rapidez constante"

RB := "Rapidez variable" -- RESP

RC := "No tiene rapidez"

RD := "No se puede saber"

#### -- MOVIMIENTO UNIFORMEMENTE ACELERADO

Ind := 16

P := "Si el velocímetro de un auto indica una rapidez constante de 30 km/h, ¿puede decirse que el auto no se está acelerando?"

RA := "Correcto"

RB := "Incorrecto"

RC := "Si la temperatura es 20°C es correcto"

RD := "No se puede determinar" -- RESP

Ind := 17

P := "El diagrama representa una fotografía multiframe de un objeto moviéndose a lo largo de una superficie horizontal ¿Cuál de las siguientes gráficas representa mejor la aceleración del objeto como una función del tiempo?"

imagen := "\\vcl.bmp"

imagenA := "\\acel\_gr1.bmp"

imagenB := "\\acel\_gr2.bmp" -- RESP

imagenC := "\\acel\_gr3.bmp"

imagenD := "\\acel\_gr4.bmp"

Ind := 18

P := "¿Cómo es la magnitud de la aceleración con que caen los cuerpos comparada con la que tienen al subir?"

RA := "Igual" -- RESP

RB := "Mayor"

RC := "Menor"

RD := "No se puede determinar"

Ind := 19

P := "Se lanza verticalmente hacia arriba un objeto con velocidad  $v$ . La velocidad que tiene el objeto, cuando alcanza su altura máxima, es: (No se considera la fricción)"

RA := "No se puede saber"

RB := "0" -- RESP

RC := "Mayor que  $v$ "

RD := "Menor que  $v$ "

Ind := 20

P := "¿Qué clase de movimiento tiene un cuerpo cuando lo lanzamos hacia arriba? "

RA := "Movimiento rectilíneo uniforme"

RB := "Movimiento uniformemente acelerado" -- RESP

RC := "Movimiento uniforme"

RD := "Movimiento acelerado pero no uniformemente"

-- CAIDA LIBRE

Ind := 21

P := "Una persona que se encuentra de pie en la orilla de un acantilado lanza una pelota en forma vertical hacia arriba con cierta rapidez y otra pelota en forma vertical hacia abajo con la misma rapidez inicial. Si se considera despreciable la resistencia del aire, ¿cuál pelota tendrá la mayor rapidez al golpear el suelo en el fondo?"

RA := "La primera pelota"

RB := "La segunda pelota"

RC := "Ambas pelotas llegan con la misma rapidez" -- RESP

RD := "No se puede saber"

Ind := 22

P := "Una persona que se encuentra de pie en la orilla de un acantilado lanza una pelota en forma vertical hacia arriba con cierta rapidez y deja caer otra pelota en forma vertical hacia abajo. Si se considera despreciable la resistencia del aire, ¿cuál pelota tendrá la mayor rapidez al golpear el suelo en el fondo?"

RA := "La primera pelota" -- RESP

RB := "La segunda pelota"

RC := "Ambas pelotas llegan con la misma rapidez"

RD := "No se puede saber"

Ind := 23

P := "Se deja caer un objeto A desde una altura  $h$ . Al mismo tiempo, desde el suelo, se lanza un objeto B hacia arriba. Despreciando la fricción del aire, cuando el objeto A alcanza el suelo, el objeto B alcanza la altura  $h$ . ¿Qué podemos concluir de la velocidad final de A y de la velocidad inicial de B?"

RA := "Es mayor la de A que la de B"

RB := "Es mayor la de B que la de A"

RC := "Son iguales" -- RESP

RD := "No se puede saber"

Ind := 24

P := "Una persona está escalando verticalmente una cuerda cuando, repentinamente, ésta se rompe y la persona cae, pero cae sobre un banco de nieve y sale ileso. ¿Qué diagrama representa mejor la caída del escalador, si a cada imagen corresponde un intervalo de tiempo igual?"

imagen = ""

imagenA := "\\caidaescala1.bmp"

imagenB := "\\caidaescala2.bmp" -- RESP

imagenC := "\\caidaescala3.bmp"

imagenD := "\\caidaescala4.bmp"

Ind := 25

P := "Dos esferas de metal son del mismo tamaño, pero una pesa el doble que la otra. Las esferas se dejan caer al mismo tiempo desde una altura de 19.6 m sobre el suelo. Si no consideramos la fricción, el tiempo que tardan las esferas en llegar al suelo será:"

RA := "Menor para la esfera más pesada"

RB := "Menor para la esfera más ligera"

RC := "Igual para las dos esferas" -- RESP

RD := "No se puede determinar"

-- PRINCIPIO DE GALILEO

Ind := 26

P := "Desde un mismo punto O, y sobre dos planos inclinados de pendientes diferentes, se dejan caer a la vez dos bolitas. Considerar su paso por los dos puntos A y B situados sobre la misma horizontal. Despreciando los rozamientos, ¿cómo son las aceleraciones de las dos bolitas en A y B?"

RA := "La aceleración de la bolita que cae del plano más inclinado es mayor" -- RESP

RB := "La aceleración de la bolita que cae del plano más inclinado es menor"

RC := "Son iguales las aceleraciones de ambas bolitas"

RD := "No se puede saber"

Ind := 27

P := "Sobre un plano inclinado se comparan las velocidades alcanzadas, tras una misma distancia de recorrido, por objetos diversos que ruedan sin deslizar bajo la acción de su peso. ¿Cómo son las velocidades de dos esferas homogéneas, del mismo material pero de radios distintos, cuando llegan al final del plano inclinado?"

RA := "La velocidad de la esfera de radio mayor es mayor"

RB := "La velocidad de la esfera de radio mayor es menor"

RC := "Las velocidades de ambas esferas son iguales" -- RESP

RD := "No se puede saber"

Ind := 28

P := "Dos objetos de la misma forma ruedan sin fricción por los dos planos inclinados mostrados en la figura. Si A es igual a B y los objetos se dejan caer desde la parte superior de los planos, entonces las velocidades de los cuerpos al llegar a las partes más bajas de los planos son:"

RA := "La velocidad del objeto que rodó por el plano con inclinación A es mayor"

RB := "La velocidad del objeto que rodó por el plano con inclinación B es mayor" -- RESP

RC := "Las velocidades de ambos objetos son iguales"

RD := "Se necesita más información"

Ind := 29

P := "Dos objetos de diferente masa ruedan sin fricción por un plano con inclinación alfa. Su velocidad al llegar a la parte mas baja es:"

RA := "Diferente"

RB := "0"

RC := "Igual" -- RESP

RD := "gt"

-- \*\*\*\*\* TIRO PARABOLICO \*\*\*\*\*

-- Tema 2

-- COMBINACION DE DOS MOVIMIENTOS

Ind = 31

P := "¿Es posible que suceda en la realidad, la escena que se ve continuamente en las películas de dibujos animados de El Correcaminos, en la que Wily Coyote corre (a la misma altura) más allá del borde del acantilado, suspendiéndose en el espacio (hasta que se da cuenta) y luego cae a plomo?"

RA = "Depende de la velocidad con que Wily Coyote va"

RB = "Depende del peso de Wily Covote"

RC = "No, porque debe caer verticalmente"

RD := "No. porque debe moverse tanto horizontal como verticalmente" -- RESP

Ind := 32

P := "Un cazador apunta a un pájaro posado en una rama y dispara. El pájaro, asustado por el fogonazo, se deja caer en caída libre en el instante en que la bala sale del fusil. ¿Escapa el pájaro a la muerte? (Se desprecia la resistencia del aire)"

RA := "Sí, porque al caer el ave, la bala pasa por encima de su cabeza"

RB := "Sí, porque se dejó caer al mismo tiempo en que salía la bala"

RC := "No, porque la bala lo alcanza, no importando que se deje caer el ave" -- RESP

RD := "Sí, porque el cazador apuntó al lugar de donde se dejó caer el ave"

Ind := 33

P := "Se arroja horizontalmente una esfera sobre una mesa a la que después abandona con velocidad horizontal  $v$ . Al mismo tiempo que la esfera abandona la mesa, se deja caer verticalmente, desde la mesa, otra esfera desde el reposo. Los tiempos de caída de ambas esferas son:"

RA := "Iguales" -- RESP

RB := "Fue mayor el de la esfera que cae con velocidad  $v$ "

RC := "Fue mayor el de la esfera que se deja caer"

RD := "No se puede determinar"

Ind := 34

P := "Se lanza un objeto con velocidad  $V$  y con un ángulo de inclinación  $\alpha$ . Al mismo tiempo una persona empieza a correr con rapidez constante  $v$ . ¿Bajo qué condición el objeto y la persona se cruzarán nuevamente?"

RA := "Si la componente  $y$  de  $V$  es igual a  $v$ "

RB := "Si las componentes de  $V$  son iguales"

RC := "Si la componente  $x$  de  $V$  es igual a  $v$ " -- RESP

RD := "Bajo ninguna condición se pueden cruzar nuevamente"

Ind := 35

P := "Si la componente en  $x$  de la velocidad de un objeto en movimiento parabólico, que recorre una distancia total  $d$ , es  $v_x$ . ¿Qué tiempo tardó en alcanzar su altura máxima?"

RA := " $t=d/v$ "

RB := " $t= d/v_x$ "

RC := " $t=d/2v_x$ " -- RESP

RD := " $t=2v_x/d$ "

-- VELOCIDAD VERTICAL

Ind := 36

P := "En el instante en que un rifle sostenido en posición horizontal se dispara a un ángulo cero, se deja caer al lado del rifle una bala la cual cae al suelo. ¿Cuál bala toca primero el suelo?"

RA := "Depende de la velocidad inicial con que se dispara el rifle"

RB := "La bala que se dejó caer"

RC := "La bala que se disparó con el rifle"

RD := "Ambas llegan al mismo tiempo" -- RESP

-- DISTANCIA MAXIMA

Ind := 37

P := "¿A qué ángulo se obtiene el máximo alcance horizontal para un proyectil? "

RA := "90°"

RB := "45°" -- RESP

RC := "30° ó 60°"

RD := "60°"

-- ANGULO MAXIMO

Ind := 38

P := "¿A qué ángulo se debe sujetar una manguera de jardín para que el chorro de agua llegue lo más lejos?"  
RA := "60°"  
RB := "30° ó 60°"  
RC := "45°" -- RESP  
RD := "90°"

-- ALTURA MAXIMA

Ind := 39  
P := "¿A qué ángulo se obtiene el máximo alcance vertical para un proyectil? "  
RA := "90°" -- RESP  
RB := "45°"  
RC := "60°"  
RD := "15°"

-- ALTURA Y DISTANCIA MAXIMAS

Ind := 40  
P := "¿Por qué un saltador de altura se aproxima al lugar del salto a una rapidez relativamente baja, mientras que un saltador de longitud corre lo más rápido posible para dar el salto?"  
RA := "Para reducir el efecto de la gravedad"  
RB := "Para evitar salir lastimados"  
RC := "Para combinar su velocidad con el ángulo óptimo para lograr el máximo respectivo" -- RESP  
RD := "Porque siempre ha sido así"

-- \*\*\*\*\* MOVIMIENTO CIRCULAR UNIFORME \*\*\*\*\*

-- Tema 3

-- MOVIMIENTO CIRCULAR

Ind := 61  
P := "¿Cuál es la trayectoria descrita por un cuerpo unido a un hilo al que sostenemos por un extremo y le hacemos dar vueltas?"  
RA := "En línea recta"  
RB := "Una circunferencia" -- RESP  
RC := "Primero en línea recta y luego en círculos"  
RD := "No tiene una trayectoria definida"

Ind := 62  
P := "¿Qué trayectoria describen los extremos de las manecillas de un reloj?"  
RA := "Una línea recta"  
RB := "Una circunferencia" -- RESP  
RC := "Primero una línea recta y luego una circunferencia"  
RD := "No tiene una trayectoria definida"

Ind := 63  
P := "Dos objetos se encuentran situados, uno en el extremo y otro en la parte media de un disco que rota con movimiento circular uniforme. Después de un intervalo de tiempo  $t$ , el ángulo barrido por ambos objetos tienen la siguiente relación:"  
RA := "Es mayor para el objeto que está en el extremo"  
RB := "Es mayor para el objeto que está en la parte media"  
RC := "Es igual para ambos objetos" -- RESP  
RD := "No se puede determinar"

Ind := 64  
P := "Dos objetos se encuentran situados, uno en el extremo y otro en la parte media de un disco que rota con movimiento circular uniforme. Cuando han completado una vuelta, la distancia lineal recorrida por ambos objetos guarda la siguiente relación "

RA := "Es mayor para el objeto que está en el extremo" -- RESP  
RB := "Es mayor para el objeto que está en la parte media"  
RC := "Es igual para ambos objetos"  
RD := "No se puede determinar"

Ind := 65

P := "Dos objetos se encuentran situados, uno en el extremo y otro en la parte media de un disco que rota con movimiento circular uniforme. El tiempo en que ambos objetos tardan en completar una vuelta tiene la siguiente relación:"

RA := "Es mayor para el objeto que está en el extremo"  
RB := "Es mayor para el objeto que está en la parte media"  
RC := "Es igual para ambos objetos" -- RESP  
RD := "No se puede determinar"

-- PERIODO

Ind := 66

P := "Si un móvil da 3 vueltas en 12 seg, ¿cuál es su periodo?"

RA := "3 seg"  
RB := "4 seg" -- RESP  
RC := "6 seg"  
RD := "No se puede determinar"

Ind := 67

P := "Considera que el disco está girando a 33 rev/min. El período en los puntos A y B, es:"

RA := "Mayor en A"  
RB := "Mayor en B"  
RC := "Igual en ambos puntos" -- RESP  
RD := "No se puede determinar"

Ind := 68

P := "Considere un objeto en movimiento circular uniforme a una distancia  $r$  del eje de rotación. El objeto barre un ángulo de 180 grados en un segundo. ¿Cuál es su periodo?"

RA := "0.5 seg"  
RB := "1.0 seg"  
RC := "2.0 seg" -- RESP  
RD := "2.5 seg"

Ind := 69

P := "Considere un objeto en movimiento circular uniforme a una distancia  $r/2$  del eje de rotación. El objeto barre un ángulo de 180 grados en un segundo. ¿Cuál es su período?"

RA := "0.5 seg"  
RB := "1.0 seg"  
RC := "2.0 seg" -- RESP  
RD := "2.5 seg"

Ind := 70

P := "Considere un objeto en movimiento circular uniforme a una distancia  $r$  del eje de rotación. El objeto barre un ángulo de 180 grados en un segundo. ¿Qué tiempo tardara en barrer un ángulo de 90 grados?"

RA := "0.5 seg" -- RESP  
RB := "1.0 seg"  
RC := "2.0 seg"  
RD := "2.5 seg"

-- FRECUENCIA

Ind := 71

P := "Si un móvil da 3 vueltas en 12 seg, ¿cuál es su frecuencia?"

RA := "1/3 Hz"  
RB := "1/4 Hz" -- RESP  
RC := "1/6 Hz"  
RD := "1/12 Hz"

Ind := 72

P := "Considera que el disco está girando a 33 rev/min. La frecuencia en los puntos A y B, es:"

RA := "Mayor en A"  
RB := "Mayor en B"  
RC := "Igual en ambos puntos" -- RESP  
RD := "No se puede determinar"

Ind := 73

P := "Considere un objeto en movimiento circular uniforme a una distancia r del eje de rotación. El objeto barre un ángulo de 180 grados en un segundo. ¿Cuál es su frecuencia?"

RA := "0.25 Hz"  
RB := "0.50 Hz" -- RESP  
RC := "0.75 Hz"  
RD := "1.00 Hz"

Ind := 74

P := "Considere un objeto en movimiento circular uniforme a una distancia r/2 del eje de rotación. El objeto barre un ángulo de 180 grados en un segundo. ¿Cuál es su frecuencia?"

RA := "0.25 Hz"  
RB := "0.50 Hz" -- RESP  
RC := "0.75 Hz"  
RD := "1.00 Hz"

Ind := 75

P := "Si un objeto en movimiento circular uniforme tiene una frecuencia de 60 Hz, ¿cuántas vueltas completara en un segundo?"

RA := "10"  
RB := "30"  
RC := "60" -- RESP  
RD := "90"

-- VELOCIDAD ANGULAR

Ind := 76

P := "¿Cuál es la velocidad angular del horario de un reloj?"

RA := "1 rev/hr"  
RB := "1/12 rev/hr" -- RESP  
RC := "1/60 rev/min"  
RD := "2 rev/hr"

Ind := 77

P := "¿Cuál es la velocidad angular del minutero de un reloj?"

RA := "1 rev/hr" -- RESP  
RB := "1/12 rev/hr"  
RC := "1/60 rev/min"  
RD := "2 rev/hr"

Ind := 78

P := "¿Cuál es la velocidad angular del segundero de un reloj?"

RA := "1 rev/hr"  
RB := "1/12 rev/hr"  
RC := "1 rev/min" -- RESP

RD := "2 rev/hr"

Ind := 79

P := "En una hélice de helicóptero, ¿qué partículas tienen mayor velocidad angular: las que están próximas al extremo o las que están próximas al eje? "

RA := "Ambas tienen la misma velocidad" -- RESP

RB := "Las que están próximas al extremo"

RC := "Las que están próximas al eje"

RD := "No se puede determinar"

Ind := 80

P := "Considera que el disco está girando a 33 rev/min. La velocidad angular del punto A y B, es:"

RA := "Mayor en A"

RB := "Mayor en B"

RC := "Igual en ambos puntos" -- RESP

RD := "No se puede determinar"

-- ACELERACION ANGULAR

Ind := 81

P := "Un objeto en movimiento circular barre los primeros 90 grados en un segundo, barre los siguientes 180 grados también en un segundo y barre los últimos 90 grados en un segundo. ¿Es este un ejemplo de movimiento circular uniforme?"

RA := "Sí, porque se está moviendo en círculos"

RB := "No, porque tiene aceleración angular" -- RESP

RC := "Sí, porque tiene aceleración angular"

RD := "No se puede determinar"

Ind := 82

P := "Un objeto en movimiento circular barre los primeros 90 grados en un segundo, barre los siguientes 180 grados también en un segundo y barre los últimos 90 grados en un segundo. ¿En qué etapa presenta mayor velocidad angular?"

RA := "En la primera etapa"

RB := "En la segunda etapa" -- RESP

RC := "En la tercera etapa"

RD := "No tiene velocidad angular"

Ind := 83

P := "Un objeto en movimiento circular barre los primeros 90 grados en un segundo, barre los siguientes 180 grados también en un segundo y barre los últimos 180 grados en dos segundos. ¿Cómo son las velocidades angulares en la primera y tercer-etapa del movimiento?"

RA := "Mayor en la primera etapa"

RB := "Mayor en la segunda etapa"

RC := "Iguales en las dos etapas" -- RESP

RD := "No tienen velocidad angular"

-- ACELERACION CENTRIPETA

Ind := 86

P := "En una hélice de avión, ¿qué partículas tienen mayor aceleración centrípeta: las que están próximas al extremo o las que están próximas al eje? "

RA := "Ambas tienen la misma aceleración centrípeta"

RB := "Las que están próximas al extremo" -- RESP

RC := "Las que están próximas al eje"

RD := "No se puede determinar"

Ind := 87

P := "En un movimiento circular uniforme, ¿qué tipo de aceleración hay?"

RA := "Aceleración centrípeta" -- RESP  
RB := "Aceleración centrífuga"  
RC := "Aceleración lineal"  
RD := "Ninguna"

Ind := 88

P := "Si la velocidad angular de un disco se duplica, ¿qué ocurre a la velocidad lineal y a la aceleración centrípeta de los puntos del borde?"

RA := "La velocidad aumenta y la aceleración es la misma"  
RB := "La velocidad es la misma y la aceleración aumenta"  
RC := "Ambas aumentan también" -- RESP  
RD := "Ambas permanecen igual"

Ind := 89

P := "Considera que el disco está girando a 33 rev/min. La aceleración centrípeta en los puntos A y B, son:"

RA := "Mayor en A" -- RESP (punto exterior)  
RB := "Mayor en B"  
RC := "Igual en ambos puntos"  
RD := "No se puede determinar"

Ind := 90

P := "Un objeto en movimiento circular barre los primeros 90 grados en un segundo, barre los siguientes 180 grados también en un segundo y barre los últimos 90 grados en un segundo. ¿En qué etapa tiene una mayor aceleración centrípeta?"

RA := "En la primera etapa"  
RB := "En la segunda etapa" -- RESP  
RC := "En la tercera etapa"  
RD := "No tiene aceleración centrípeta"

-- MOMENTO DE INERCIA

Ind := 91

P := "Considere el movimiento de la Tierra alrededor del Sol (recuerde que éste se lleva a cabo en un plano-plano de la eclíptica-). ¿Qué dirección tiene el momento angular de la Tierra respecto al Sol?"

RA := "Perpendicular al plano de la eclíptica" -- RESP  
RB := "Tangencial al plano de la eclíptica"  
RC := "Paralelo al plano de la eclíptica"  
RD := "No existe momento angular"

Ind := 92

P := "Considere el movimiento de la Tierra alrededor del Sol (recuerde que éste se lleva a cabo en un plano-plano de la eclíptica-). ¿Qué relación existe entre los momentos de inercia del planeta Marte y del planeta Tierra, ambos respecto al Sol?"

RA := "El momento de inercia de la Tierra es mayor que el de Marte"  
RB := "El momento de inercia de Marte es mayor que el de la Tierra" -- RESP  
RC := "Son iguales ambos momentos de inercia"  
RD := "No existe relación entre ambos momentos de inercia"

Ind := 93

P := "Considere el movimiento de la Tierra alrededor del Sol (recuerde que éste se lleva a cabo en un plano-plano de la eclíptica-). ¿Cuál es la expresión para calcular su momento de inercia (de la Tierra)?"

RA := " $I = mr$ "  
RB := " $I = mr^2$ " -- RESP  
RC := " $I = m/r$ "  
RD := " $I = m/r^2$ "

Ind := 94

P := "Se tienen dos cuerpos de masas  $m_1$  y  $m_2$  girando alrededor de un eje a las distancias  $r_1$  y  $r_2$ , respectivamente. Si  $m_1 = 2m_2$  y  $r_1 = r_2/2$ . ¿qué objeto tiene mayor momento de inercia?"

RA := "El objeto de masa  $m_1$ "

RB := "El objeto de masa  $m_2$ " -- RESP

RC := "Tienen igual momento de inercia"

RD := "No se puede determinar"

Ind := 95

P := "Se tienen dos cuerpos de masas  $m_1$  y  $m_2$  girando alrededor de un eje a las distancias  $r_1$  y  $r_2$ , respectivamente. Si  $m_1 = 4m_2$  y  $r_1 = r_2/2$ . ¿qué objeto tiene mayor momento de inercia?"

RA := "El objeto de masa  $m_1$ "

RB := "El objeto de masa  $m_2$ "

RC := "Tienen igual momento de inercia" -- RESP

RD := "No se puede determinar"

-- VELOCIDAD TANGENCIAL (NO SE CONSIDERA)

Ind := 0

P := "En una hélice de avión, ¿qué partículas tienen mayor velocidad lineal: las que están próximas al extremo o las que están próximas al eje?"

RA := "Ambas tienen la misma velocidad"

RB := "Las que están próximas al extremo"

RC := "Las que están próximas al eje"

RD := "No se puede determinar"

Ind := 0

P := "Considera que el disco está girando a 33 rev/min. La velocidad tangencial del punto A y B. es:"

RA := "Mayor en A" -- punto exterior

RB := "Mayor en B"

RC := "Igual en ambos puntos"

RD := "No se puede determinar"

-- \*\*\*\*\* LEYES DE NEWTON \*\*\*\*\*

-- Tema 4

-- PRIMERA LEY DE NEWTON

Ind := 101

P := "Cuando hablamos de sistema inercial de referencia nos referimos a un sistema que:"

RA := "Se mueve con aceleración constante"

RB := "Se mueve con aceleración variable"

RC := "Se mueve con rapidez constante"

RD := "Se mueve con velocidad constante" -- RESP

Ind := 102

P := "Sobre un cuerpo que se mueve con velocidad constante:"

RA := "La fuerza resultante es cero" -- RESP

RB := "La fuerza resultante es mayor que el peso"

RC := "La fuerza resultante es mayor en la dirección del movimiento"

RD := "La fuerza resultante es mayor en dirección contraria al movimiento"

Ind := 103

P := "La resultante de las fuerzas sobre un cuerpo que se mueve con velocidad constante es:"

RA := " $mg$ "

RB := " $ma$ "

RC := "0" -- RESP

RD := "No sé"

Ind := 104

P := "Si a un cuerpo se le aplica una fuerza constante, entonces se mueve con:"

RA := "Una velocidad constante"

RB := "Una aceleración constante" -- RESP

RC := "Una aceleración variable"

RD := "No tiene movimiento"

Ind := 105

P := "La afirmación: 'Toda fuerza produce movimiento', es:"

RA := "Cierta"

RB := "Falsa" -- RESP

RC := "Imperativa"

RD := "Interrogativa"

-- SEGUNDA LEY DE NEWTON

Ind := 106

P := "Una fuerza F actúa sobre un objeto de masa m. La aceleración que produce este objeto sobre m es:"

RA := " $a = Fm$ "

RB := " $a = m/F$ "

RC := " $a = m+F$ "

RD := " $a = F/m$ " -- RESP

Ind := 107

P := "Una fuerza F actúa sobre un cuerpo de masa m, esa misma fuerza F actúa sobre otro cuerpo de masa M, con M mayor que m (ver dibujo). La aceleración de los cuerpos tiene la siguiente relación:"

RA := "Es mayor para A que para B" -- RESP

RB := "Es mayor para B que para A"

RC := "Son iguales para A y B"

RD := "No se puede determinar"

Ind := 108

P := "Dos fuerzas, F y f, actúan sobre dos cuerpos de masa igual m (ver dibujo). Si F es mayor que f, la aceleración sobre m será:"

RA := "Mayor donde actúa la fuerza F (caso A)" -- RESP

RB := "Mayor donde actúa la fuerza f (caso B)"

RC := "Iguales para ambos casos A y B"

RD := "No se puede determinar"

-- MOMENTO LINEAL

Ind := 111

P := "La cantidad de movimiento es una cantidad vectorial. La dirección de este vector está determinada por:"

RA := "La dirección de la fuerza"

RB := "La dirección de la velocidad" -- RESP

RC := "La dirección de la aceleración"

RD := "La masa"

Ind := 112

P := "La cantidad de movimiento de un cuerpo de masa m y velocidad v se determina a partir de la expresión:"

RA := " $P = mv$ " -- RESP

RB := " $P = m/v$ "

RC := " $P = m+v$ "

RD := " $P = m-v$ "

Ind := 113

P := "Un ave tiene masa  $m$  y velocidad  $v$ . Otro objeto, un proyectil, tiene  $1/5$  de la masa  $m$  y 5 veces la velocidad  $v$ . La cantidad de movimiento del ave y del proyectil es "

RA := "Mayor para el ave"

RB := "Mayor para el proyectil"

RC := "Igual para ambos objetos" -- RESP

RD := "No se puede determinar"

Ind := 114

P := "Un proyectil A tiene masa  $m$  y velocidad  $v$ . Otro proyectil B tiene igual masa, pero una velocidad  $10v$ . La cantidad de movimiento de los proyectiles A y B es:"

RA := "Mayor para el proyectil A"

RB := "Mayor para el proyectil B" -- RESP

RC := "Igual para ambos proyectiles"

RD := "No se puede determinar"

-- TERCERA LEY DE NEWTON

Ind := 116

P := "Un objeto sobre una superficie es movido por una fuerza de magnitud  $F$ . El objeto se mueve debido a:"

RA := "Que la fuerza aplicada es mayor que la fuerza de reacción del cuerpo"

RB := "Que la masa del cuerpo es muy pequeña"

RC := "Que el objeto que produce la fuerza  $F$  tiene masa muy grande"

RD := "La diferencia entre las fuerzas de fricción de los objetos involucrados" -- RESP

Ind := 117

P := "Una persona empuja un objeto sobre una superficie es movido por una fuerza de magnitud  $F$ . ¿Cómo se relaciona la fuerza de reacción del objeto con la fuerza  $F$ ?"

RA := "Es de menor magnitud y en la misma dirección"

RB := "Es de mayor magnitud y en dirección contraria"

RC := "Es de igual magnitud y en la misma dirección"

RD := "Es de igual magnitud y en dirección contraria" -- RESP

Ind := 118

P := "Una persona empuja un objeto sobre una superficie y movido por una fuerza de magnitud  $F$ . ¿Cuántos pares de fuerzas debemos considerar para explicar el movimiento?"

RA := "Ningún par"

RB := "Un par"

RC := "Dos pares"

RD := "Tres pares" -- RESP

Ind := 119

P := "Un objeto sobre una superficie es movido por una fuerza de magnitud  $F$ . ¿Qué pares de fuerzas debemos considerar para explicar el movimiento?"

RA := "A y B"

RB := "A y C"

RC := "B y C" -- RESP

RD := "A, B y C"

Ind := 120

P := "Cuando movemos un objeto cualquiera sobre una superficie, como por ejemplo una silla. ¿por qué se mueve?"

RA := "Debido a que el peso de la silla es menor que el peso de nosotros"

RB := "Debido a que la masa de la silla es menor que la masa de nosotros"

RC := "Debido a que la fricción de la silla con la superficie es menor que la fricción de nosotros con la superficie" -- RESP

RD := "Debido a que la silla es pequeña y, por lo tanto, es menor que nosotros"

Ind := 121

P := "Se lanza en tiro parabólico un objeto (despreciar la resistencia del aire). ¿Cuántas fuerzas actúan sobre el objeto, una vez que está en movimiento?"

RA := "Una" -- RESP

RB := "Dos"

RC := "Ninguna"

RD := "No se puede saber"

Ind := 122

P := "El diagrama ilustra la ruta de dos bolas de acero, P y Q, que colisionan. ¿Cuál conjunto de flechas representa mejor la dirección del cambio de momento de cada bola"

imagen := "\\choque\_bolas.bmp"

imagenA := "\\mom1.bmp"

imagenB := "\\mom2.bmp" -- RESP

imagenC := "\\mom3.bmp"

imagenD := "\\mom4.bmp"

-- \*\*\*\*\* TRABAJO Y ENERGIA \*\*\*\*\*

-- Tema 5

Ind := 126

P := "Se jala un objeto de masa M sobre una superficie sin fricción, con una fuerza F que tiene un ángulo teta respecto a la dirección de desplazamiento del objeto. La magnitud del trabajo realizado por la fuerza F es:"

RA := "W= Fd cos(teta), d= distancia recorrida" -- RESP

RB := "W= Fd, d= distancia recorrida"

RC := "W= 0"

RD := "No se puede determinar"

Ind := 127

P := "Una persona carga un objeto de masa 50 kg durante 1 hr, permaneciendo en el mismo lugar. ¿Qué trabajo realiza?"

RA := "50 joules"

RB := "50 Nhr"

RC := "0" -- RESP

RD := "Falta información"

Ind := 128

P := "Una persona utiliza una rampa de 100 m de longitud para subir un objeto de masa M del suelo a una altura h. Otra persona utiliza una escalera vertical para subir la misma masa a la misma altura. El trabajo realizado por ambas personas es:"

RA := "Mayor para la persona que utiliza la rampa"

RB := "Mayor para la persona que utiliza la escalera"

RC := "Es igual para ambas personas" -- RESP

RD := "No se puede determinar"

Ind := 129

P := "Si no se considera la fricción, ¿en qué caso se realiza mayor trabajo para subir la bola?"

imagen := ""

imagenA := "\\trab1.bmp"

imagenB := "\\trab2 bmp"

imagenC := "\\trab5 bmp"

imagenD := "\\trab6.bmp" -- RESP

-- ENERGIA POTENCIAL GRAVITACIONAL

Ind 131

P := "Considera un objeto de masa  $m$  situado sobre la superficie de una mesa. La superficie de la mesa se encuentra a una altura  $h$  de la superficie de la Tierra. ¿Cuál es el valor de la energía potencial gravitacional (EPG) del objeto?"

RA := "EPG =  $mgh$ "

RB := "EPG =  $mg/h$ "

RC := "EPG = 0"

RD := "Falta información" -- RESP

Ind := 132

P := "Considera un objeto de masa  $m$  situado sobre la superficie de una mesa. La superficie de la mesa se encuentra a una altura  $h$  de la superficie de la Tierra. ¿Cuál es la energía potencial gravitacional (EPG) del objeto respecto a la superficie de la mesa?"

RA := "EPG =  $mgh$ "

RB := "EPG =  $mg/h$ "

RC := "EPG = 0" -- RESP

RD := "Falta información"

Ind := 133

P := "Considera un objeto de masa  $m$  situado sobre la superficie de una mesa. La superficie de la mesa se encuentra a una altura  $h$  de la superficie de la Tierra. ¿Cuál es la energía potencial gravitacional (EPG) del objeto respecto a la superficie del suelo?"

RA := "EPG =  $mgh$ " -- RESP

RB := "EPG =  $mg/h$ "

RC := "EPG = 0"

RD := "Falta información"

Ind := 134

P := "Considera un objeto de masa  $m$  situado sobre la superficie de un planeta de masa  $M$  y radio  $R$ . ¿Cuál es la energía potencial gravitacional (EPG) del objeto de masa  $m$ ?"

RA := "EPG =  $GMm/R$ , donde  $G$  es la constante de gravitación universal"

RB := "EPG =  $GmM/R$ , donde  $G$  es la constante de gravitación universal" -- RESP

RC := "EPG =  $gMm/R$ , donde  $g$  es la constante de gravitación terrestre"

RD := "EPG =  $gM/mR$ , donde  $g$  es la constante de gravitación terrestre"

Ind := 135

P := "Considera un objeto de masa  $m$  situado sobre la superficie de un planeta de masa  $M$  y radio  $R$ . ¿Cuál sería la gravedad para ese planeta?"

RA := " $g = GM/R^2$ , donde  $G$  es la constante de gravitación universal" -- RESP

RB := " $g = GmM/R$ , donde  $G$  es la constante de gravitación universal"

RC := " $g = Mm/GR$ , donde  $g$  es la constante de gravitación terrestre"

RD := " $g = M/GmR$ , donde  $g$  es la constante de gravitación terrestre"

Ind := 136

P := "¿En qué tiene su origen la energía potencial gravitacional?"

RA := "En la fuerza de gravitación universal"

RB := "En la fuerza de gravitación terrestre"

RC := "En la altura a la que se encuentra un cuerpo" -- RESP

RD := "En la potencia del cuerpo"

-- ENERGIA CINETICA

Ind := 141

P := "Considera dos objetos de masas  $m_1$  y  $m_2$ , moviéndose con velocidades  $v_1$  y  $v_2$  respectivamente. Si  $m_1$  es la mitad de  $m_2$  y  $v_1$  es el doble de  $v_2$ , las energías cinéticas de los cuerpos tienen la siguiente relación "

RA := "El cuerpo con masa  $m_1$  tiene el doble de energía cinética comparado con  $m_2$ " -- RESP

RB := "El cuerpo con masa  $m_2$  tiene el doble de energía cinética comparado con  $m_1$ "

RC := "Ambos cuerpos,  $m_1$  y  $m_2$ , tienen la misma energía cinética"

RD := "Con esta información no se puede determinar la respuesta"

Ind := 142

P := "Considera dos objetos de masas  $m_1$  y  $m_2$ , moviéndose con velocidades  $v_1$  y  $v_2$  respectivamente. Si  $m_1$  es un cuarto de  $m_2$  y  $v_1$  el doble de  $v_2$ , entonces las energías cinéticas son:"

RA := "La energía cinética de  $m_1$  es menor comparada con la de  $m_2$ "

RB := "La energía cinética de  $m_2$  es menor comparada con la de  $m_1$ "

RC := "Ambas energías cinéticas son iguales" -- RESP

RD := "No se puede determinar"

Ind := 143

P := "Si lanzamos un objeto de masa  $m$  hacia arriba con velocidad  $v$ , la energía cinética de este cuerpo al alcanzar su máxima altura es:"

RA := " $v$ "

RB := " $1/2 v$ "

RC := " $2v$ "

RD := "0" -- RESP

Ind := 144

P := "Si lanzamos un objeto de masa  $m$  hacia arriba con velocidad  $v$ , la energía cinética del objeto al regresar a la posición en que fue lanzado es:"

RA := " $mv^2$ "

RB := " $2mv^2$ "

RC := " $1/2(mv^2)$ " -- RESP

RD := " $1/2(mv)$ "

Ind := 145

P := "La energía cinética de un objeto que se encuentra en reposo respecto a la superficie terrestre es:"

RA := " $mv^2$ "

RB := " $mv$ "

RC := " $1/2(mv)$ "

RD := "0" -- RESP

Ind := 146

P := "La energía cinética de un objeto que se encuentra en reposo, respecto a un observador en la Luna, es:"

RA := "Igual a cero"

RB := "Distinta de cero" -- RESP

RC := "Igual a uno"

RD := "No se puede saber"

#### -- ENERGIA CINETICA DE ROTACION

Ind := 147

P := "Si  $I$  es el momento de inercia de un objeto que tiene velocidad angular  $w$ , la expresión para su energía cinética de rotación es:"

RA := " $E = Iw^2$ "

RB := " $E = Iw$ "

RC := " $E = 0.5 Iw^2$ " -- RESP

RD := " $E = 2.0 Iw^2$ "

Ind := 148

P := "Si  $I$  es el momento de inercia de un objeto que tiene momento angular  $L$ , la expresión para su energía cinética de rotación es:"

RA := " $E = I^2L$ "

RB := " $E = I L^2/2$ "

RC := " $E = I^2/2I$ "

RD := " $E = L^2/2I$ " -- RESP

Ind := 149

P := "Si una esfera rueda por un plano inclinado, ¿tendrá energía cinética de rotación?"

RA := "No, sólo tiene energía cinética"

RB := "No, sólo tiene energía potencial"

RC := "Sí, porque va rodando" -- RESP

RD := "No se puede determinar"

Ind := 150

P := "Si una esfera se desliza por un plano inclinado, ¿tendrá energía cinética de rotación?"

RA := "No, sólo tiene energía cinética"

RB := "No, sólo tiene energía potencial"

RC := "No, tiene energía cinética y potencial" -- RESP

RD := "No se puede determinar"

-- \*\*\*\*\* PRINCIPIO DE CONSERVACION DE LA ENERGIA \*\*\*\*\*

-- Tema 6

Ind := 151

P := "Considere que un objeto de masa m, es arrojado desde un avión en movimiento con velocidad horizontal v y que está a una altura h de la superficie terrestre. Considere que en el movimiento del objeto que cae no existe fricción del aire y que el nivel de referencia es la superficie terrestre. ¿Cuál es la energía mecánica del objeto al dejarlo caer?"

RA := "0"

RB := "mgh"

RC := " $(mv^2)/2$ "

RD := " $(mgh) + (mv^2)/2$ " -- RESP

Ind := 152

P := "Considere que un objeto de masa m, es arrojado desde un avión en movimiento con velocidad horizontal v y que está a una altura h de la superficie terrestre. Considere que en el movimiento del objeto que cae no existe fricción del aire y que el nivel de referencia es la superficie terrestre. ¿Cuál es la energía mecánica del objeto al momento de tocar el suelo?"

RA := "0"

RB := "mgh"

RC := " $(mv^2)/2$ "

RD := " $(mgh) + (mv^2)/2$ " -- RESP

Ind := 153

P := "Considera que un objeto de masa m, es arrojado desde un avión en movimiento con velocidad horizontal v y que está a una altura h de la superficie terrestre. Considere que en el movimiento del objeto que cae no existe fricción del aire y que el nivel de referencia es la superficie terrestre. ¿Cuál es la energía mecánica del objeto cuando ha caído una altura h/2?"

RA := "0"

RB := "mgh"

RC := " $(mv^2)/2$ "

RD := " $(mgh) + (mv^2)/2$ " -- RESP

Ind := 154

P := "Cuando un objeto está en reposo sobre la superficie terrestre ¿Cuál es el valor de su energía mecánica?"

RA := "0" -- RESP

RB := "mgh"

RC := " $(mv^2)/2$ "

RD := " $(mgh) + (mv^2)/2$ "

Ind := 155

P := "Una joven desea seleccionar una resbaladilla sin fricción que le permita alcanzar la mayor velocidad posible al llegar al final de ella. ¿Cuál de las resbaladillas debería elegir?"  
imagenA := "\resb1.bmp"  
imagenB := "\resb2.bmp"  
imagenC := "\resb3.bmp"  
imagenD := "\resb4.bmp" -- RESP

-- \*\*\*\*\* FRICCION \*\*\*\*\*  
-- Tema 7

Ind := 156  
P := "Un cuerpo se mueve hacia el Este, sobre una superficie con fricción. La dirección de la fuerza de fricción es hacia:"  
RA := "Norte"  
RB := "Sur"  
RC := "Este"  
RD := "Oeste" -- RESP

Ind := 157  
P := "Considera un objeto de masa m en reposo respecto a la superficie terrestre, sobre un plano inclinado de ángulo de inclinación teta (ver figura). Bajo estas condiciones, ¿existe fuerza de fricción?"  
RA := "Sí" -- RESP  
RB := "No"  
RC := "No sé"  
RD := "No se puede determinar"

Ind := 158  
P := "Considera un objeto de masa m en reposo respecto a la superficie terrestre, sobre un plano inclinado de ángulo de inclinación teta (ver figura). ¿Qué origina la fuerza de fricción?"  
RA := "La componente del peso en la dirección de la superficie terrestre y el coeficiente de fricción con la superficie"  
RB := "La componente del peso en la dirección de la superficie del plano inclinado y el coeficiente de fricción con la superficie" -- RESP  
RC := "Únicamente la componente del peso en la dirección de la superficie del plano"  
RD := "Únicamente la interacción con la superficie del plano inclinado"

Ind := 159  
P := "Considera un objeto de masa m en reposo respecto a la superficie terrestre, sobre un plano inclinado de ángulo de inclinación teta (ver figura). ¿Qué dirección tiene la fuerza de fricción?"  
RA := "Igual a la componente del peso en la dirección de la superficie terrestre"  
RB := "Contraria a la componente del peso en la dirección de la superficie terrestre"  
RC := "Igual a la componente del peso en la dirección de la superficie del plano inclinado"  
RD := "Contraria a la componente del peso en la dirección de la superficie del plano inclinado" -- RESP

Ind := 160  
P := "Suponga que un cuerpo se encuentra deslizando sobre un plano inclinado. ¿Existirá fricción en este movimiento?"  
RA := "No, porque el cuerpo se está deslizando"  
RB := "No, porque sino estaría el cuerpo en reposo"  
RC := "Sí, porque no se supone lo contrario" -- RESP  
RD := "No se puede determinar"

-- POTENCIA

Ind := 161

P := "En el sistema internacional, a la unidad de potencia se le llama "

RA := "Joule"  
RB := "Watt" -- RESP  
RC := "Pascal"  
RD := "Voltio"

Ind := 162

P := "Cuando has subido por las escalaras cargando algo ¿por qué terminas más cansado cuando haces el recorrido corriendo en unos pocos segundos que cuando lo haces caminando y en minutos?"

RA := "Porque realicé más trabajo"  
RB := "Porque fue mayor la potencia" -- RESP  
RC := "Porque voy cargando algo"  
RD := "No ocurre lo que se describe"

Ind := 163

P := "Se realiza un trabajo  $W$  sobre un objeto de masa  $m$ , durante un tiempo  $t$  y posteriormente, sobre el mismo objeto se realiza el mismo trabajo  $W$  durante un tiempo  $2t$ . ¿En qué caso se aplicó una mayor potencia?"

RA := "En el primer caso" -- RESP  
RB := "En el segundo caso"  
RC := "Es la misma potencia en ambos casos"  
RD := "No se puede determinar"

Ind := 164

P := "¿Qué concepto relaciona a fuerza, distancia y tiempo?"

RA := "Trabajo"  
RB := "Energía"  
RC := "Potencia" -- RESP  
RD := "Ninguno"

Ind := 165

P := "¿De qué depende el valor de la potencia?"

RA := "Depende del valor de la energía y el trabajo empleados"  
RB := "Depende del valor del trabajo y tiempo utilizados" -- RESP  
RC := "Depende sólo del valor de la energía empleada"  
RD := "Depende sólo del valor del trabajo realizado"

-- CENTRO DE MASA

Ind := 166

P := "¿Cómo definirías al centro de masa de un cuerpo?"

RA := "Es el punto que está en el centro de un cuerpo"  
RB := "Es el centro geométrico de un cuerpo"  
RC := "Es el punto donde se concentra la masa" -- RESP  
RD := "Es el punto donde se intersectan las mediatrices"

Ind := 167

P := "El centro de masa de un cuerpo está en:"

RA := "El centro geométrico del cuerpo"  
RB := "Dentro de la región del cuerpo"  
RC := "Fuera de la región del cuerpo"  
RD := "Depende de la forma del cuerpo" -- RESP

Ind := 168

P := "Considere el sistema Tierra-Luna. El centro de masa de este sistema se encontrará "

RA := "En el punto medio entre la Tierra y la Luna"  
RB := "En un punto más cercano a la Tierra" -- RESP  
RC := "En un punto más cercano a la Luna"

RD := "No se puede saber"

Ind := 169

P := "Considere un conjunto de objetos de masa  $m_1$ ,  $m_2$  y  $m_3$ , distribuidos en el espacio. El centro de masa del conjunto está en:"

RA := "El objeto de masa  $m_1$ "

RB := "El objeto de masa  $m_2$ "

RC := "El objeto de masa  $m_3$ "

RD := "No se puede determinar" -- RESP

Ind := 170

P := "Considere un sistema compuesto por dos pesas (A y B): una de 50 kg y otra de 100 kg, respectivamente, unidas por una varilla homogénea. El centro de masa del objeto se encontrará:"

RA := "En el punto medio entre A y B"

RB := "Más cerca del punto A"

RC := "Más cerca del punto B" -- RESP

RD := "No se puede determinar"

-- \*\*\*\*\* MOMENTO ANGULAR \*\*\*\*\*

-- Tema 8

-- MOMENTO ANGULAR

Ind := 171

P := "El momento angular de un objeto está relacionado con la capacidad del objeto para:"

RA := "Desplazarse"

RB := "Acelerarse"

RC := "Frenar"

RD := "Rotar" -- RESP

Ind := 172

P := "Si hay dos objetos rotando alrededor de un eje y ambos tienen la misma magnitud de su radio vector y velocidad. ¿Ambos objetos tienen la misma magnitud del momento angular?"

RA := "Sí"

RB := "No" -- RESP

RC := "No tienen momento angular"

RD := "No hay suficiente información"

Ind := 173

P := "Si hay dos objetos rotando alrededor de un eje y ambos tienen la misma magnitud de su radio vector y velocidad. ¿De qué dependería la diferencia (si existe) entre las magnitudes del momento angular para ambos objetos?"

RA := "De la fricción que tengan con el aire"

RB := "De la masa que tengan ambos objetos"

RC := "Del ángulo que tienen entre sí la velocidad y el radio vector" -- RESP

RD := "No existe diferencia entre las magnitudes de los momentos angulares"

-- TORCA

Ind := 176

P := "El concepto de torca está asociado con:"

RA := "La velocidad que tiene un objeto"

RB := "La fuerza que se aplica a un objeto"

RC := "La capacidad para hacer rotar un objeto respecto a un eje" -- RESP

RD := "El ángulo con el que rota un objeto"

Ind := 177

P := "La torca es un vector que tiene su dirección "

RA := "Perpendicular a la fuerza que se aplica"  
RB := "Tangencial al radio vector"  
RC := "Paralelo al plano de la fuerza y el radio vector"  
RD := "Perpendicular al plano de la fuerza y el radio vector" -- RESP

Ind := 178

P := "¿Cómo es el valor de la torca si la dirección de aplicación de la fuerza es igual a la dirección del radio vector?"  
RA := "Mayor que cero"  
RB := "Menor que cero"  
RC := "Igual a cero" -- RESP  
RD := "No se puede determinar"

Ind := 179

P := "¿Cuándo será máxima la magnitud de la torca aplicada a un objeto?"  
RA := "Cuando la dirección de la fuerza y el radio vector sean iguales"  
RB := "Cuando la dirección de la fuerza y el radio vector sean perpendiculares" -- RESP  
RC := "Cuando la dirección de la fuerza y el radio vector sea de  $0^\circ$ "  
RD := "Depende de las características del objeto"

#### -- CONSERVACION DEL MOMENTO ANGULAR

Ind := 181

P := "Considere el movimiento de la Tierra alrededor del Sol. La ley de conservación del momento angular para este movimiento implica que:"  
RA := "La Tierra tendrá la misma velocidad tangencial durante toda su traslación"  
RB := "La Tierra tendrá una mayor velocidad tangencial cuando esté cerca del Sol" -- RESP  
RC := "La Tierra no se saldrá de su órbita elíptica alrededor del Sol"  
RD := "No se considera la ley de conservación del momento angular en este caso"

Ind := 182

P := "Considere un planeta moviéndose a una distancia  $2r$ , donde  $r$  es el radio medio de la órbita de la Tierra alrededor del Sol. Si este planeta tuviera el mismo momento angular de la Tierra, ¿qué podríamos concluir respecto a su velocidad?"  
RA := "Es igual a la de la Tierra"  
RB := "Es menor a la de la Tierra" -- RESP  
RC := "Es mayor a la de la Tierra"  
RD := "No se puede concluir nada"

Ind := 183

P := "Considere un planeta moviéndose a una distancia  $r/2$ , donde  $r$  es el radio medio de la órbita de la Tierra alrededor del Sol. Si este planeta tuviera el mismo momento angular de la Tierra, ¿qué podríamos concluir respecto a su velocidad?"  
RA := "Es igual a la de la Tierra"  
RB := "Es menor a la de la Tierra"  
RC := "Es mayor a la de la Tierra" -- RESP  
RD := "No se puede concluir nada"

Ind := 184

P := "Si te pones a girar sobre unos patines con los brazos abiertos, ¿qué ocurrirá si repentinamente alineas tus brazos con tu cuerpo?"  
RA := "Dejaré de girar"  
RB := "Giraré más rápido" -- RESP  
RC := "Me caeré"  
RD := "No pasará nada"

-- \*\*\*\*\* MOVIMIENTO ARMONICO SIMPLE \*\*\*\*\*

-- Tema 9

-- OSCILADOR ARMONICO SIMPLE

Ind := 186

P := "¿Qué función puede describir la posición de un oscilador armónico simple en función del tiempo?"

RA := "La función de identidad"

RB := "Una función cuadrática"

RC := "Una función senoidal"

RD := "Una función senoidal o cosenoidal" -- RESP

Ind := 187

P := "En un oscilador armónico simple, al desplazamiento máximo a partir de un origen dado se conoce como:"

RA := "Frecuencia"

RB := "Amplitud" -- RESP

RC := "Período"

RD := "Distancia"

Ind := 188

P := "Al número de oscilaciones completas por unidad de tiempo, en un oscilador armónico simple se conoce como:"

RA := "Frecuencia" -- RESP

RB := "Amplitud"

RC := "Período"

RD := "Distancia"

Ind := 189

P := "¿Qué clase de movimiento debe impartirse a la punta de una manguera de jardín para que el chorro de agua resultante se aproxime a una curva senoidal?"

RA := "Un movimiento acelerado"

RB := "Un movimiento circular"

RC := "Un movimiento armónico simple" -- RESP

RD := "Un movimiento rotatorio"

-- \*\*\*\*\* PENDULO \*\*\*\*\*

-- Tema 10

Ind := 191

P := "Una esfera de madera y una esfera de acero, del mismo tamaño, se suspenden de cuerdas de la misma longitud. Se les separa un ángulo pequeño de su posición de equilibrio. El período de las esferas es: " --

AGREGAR DIAGRAMA

RA := "Es mayor para la esfera de acero"

RB := "Es mayor para la esfera de madera"

RC := "Son iguales" -- RESP

RD := "No se puede saber"

Ind = 192

P := "Se tiene un péndulo de longitud L. ¿qué le sucede a su frecuencia si se acorta su longitud?"

RA := "Aumenta" -- RESP

RB := "Disminuye"

RC := "Permanece igual"

RD := "No se puede determinar"

Ind = 193

P := "Se tiene un péndulo de longitud L, ¿qué le sucede a su período si se acorta su longitud?"

RA := "Aumenta"

RB := "Disminuye" -- RESP

RC := "Permanece igual"

RD := "No se puede determinar"

Ind := 194

P := "Si a un reloj de péndulo que es exacto al nivel del mar se le coloca en lo alto de una montaña, ¿qué le ocurrirá?"

RA := "Se atrasará" -- RESP

RB := "Se adelantará"

RC := "Se detendrá"

RD := "Nada ocurrirá"

Ind := 195

P := "Ana y María se balancean una al lado de la otra sobre dos columpios idénticos. María, la más joven, es la más ligera. Sus padres las sueltan a la vez, sin impulso y a partir de sus posiciones iniciales idénticas. Sin considerar la fricción, ¿cuál de las dos niñas vuelve antes a su posición de partida?"

RA := "Ana"

RB := "María"

RC := "Regresan igual" -- RESP

RD := "Falta información"

Ind := 0

P := "Al moverse un péndulo, ¿cuántas fuerzas actúan sobre él?"

RA := "0"

RB := "1"

RC := "2" -- RESP

RD := "3"

-- RESORTE - MASA

Ind := 196

P := "Un objeto de masa M está colocado en el extremo de un resorte horizontal. Se estira el resorte una distancia X y se suelta (considere que no hay fricción). La velocidad del resorte en la posición -X es:"

RA := "Igual que en X" -- RESP

RB := "Menor que en X"

RC := "Mayor que en X"

RD := "No se puede determinar"

Ind := 197

P := "Un objeto de masa M está colocado en el extremo de un resorte horizontal, cuya constante es k. Se estira el resorte una distancia X y se suelta (considere que no hay fricción). La velocidad del resorte en la posición 0 es."

RA := " $v = X(k/m)^{1/2}$ " -- RESP

RB := " $v = 0$ "

RC := " $v = k/mX^2$ "

RD := "No se puede determinar"

Ind = 198

P := "Considera dos resortes de constante k idéntica. A cada resorte se le acopla una masa idéntica m. Si la fuerza que se aplica es la misma en ambos casos, ¿Cómo es la frecuencia de oscilación?"

RA := "Igual" -- RESP

RB := "Diferente"

RC := "0"

RD := "No se puede determinar"

Ind := 199

P := "Considera dos resortes de constante k idéntica. A cada resorte se le acopla una masa. m y 2m, respectivamente. Al aplicarles la misma fuerza, ¿cómo es la frecuencia?"

RA := "Menor para la masa m"

RB := "Menor para la masa 2m" -- RESP

RD := "No se puede determinar"

Ind := 200

P := "Se comprime un resorte, al que se ha acoplado una masa m, una distancia x. La constante del resorte es k. ¿Qué velocidad tendrá el resorte, después de soltarlo, al pasar por el punto de equilibrio?"

RA := " $v = xk/m$ "

RB := " $v = 1/2 xmk$ "

RC := " $v = x(k/m)^{1/2}$ " -- RESP

RD := "No se puede determinar"

Ind := 201

P := "Se comprime un resorte, al que se ha acoplado una masa m, una distancia x. La constante del resorte es k. ¿Qué velocidad tendrá el resorte, después de soltarlo, al llegar al extremo opuesto al que fue comprimido?"

RA := " $v = 0$ " -- RESP

RB := " $v = 1/2 xmk$ "

RC := " $v = x(k/m)^{1/2}$ "

RD := "No se puede determinar"

-- \*\*\*\*\* GRAVITACION \*\*\*\*\*

-- Tema 11

-- LEYES DE KEPLER

Ind := 211

P := "¿Qué establece la primera ley de Kepler con respecto a las órbitas alrededor del Sol?"

RA := "La forma elíptica de las órbitas" -- RESP

RB := "La forma circular de las órbitas"

RC := "El tamaño de las órbitas"

RD := "El número de órbitas"

Ind := 212

P := "¿Qué se puede concluir de la segunda ley de Kepler con respecto a la velocidad de un planeta, cuando éste se encuentra más alejado del Sol?"

RA := "Que su velocidad es mayor respecto a cualquier otro punto de la órbita"

RB := "Que su velocidad es menor respecto a cualquier otro punto de la órbita" -- RESP

RC := "Que su velocidad es igual respecto a cualquier otro punto de la órbita"

RD := "No se puede concluir nada acerca de su velocidad"

Ind = 213

P := "De la tercera ley de kepler se puede concluir que el periodo de Júpiter respecto a Marte es:"

RA := "Igual"

RB := "Mayor" -- RESP

RC := "Menor"

RD := "No tiene relación"

Ind = 214

P = "Considera el supuesto de que un satélite artificial se mueve en una órbita circular alrededor de la Tierra. ¿Qué principios se cumplen para él?"

RA := "Leyes de Newton"

RB := "Principio de Bernoulli"

RC := "Leyes de Kepler" -- RESP

RD := "Principio de Torricelli"

Ind := 215  
P := "¿Se cumplen las leyes de Kepler en el caso de una órbita circular?"  
RA := "No, porque es para órbitas elípticas"  
RB := "No, porque no hay órbitas circulares"  
RC := "Depende, hace falta información"  
RD := "Sí, porque el círculo es caso especial de la elipse" -- RESP

-- GRAVITACION

Ind := 216  
P := "La aceleración de la gravedad en la superficie terrestre es  $9.8 \text{ m/s}^2$ . ¿Qué valor tendrá esta aceleración a una distancia de  $2R$ , donde  $R$  es el radio terrestre?"  
RA := " $9.8 \text{ m/s}^2$ "  
RB := " $9.8/2 \text{ m/s}^2$ "  
RC := " $9.8/4 \text{ m/s}^2$ " -- RESP  
RD := " $9.8/6 \text{ m/s}^2$ "

Ind := 217  
P := "Un objeto de masa  $10 \text{ kg}$  se encuentra sobre la superficie terrestre. ¿Con qué fuerza es atraído este objeto por la Tierra?"  
RA := " $F = 98.0 \text{ Newtons}$ " -- RESP  
RB := " $F = 9.80 \text{ Newtons}$ "  
RC := " $F = 0.98 \text{ Newtons}$ "  
RD := "No se puede determinar"

Ind := 218  
P := "La Luna tiene masa  $m$  y radio  $r$ . Con estos datos, ¿cuál es la expresión para calcular la aceleración de la gravedad lunar?"  
RA := " $g(\text{lunar}) = G/mr^2$ , donde  $G$  es la constante de gravitación universal"  
RB := " $g(\text{lunar}) = Gm/r^2$ , donde  $G$  es la constante de gravitación universal" -- RESP  
RC := " $g(\text{lunar}) = Gmr^2$ , donde  $G$  es la constante de gravitación universal"  
RD := " $g(\text{lunar}) = Gm/2r$ , donde  $G$  es la constante de gravitación universal"

Ind := 219  
P := "¿Con qué fuerza sería atraído un objeto de masa  $M$  sobre la superficie lunar?"  
RA := " $Mg(\text{lunar}) = GM/mr^2$ , donde  $G$  es la constante de gravitación universal"  
RB := " $Mg(\text{lunar}) = GMm/r^2$ , donde  $G$  es la constante de gravitación universal" -- RESP  
RC := " $Mg(\text{lunar}) = GMmr^2$ , donde  $G$  es la constante de gravitación universal"  
RD := " $Mg(\text{lunar}) = GMm/2r$ , donde  $G$  es la constante de gravitación universal"

-- \*\*\*\*\* RELATIVIDAD ESPACIAL \*\*\*\*\*

-- Tema 12

-- RELATIVIDAD GALILEANA

Ind = 221  
P := "¿Qué es un sistema inercial de referencia?"  
RA := "Es un sistema que se mueve con velocidad constante (caso especial: en reposo), respecto a otro sistema que se mueve con velocidad constante" -- RESP  
RB := "Es un sistema de referencia en el que la inercia de los cuerpos es siempre constante"  
RC := "Es un simple sistema de referencia que se establece arbitrariamente"  
RD := "Es un sistema en donde la inercia se establece como punto de referencia"

Ind - 222

P := "Considere una plataforma de ferrocarril moviéndose hacia el norte con velocidad  $V$ , respecto a la estación del tren. Encima de la plataforma se encuentra una persona moviéndose hacia el sur con velocidad  $v$ , respecto a la misma plataforma. ¿Cuál es la magnitud de la velocidad de la persona respecto a la estación?"

RA := "0"

RB := " $v$ "

RC := " $V$ "

RD := " $V-v$ " -- RESP

Ind := 223

P := "Considere una plataforma de ferrocarril moviéndose hacia el norte con velocidad  $V$ , respecto a la estación del tren. Encima de la plataforma se encuentra una persona moviéndose hacia el norte con velocidad  $v$ , respecto a la misma plataforma. ¿Cuál es la magnitud de la velocidad de la persona respecto a la estación?"

RA := "0"

RB := " $v$ "

RC := " $V+v$ " -- RESP

RD := " $V-v$ "

Ind := 224

P := "Considera que estás viajando en autobús sobre una recta con velocidad de 100 km/h. En dirección contraria viene otro autobús con la misma velocidad. ¿Cuál será tu velocidad relativa?"

RA := "0 km/h"

RB := "100 km/h"

RC := "200 km/h" -- RESP

RD := "Falta información"

Ind := 225

P := "Considera que dos observadores  $O$  y  $O'$  se encuentran en movimiento relativo de traslación uniforme. Ambos observan otro movimiento que cambia su velocidad con el tiempo. Ambos miden esa aceleración. ¿Qué resultado obtendrá cada observador como resultado de dicha medición?"

RA := "Igual para ambos observadores" -- RESP

RB := "Menor para el observador  $O$ "

RC := "Menor para el observador  $O'$ "

RD := "No se puede determinar"

#### -- TRANSFORMACIONES DE LORENTZ

Ind := 226

P := "Supón que viajas en una nave espacial con velocidad  $v$  y de pronto ves venir hacia ti un rayo de luz con velocidad  $c$ . ¿Cuál será la velocidad relativa entre el rayo de luz y tú?"

RA := "0"

RB := " $v$ "

RC := " $c$ " -- RESP

RD := " $vc$ "

Ind := 227

P := "Supón que viajas en una nave espacial con velocidad  $v$  y de pronto ves alejarse de ti un rayo de luz con velocidad  $c$ . ¿Cuál será la velocidad relativa entre el rayo de luz y tú?"

RA := "0"

RB := " $v$ "

RC := " $c$ " -- RESP

RD := " $vc$ "

Ind := 228

P := "Supón que viajas en una nave espacial con velocidad  $v$  y de pronto ves que un rayo de luz viaja perpendicularmente a ti con velocidad  $c$ . ¿Cuál será la velocidad relativa entre el rayo de luz y tú?"

RA := "0"

RB := " $v$ "

RC := "c" -- RESP  
RD := "vc"

Ind := 229

P := "Considera que viajas en una nave con velocidad  $0.75c$  ( $c$  es la velocidad de la luz). De pronto ves venir una nave en dirección opuesta moviéndose con una velocidad  $0.5c$ , respecto a un sistema inercial de referencia. La velocidad relativa que mides para la nave que se acerca es:"

RA := "Igual a  $c$ "  
RB := "Menor que  $c$ " -- RESP  
RC := "Mayor que  $c$ "  
RD := "No se puede determinar"

Ind := 230

P := "Considera que viajas en una nave con velocidad  $0.75c$  ( $c$  es la velocidad de la luz). De pronto ves alejarse a una nave en tu misma dirección moviéndose con una velocidad  $0.5c$ , respecto a un sistema inercial de referencia. La velocidad relativa que mides para la nave que se aleja es:"

RA := "Igual a  $c$ "  
RB := "Menor que  $c$ " -- RESP  
RC := "Mayor que  $c$ "  
RD := "No se puede determinar"

-- RELATIVIDAD ESPECIAL

Ind := 231

P := "La suposición fundamental para establecer la relatividad especial es que:"

RA := "La velocidad de la luz es diferente para diferentes observadores"  
RB := "Los sistemas de referencia inerciales no existen"  
RC := "Para sentir efectos relativistas los objetos se tienen que mover a grandes velocidades"  
RD := "Los objetos se mueven con velocidad constante y con altas velocidades" -- RESP

Ind := 232

P := "La paradoja de los gemelos no tiene solución dentro de la teoría de la relatividad especial. Para solucionarla, que consideración se tiene que realizar?"

RA := "Que uno de los gemelos debe estar en movimiento"  
RB := "Que el tiempo en la Tierra transcurre más rápido"  
RC := "Que uno de los gemelos esta sujeto a aceleraciones" -- RESP  
RD := "Los relojes tienen funcionamiento distinto en el exterior"

Ind := 233

P := "Supongamos que viajas a una velocidad cercana a la de la luz a una estrella y regresas a la Tierra después de 10 años medidos por tu reloj en la nave. El tiempo transcurrido en la Tierra será:"

RA := "Igual a 10 años"  
RB := "Menor a 10 años"  
RC := "Mayor a 10 años" -- RESP  
RD := "No se puede saber"

Ind := 234

P := "Supongamos que viajas a una velocidad cercana a la de la luz a una estrella. Si la nave mide una longitud  $L$  cuando está en reposo respecto a la superficie terrestre, al estar en movimiento, ¿qué longitud tendrá de la nave un observador en la Tierra?:"

RA := "Igual a  $L$ "  
RB := "Menor a  $L$ " -- RESP  
RC := "Mayor a  $L$ "  
RD := "No se puede saber"

Ind := 235

P := "Supongamos que viajas a una velocidad cercana a la de la luz a una estrella y regresas a la Tierra después de 10 años medidos por tu reloj en la nave. ¿Cómo será la masa en movimiento ( $M_v$ ), respecto a la masa en reposo ( $M_o$ )?"

RA := " $M_v = M_o$ "

RB := " $M_v < M_o$ "

RC := " $M_v > M_o$ " -- RESP

RD := "No se puede saber"

-- \*\*\*\*\* SIMULTANEIDAD \*\*\*\*\*

-- Tema 13

Ind := 236

P := "¿En donde se manifiestan procesos simultáneos en nuestro universo?"

RA := "En el movimiento de los planetas"

RB := "En el proceso de combustión"

RC := "En el nacimiento de una estrella"

RD := "En ninguna parte del universo" -- RESP

Ind := 237

P := "¿Qué condición se necesitaría para que pudieran existir procesos simultáneos?"

RA := "Que las interacciones se propagaran con velocidad infinita" -- RESP

RB := "Que nuestro tiempo de reacción se reduzca a cero"

RC := "Que sincronizemos perfectamente bien nuestros relojes"

RD := "Que podamos medir con exactitud el tiempo"

Ind := 238

P := "De acuerdo a las leyes de la física aceptadas hasta ahora, ¿cuál es la máxima velocidad a la que se propagan las interacciones en nuestro universo?"

RA := "La velocidad del sonido multiplicada por la velocidad de la luz"

RB := "La velocidad a la que se expande el universo"

RC := "La velocidad de la luz" -- RESP

RD := "La velocidad a la que desintegra un núcleo atómico"

Ind := 239

P := "Si el Sol desapareciera en estos momentos, ¿qué tiempo pasaría para que nos dejara de llegar su luz?"

RA := "Inmediatamente"

RB := "Aproximadamente 8 min." -- RESP

RC := "1 día"

RD := "1 año"

## **ANEXO 3**

# **LINEAMIENTOS PARA REACTIVOS**

## **LINEAMIENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE REACTIVOS DE OPCIÓN MÚLTIPLE**

1. La base debe presentar un problema definido de tal manera que sin leer las opciones tenga sentido propio.
2. Todo reactivo debe consistir en una afirmación o una idea, no en una simple palabra.
3. Debe existir correspondencia gramatical entre lo expresado por la base y lo expresado por cada una de las opciones, excepto cuando se pregunta precisamente por la correspondencia gramatical.
4. Se debe evitar la repetición de palabras en las opciones; la base se debe redactar de tal manera que incluya las palabras que se repitan en cada opción.
5. Se debe evitar formular la base del reactivo en una forma negativa.
6. Sólo una de las opciones debe ser la respuesta correcta.
7. La respuesta correcta debe resolver completamente el problema.
8. Se debe evitar la inclusión de opciones absurdas o claramente ajenas al problema, ya que aumenta las posibilidades de respuesta correcta por azar o eliminación, mas no por conocimientos.
9. Las opciones deben guardar entre sí un equilibrio coherente en cuanto a su longitud.
10. Cuando en las opciones se utilicen cifras numéricas, éstas deben ordenarse en forma ascendente o descendente, de acuerdo con su valor.
11. Las cifras deben alinearse con referencia al punto decimal, ya sea que esté implícito o explícito, excepto cuando se trate de expresiones algebraicas.
12. No se deben usar opciones sinónimas (que se expresen en lenguaje diferente, pero tienen el mismo significado).
13. No hay que utilizar, a manera de opciones, frases como: “todas estas”, “ninguna de estas”, “todas las anteriores”, “ninguna de las anteriores”, o “no lo dice el texto”.
14. La respuesta correcta se debe ubicar en un porcentaje de veces aproximadamente igual en cada una de las opciones o al azar, excepto en el caso de respuestas numéricas.
15. Se debe evitar incluir reactivos interdependientes.
16. Se debe tener cuidado de que un reactivo no preste ayuda o dé la solución a otros.

17. Cuando se utilice una declaración negativa en alguna opción es necesario incluir, por lo menos, otra opción con declaración negativa.

## LISTA DE VERIFICACION PARA LOS REACTIVOS

1. ¿La pregunta examina aprendizajes que no pueden evaluarse con otro reactivo?
2. ¿Se utilizó lenguaje claro y sencillo?
3. ¿Se encuentra incluido en la base del reactivo, el problema inicial?
4. ¿Se quitaron palabras innecesarias en la base del reactivo?
5. ¿Se relacionan gramaticalmente todas las opciones con la base del reactivo?
6. ¿Se evitó incluir en cada opción, palabras o frases claves?
7. ¿Se colocaron las opciones al final de la base?
8. ¿Se ordenaron las respuestas en alguna forma sistemática, como por orden alfabético o de unidad?
9. ¿Son plausibles todos los distractores?
10. ¿Se relaciona el número de distractores con: el nivel de edad de los alumnos, con la materia examinada, con el tiempo disponible para administrar la prueba?
11. ¿Se evitaron todas las posibles pautas irrelevantes (gramaticales, de asociación verbal directa, las relacionadas con la longitud de la respuestas correcta?

## **ANEXO 4**

# **TRABAJOS PRESENTADOS EN CONGRESOS**

**ARTICULOS PRESENTADOS EN  
CONGRESOS, RESULTADO DE ESTE  
TRABAJO**

## Evento: XLII Congreso Nacional de Física, 1999

### **Sistema de evaluación inteligente para un tutorial de física**

*E.A. Martínez Mirón<sup>1</sup>, R. Juárez Garduño<sup>2</sup>, F. Gamboa Rodríguez<sup>2</sup>, J.L. Pérez Silva<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, UNAM

<sup>2</sup>Centro de Instrumentos, UNAM

[estmmed, gfer]@aleph.cinstrum.unam.mx

#### **Resumen**

La computadora es una herramienta que ha tenido un gran impacto en muchas áreas. En la educación su empleo ha sido principalmente para el desarrollo de programas que sirven como apoyo para el profesor. En el presente trabajo se reporta el desarrollo de un sistema de evaluación inteligente para un tutorial de física, cuyo objetivo principal es construir una herramienta didáctica que mejore y fortalezca las herramientas ya existentes. Mediante el uso de un sistema experto se realiza una evaluación personalizada, esto es, se inicia con un conjunto estándar de preguntas y dependiendo de las respuestas que el usuario proporcione, se procede a emitir otro conjunto de preguntas que permiten detectar con mayor aproximación las deficiencias presentadas. Una vez detectados los puntos débiles, se devuelve la lista de temas al tutor multimedia que selecciona y organiza la presentación del tutorial de acuerdo a esta lista.

## Evento: SOMI Congreso de Instrumentación 1999

### **Evaluación inteligente para un sistema tutorial de Física**

*E. A. Martínez Mirón\*, R. Juárez Garduño, F. Gamboa Rodríguez,*

*J. L. Pérez Silva, N. Kémper Valverde*

\* Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Sistemas, UNAM

Centro de Instrumentos, UNAM

#### **Resumen**

Antes de que las computadoras entrarán al campo de la educación, existían otras técnicas de instrucción (ej. la programada, la televisión educativa y los programas tutoriales de audio, etc.) Sin embargo, estos enfoques no cumplían con las expectativas acerca de los beneficios positivos y duraderos que traerían a la enseñanza. Con la llegada de las computadoras, con mayor flexibilidad y capacidad de interacción, este panorama cambió, surgiendo los programas de Enseñanza Asistida por Computadora (EAC). De hecho, los programas EAC, mejoraron sustancialmente la efectividad de la enseñanza a distancia; no obstante, su rendimiento debe aún ser mejorado

En este artículo se presenta un Sistema de Evaluación Inteligente para un Sistema Tutorial de Física y la metodología empleada en su desarrollo. Consiste de un sistema experto

integrado a un sistema multimedia que contiene los elementos teóricos y prácticos de un curso de física de nivel medio superior.

Entre los aspectos innovadores con que cuenta dicho sistema están: identificación de puntos débiles en el aprendizaje del alumno a partir de la evaluación de los conceptos más generales hasta los más particulares; establecimiento de un orden, personalizado e idóneo, para la revisión de aquellos temas donde se identificaron problemas; establecimiento de lineamientos para la generación de un nuevo tipo de evaluación: la evaluación por juego.

Dado que el sistema de evaluación es independiente del sistema multimedia, fue necesario especificar una metodología de desarrollo que garantizara la implementación coordinada de ambas aplicaciones. Además se elaboró un protocolo de comunicación que les permitiera intercambiar información. Ambos, la especificación y elaboración de dicha metodología, así como el protocolo de comunicación, son detallados en este trabajo.

Cabe mencionar que un gran énfasis fue puesto en la organización del sistema final, en la presentación y en la adquisición de la información. Lo anterior debido a que creemos que el fracaso de muchos de los sistemas de apoyo a la enseñanza radica en la dificultad que implica su uso. Así, la metodología de concepción considera pruebas cíclicas con usuarios finales, de modo a garantizar una interfaz de calidad.

En la presente versión, el sistema considera únicamente el capítulo de Mecánica. La parte final muestra los resultados obtenidos, además de los alcances y los límites del sistema propuesto, así como los trabajos futuros.

## **Evento: Congreso IMDE 2001**

### **An expert system to detect weak points in the learning of physics**

*Martínez, E.A.\*, Gamboa, F., Juárez, R., Pérez, J.L., Kémper N.*

*\* Research Institute in Applied Mathematics and Systems, UNAM*

*Center for Instrumentation Research, UNAM*

*[estmmed; gfer]@aleph.cinstrum.unam mx*

#### **Abstract**

This paper describes the implementation of an intelligent evaluation module for a Physics Tutorial System, used in a Mexican high school. The goal of the system is to help students to evaluate their own advances with a tool that detects their weak points, and based on the evaluation, guides them through the material that will improve their understanding of physics. We describe the particularities of the system: the use of conceptual questions instead of the numerical problems normally employed in classroom, the context on which the tutorial system is used; the way the evaluations are performed; etc. The knowledge base was obtained through interviews with experts in the area, and its implementation was achieved with an expert system shell and a multimedia package. Finally we present the obtained results, limits of the approach, and future works.

## 1. Introduction

The production of computer educational tools has been increased because of the facilities that this device offers. In a first moment, only components as graphics, simulations, and games were considered in the development of educational software. Nowadays, and after some failures reported in literature (Beichner, 1990; Bennett, 1996; diSessa, Hoyles, & Noss, 1995; Duffy, Lowyck, & Jonassen, 1992), people is attending other factors as new pedagogic strategies, a better user interface design, and a better analyze of the interactive tools integrated in the educational software (e.g. we have learned that tools that over-automate an experiment, are not useful in education, Bork, 1975).

Packages with this characteristics are the *Intelligent Tutoring Systems (ITS)* or *Intelligent Computer-Assisted instruction systems (ICAIS)*, which are approaches to develop training/education platforms that are more powerful and adaptive to the necessities of each person (A. Bork, 1980).

The Intelligent Tutoring System presented in this paper is an extension to a previous work realized at Center for Instrumentation Research in the National Autonomous University of Mexico (UNAM), called the "Physics Hypertext" (Pérez, Miranda, Garcés, & Lara, 1998). The "Physics Hypertext" contains the curricula of a high-school physics course, divided in ten main subjects: 1) Mechanics and Fluids; 2) Waves; 3) Thermodynamics; 4) Optics; 5) Electricity; 6) Magnetism; 7) Modern Physics; 8) Electronics; 9) Technology; and 10) The experimental method. The information contained in each of these subjects is organized in five categories: theory, advanced theory, biographies, historical documents, and experiences.

The Physics Hypertext has been created as a Windows 3.1 help file. Despite the limitations of the Windows 3.1 help compiler, several kinds of media were integrated: photographs, images, videos, virtual representations, simulations, graphs, etc. Two important aspects, not always considered by other approaches, were also included: 1) philosophical notes that explain the sense of the studied concepts in their particular historic context, and how they have evolved until nowadays; and 2) how do physical concepts are linked with the everyday world, mainly through the technology chapter.

Reports from students having used the Hypertext during the last year show a great enthusiasm, qualifying it as a great complementary material. Encouraged by this response, we decided to continue this work, introducing a tool that allows them to evaluate their own progress. In this paper we present the development of this evaluation module, its characteristics, as well as the final structure of the system.

## 2. General description of the Physics Intelligent Tutoring System

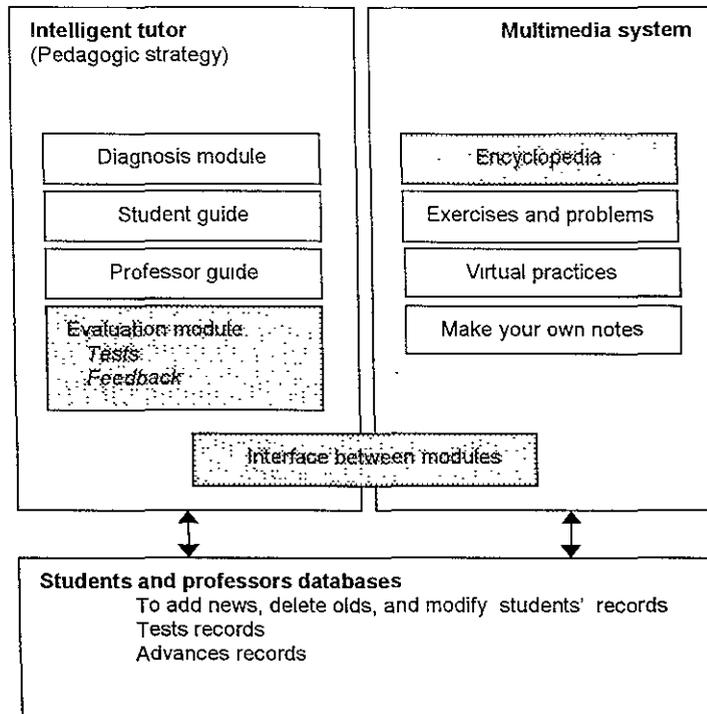
The Multimedia workgroup at the Center for Instrumentation Research is developing a Physics Intelligent Tutorial System for high school level. The main goal of this didactic tool is to stimulate the students participation and reflection, allowing them to construct their own knowledge, rather than converting them into passive observers. In the *Figure 1* are shown the components of the system, grouped by functions: 1) Intelligent tutor, which deals with the diagnosis, evaluation and guidance of the students through their learning; 2) Multimedia system, entrusted with the user interaction and the presentation of information; and 3) students and professors databases, which save the students' records of advances and notes.

This structure offers the following advantages: a) although some coordination is necessary, the development of each component can be made rather independently from the others; b) it allows the integration of artificial intelligence techniques; c) it is possible to develop each block with the best suitable tools and methodologies; d) the development group has intrinsically a multidisciplinary character. In this paper we present the modules: *Encyclopedia*, *Evaluation* and *Interface between models*; they are detailed in the following sections

### 2.1 The Encyclopedic module

This module contains the theoretical material that includes topics as Mechanics, Optics, Sound, Thermodynamics and Fluids (Pérez et al., 1998) Actually, it was the first module of the project to be developed so it is the basis for the rest of the system. The function of this module is to serve as theoretical support in the student's learning, introducing and explaining the concepts, as well as the analytical tools. This

material was collected and wrote by Mexican high school teachers, mainly inspired from their own notes and their experience in classroom, but also from other sources as books, specialized magazines, and the internet.



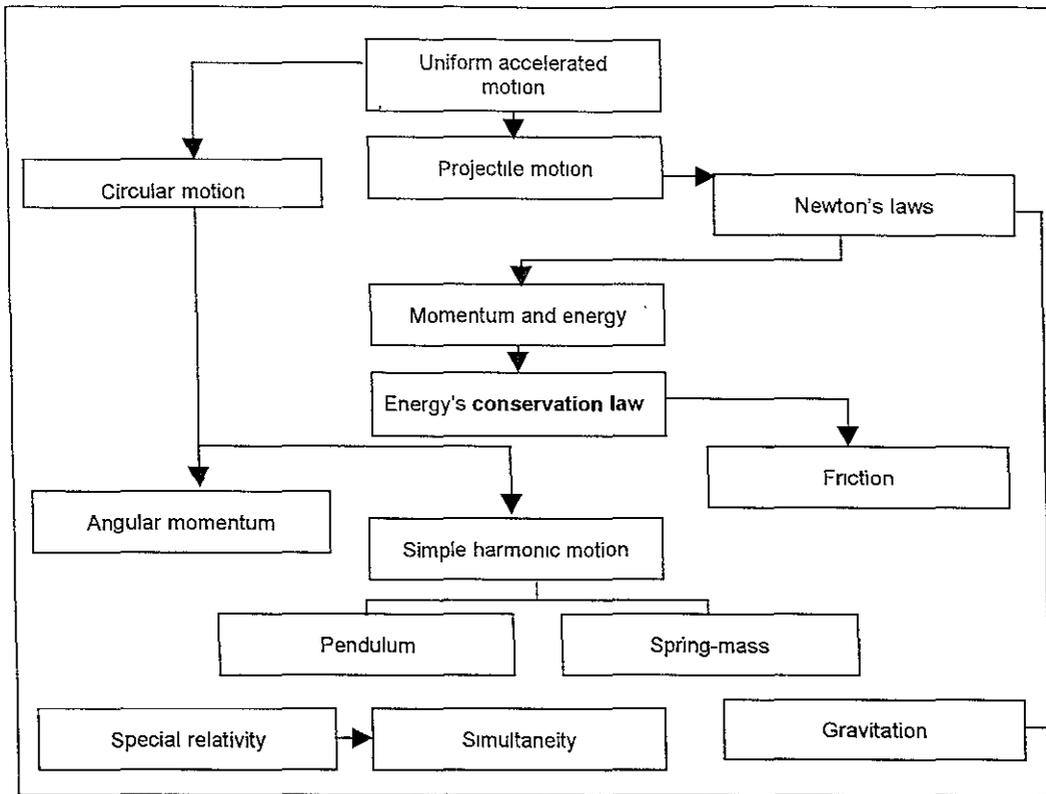
**Figure 1.** Diagram with the main components of the Physics Intelligent Tutorial System.

As this module enclosed in itself the experience of the professors, it became the major source of information during the development of the expert system. From it, we analyzed the information and understood the organization of the different topics, the order in which they are reviewed, and the concepts enclosed in each one of them (see table 1).

**Table 1.-** Organization of concepts, and the order in which they are reviewed.

Topics	Concepts
<i>Accelerated uniform motion</i>	Motion, velocity, inclined plane, accelerated uniform movement, free fall, and Galileo's principle.
<i>Projectile motion</i>	Distance in X, distance in Y, vertical velocity, combination of two motions, and maximum height and distance.
<i>Circular motion</i>	Circular motion, period, frequency, angular velocity, angular acceleration, centripetal acceleration, and momentum of inertia
<i>Newton's laws</i>	Newton's first law, Newton's second law, momentum (linear impetus), and Newton's third law
<i>Energy and conservation of energy</i>	Energy, potential energy, kinetics energy, kinetics energy of rotation, and law of conservation of energy
<i>Friction</i>	Friction, power, and center of mass
<i>Angular momentum</i>	Angular momentum, torque, and conservation of momentum
<i>Harmonic simple movement</i>	Harmonic simple oscillator, pendulum, spring-mass
<i>Gravitation</i>	Kepler's laws
<i>Special relativity</i>	Galileo's relativity, Lorentz's transformation, special relativity
<i>Simultaneity</i>	

With this information, the performed analysis allowed us to generate a semantic network with the relations among the different topics, as well as between the concepts embedded in each one of them (see Figure 3 for the network corresponding to the Mechanics topic). This material was then checked, corrected and validated by experts (the physics professors), and finally implemented in the expert system.



**Figure 2.** Connections among the Mechanics topics included in the encyclopedic module

The detailed structure and the algorithm used in the expert system is presented in the following section.

## 2.2 Evaluation module

Evaluation is a process where the main objective is to obtain information that allows to regulate the learning-teaching process, adjust it, and improve it. In that way, the information obtained from this process allows to identify:

- a) the domain that students have of the background and other previous knowledge necessary for the accurate understanding of a particular exposed concept;
- b) the scope that students have achieved during the course,
- c) the efficiency of the used strategy, and;
- d) the learning reached by each student at the end of a complete learning phase.

This information permits to take decisions about:

- 1) the adjustments needed for the strategy,
- 2) the planning of subsequent courses;
- 3) identify the measures that might solve or decrease the detected lacks.
- 4) how to make the student conscious about his/her advance, and
- 5) to decide about either give the accreditation to the student or not

Before introducing the main aspects of the evaluation module, it is necessary to establish a convention for the pedagogical community, the word "evaluation" embrace the assessment of the teaching-learning process, the involved materials, the used methods and even the role of the professor. For us, this term will be used in the sense of a test that only judges the results achieved by the student, this is to say, an instrument to collect information. In that way, the created instrument could be used by the intelligent tutor in order to obtain the information that allows it to assess the teaching-learning process.

In the next section are described some aspects that were considered during the development of this module.

### 2.2.1 Considerations of the evaluation

The traditional way give a course is where the professor acts as a "Story teller" and the students as listeners (Laurillard, 1994). In this case, the students are evaluated by their capacity to learn by heart a set of definitions; to remember how do similar problems are solved in class; to learn formulas and finally by their ability to replace the variables by values. Nevertheless, many authors consider that this strategy does not represents with precision the students' learning, and inquiry about their understanding of the concepts.

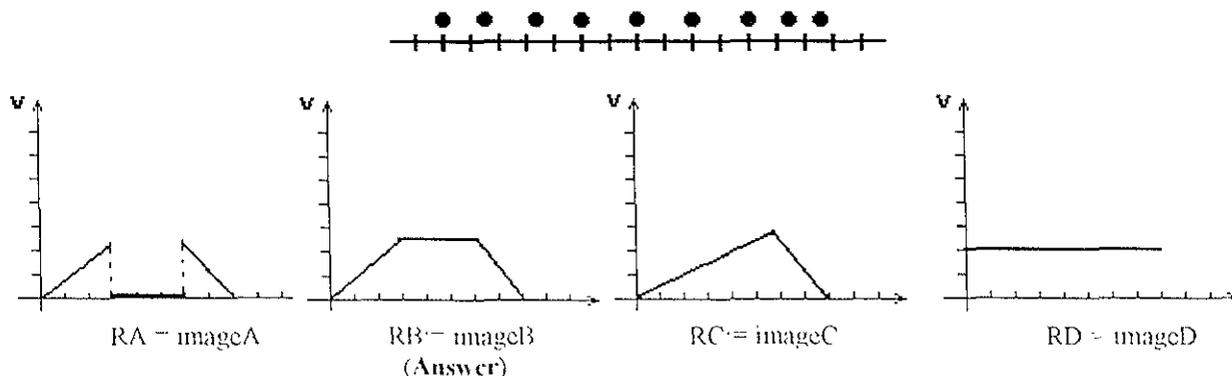
In our case, the experts have preferred to base their evaluations on the understanding of concepts, rather than on the ability of students to memorize definitions and formulas. For this reason, the questions integrated in this module are written in such a way that permit to evaluate the students' comprehension on the studied concepts, and detect which topics he/she needs to repeat.

Of course, computer has limitations that forbids the interaction with the student as in the classroom, for example the discussions in natural language. So, in order to implement the questions it was necessary to decide what kind of questions will be convenient to use. The different ways to write a question usually are multiple choice, complement, problems and graphics, with the use of a computer also simulations and video can be included.

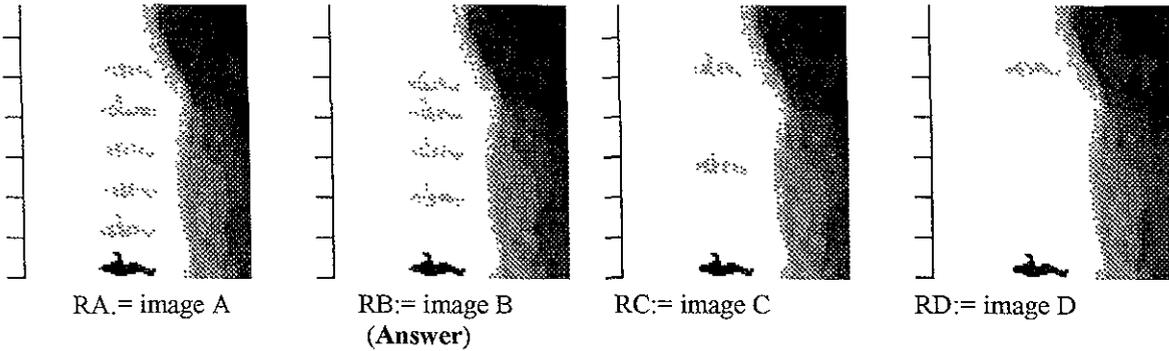
In the system all the questions (approximately 250), were implemented in a multiple choice way; yet, many of them include graphics, video or images that represent the initial conditions of the question. This allows the student to have a more accurate perception of the problem. Most of the answers of questions are texts, that consider the rule which establishes that all possible answers must have similar extension, but also some of them are graphics representing the problem's probable final conditions. Some examples for the topic "Uniform accelerated motion":

*P := "What is needed to conclude that an object has moved?"* a) "An interval and a reference point"; b) "A change of position and a reference point"; c) "Velocity, time and distance"; d) "A change of position, a time interval and a reference point" (Answer)

*P := "The diagram represents a stroboscopic picture of an object moving through an horizontal surface. Which of the following graphics does represent better the object's velocity as a time function?"*



*P := "A person is vertically climbing a rope when, suddenly, the cord breaks and the person falls. If for each picture corresponds the same interval, which graphic represents the better the climber's fall?"*



### 2.2.2 The evaluation algorithm

It was necessary to establish an order to search the student deficiencies. The considered options were:

- 1) Begin with a question of a basic concept. If the student's answer is right, then he / she advances to a more elaborated concept. If it is not the case, he /she is asked to go to the previous topic.
- 2) Begin with a question that evaluates an intermediate concept. If the answer is right, the student advances to a more complex concept. If the answer is wrong, the student must go back.. An example using this option is shown in the figure 3.
- 3) The presentation order for the questions is arbitrarily (randomly) established.

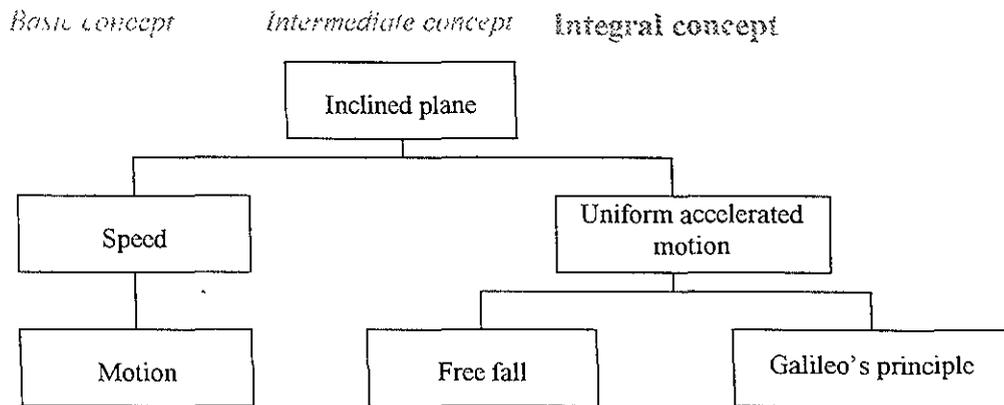


Figure 3. Order established for one-dimensional kinematics following the option two.

In Figure 4 we show the scheme for this possible orders. The blue arrow shows the first kind of evaluation, from the basic concepts to the most complex. The red arrow illustrates the evaluation from an intermediate point, and that advances or goes backwards depending on the answers of the student. Finally, the green arrow

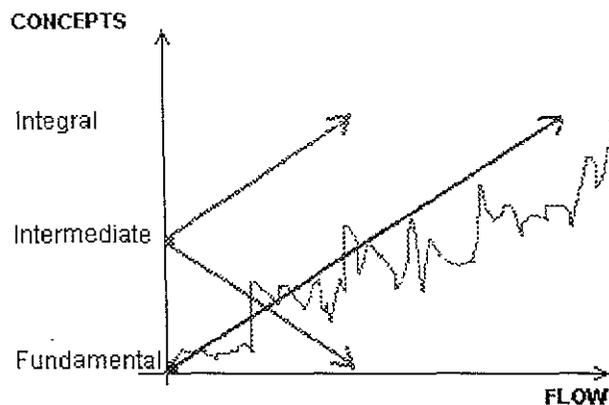


Figure 4. Possible sequences to begin the evaluation

The selection of one approach was made based on the possible use of the tutorial. In that way, students can use the Tutorial System as an auxiliary tool, but they are not forced to use it. This is why, we do not know the level of comprehension he/she decides to use the evaluation module. We do not know if he/she has reviewed the theory, or how much time he/she has spent on it. Taking into account all these considerations, we have decided to use the second approach, which is to start in an intermediary level, and move forward or backward depending on students' answers.

### 2.2.3 Implementation

Once that we have decided how to do the evaluation, we designed the correspondent algorithm. The algorithm is shown in Figure 5.

This module was developed using Level5 Object Shell. This shell allowed us to use an object-oriented knowledge representation; to use different inference mechanisms (forward and backward chaining); to easily establish communication with other applications (using Microsoft "Xtras"); and to validate the work done with some options that permit an effortless way to detect faults.

For the interaction with the system, we used a multimedia shell, which communicates to the expert system the requests, commands, answers, etc. made by the user. This communication is made by the module *Interface between modules* which is presented in the next section.

As one can see, the module receives from the multimedia module a particular topic to be evaluated. From this starting point, the module searches for the first question that will be asked in its knowledgebase. Depending on the answers of the student, the system adds into a list every weak point that it finds during the evaluation.

At the end, the system shows to the student the list in an ordered way, so he/she could see the different topics that must be reviewed, and the optimal way to do it.

### 2.3 User interface coordinator

Considering that the intelligent tutor (IT), and the multimedia system (MS) modules were developed with different tools, it was necessary to implement a protocol of communication that optimizes the exchange of information between them. The tool used for the development of the intelligent tutor (i.e. the kernel that does not directly interact with the final user), was Level5 Object. For the development of the Multimedia shell we used Authorware from Macromedia.

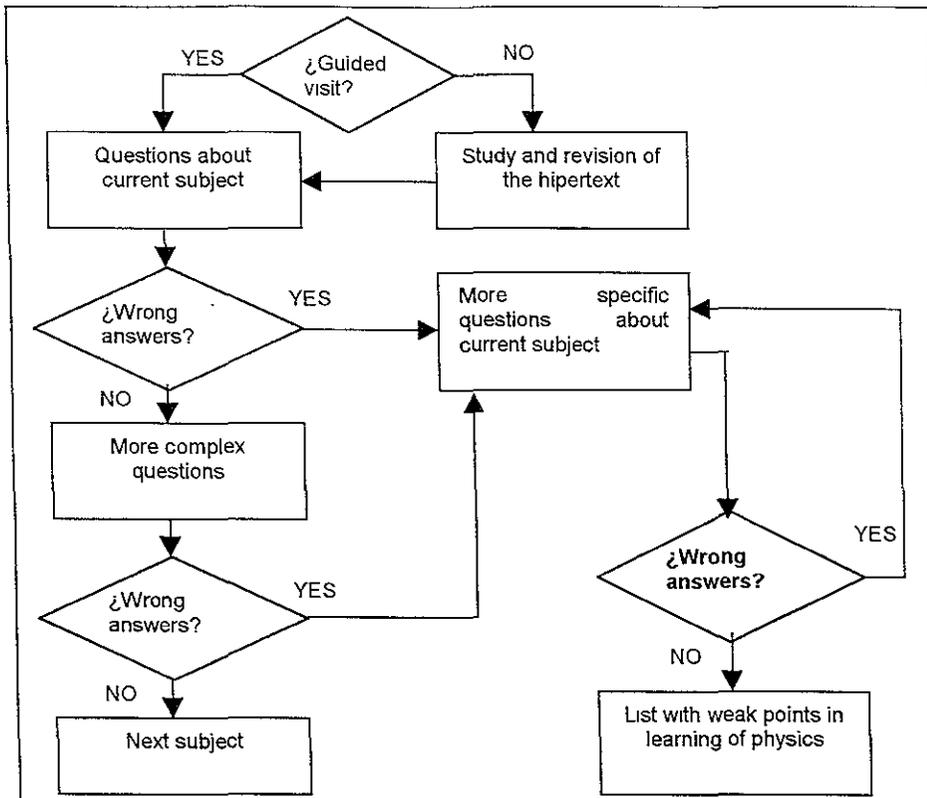


Figure 5. The Evaluation algorithm

Both development tools (Level5 and Authorware), support the integration of ActiveX components (a technology from Microsoft), so we took advantage from this, and use them to pass information from one system to the other. The ActiveX component allows the exchange of the following information:

- From MS to IT: *the context*, that is, the subject to evaluate  
Syntax: CONTEXT<(Topic[Integer])>
- From IT to SM: *the question* that will be answered by the student.  
Syntax: QUESTION<Q[Integer]>
- From SM to IT: *the answer* to the question  
Syntax: ANSWER<A[Integer]>
- From IT to SM: *the list of topics* for reviewing  
Syntax: REVIEW<Subjects[String]>

The ActiveX control was implemented in Visual Basic 6.0.

### 3. Results and conclusions

During the validation process, we detected that students were gratefully surprised because of the absence of numerical problems. Many of the said that they preferred to have a graphic or video showing the initial conditions of the problem, rather than a sentence. So, the first step to find the solution to a problem, is to make abstraction of the objects that are relevant to the solution of the problem.

In this moment we are working with expert professors, who also evaluate the students that have used the system. Although and we have found good concordances, we have observed that professors, once they have

detected the weakness in students, they normally re-explain the topics in a different way, giving to students another point of view of the same problem.

Based on these observations, we are working on the implementation of new explanations for some of the most conflictive topics for the students. In this way, if the evaluation module detects that the students has not understood one of them, it can present to him/she a different explanation, giving to him/she, as the professor does, more information and an other point of view.

This didactic tool might reduce the professors' exhaustive work to evaluate and detect weak points in the students' learning process. It doesn't mean that this tool can substitute the complete evaluation process, but it can be seen as an extra helpful element.

### **Bibliography**

- A. Bork (1980)**, *Computer Assisted Learning in Physics Education*, Pergamon Press.
- Beichner, R. J. (1990)**. The effects of simultaneous motion representation and graph generation in a kinematics lab. *Journal of research in science teaching*, 27(8), 803-815.
- Bennett, F. (1996)**. *Computers as tutors: Solving the crisis in education* ( 1rst. ed.): Faben, Inc.
- Bork, A. M. (1975)**. Effective computer use in physics education. *American Journal of Physics*, 43(1), 81-88
- diSessa, A. A., Hoyles, C., & Noss, R. (1995)**. *Computers and Exploratory Learning* ( 1rst ed. Vol. 146). Berlin, Heidelberg, New York: Springer.
- D. Sleeman, J.S. Brown (1982)**, *Intelligent tutoring systems*, (Academic Press), pp. 309-317.
- Duffy, T. M., Lowyck, J., & Jonassen, D. H. (Eds.). (1992)**. *Designing Environments for Constructive Learning*. Heidelberg: Springer.
- Laurillard, D. (1994)**. *Multimedia and the changing experience of the learner*, [Web Site]. Available: <http://edtech.nepean.uws.edu.au/mmn8/laurillard.html> [2000, November 11th].
- Pérez, J. L., Miranda, A., Garcés, A., & Lara, N. (1998)**. *Hipertexto de fisica*. In Ruiz G. (Ed.), SOMI XIII, Octubre, (pp. 325-329). Ensenada, Baja California, México.

## **BIBLIOGRAFÍA**

- [1] **D. Woodhouse, A. McDougall (1986)**, *Computers. Promise and Challenge in Education*, Blackwell Scientific Publications.
- [2] **G. Guevara Niebla (compilador, 1992)**, *La catástrofe silenciosa*, Editorial Fondo de Cultura Económica.
- [3] **F. Martínez Rizo (1992)**, Rev. Latinoamericana de estudios educativos.
- [4] **E. F. Taylor (1998)**, *Learning from computers about physics teaching*, Am. J. Physics, **56** (11), pp 975-980.
- [5] **E. R. Steinberg (1984)**, *Teaching computers to teach*, Editorial Lawrence Erlbaum Associates, Inc., pp 1-17.
- [6] **R. B. Hicks, H. Laue (1989)**, *A computer-assisted approach to learning physics concepts*, Am. J. Physics, **57** (9), pp 807-811.
- [7] **G. Perry (1997)**, *Visual Basic 5*, Edit. Prentice Hall Hispanoamericana, México.
- [8] **A.D. Gillies, B.D. Sinclair, S.J. Swithenby**, *Feeling physics: computer packages for building concepts and understanding*.
- [9] **R. Scott Grabinger, Brent W. Wilson, David H. Jonassen (1990)**, *Building expert systems in training and education*, Edit. Praeger.
- [10] **H.J. Klausmeier, R. E. Ripple (1971)**, *Learning and human abilities*, Edit. Harper & Row, Publishers.
- [11] **K.P. Goldberg, R.D. Sherwood (1983)**, *Microcomputadoras. Una guía para los padres*, Edit. Cecsá.
- [12] **A. Bork (1980)**, *Computer Assisted Learning in Physics Education*, Pergamon Press.
- [13] **James M. Ragusa (1997)**, *The promise and reality of intelligent computer-aided instructional systems*, Application of Advanced Information Technologies, pp. 738-744.
- [14] **S. Mosqueira R. (1975)**, *Física elemental*, Edit. Patria.
- [15] **P. Hewitt (1996)**, *Conceptos de Física*, Edit. Limusa.
- [16] **M. Alonso, O. Rojo (1979)**, *Física. Mecánica y termodinámica*, Edit. Addison-Wesley Iberoamericana.
- [17] **J. Ballif, W. Dibble (1993)**, *Física básica. Fundamentos y perspectivas*, Edit. Limusa.
- [18] **E. Rich, K. Knight (1991)**, *Artificial Intelligence*, Edit. Mc Graw Hill, pp. 171-182.
- [19] **CEPAC/Departamento de Evaluación, (1997)**. *Orientaciones para la evaluación del aprendizaje*, C.B. México.

- [20] F. Hayes Roth, DA Waterman, DB Lenat (1983). *Building expert systems*, Edit. Addison Wesley, Londres.
- [21] J. Giarratano (1994), *Expert systems: Principles and programming*. Edit. Univ. Massachusetts, Boston.
- [22] T. Dike (1990), *A taxonomy of AI applications*, AI Week, pp. 6-7.
- [23] E. Zedillo (2000), *VI informe de gobierno*.
- [24] D. Laurillard (1994), "Multimedia and the changing experience of the learner", Proceedings of APITITE 94 Conference, APITITE 94 Council: Milton, Vol 1, pp19-24
- [25] Marcuso, M. and R. M. Webber (1996). "Kinematical measurements using digital image capture." American Journal of Physics **64**(8): 1080-1083.
- [26] Beichner, R. J. (1995). "Considering perception and cognition in the design of an instructional software package", Multimedia Tools and Applications **1**: 173-184.
- [27] Gamboa, F., J. L. Pérez, et al. (1999). "Specification and Development of a Physics Video Based Laboratory for High School Level". Advances in Multimedia and Distance Education, Baden-Baden. Germany, The International Institute for Advanced Studies in Systems Research and Cybernetics.
- [28] Rubin J. (1994). *Handbook of usability testing: How to plan, design, and conduct effective tests*. Edit. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- [29] McGraw K. y Harbison-Briggs K (1989). *Knowledge Acquisition: Principles and guidelines*. Edit. Prentice Hall, New Jersey.
- [30] Pérez, J.L., Bañuelos, M.A., Cervantes, R. (1998). "Desarrollo de interfaces de software y electrónica para un laboratorio didáctico por computadora", Memorias SOMI XIII Congreso de Instrumentación; Ensenada, B.C.N., México.
- [31] Klaus B. et al (1988). *Sistemas Expertos. Introducción a la técnica y aplicación*. Edit. Marcombo; Barcelona.
- [32] Pressman, R. (1993). *Ingeniería de Software. Un enfoque práctico*. Edit. Mc Graw Hill, Madrid.