

# Mapas conceptuales y manipulación sensorial de modelos físicos elementales: una estrategia para la enseñanza-aprendizaje de dinámica rotacional

## (A strategy for the teaching-learning of rotational dynamic using static concept maps and elementary physical models)

Téllez, Neyra; Ramírez, María; Sanabria, Irma; Aspée, Mario

Decanato de Investigación, Departamento de Matemática y Física  
Universidad Nacional Experimental del Táchira, San Cristóbal, República Bolivariana de Venezuela  
Correo electrónico: [ntellez@unet.edu.ve](mailto:ntellez@unet.edu.ve)

### RESUMEN

Reportes de investigaciones previas realizadas por los autores de este artículo, han reflejado algunas dificultades que los estudiantes presentan para el aprendizaje de las ciencias, siendo una de ellas que los estudiantes no logran la comprensión de conceptos abstractos relacionados con dinámica rotacional de cuerpos rígidos y no encuentran relación con el mundo fenoménico que ellos pueden ver y manipular. Estos hallazgos han conducido al diseño y aplicación de nuevas estrategias para facilitar el proceso de enseñanza-aprendizaje de este tema. Este trabajo describe una estrategia concebida en la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET) para la asignatura de Física I, específicamente en el tema de rígidos y dinámica rotacional. Esta estrategia se concibió para ayudar al alumno a construir su propio conocimiento acerca de este tema mediante el uso permanente de mapas conceptuales estáticos y la utilización de modelos físicos elementales que a través de la manipulación sensorial, facilitan al alumno la transición de lo abstracto a lo concreto para la comprensión de la dinámica rotacional. La estrategia se aplicó durante dos semestres con resultados satisfactorios y se presenta como una alternativa válida que puede ser empleada en otros temas o asignaturas de ciencia para aprender conceptos abstractos.

**Palabras Clave:** Mapas conceptuales estáticos, modelos físicos elementales.

### ABSTRACT

Previous research made by the authors of this paper have shown several difficulties students face in science learning, being one of them that students cannot understand abstract concepts related to rotational dynamics of rigid bodies and see no relation with the phenomenal world they can see and manipulate. These findings lead to the design of a new strategy in order to facilitate the teaching and learning process of this topic. This paper describes a strategy designed at the Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET) for the teaching and learning process of Physics I, specifically in the topic Rigid and Rotational dynamics. This strategy is orientated to help student to build his own knowledge about the topic by means of static concept maps and the use of elementary physics models to allow sensorial manipulation of objects, which may facilitate the transition in student's thought from abstract to concrete thinking. The strategy has been used along the last two academic terms with satisfactory results. This represents a valid alternative which may be used in other themes or subjects to learn abstract concepts.

**Key Words:** Static concept maps, elementary physics models.

## INTRODUCCIÓN

Los alumnos de la Universidad Nacional Experimental del Táchira (UNET) enfrentan algunos problemas para el aprendizaje de la Física y de la ciencia en general, lo cual ha llevado a generar diversas investigaciones que buscan detectar los problemas concretos que tienen y a proponer diversos caminos para su solución. En esa constante búsqueda se ha determinado claramente que los alumnos tienen dificultades para: (a) comprender situaciones abstractas; (b) captar la globalidad de una situación; (c) establecer relaciones entre los diversos conceptos. (Ramírez de M., 2003; Aspée, 2003)

Estas dificultades se evidencian en el estudio del tema de rígidos y dinámica rotacional, pues los alumnos perciben su estudio como una sucesión de temas con poca relación entre ellos, sin lograr establecer las conexiones entre los conceptos involucrados y las situaciones problemáticas planteadas o en la realidad.

De igual modo, los alumnos tienen dificultad para visualizar un cuerpo rígido representado en una figura, se les dificulta entender cómo y por qué ocurre una rotación, una traslación o un movimiento combinado de rotación y traslación. Esto se debe, en nuestra opinión, a que los alumnos desarrollan un pensamiento lineal de la física y conceptos intuitivos como si fueran planos, desconectados en muchos aspectos de la realidad que nos circunda y sin relación con la tridimensionalidad que la caracteriza.

Se piensa que es fundamental para el futuro ingeniero que estos temas sean debidamente comprendidos por él. Por ello, se justifica cualquier estrategia que ayude al alumno a conseguir un aprendizaje significativo de los mismos.

Para facilitar la construcción del conocimiento existe una herramienta heurística como lo es el mapa conceptual, cuya eficacia ha sido debidamente comprobada con los múltiples aportes presentados en los diversos congresos internacionales desarrollados sobre el tema. En el caso de Física se han desarrollado estrategias de cómo usar los mapas conceptuales para facilitar el aprendizaje de esta ciencia (Ramírez de M. y Sanabria, 2004), y para usar tanto los mapas conceptuales como la V de Gowin en el trabajo del laboratorio de Física (Sanabria y Ramírez de M., 2004). En ambos casos, las experiencias resultaron exitosas.

En cuanto a, proporcionar nuevas oportunidades de aprendizaje en las que el alumno pueda manipular objetos reales que le sirvan para la comprensión del tema de rígidos y la dinámica rotacional, se ha demostrado que el

proceso de enseñanza-aprendizaje de algunos temas de la Física puede ser facilitado por la manipulación de objetos y la utilización de mapas conceptuales (Sanabria y Ramírez de M., 2004), por lo que resulta adecuado el uso de objetos sencillos como modelos físicos elementales para que los alumnos los manipulen, visualicen y comprendan el comportamiento de un cuerpo rígido sometido a la acción de fuerzas y torques.

Por todo lo anterior se decidió investigar la posibilidad de diseñar una estrategia para la enseñanza-aprendizaje de dinámica rotacional que incorporase el uso de mapas conceptuales y la manipulación de objetos físicos elementales de modo que les permitiera a los alumnos: (a) Comprender la relación entre los diversos conceptos relacionados con el movimiento de un cuerpo rígido; (b) Utilizar los mapas conceptuales para identificar algún fenómeno en particular de movimiento de un cuerpo rígido y decidir las expresiones matemáticas correspondientes a aplicar; (c) Facilitar el aprendizaje de los conceptos de dinámica rotacional a través de la visualización y manipulación de objetos y/o modelos físicos elementales.

### Mapa Conceptual

Es un recurso esquemático diseñado por Novak que sirve para presentar un conjunto de significados conceptuales incluidos en una estructura de proposiciones (Novak y Gowin, 1988). Consiste de una serie de *conceptos* unidos a través de *palabras enlace* para formar *proposiciones* que son oraciones que tienen un valor de verdad. De las uniones de diversas proposiciones se van formando las estructuras conceptuales.

Para los autores los mapas conceptuales son muy útiles pues facilitan una adecuada relación entre la percepción de un hecho, su representación conceptual y la conceptualización del mismo (Ramírez, Aspée, Sanabria y Téllez, 2009). Igualmente estos mapas, por ser un buen resumen de lo que se está estudiando, fomentan en el alumno el pensamiento reflexivo, la creatividad y el espíritu crítico (Ramírez de M., 2005).

En vista de lo favorecedor que resulta el uso de esta herramienta se han elaborado mapas conceptuales de algunos temas de Física I, son usados para ayudar al estudiante a comprender conceptos y dar significado a estructuras conceptuales más complejas y son usados por el profesor como organizadores previos que orientan el desarrollo del proceso de aprendizaje y también para hacer síntesis de lo aprendido (Ramírez de M. y Sanabria, 2004).

**MÉTODO**

Se desarrolló una estrategia que incorporó el uso de:

- a. **objetos de la vida real** para la comprensión de diversos fenómenos, pues la manipulación de estos objetos le facilita al estudiante la visión tridimensional del cuerpo rígido y pueden servir como recurso para la comprensión del comportamiento de éste cuando es sometido a la acción de fuerzas y torques.
- b. **mapas conceptuales estáticos**, que reflejan el conocimiento aceptado (Aspée, Ramírez de M, Sanabria y Tellez, 2007) en relación con el tema de rígidos, además de proporcionar una representación visual que ayuda al alumno a captar de manera global los diversos conceptos.

En el diseño de la estrategia y la puesta a prueba de la experiencia se siguió la metodología del diseño instruccional (Rowntree, 1976) por lo que se establecieron las siguientes etapas (Figura 1):

- Etapa I: Principios
- Etapa II: Diseño de las experiencias de aprendizaje
- Etapa III: Puesta en práctica (prueba)
- Etapa IV: Revisión y evaluación
- Etapa V: Desarrollo de la experiencia

**Etapa I: Principios y lineamientos.** En la Tabla 1 se presentan los principios que orientaron el desarrollo de las estrategias.

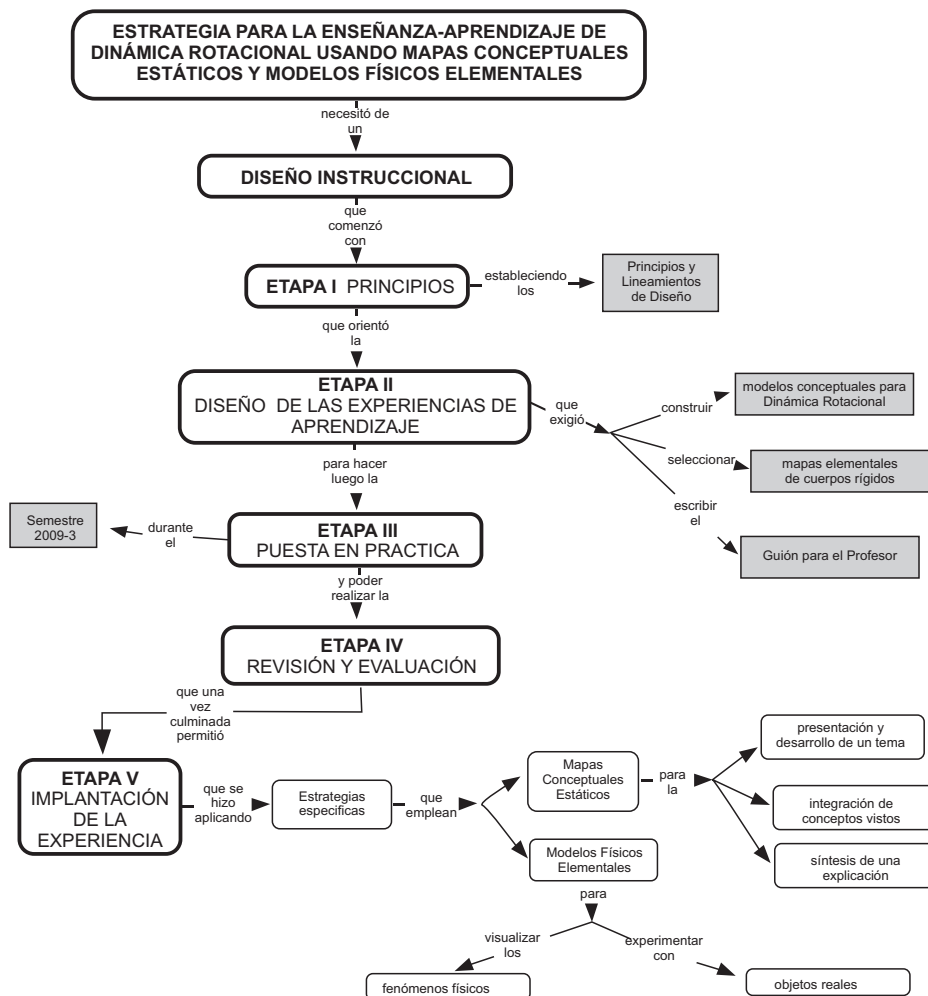


Figura 1. Mapa conceptual de la estrategia

**Tabla 1.** Principios que orientaron el desarrollo de las estrategias

| Contenido   | Propósito                                       | Lineamientos de Diseño   |
|---|---|--|
| Cuerpo rígido y momento de inercia                          | <b>Incorporación de Mapas Conceptuales (MC)</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Iniciar una pequeña práctica sobre MC para que puedan ser comprendidos y usados a lo largo del curso como apoyo.</li> <li>• Usar MC para ayudar al alumno a comprender la teoría y establecer relaciones entre los diversos conceptos referidos a cuerpos rígidos.</li> <li>• Elaborar los MC para cada uno de los tópicos del tema de rígidos.</li> <li>• Promover el uso de los MC del tema de rígidos durante la resolución de situaciones problemáticas.</li> </ul> |
| Torque y Ley de Newton para cuerpos rígidos (sólo Rotación) |   | <b>Uso de Modelos Físicos elementales</b>  |
| Movimiento de un Cuerpo Rígido y Cinemática rotacional      |   |  |

**Etapa II: Diseño de las experiencias de Aprendizaje.**

Se elaboraron los mapas para cada tópico y se seleccionaron modelos elementales para simular cuerpos rígidos de mayor complejidad. También se elaboró un guión para el profesor que describe detalladamente cada una de las estrategias.

**Etapa III: Puesta en práctica.** Se aplicó en pequeños grupos, probando cada estrategia en el semestre 2009-3.

**Etapa IV: Revisión y evaluación,** El diseño de las experiencias de aprendizaje fue producto de un proceso recursivo de revisión realizado por expertos en

habilidades cognitivas, expertos en contenido y estudiantes.

**Etapa V: Desarrollo de la experiencia,** La experiencia se realizó durante dos semestres consecutivos (2010-1, 2010-3) con alumnos regulares de Física I y fue bien recibida por ellos.


**Las estrategias**

La tabla 2. presenta cada estrategia (para ser usada por el profesor):

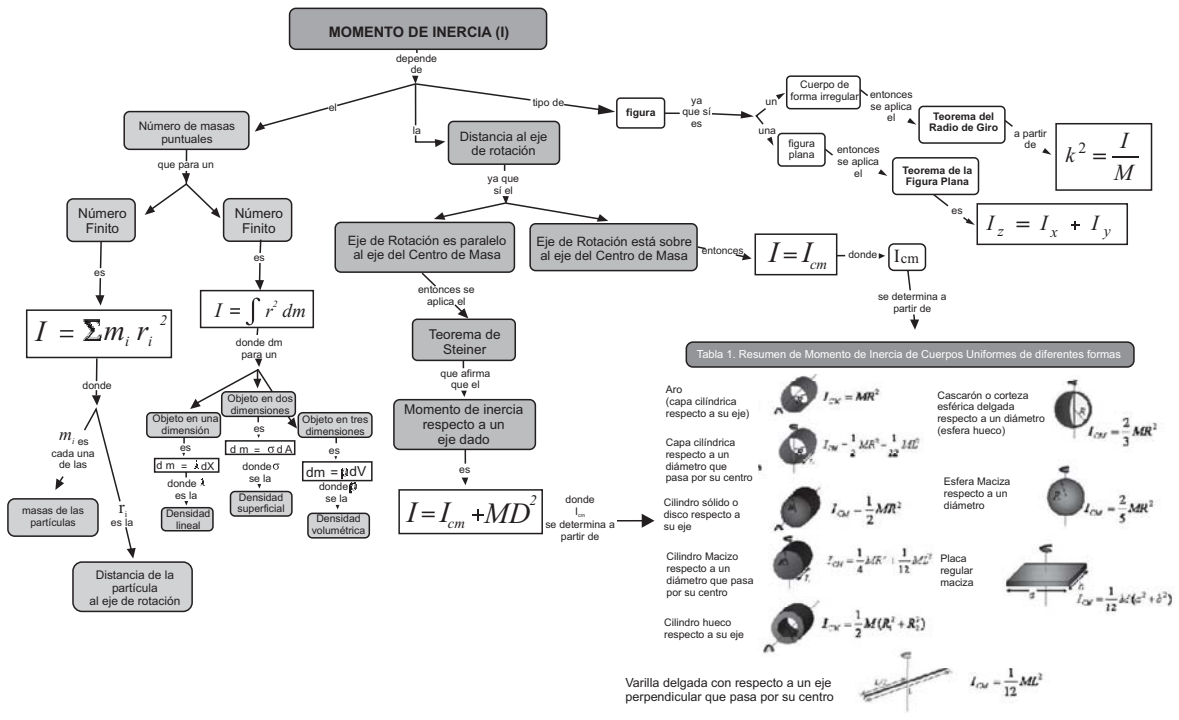
Tabla 2. Estrategias Usadas

|                           | ACCIONES DEL PROFESOR   | ACCIONES DEL ESTUDIANTE   |
|---------------------------|---|---|
| <b>Cuerpo Rígido</b>      | <ol style="list-style-type: none"> <li>Se define cuerpo rígido (CR).</li> <li>Se les solicita a los alumnos que indiquen ejemplos de CR, haciendo uso de los objetos ubicados en su mesa.</li> <li>Se entrega a los alumnos el mapa conceptual de CR</li> </ol>   | <ol style="list-style-type: none"> <li>Los alumnos revisan si, de acuerdo a la definición de CR, los ejemplos indicados corresponden o no a un CR.</li> <li>Los alumnos revisan en detalle el mapa conceptual entregado por el profesor.</li> </ol> |
|                           | <p><b>Mapa conceptual de Apoyo</b></p>  |   |
|                           | <p><b>Objetos Físicos:</b> • Borrador, lápices, cuadernos, calculadora, palitos de madera.</p>  |   |
|                           | ACCIONES DEL PROFESOR   | ACCIONES DEL ESTUDIANTE   |
| <b>Momento de Inercia</b> | <ol style="list-style-type: none"> <li>Se define momento de inercia (I).</li> <li>Se dibuja en la pizarra un CR sencillo Ejemplo: un CR constituido por cuatro varillas de longitud determinada y cuatro masas conocidas.</li> </ol> <ol style="list-style-type: none"> <li>Se les pide a los alumnos que simulen el CR, dibujado en la pizarra, usando su cuaderno.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>Los alumnos colocan en los vértices de la tapa de su cuaderno cuatro puntos (de plastilina) que representen las masas y simulando las varillas como las líneas del borde del cuaderno.</li> </ol>            |




Continuación...

|                           | ACCIONES DEL PROFESOR   | ACCIONES DEL ESTUDIANTE   |   |
|---------------------------|---|---|---|
| <b>Momento de Inercia</b> | 4. Se les pide que asignen un sistema de coordenadas "XYZ", al CR simulado en su cuaderno   | 4. 1 Los alumnos representan el sistema de coordenadas "XYZ", sobre el CR simulado.   |   |
|                           | 5. Se indica a los alumnos que el CR simulado puede rotar entorno a cualquiera de los ejes del sistema de coordenadas "XYZ", se les sugiere que escojan un eje y que realicen la rotación del CR entorno al eje escogido. | 5. 1 Los alumnos hacen rotar el CR en torno a cada eje de coordenadas. Con esta actividad los alumnos "sienten" el efecto de las distintas rotaciones y por ende la existencia de los diversos momentos de inercia. |   |
|                           | 6. Se explica como determinar el momento de inercia (I) para este tipo de CR. El profesor muestra el cálculo del I respecto a uno de los ejes de rotación (por ejemplo I <sub>x</sub> ).                                  |   |   |
|                           | 7. Se pide a los alumnos que hagan el cálculo de I para los demás ejes de rotación.   | 7.1 Los alumnos realizan los respectivos cálculos de los momentos de inercia del CR.  |   |
|                           | 8. Se les pide a los alumnos que comparen los momentos de inercia calculados y que revisen que sucede con la masa del CR.   | 8.1 Los estudiantes deducen que un CR tiene una sola masa e infinitos momentos de inercia (I) y observan que I depende de algunos factores.   |   |
|                           | 9. Se entrega a los alumnos el mapa de momento de inercia y se inicia una discusión del tema.   | 9.1 Los alumnos revisan con el profesor los conceptos involucrados y reflexionan sobre lo experimentado con el CR simulado y sobre el cálculo el momento de inercia para este tipo de CR.                           |   |
|                           |   |   |  |

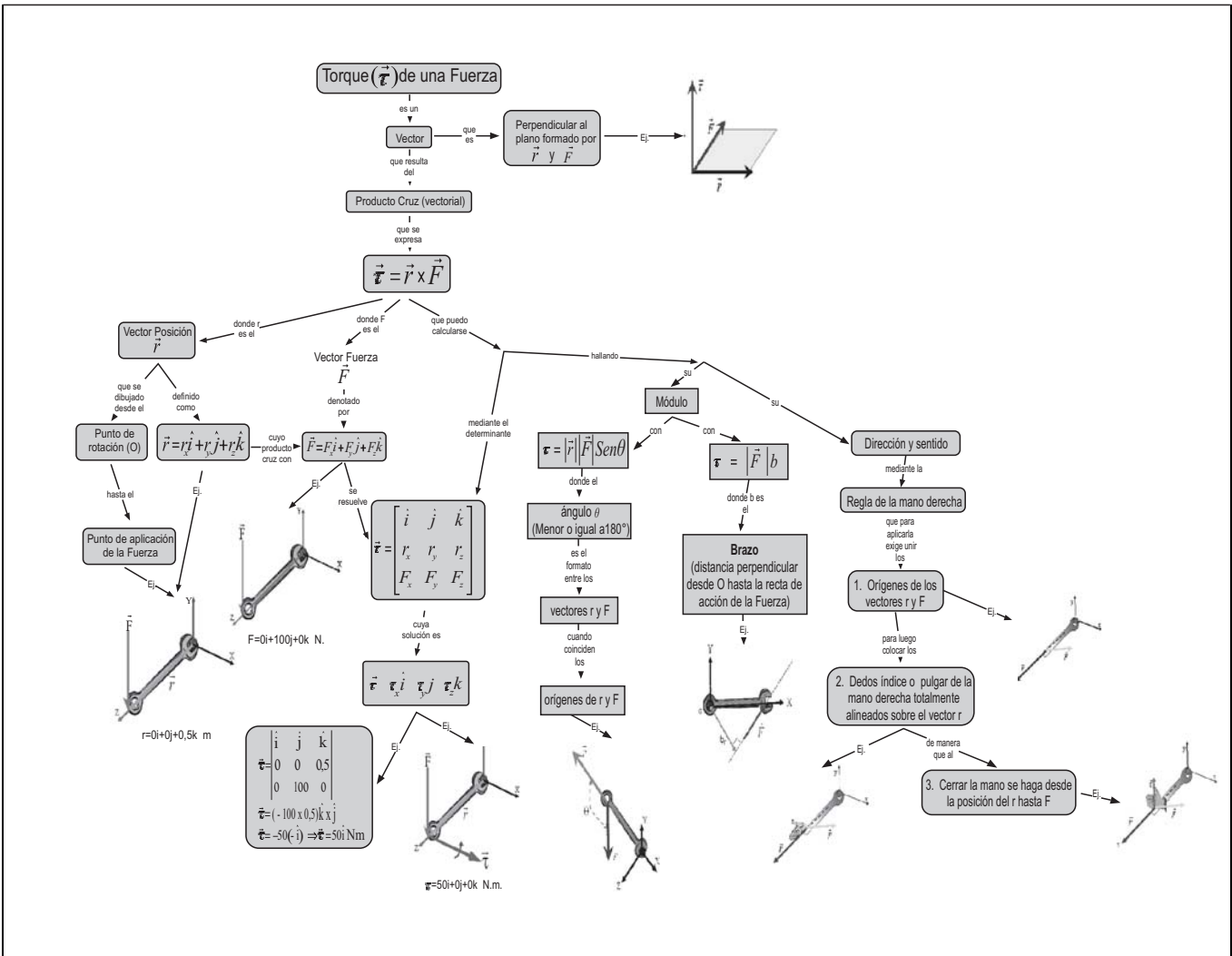
**Mapa Conceptual de Apoyo**



Continuación...

| Objetos Físicos: • Borrador, lápices, cuadernos, c alculadora, palitos de madera, plastilina, esferas de anime (huecas y macizas), tubos circulares de cartón (sólidos y huecos), htas de refresco, monedas. |  |  |
|--|--|--|
|  | <b>ACCIONES DEL PROFESOR</b>   | <b>ACCIONES DEL ESTUDIANTE</b>   |
| <b>Momento de Inercia</b>  | <p>10. El profesor explica el procedimiento que permite calcular los momentos de inercia de cuerpos continuos y el Teorema de Steiner.</p> <p>11. El profesor muestra como determinar I de un objeto sencillo (ejemplo una esfera maciza)</p> <p>12. Se inicia el cálculo de I para distintos CR. El profesor inicialmente simula un CR con los objetos físicos que dispone en su aula de clase.</p>   | <p>10.1 Los alumnos revisan en su mapa los cuerpos rígidos más sencillos.</p> <p>12.1 Los alumnos construyen modelos elementales de los CR y usan el mapa de momento de inercia como apoyo para realizar los cálculos.</p> <div style="text-align: center;">  </div>  |
| <b>Introducción de torque o momento de una fuerza</b>  | <p>1. Se pide a los alumnos que abran o cierren la puerta del salón, una ventana o la tapa de su cuaderno y se les pide que reflexionen sobre lo que observaron, ¿en qué dirección aplicaron la fuerza? ¿qué movimiento experimentó la tapa del cuaderno o la puerta? ¿la fuerza puede ser aplicada en cualquier lugar del objeto físico?</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>2. Se revisa con los alumnos las distintas fuerzas que aplicaron, y se observan los casos en los que a pesar de que actúan las fuerzas (ejemplo sobre la tapa del cuaderno) estas no producen la rotación que se quería ¿Por qué?.</p> <p>3. Se introduce el concepto de torque.</p> <p>4. Se explica la regla de la mano derecha y se les pide a los alumnos que se apoyen con los lápices para simular los vectores <math>r</math>, <math>F</math> y Torque, para que de esta manera puedan visualizarlos.</p> <p>5. Se vuelve a revisar con los alumnos las distintas fuerzas que aplicadas a la tapa del cuaderno y se simulan con los lápices los vectores <math>r</math> y <math>F</math>, para aplicar la regla de la mano derecha y determinar el vector Torque.</p> <p>6. Se presenta a los alumnos el mapa de torque y se analiza con ellos todo lo discutido.</p> | <p>1.1 Los alumnos y el profesor discuten que fuerzas aplicaron y el hecho de si la fuerza que aplicaron es condición necesaria y suficiente para que ocurra la rotación.</p> <p>2.1 Los alumnos revisan que es lo que ocurre con las fuerzas que no producen rotación (de la tapa)</p> <p>4.1 Los alumnos hacen uso de sus lápices para visualizar los vectores <math>r</math> y <math>F</math>, y aplican la regla de la mano derecha, para visualizar el Torque.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p>6.1 Los alumnos inician la resolución de problemas usando todo el tiempo este mapa como apoyo.</p> |

Continuación...



**Objetos Físicos:** • Palitos de madera, lápices, cuadernos, calculadora.

**ACCIONES DEL PROFESOR**

**ACCIONES DEL ESTUDIANTE**

1. Se explica la segunda ley de Newton para la rotación de un CR en torno a un eje fijo.
2. Una vez concluida la introducción de los tópicos de este tema de CR, se inicia la resolución de problemas.

- 1.1 En este caso los alumnos construyen modelos elementales para simular los CR que aparecen en las figuras de los problemas a resolver.



- 2.1 Inician el cálculo de momentos de inercia, torque y aceleraciones angulares. En todo momento se apoyan en los mapas de torque y momento de inercia para la resolución de los problemas.

**Mapa conceptuales de Apoyo**

**Objetos Físicos:**

Mapa de Torque  
Mapa de Momento de inercia

- Palitos de madera, Lápices, Esferas de anime (macizas y huecas), Tubos de papel, Cilindros macizos de papel.

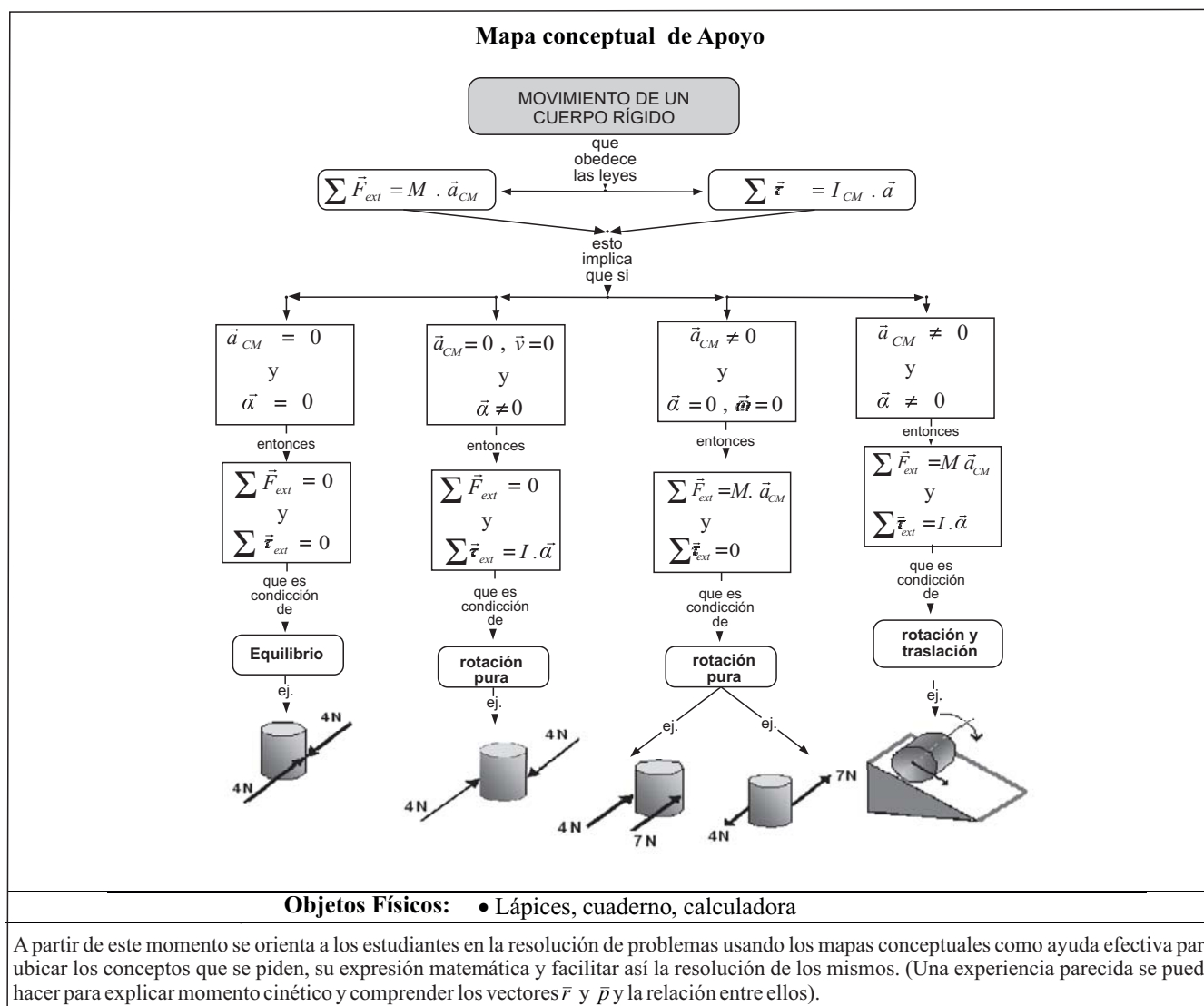
Segunda Ley de Newton para rotación en torno a un eje fijo



Continuación...

| Movimiento de un cuerpo rígido | ACCIONES DEL PROFESOR   | ACCIONES DEL ESTUDIANTE  |
|--------------------------------|---|--|
|                                | <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se les pide a los alumnos que escojan un objeto cualquiera (ej. un cuaderno de tapas duras o su calculadora) para simular que es un CR.</li> <li>2. El profesor pide a los alumnos que empujen, con un dedo índice, el CR de manera que solo rote. Se les pregunta acerca de la razón por la que ocurrió la rotación.</li> <li>3. El profesor aclara que en este caso la fuerza aplicada por el dedo está generando un torque (Obviamente se les pide a los alumnos que desprecien las fuerzas de roce y atribuyan el efecto de lo que ven a esta fuerza).</li> <li>4. Se pide a los alumnos que ahora provoquen una rotación de sentido contrario a la anterior, se les pide que comparen ambas situaciones y que expliquen por que las rotaciones son contrarias.</li> <br/> <li>5. Se les pide que ahora empujen el CR utilizando simultáneamente los dedos índices de manera que estos estén siempre paralelos a la mesa y ubicados donde ellos consideren conveniente y de este modo lograr que: (a) solo se traslade; (b) solo de vueltas (rote); (c) ni se traslade, ni rote; (d) rote y se traslade.</li> <li>6. El profesor aclara que en todos los casos cada dedo está aplicando una fuerza y también se está generando un torque.</li> <li>7. A continuación se les pide dibujar un esquema para cada uno de los casos que muestre la manera y el sitio donde aplicaron las fuerzas.</li> <li>8. Se pide a los alumnos que integren las relaciones específicas que funcionan en cada uno de los cuatro casos estudiados, en cuanto a las Leyes de Newton y el tipo de movimiento observado, en busca de lo que tienen en común.</li> <li>9. Se entrega a los alumnos el mapa que explica el movimiento de un CR.</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>2.1 Los alumnos empujan con su dedo el CR y observan el sentido de la rotación. Se espera que en este caso, los alumnos concluyan que la rotación se debe al torque aplicado.</li> <br/> <li>4.1 Los alumnos reflexionan sobre el sentido de ambas rotaciones.</li> <li>4.2 Para explicar en cada caso el sentido (signo) de la rotación, los alumnos realizan la sustitución del dedo con el que aplicaron la fuerza por un lapicero simulando de esta manera al vector Fuerza (F), y representan con otro lapicero al vector <math>r</math> (desde el punto de rotación hasta donde esta aplicada F).                     <div data-bbox="1018 994 1262 1196" style="text-align: center;"> </div> </li> <li>4.3 Revisan los vectores <math>r</math> y F, aplican la regla de la mano derecha, para visualizar el vector torque.</li> <li>4.4 Se espera que los alumnos concluyan que el sentido en la rotación se debe al sentido (signo) del torque aplicado.</li> <br/> <li>5.1 Los alumnos empujan con sus dedos el CR y observan los diferentes movimientos que experimenta el CR                     <div data-bbox="932 1413 1366 1585" style="text-align: center;"> </div> </li> <li>6.1 Los alumnos revisan a que se debe que el CR experimente rotación, traslación, equilibrio o la combinación de rotación y traslación.</li> <li>7.1 Los alumnos realizan la actividad y con el profesor analizan cada una de las situaciones observadas (casos estudiados), se espera que logren diferenciar los efectos provocados por fuerzas, torques y por la combinación de fuerzas y torques.</li> <li>8.1 Los alumnos realizan, para cada uno de los casos de estudio, un diagrama de cuerpo libre y aplican la segunda Ley de Newton en la traslación y en la Rotación, según sea el caso.</li> <li>9.1 Los alumnos revisan sus anotaciones y las comparan con el mapa entregado.</li> </ol> |

Continuación...



### RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Una vez diseñada la estrategia se puso en práctica, durante los semestres 2010-1 y 2010-3, con 90 alumnos regulares pertenecientes a dos secciones del curso de Física I.

Se usaron las siguientes técnicas de recolección de recolección de información:

- **Observación participante** de lo que sucedía en las clases. Esta observación le permitió a la investigadora principal influir con sus intervenciones, modificando de esta manera los sucesos que ocurrían (Martínez, 2004), mientras se desarrollaba el tema y en la resolución de situaciones problemáticas. Estos sucesos se plasmaron mediante un registro continuo y acumulativo (**reporte**

**de la investigadora**) de lo que acontecía en el aula de clase. Se siguió un protocolo que incluía aspectos pedagógicos relacionados con la funcionalidad, versatilidad y la innovación de la estrategia. (ej. motivación, dinamismo, interés, dificultades surgidas, grado de comprensión de la analogía con el objeto físico y su manipulación).

- **Observación no participante**, por parte de expertos en contenidos y en desarrollo de habilidades cognitivas. Estas observaciones se realizaron de forma eventual durante el desarrollo de una clase, al inicio de cada tópico de rígidos. Las observaciones de lo sucedido en el aula fueron plasmadas en un **protocolo de registro de observación no participante** (Figura 2).

| Protocolo de Registro de Observación no Participante   |       |                     |
|--|-------|---------------------|
| Semestre:  | Tema: | Nº de estudiantes:  |
| Objetivo de la actividad:  |       | Tiempo de Duración: |
| <p>El profesor permite que los alumnos se familiaricen con el material de apoyo:</p> <p>Los alumnos hacen uso recurrente de los mapas conceptuales, durante el desarrollo de la clase o durante la resolución de problemas.</p> <p>El uso de los materiales de apoyo (mapas conceptuales) por parte del profesor se hace de manera adecuada:</p> <p>Las situaciones planteadas por el profesor le permite al alumno relacionarse con los contenidos abordados:</p> <p>Los ejemplos utilizados por el profesor pueden ser visualizado por los alumnos mediante el uso de modelos físicos elementales:</p> <p>El uso de modelos físicos elementales por parte de los estudiantes es de fácil manejo para ellos:</p> <p>Los ejemplos utilizados se aproximan a la realidad y pueden ser modelados fácilmente por los estudiantes mediante el uso de los recursos disponibles en el aula:</p> <p>Las actividades planificadas les permite a los estudiantes participar activamente en la construcción de su conocimiento:</p> <p>las actividades panificadas promueven un clima ameno de motivación en los alumnos</p> <p>Durante el desarrollo de las actividades se promueve el trabajo colaborativo y el compromiso de los estudiantes con su aprendizaje:</p> <p>Las actividades planificadas planificadas están orientadas a permitirle al estudiant el aprendizaje de manera autónoma:</p> <p>OBSERVACIONES GENERALES:</p> |       |                     |

**Figura 2.** Protocolo de Registro de observación no participante utilizado

Además se realizaron ocasionalmente **registros de audio** de la interacción del profesor y los alumnos mientras se aplicaba la estrategia.

A partir de estas observaciones y de los registros se fue modificando la estrategia con el objeto de adaptarla a los requerimientos o necesidades de los estudiantes, a fin de superar las dificultades que se presentaron.

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se realizó la transcripción de los registros de audio de la interacción profesor y alumnos, y se realizó el análisis correspondiente. Adicionalmente, se hizo una revisión detallada de la información recabada en el protocolo de registro de observación no participante. De igual forma, la información registrada en el reporte de la investigadora fue debidamente analizada al finalizar cada sesión y se fueron plasmando las reflexiones de lo ocurrido.

De esta revisión de la información se elaboró una tabla en la que resumían los aspectos más relevantes relacionados con la funcionalidad, versatilidad y la innovación de la estrategia, entre los que se destacan la motivación, dinamismo, interés, dificultades surgidas, grado de comprensión de la analogía con el objeto físico y su manipulación.

Seguidamente, se resumen algunos aspectos significativos encontrados:

- El uso de objetos sencillos, durante el desarrollo de las clases les facilitó a los alumnos la comprensión del tema de rígidos y les permitió percibir los fenómenos físicos que se estudiaban.

*“ya lo vi, ya lo vi! Es que coloqué mal la punta del lapicero. Claro! si así esta la fuerza y así la r... el torque da hacia abajo y el cuaderno gira en el sentido de las agujas del reloj...”* (registro en audio de comentario de un estudiante).

- La manipulación de objetos organizados por ellos para simular un cuerpo rígido les proporcionó a los alumnos la visión tridimensional del cuerpo rígido y la comprensión de los fenómenos que ocurren cuando éste es sometido a la acción de fuerzas y torques.

*“Ya veo porque rota la lata en el sentido de las agujas, en Y, es que como estoy empujando la varilla, así la fuerza es negativa, y como r es negativo cuando hago i cruz k el torque me da negativo en Y, por eso es en el sentido de las agujas del reloj..., pero si ahora empujo la varilla de este lado...”* (comentario de un alumno en el Reporte de la Investigadora).

- Los mapas elaborados por el profesor fueron utilizados por los alumnos a lo largo de las actividades planificadas para el aula.

*“como necesito el momento de inercia en x, lo que hago es buscar en el mapa el momento de inercia*

*del disco y la varilla y aplicando Steiner, ya lo tengo...ah pero hay que sumarle el de esta masa puntual...*" (comentario de una alumna en el Reporte de la Investigadora)

- El trabajo en el aula con los mapas conceptuales les permitió a los alumnos familiarizarse más rápidamente con los conceptos involucrados en el tema de rígidos. No solo fueron usados los mapas conceptuales como material de apoyo por parte del profesor, los alumnos los usaban para buscar conceptos que no recordaban y especialmente como formularios inteligentes para la resolución de los problemas propuestos.

*"me acordaba de cómo giraba el cuaderno cuando yo lo empujaba y es lo mismo que hay en el mapa con los barrilitos, Ahí se ven las fórmulas depende de cómo se aplique la fuerza y ayuda a resolver problemas"* (comentario en clase de una alumna registrado en el protocolo de observación no participante).

## CONCLUSIONES

- La estrategia del uso de los mapas conceptuales estáticos y la manipulación de objetos/modelos físicos elementales para favorecer el aprendizaje del tema de rígidos, facilita la construcción del conocimiento desde el punto de vista conceptual y experimental. Esta estrategia ha sido incorporada por la mayoría de los profesores de la UNET al trabajo habitual de Física I y es lo suficientemente flexible como para ser modificada en función de las necesidades de los alumnos.
- La estrategia se ha ido ajustando a medida que se descubren en los ensayos con los alumnos, nuevos caminos para facilitar el aprendizaje del tema de rígidos.
- Los mapas conceptuales por ser una ayuda visual, son una herramienta poderosa para facilitarle a los alumnos de Física I la comprensión general de todos los temas de la asignatura, en especial del tema de dinámica rotacional y la relación entre los conceptos involucrados.
- Se ratifica lo encontrado por Ramírez y Sanabria (2004) en el sentido que al combinar, en una sola estrategia, el uso de los mapas conceptuales con la manipulación de objetos físicos se le facilita al alumno la transición de lo abstracto a lo concreto.
- La manipulación de objetos físicos facilita a los estudiantes la visualización tridimensional de los cuerpos rígidos y la interpretación de sus movimientos,

cuando estos son sometidos a la acción de fuerzas y de torques. Además estimulan la creatividad en los alumnos para asociar objetos que les permitan simular el cuerpo rígido de un problema determinado de Física.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASPEÉ, M. La Metacognición en los Tiempos del Caos. Tesis Doctoral. Universidad Santa María. San Cristóbal. 2003.
- ASPEÉ, M.; RAMÍREZ, M; SANABRIA, I. y TÉLLEZ, N. Una Estrategia Instruccional para el Aprendizaje de la Física mediante Mapas Conceptuales Estáticos y Dinámicos. En memoria del XIX Encuentro Nacional y V Internacional de Investigadores en Educación, ENIN, del 14 al 16 de Noviembre. Santiago de Chile. 2007.
- MARTÍNEZ, M. Ciencia y Arte en la Metodología Cualitativa. México: Trillas. 2004.
- NOVAK, J. y GOWIN, B. Aprendiendo a Aprender. Barcelona: Martínez Roca. 1988.
- RAMÍREZ, M. Desarrollo de habilidades cognitivas en docentes universitarios: en la búsqueda de un camino para su comprensión y mejoramiento. Tesis Doctoral. Universidad Santa María. San Cristóbal. 2003.
- RAMÍREZ, M. El Mapa Conceptual como Herramienta Heurística para Facilitar el Aprendizaje. San Cristóbal: Fondo Editorial de la UNET. 2005.
- RAMÍREZ, M. y SANABRIA, I. El Mapa Conceptual como Elemento Fundamental en el Proceso de Enseñanza-Aprendizaje de la Física a Nivel Universitario. Retrieved December 03, 2004, from University of West Florida, Institute for Human and Machine Cognition Web site: <http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-086.pdf>. 2004.
- RAMÍREZ, M.; ASPEÉ, M.; SANABRIA, I. y TÉLLEZ, N. Using Concept Maps and Gowin's Vee to Understand Mathematical Models of Physical Phenomena. En: Afamasaga, K (Ed.), Concept Mapping in Mathematics, pp. 189-216. New York: Springer. 2009.
- ROWNTREE, D. Educational Technology. Londres: Harps and Row Publishers. 1976.
- SANABRIA, I. y RAMÍREZ, M. Una Estrategia de Aprendizaje para Integrar Teoría y Laboratorio de Física I mediante los Mapas Conceptuales y la V de Gowin. Retrieved December 03, 2004, from University of West Florida, Institute for Human and Machine Cognition Web site: <http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-092.pdf>. 2004.