

SIMILITUDES DEL SISTEMA 4MAT DE ESTILOS DE APRENDIZAJE Y LA METODOLOGÍA DE CLASES INTERACTIVAS DEMOSTRATIVAS EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA.

Mario H. Ramírez Díaz

Departamento de Posgrado en Física Educativa, Centro de Investigación en Ciencia Aplicada y Tecnología Avanzada, Instituto Politécnico Nacional, mramirezd@ipn.mx

Eduardo Chávez Lima

Departamento de Formación Básica, Escuela Superior de Cómputo, Instituto Politécnico Nacional, echavezl@ipn.mx

Resumen

La enseñanza de la física a nivel universitario ha cambiado muy poco en el siglo XX y principios del XXI incorporando procesos experimentales pero permaneciendo ajena a la incorporación de nuevas metodologías de enseñanza. En particular, dos metodologías han sido probadas con éxito de manera independiente una de la otra en la enseñanza de la física en los últimos años. Por un lado, las metodologías de aprendizaje activo vía las Clases Interactivas Demostrativas por otro, las metodologías de estilos de aprendizaje, en particular el Sistema 4MAT. En este trabajo se muestran las similitudes entre ambas metodologías, proponiendo una metodología que incorpora ambos enfoques para la mejora en la enseñanza de la física al cual denominamos 4MAT Modificado. Esta metodología se utilizó en estudiantes de Ingeniería en Sistemas Computacionales, en específico en su curso de física, del Instituto Politécnico Nacional de México desde el año 2009 a la fecha.

Palabras Clave: Enseñanza de la Física, Estilos de Aprendizaje, Aprendizaje, Métodos de Enseñanza, Alternativas Educativas

SIMILARITIES BETWEEN 4MAT SYSTEM AND INTERACTIVE LECTURE DEMONSTRATIONS IN THE TEACHING PHYSICS.

Abstract

The physics teaching at the university level has changed little in XX century and start of XXI, usually staying outside the incorporation of new teaching methodologies. In particular, two methodologies have been successfully tested independently in the teaching of physics in recent years. In a case the active learning with Interactive Lecture Demonstration on the other hand, methods of learning styles, including 4MAT System. This paper shows the similarities between both methodologies, proposing a methodology that incorporates both approaches to improve the teaching of physics which we call Modified 4MAT. This methodology was used in students of engineering in computational systems, specifically in their physics course, in National Polytechnic Institute of Mexico, since 2009.

Keywords: *Teaching of Physics, Learning Styles, Learning, Teaching Methods, Educative Alternatives.*

Introducción

La física es una de las ciencias que presentan una mayor dificultad en su comprensión por parte de los estudiantes, esta dificultad es evidente en el bajo

índice de aprobación (alrededor del 30% dependiendo la fuente) de esta disciplina en los diferentes niveles educativos en donde se imparte como lo muestran indicadores construidos por organismos internacionales como Proyecto Pisa, AAPT o Proyecto Tuning entre otros². Los profesionales encargados de enseñar física en las escuelas difícilmente introducen metodologías novedosas en su práctica, tienen la tendencia de repetir la forma en la que fueron “instruidos” en la física, es decir, en forma tradicional, donde un experto da una clase magistral sin tener prácticamente interacción con los estudiantes. Estos dos aspectos: bajo índice de aprobación e instrucción tradicional, dan pie a cuestionar sobre la necesidad de incorporar elementos nuevos en la enseñanza de la física.

Dos de los elementos a los que hacemos referencia que se han incorporado a la enseñanza de la física con buena aceptación son las estrategias de aprendizaje activo y las teorías de estilos de aprendizaje. De estas, el aprendizaje activo ha llevado a desarrollar estrategias para el mejoramiento del aprendizaje de la física llamadas *Clases Interactivas Demostrativas (Interactive Lecture Demonstrations)* (Sokoloff, 2006).

Por otro lado, dentro de las teorías de estilos de aprendizaje, el Sistema 4MAT, ha sido empleado en la enseñanza de la física en diversos niveles (Bowers, 1987, Ramírez, 2009).

Ambas metodologías (Clases Interactivas Demostrativas y Sistema 4MAT), comparten características generales tales como utilizar la experiencia concreta de los estudiantes para construir conceptos, utilizar ciclos de aprendizaje, intercambio y retroalimentación de las experiencias de los estudiantes, prueba de conceptos por medio de la experimentación, entre otros. Además, tanto las Clases Interactivas Demostrativas como el Sistema 4MAT siguen un ciclo de aprendizaje que consta de ocho pasos, los cuales comparten (al menos en lo genérico) principios generales, si bien no necesariamente en el mismo orden.

En este trabajo se muestra el resultado de analizar ambas metodologías en la enseñanza de la física, señalando similitudes y complementos mutuos que presentan en un ciclo de aprendizaje. Se presentarán en primer lugar los aspectos generales, tanto de las Clases Interactivas Demostrativas como del Sistema 4MAT. Enseguida se presenta una propuesta que integra ambas metodologías a partir de los elementos comunes (denominada 4MAT Modificado). Finalmente, se muestra el estudio de caso de aplicar la metodología a la enseñanza de la física a estudiantes de ingeniería, tomando como estudio de caso a estudiantes del curso de física en el programa de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional de México en los cursos del año 2010 (Enero-Junio y Agosto-Diciembre).

¿Qué es aprendizaje activo?

La UNESCO ha apoyado el uso de metodologías de aprendizaje activo de la física especialmente porque promueven que el estudiante realice tareas experimentales que favorecen el aprendizaje conceptual, a la vez que se alienta al docente a practicar en el aula investigación en la enseñanza de la

² Para mayor información revisar www.aapt.org, <http://tuning.unideusto.org/tuningal/>

física (Sokoloff, 2006). Se utiliza la secuencia de aprendizaje predicción-discusión en pequeños grupos-observación de experimentos y comparación de los resultados de éstos con las predicciones, este ciclo de aprendizaje puede ser representado como *PODS* (Predicción-Observación-Discusión-Síntesis). Es así que un trabajo sostenido de investigación educativa en física, principalmente en la Universidad de Oregón, ha conducido al desarrollo de una estrategia de enseñanza y aprendizaje denominada *Clases Interactivas Demostrativas* (Sokoloff & Thornton, 2004).

Sokoloff propone un procedimiento de ocho pasos para las Clases Interactivas Demostrativas el cual se presenta a continuación en la Tabla 1:

1. El docente describe el experimento, si fuera necesario, lo realiza sin proyectar el resultado del experimento.
2. Los estudiantes deben de anotar su predicción individual en la Hoja de Predicciones, la cual será recogida al final de la clase, y donde el estudiante debe poner su nombre. Se debe asegurar a los estudiantes que estas predicciones no serán evaluadas, aunque una parte de la nota final del curso puede ser asignada por la simple asistencia a las Clases Interactivas Demostrativas.
3. Los estudiantes discuten sus predicciones en un pequeño grupo de discusión con los 2 o 3 compañeros más cercanos.
4. El docente obtiene las predicciones más comunes de toda la clase.
5. Los estudiantes registran la predicción final en la Hoja de Predicciones.
6. El docente realiza la demostración mostrando claramente los resultados.
7. Se pide a algunos estudiantes que describan los resultados, los discutan en el contexto de la demostración, anoten estos resultados en la Hoja de Resultados, la cual se llevan para estudiar.
8. Los estudiantes (o el docente) discuten situaciones físicas análogas con diferentes características superficiales (diferentes situaciones físicas) pero que responden al mismo concepto(s) físico.

Tabla 1. Procedimiento de ocho pasos para las Clases Interactivas Demostrativas (Sokoloff & Thornton, 2004).

Este procedimiento se ha utilizado con éxito en la enseñanza de la física en varias universidades, en particular de los Estados Unidos (Sokoloff & Thornton, 1998, McDermott, 1984, Dykstra, 2008).

Dentro de las ventajas del aprendizaje activo se tiene que se puede adaptar muy bien en países en desarrollo; al estar centrada en el aprendizaje, la estrategia mejora las habilidades de pensamiento; se hace la clase más interactiva, genera interés en los participantes, estimula la creatividad, la capacidad de orientación autónoma, las habilidades de pensamiento, la capacidad de colaboración, hace más eficaz, veloz y duradero el aprendizaje; la participación de los estudiantes en las clases es mayor, permite al estudiante aprender durante ésta. Lo que implica que los estudiantes se responsabilicen con su aprendizaje, sean activos construyendo su conocimiento; intercambien experiencias con sus compañeros, se comprometan con lo que hacen, cómo lo hacen y con los resultados que logran; desarrollen autonomía, pensamiento crítico, actitudes colaborativas, habilidades profesionales y la capacidad de autoevaluación (Sokoloff, 2006).

¿Qué es el sistema 4MAT?

Cómo se menciono, una de las metodologías utilizadas en la enseñanza de la física es el sistema 4MAT, este es el resultado de la superposición de las descripciones de estilos de aprendizaje del modelo de Kolb (Kolb, 1984). Este modelo está basado en la suposición de la existencia de factores responsables de la generación de estilos de aprendizaje. En el Sistema se combinan las preferencias de los estudiantes para aprender. Ahora bien, para Samples, Hammond y McCarthy (Samples, Hammond y McCarthy, 1985):

“esta combinación de preferencias da como resultado un par de tendencias que describe cuatro cuadrantes. En el Sistema 4MAT, cada uno de estos cuadrantes se convierte en un estilo de aprendizaje. Cada cuadrante, junto con su par descriptor, delinea un conjunto de tendencias y preferencias que diferentes personas exhibirían en sus intentos de aprender y enseñar.”

Tanto los cuadrantes como los pares descriptores, mencionados en la cita anterior, son mostrados en la Figura 1.

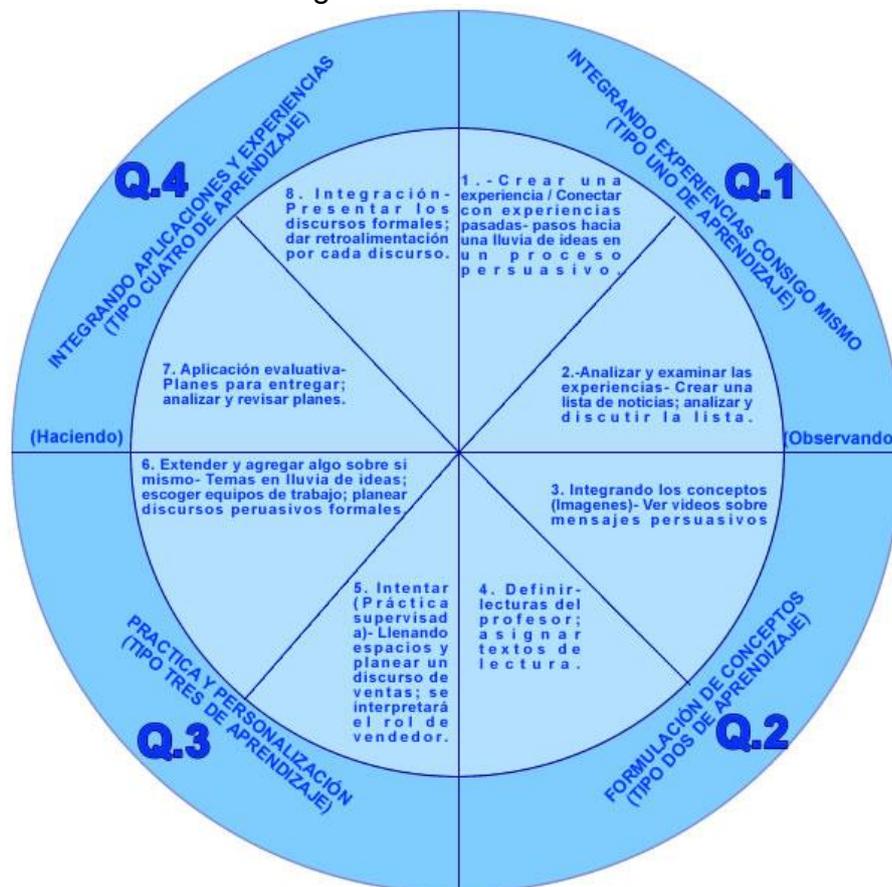


Figura 1. Sistema 4MAT.

Cada estilo de aprendizaje o cuadrante, en el Sistema 4MAT, está definido por la forma en que los estudiantes aprenden. A continuación se mencionan las características más importantes de cada estilo que sirvieron como base para diseñar la investigación que aquí se reporta.

- Estilo 1. Obtienen de la enseñanza un valor personal. Disfrutan las discusiones en pequeños grupos que nutren la conversación.
- Estilo 2. Guardan la verdad. Requieren exactitud y orden. Se sienten cómodos con las reglas y construyen la realidad a partir de éstas. Son exigentes en la forma de expresión; metódicos y precisos.

- Estilo 3. Se lanzan a la acción; pretenden que lo aprendido les sea útil y aplicable. No aceptan que les proporcionen las respuestas antes de explorar todas las posibles soluciones.
- Estilo 4. Descubren las cosas por sí mismos. Tienen una fuerte necesidad de experimentar libertad en su aprendizaje, y tienden a transformar cualquier cosa.

Según el Sistema 4MAT, los estilos de aprendizaje precedentes describen comportamientos generales. Esto significa que un estudiante no puede ser identificado con un único estilo. Las características mencionadas en cada estilo son las que pueden ser observables con mayor frecuencia en cada individuo. Así, la forma en que aprenden los estudiantes un concepto determinado depende del estilo de su preferencia.

Es importante mencionar que en el Sistema 4MAT, más que el sistema por sí mismo, lo que importa es la implementación de un ciclo de aprendizaje que contenga los 8 pasos mostrados en la Figura 1. En la Tabla 2 se muestran los 8 pasos sugeridos por McCarthy (McCarthy 2006) para la implementación de ciclos de aprendizaje:

Paso Uno

En el primer cuadrante nos esforzamos por revelar el significado detrás del aprendizaje. Se debe abordar mutuamente entre instructor y estudiantes la pregunta ¿Por qué?

El modo derecho del cuadrante se compromete a crear una experiencia concreta relacionada al concepto. Introducir una experiencia con sentido para que los estudiantes sean capaces de ver las conexiones con su propia experiencia.

Paso Dos

El modo izquierdo refleja aspectos de la experiencia en la calidad del análisis. Ahora los estudiantes examinan la experiencia. El método es el debate, que es el método en el primer cuadrante, pero el enfoque ha cambiado.

Paso Tres

El modo derecho del cuadrante dos intenta profundizar en la reflexión, con el objetivo de ordenar y formalizar el concepto.

Se debe de buscar otro medio, otra forma de ver algo que involucra los sentidos y al mismo tiempo ofrezca la oportunidad de más reflexión. Debe de crear una actividad que impulse a reflexionar sobre la experiencia y el análisis para cerrar el cuadrante uno y ayude a formular una profundización en la comprensión del concepto, que es el propósito del cuadrante dos.

Paso Cuatro

El modo izquierdo del cuadrante dos tiene a los estudiantes en el centro de la información conceptual.

Es en este paso que la formalidad del concepto organiza la experiencia validada. Aquí es donde el alumno dispondrá de la información relacionada con el concepto a fin de comprenderlo en las maneras convencionales. No estamos interesados en memorizar, la antítesis del pensamiento. Estamos subrayando que la información está relacionada con el núcleo del concepto.

Paso Cinco

En el modo izquierdo del enfoque, el estudiante reacciona a lo proporcionado en los pasos anteriores. Hacen hojas de trabajo, libros de texto, etc. Estos

materiales se utilizan para reforzar el concepto y las habilidades enseñadas en el cuadrante dos.

Paso Seis

El paso seis es el pensamiento activo. Se trata de aprender haciendo, y su esencia es la solución de problemas.

Paso Siete

Este es el paso donde a los estudiantes se les pide analizar lo que han planeado como prueba de su aprendizaje.

Aquí los estudiantes están obligados a organizar y sintetizar lo que han aprendido en alguna forma personal. Esta es el gran final del modo izquierdo en este viaje de concepto de unidad. Cuando este paso cierra, deben tener un sentido acumulativo de la exploración a través de todos los pasos anteriores.

Paso Ocho

El último paso de la unidad, el paso ocho es cuando los estudiantes comparten lo que han aprendido con los demás.

Se les alienta a asumir la responsabilidad de hacer su propio sentido de lo que han aprendido para su aplicación en la vida. La culminación de este paso es extender el sentido de haber aprendido el concepto para su aplicación en la vida.

Tabla 2. Los 8 pasos del Sistema 4MAT

En el caso específico de la enseñanza de la física, el Sistema 4MAT se ha utilizado con relativo éxito (Ramírez, 2009, Ramírez, 2010). El Sistema 4MAT, vía los ciclos de aprendizaje, permite “ordenar” actividades para la enseñanza de la física que regularmente realizan los maestros, pero de una manera que ahora permita a estudiantes de todos los estilos apropiarse del conocimiento del tema en función de su propio estilo de aprendizaje.

Por lo anterior, el Sistema 4MAT es una gran herramienta para la enseñanza de la física, en particular para estudiantes de primer curso de física a nivel universitario. Este sistema permite al profesor detectar los conceptos errados y desviados de los estudiantes en la primera etapa del ciclo de aprendizaje diseñado para un tema en específico, permitiendo adaptar su curso para eliminarlos en las etapas posteriores del ciclo. Por otro lado, el incorporar dentro de un ciclo actividades para los diferentes estilos de aprendizaje permite incluir a un mayor número de estudiantes al conocimiento de los diferentes temas de física, a diferencia de la enseñanza tradicional que por lo general se dirige a los estudiantes estilo 2 (estereotipo de los estudiantes de ciencias). Finalmente, el instrumentar ciclos de aprendizaje basados en el Sistema 4MAT permite al profesor hacer evaluación continua en cada etapa del ciclo, lo anterior permite a los estudiantes de cada estilo de aprendizaje destacar en el paso del ciclo diseñado específicamente a atender su estilo particular de aprendizaje.

Cómo se puede ver de las Tablas 1 y 2, tanto las Clases Interactivas Demostrativas como el Sistema 4MAT trabajan con ciclos de aprendizaje de 8 pasos que, en principio, pueden ser complementarios. En las siguientes secciones se mostrara la forma en la cuál se busco integrar y complementar ambas metodologías, particularmente para la enseñanza de la física.

Metodología

En la sección anterior se mostraron los 8 pasos tanto de las Clases Interactivas Demostrativas como del Sistema 4MAT para un ciclo de enseñanza, en ambos casos es la sugerencia de cómo organizar una clase de manera que se cubra un ciclo de aprendizaje.

En el caso de las Clases Interactivas Demostrativas, este procedimiento está dirigido específicamente a la enseñanza de la física, lo cual hace clara la necesidad de realizar demostraciones experimentales. En el caso del Sistema 4MAT, este no está dirigido específicamente a la enseñanza de las ciencias, es más general y su uso está reportado primordialmente en áreas diferentes a estas. Sin embargo, una primera aproximación al comparar las Tablas 1 y 2 muestra algunos pasos que pueden considerarse “comunes” que se presentan en la Tabla 3:

Clases Interactivas Demostrativas	Sistema 4MAT
1. El docente describe el experimento y, si fuera necesario, lo realiza sin proyectar el resultado del experimento.	Paso Uno En el primer cuadrante nos esforzamos por revelar el significado detrás del aprendizaje. Se debe abordar mutuamente entre instructor y estudiantes la pregunta ¿Por qué? El modo derecho del cuadrante se compromete a crear una experiencia concreta relacionada al concepto. Introducir una experiencia con sentido para que los estudiantes sean capaces de ver las conexiones con su propia experiencia.
2. Los estudiantes deben de anotar su predicción individual en la Hoja de Predicciones, la cual será recogida al final de la clase, y donde el estudiante debe poner su nombre. Se debe asegurar a los estudiantes que estas predicciones no serán evaluadas, aunque una parte de la nota final del curso puede ser asignada por la simple asistencia a las Clases Interactivas Demostrativas	Paso Dos El modo izquierdo refleja aspectos de la experiencia en la calidad del análisis. Ahora los estudiantes examinan la experiencia. El método es el debate, que es el método en el primer cuadrante, pero el enfoque ha cambiado.
3. Los estudiantes discuten sus predicciones en un pequeño grupo de discusión con los 2 o 3 compañeros más cercanos.	Nuevamente Paso 2
4. El docente obtiene las predicciones más comunes de toda la clase.	Paso Tres El modo derecho del cuadrante dos intenta profundizar en la reflexión, con el objetivo de ordenar y formalizar el

- concepto.
Se debe de buscar otro medio, otra forma de ver algo que involucra los sentidos y al mismo tiempo ofrezca la oportunidad de más reflexión. Debe de crear una actividad que impulse a reflexionar sobre la experiencia y el análisis para cerrar el cuadrante uno y ayude a formular una profundización en la comprensión del concepto, que es el propósito del cuadrante dos.
5. Los estudiantes registran la predicción final en la Hoja de Predicciones.
- Paso Cuatro**
El modo izquierdo del cuadrante dos tiene a los estudiantes en el centro de la información conceptual.
Es en este paso que la formalidad del concepto organiza la experiencia validada. Aquí es donde el alumno dispondrá de la información relacionada con el concepto a fin de comprenderlo en las maneras convencionales. No estamos interesados en memorizar, la antítesis del pensamiento. Estamos subrayando que la información está relacionada con el núcleo del concepto.
- Paso Cinco**
En el modo izquierdo del enfoque, el estudiante reacciona a lo proporcionado en los pasos anteriores. Hacen hojas de trabajo, libros de texto, etc. Estos materiales se utilizan para reforzar el concepto y las habilidades enseñadas en el cuadrante dos.
6. El docente realiza la demostración mostrando claramente los resultados.
- Paso Seis**
El paso seis es el pensamiento activo. Se trata de aprender haciendo, y su esencia es la solución de problemas.
7. Se pide a algunos estudiantes que describan los resultados y que los discutan en el contexto de la demostración. Los estudiantes anotan estos resultados en la Hoja de Resultados, la cual se llevan
- Paso Siete**
Este es el paso donde a los estudiantes se les pide analizar lo que han planeado como prueba de su aprendizaje.
Aquí los estudiantes están obligados a organizar y sintetizar lo que han

para estudiar.	aprendido en alguna forma personal. Esta es el gran final del modo izquierdo en este viaje de concepto de unidad. Cuando este paso cierra, deben tener un sentido acumulativo de la exploración a través de todos los pasos anteriores.
8. Los estudiantes (o el docente) discuten situaciones físicas análogas con diferentes características superficiales (o sea, diferentes situaciones físicas) pero que responden al mismo concepto(s) físico.	Paso Ocho El último paso de la unidad, el paso ocho es cuando los estudiantes comparten lo que han aprendido con los demás. Se les alienta a asumir la responsabilidad de hacer su propio sentido de lo que han aprendido para su aplicación en la vida. La culminación de este paso es extender el sentido de haber aprendido el concepto para su aplicación en la vida.

Tabla 3. Comparativo entre las Clases Interactivas Demostrativas y el Sistema 4MAT.

Además, un aspecto extra que tienen en común ambas metodologías es la importancia que se da al papel del profesor. Las Clases Demostrativas Interactivas proporcionan "Guías del Profesor" (Sokoloff, 2004, Lakhdar *et al.*, 2006) en sus textos de física, las cuales proporcionan al profesor los prerrequisitos, el equipo las notas generales de preparación del equipo y la introducción a la clase de la demostración. Por otro lado, para McCarthy la introducción por sí misma del Sistema 4MAT, no es lo más importante para la enseñanza de la física, ya que no ofrece una guía para los instructores. La guía se logra al construir un ciclo de aprendizaje

En el primer comparativo de la Tabla 3, se puede observar que existen puntos que se pueden interpretar comunes entre ambas metodologías, sin embargo no se debe perder de vista que las Clases Interactivas Demostrativas están dirigidas exclusivamente a la enseñanza de la física, mientras que el Sistema 4MAT es más general. Por lo anterior es conveniente comparar dos estrategias de aprendizaje dirigidas a un tema de física en particular en cada metodología. Como se mencionó anteriormente, una de las primeras similitudes de ambas metodologías consiste en la importancia de construir ciclos de aprendizaje basados en los 8 pasos que cada una postula.

Para realizar dicho comparativo se eligió el tema de Segunda Ley de Newton. Este tema se elige por varias razones, la primera es que dicho tema está presente en la mayoría de los programas de nivel universitario. Por otro lado, existe un mayor número de reportes del uso de ambas metodologías en este tema particular (Sokoloff, 2006, Ramírez González y Miranda, 2009). Finalmente, se puede hacer un cruce entre los trabajos hechos por los autores de este trabajo con el Sistema 4MAT y el Dr. David Sokoloff con las Clases Interactivas Demostrativas.

Con la finalidad de tomar un par de ciclos de aprendizaje propuestos y probados en grupo que se refirieran al tema de fuerza, se selecciono en primer lugar del libro *“Interactive Lecture Demonstrations, Active Learning in Introductory Physics”*, (Sokoloff &Thornton, 2004). En particular se seleccionó la Clase Interactiva Demostrativa propuesta para la 1ª y 2ª Leyes de Newton. Esta consta de seis demostraciones (con sus respectivas hojas de predicción y resultados), las cuales de manera general constan de un carro sobre una superficie con baja fricción (un riel de aire), una serie de masas que pueden ir agregando al carro, unidas a este por una polea y un detector de movimiento. La primera demostración consiste en empujar el carro con una fuerza constante y se pide a los estudiantes reflexionar sobre la velocidad y la aceleración. En la segunda demostración, la fuerza de fricción actuando sobre el carro aumenta y se pide nuevamente reflexionar sobre la velocidad y la aceleración. En la tercera demostración, el carro es sometido a fuerzas iguales y opuestas (pesos iguales en los extremos contrarios sostenidos por las poleas) y se reflexiona sobre la fuerza neta resultante. En la cuarta demostración, nuevamente se disminuye la fricción y se da un pequeño empujón al carro en dirección al detector de movimiento y se suelta, aquí se pide pensar sobre lo que sucede en la aceleración. En la quinta demostración nuevamente se despreja el papel de la fricción y se ejerce una fuerza contraria a la dirección del movimiento, en este caso se inclina un plano de manera que se tenga una fuerza constante actuando sobre el carro. Finalmente, en la sexta demostración se considera una fuerza actuando en la dirección del movimiento. En todas estas demostraciones se siguen los 8 pasos mostrados anteriormente para las Clases Interactivas Demostrativas. La pregunta con la que se genera el debate después de mostrar el experimento directamente es: ¿Qué pasa con la aceleración en los diferentes casos?

Por otro lado, para ejemplificar el Sistema 4MAT se utilizó el ciclo de aprendizaje diseñado para que los estudiantes aprendan el concepto de fuerza realizado por Ramírez (Ramírez, 2010), que se muestra en la Figura 2.

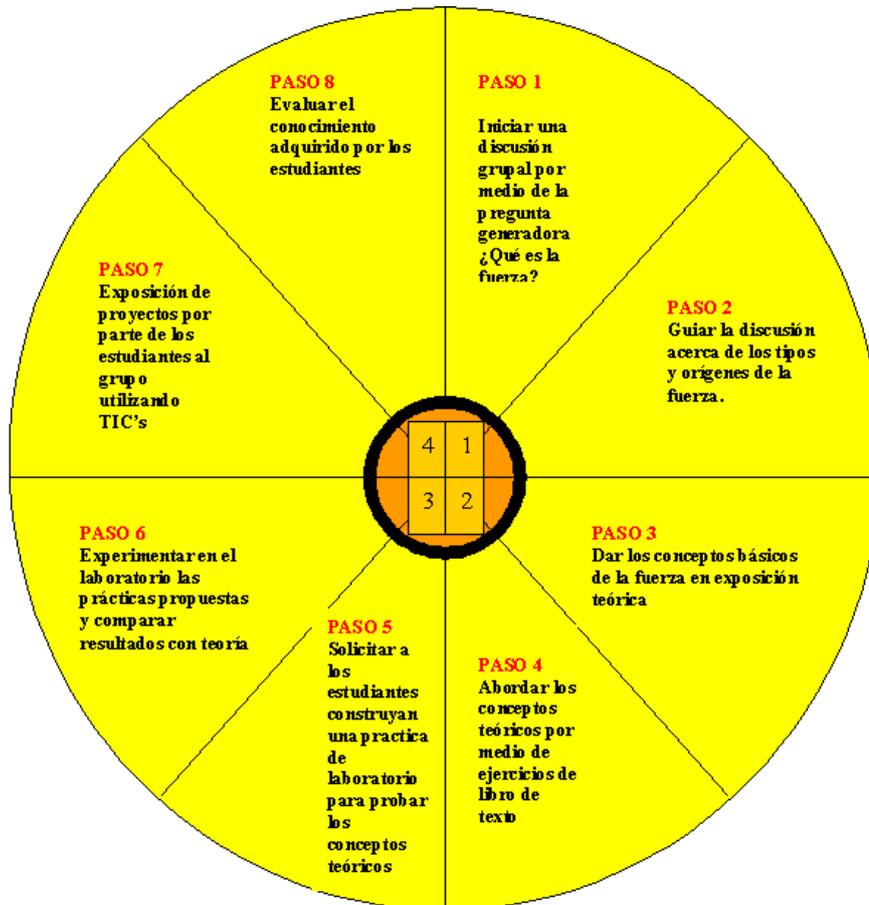


Figura 2. Ciclo de Aprendizaje para mostrar el concepto de Fuerza por el Sistema 4MAT.

Este ciclo se implementó con cuatro actividades dirigidas a estimular a cada uno de los 4 estilos de aprendizaje. La primera actividad fue un debate iniciado con la pregunta generadora ¿Qué es la fuerza?, moderado por el profesor. La segunda actividad fue una clase tradicional (magistral frente a pizarrón) donde se dan los conceptos básicos alrededor de la fuerza y se dan problemas teóricos a resolver a los estudiantes. La tercera actividad fue una práctica de laboratorio donde probaron los conceptos dados en la clase tradicional, utilizando un riel de aire, un carro, diferentes masas y un detector de movimiento. Finalmente, los estudiantes expusieron organizados en grupos aplicaciones del concepto de fuerzas relacionadas con su carrera. En este caso el ciclo (que se puede aplicar en cualquier curso de nivel universitario) se aplicó directamente a un grupo de Ingeniería en Sistemas Computacionales, en la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional de México.

De lo presentado en esta sección, particularmente en la Tabla 3 y los ciclos de aprendizaje, se puede ver que existen puntos en común en ambas metodologías, pero algo importante es que las aparentes diferencias se pueden tomar como complementos mutuos de ambas metodologías. En la siguiente sección se presenta una propuesta que integra ambas metodologías y que muestra cómo se complementan una a la otra.

Resultados

En la sección anterior se mostro la aplicación de las Clases Demostrativas Interactivas y el Sistema 4MAT en la enseñanza de la física a nivel universitario; se vio que comparten algunas características y que pueden complementarse mutuamente. No se debe de perder de vista que al ser las Clases Demostrativas Interactivas una metodología propia del Aprendizaje Activo orientada la física, cualquier propuesta de integración con el sistema 4MAT tendrá que estar orientada a atender el aprendizaje de la física. En la Tabla 4, se muestra una propuesta general que incluye los elementos comunes y complementarios de ambas metodologías orientados a construir un ciclo de aprendizaje en física. Dicho ciclo considera, al igual que las Clases Demostrativas Interactivas y el Sistema 4MAT, ocho pasos.

Paso 1

A partir de describir un experimento, formular a los estudiantes la pregunta generadora ¿Por qué pasa eso?, iniciando con ello un debate.

Paso 2

A partir de lo debatido pedir a los estudiantes llenar una hoja de predicción. Dependiendo del número de estudiantes se pueden hacer discusiones en grupos más pequeños. El docente obtiene las predicciones más comunes de la clase

Paso 3

El profesor realiza nuevamente la demostración mostrando claramente los resultados.

Paso 4

A partir de la demostración a los estudiantes, el profesor explica los fundamentos teóricos del experimento, permitiendo una reflexión entre estos y las predicciones hechas por los estudiantes en el paso 2.

Paso 5

Los estudiantes realizan ejercicios teóricos donde apliquen los conceptos teóricos obtenidos y los puedan relacionar con el experimento mostrado. Es importante que los ejercicios o problemas a realizar sean de preferencia contextualizados, y no simples situaciones de sustitución algebraica. Estos ejercicios se pueden abordar en 2 etapas, la primera en clase trabajando en pequeños grupos fungiendo el docente como guía o tutor, y en una segunda etapa como “trabajo extra clase” que sirva para reafirmar lo visto presencialmente.

Paso 6

Se debe de permitir a los estudiantes reproducir algunas de las demostraciones, esto no necesariamente tiene que ser con el equipo original de laboratorio, es posible incorporar las TIC's con laboratorios virtuales o simulaciones que permiten al estudiante no solo repetir en varias ocasiones el experimento, sino también incorporar variaciones de acuerdo a sus propias inquietudes.

Paso 7

Después de que los estudiantes han confrontado sus conocimientos y creencias previos, con la demostración, el concepto teórico abstracto y la experiencia de probar por si mismos el concepto de manera activa se discuten situaciones físicas análogas con diferencias superficiales. En este paso el docente puede guiar la discusión de forma que pueda hacer introducción a los

temas siguientes, además de empezar a evaluar los conceptos errados y desviados que tienen los estudiantes hasta ese momento y poder eliminarlos reforzando las ideas notoriamente equivocadas.

Paso 8

Extensión de la discusión en la cual los estudiantes vierten sus inquietudes, relacionan con su vida diaria el concepto aprendido y buscan (guiados por el maestro) aplicaciones en sus estudios posteriores. Esta extensión se puede hacer por escrito, oralmente, por medio de exposición en equipos o individual o usando las TIC's (foros, chats, etc.). En este paso el profesor, dependiendo del tema en particular que se toque, puede realizar una evaluación a partir de la evolución en la adquisición del conocimiento por parte del estudiante en los pasos previos, esta evaluación debe ser continua cerrar un ciclo al igual que el aprendizaje.

Tabla 4. Propuesta de Ciclo de Aprendizaje 4MAT Modificado.

El ciclo propuesto en la Tabla 4 se le ha denominado “*4MAT Modificado*”. En el 4MAT Modificado se incorporan los elementos comunes de las Clases Demostrativas Interactivas y el Sistema 4MAT, además de complementar en algunos pasos elementos faltantes en una y otra metodologías. Un aspecto novedoso importante es que esta propuesta incorpora la sugerencias de utilizar las TIC's, en particular en los pasos 6 y 8, en el primer caso como parte de la experimentación activa que deben de realizar los estudiantes, y en el paso 8 como herramienta a considerar en la evaluación continua de los estudiantes. En el 4MAT Modificado están considerados de origen los cuatro estilos de aprendizaje y la hemisfericidad cerebral preponderante en los estudiantes, cada paso esta diseñado como una actividad que estimula a un estilo y hemisfericidad cerebral particular. Por otro lado, promueve el aprendizaje activo del estudiante, lo coloca en el centro del aprendizaje, sin dejar del lado la indispensable presencia del profesor en el aula, en algunos pasos como “guía o facilitador” (pasos 1 y 2), como “experto” (pasos 3 y 4), como “entrenador” (pasos 5 y 6) y como “tutor” (pasos 7 y 8).

No obstante, esta propuesta no está exenta de limitantes. En primer lugar, al intentar ser una fusión de las Clases Demostrativas Interactivas y el Sistema 4MAT, se incorporo lo que se considero lo “mejor” de ambas metodologías, sin embargo, también se arrastraron sus principales restricciones, la más importante (encontrada también en ambas metodologías) es la falta de tiempo para poder llevar a cabo un curso completo de física utilizando exclusivamente ciclos de aprendizaje basados en 4MAT Modificado, los planes y programas de estudio resultan ser en ocasiones demasiado extensos como para hacer compatibles con los tiempos asignados la propuesta. Por otro lado, al ser una metodología de aprendizaje activo, esta sujeta a que la clase este provista con los medios físicos adecuados (en el caso de las demostraciones) como tener al menos un equipo de laboratorio que permita llevar a cabo la demostración de manera completa. Sokoloff ha propuesto que en el caso de no contar con el equipo suficiente para realizar la demostración “en vivo” se recurra a la videograbación, sin embargo, esto implica que se debe de tener el equipo de reproducción adecuado en el salón de clase, lo cual lleva a una limitante similar. La experimentación con materiales de bajo costo parece ser una salida

a este punto, lo cual permite no solamente llevar a cabo la demostración a los estudiantes, sino la reproducción de está por parte de los estudiantes como lo marca el paso 6 de la propuesta. Una limitante final se refiere a la facilidad de acceso por parte de estudiantes y profesores a las TIC's, que cómo se menciono anteriormente, es una de las novedades de esta propuesta pero también una de sus principales restricciones.

En el caso de la guía para profesor, esta se construye con el mismo ciclo de aprendizaje al igual que con el Sistema 4MAT. No obstante, dependiendo del tema a tratar se pueden construir guías similares a las propuestas en las Clases Demostrativas Interactivas, sobre todo para el uso del material y equipo de laboratorio.

Es importante hacer notar que el 4MAT modificado se plantea como una herramienta más en el aprendizaje de la física, no como la única. En este sentido al ser probado en grupo, el 4MAT Modificado mostro que los estudiantes los aceptaban bien, sobre todo al desarrollar los pasos 6 y 8 con las TIC's les pareció novedoso y permitió que relacionaran los temas de física (en este caso la fuerza) con sus intereses profesionales particulares. El grupo donde se probó el 4MAT Modificado fue de Ingeniería en Sistemas Computacionales, y desarrollaron exposiciones que incluían simulaciones de cómputo hechas por ellos utilizando los conocimientos previos adquiridos en los pasos anteriores.

Conclusiones

La propuesta del 4MAT Modificado presentado en la sección anterior responde a las preguntas de investigación formuladas en el inicio de este trabajo. En primer término, en la Tabla 3 se mostraron los puntos comunes de las Clases Demostrativas Interactivas y el Sistema 4MAT, lo cual permitió proponer una metodología que incorpora dichos puntos en una sola metodología. En segundo lugar, dicha incorporación se vio enriquecida por la introducción de el uso de TIC's y la evaluación continua en el cuerpo de la propuesta. Esta propuesta ya esta siendo probado por profesores tanto a nivel bachillerato cómo a nivel universitario dentro del IPN, y ha resultado tener éxito hasta el momento, no obstante, para hacer una evaluación objetiva de su aplicación es necesario generalizar su uso en un número mayor de profesores, además de evaluar en un periodo de tiempo largo el éxito de su aplicación. Por otro lado, esta propuesta ha sido ya adoptada por grupos de profesores de nivel bachillerato y nivel universitario en el IPN, sobre todo vía el Programa de Verano de la Investigación Científica en el Nivel Medio Superior. Los Profesores de física de nivel bachillerato que adoptaron el 4MAT Modificado lo has aplicado en cursos normales con éxito, presentando un grado alto de satisfacción en relación a la instrucción tradicional, logrando aumentar el interés de los estudiantes en el material y obteniendo un mejor desempeño en su evaluación. No obstante no hay que perder de vista que el 4MAT Modificado no desecha del todo la instrucción "tradicional", por el contrario busca complementarla al incorporar estrategias que tratan de incluir el estilo de aprendizaje del mayor número de estudiantes de manera que potencialice las capacidades de la mayoría de los alumnos, de hecho es notorio que en los pasos 2, 3 y 4 de la metodología contienen en buena medida elementos de la llamada enseñanza tradicional.

Finalmente no se debe de perder de vista que toda metodología, en particular el 4MAT Modificado no puede ser sino una herramienta más en el esfuerzo por el aprendizaje. Como se comentó en la sección anterior, esta propuesta presenta limitantes, éstos se profundizan si se pretendiera que fuese la única herramienta a utilizar en todo un curso de física. El propio David Sokoloff (uno de los autores de las Clases Demostrativas Interactivas) mencionó en la 2ª Reunión de la AAPT en la Ciudad de México en diciembre de 2009, que a pesar de hacer uso común en sus cursos de las clases Demostrativas Interactivas, éstas no eran el único recurso que se debe de utilizar, mencionando que estas no excluyen a las clases tradicionales de “gis y pizarrón” sino que las complementan. En el caso del Sistema 4MAT utilizado para la enseñanza de la física, se presenta una situación similar, se ha demostrado su utilidad como herramienta, sin embargo muestra limitaciones en el caso de pretender utilizarse como única estrategia dentro de un curso. De esta manera, el 4MAT Modificado pretende ser una herramienta útil para el aprendizaje de la física, sin buscar ser la única a utilizarse dentro de un curso completo de física.

Referencias

- Bowers, P. (1987). "The Effect of the 4MAT System on Achievement and Attitudes in Science". Ph. D. Dissertation. University of North Carolina.
- Dykstra, D. (2008). "Seeing Physical Theory in Student's Minds in Real Time". Memorias del XVI Taller Internacional Nuevas Tendencias en la Enseñanza de la Física, Puebla, Puebla.
- Kolb, D. (1984). "Experiential Learning: Experience as the source of Learning and Development". Englewood cliffs, New Jersey: Prentice Hall.
- Lakhdar, Z., Culaba, I., Lakshminarayanan, V., Maquiling, J., Mazzolini, A. y Sokoloff, D. (2006). "Aprendizaje Activo de Óptica y Fotónica, Manual de Entrenamiento ALOP". UNESCO.
- McDermott, L. (1984). "Research on conceptual understanding in mechanics". Physics Today **37**, 24-32.
- Ramírez, M. (2009). "Aplicación del Sistema 4MAT en la Enseñanza de la Física a Nivel Universitario". Tesis Doctoral. CICATA-IPN.
- Ramírez, M. (2010). "Aplicación del Sistema 4MAT en la Enseñanza de la Física a Nivel Universitario". Revista Mexicana de Física **56** (1) 29-40, Junio 2010.
- Ramírez, González y Miranda, (2009). "Detección y análisis de errores conceptuales en estudiantes de física de nivel universitario utilizando el sistema 4MAT" Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 3, No. 1, Jan.2009, pág. 92-101.
- Samples, B., Hammond, B. y McCarthy, B. (1985). "4MAT and Science toward wholeness in science education". Barrington, Illinois: EXCEL.
- Sokoloff, D. (2006). "Aprendizaje Activo de Óptica y Fotónica, Manual de Entrenamiento". UNESCO.
- Sokoloff, D. & Thornton. R. (2004). "Interactive Lecture Demonstrations, Active Learning in Introductory Physics". John Wiley & Sons, Inc.
- Sokoloff, D. & Thornton, R. (1998). "Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the evaluation of active learning laboratory and lecture curricula". Am. J. Phys. **66**, 338-352.

Recibido: 26 de febrero de 2012

Aceptado: 29 de marzo de 2012