



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**MAESTRÍA EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA
SUPERIOR**

FACULTAD DE CIENCIAS

**Cómo utilizar las nuevas Tecnologías de la Información y
Comunicación para favorecer el aprendizaje de la física en el
bachillerato**

TESIS

QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:

**MAESTRO EN DOCENCIA PARA LA EDUCACIÓN MEDIA
SUPERIOR (FÍSICA)**

PRESENTA:

JAVIER DE JESÚS FONSECA MADRIGAL

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. MARÍA DEL PILAR SEGARRA ALBERÚ (FACULTAD DE CIENCIAS)

MIEMBROS DEL COMITÉ TUTORAL:

DR. DAVID RIVEROS ROSAS (FACULTAD DE CIENCIAS)

M. EN C. VÍCTOR ANTONIO MENDOZA IBÁÑEZ (FACULTAD DE CIENCIAS)

MÉXICO, D.F. ABRIL, 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

Índice

1. Introducción.....	9
2. Experiencias previas.....	11
2.1. Modelo didáctico del profesor Ramiro González.....	11
2.2. Experiencias en el uso didáctico de las TIC.....	13
3. Justificación.....	18
3.1. Las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación.....	18
3.2. Contexto de las NTIC en la educación.....	19
3.3. Posiciones contrarias al uso de las NTIC.....	23
3.4. Antecedentes en la UNAM y CCH.....	24
3.5. Modelo educativo del CCH.....	25
3.6. Uso de las TIC en CCH.....	27
3.7. Situación actual en CCH.....	28
4. Planteamiento del problema a resolver y pregunta de investigación.....	29
5. Marco teórico.....	30
5.1. Teorías del aprendizaje.....	30
5.1.1. Desarrollo cognitivo de Piaget.....	30
5.1.2. Interacción social de Vigotsky.....	31
5.1.3. Aprendizaje significativo de Ausubel.....	32
5.1.4. Constructivismo.....	34
5.1.5. Interpretación del constructivismo de Piaget-García.....	35
5.2. Modelos de enseñanza.....	40
5.2.1. Pensamiento crítico de Meyers.....	40
5.2.2. Aprendizaje basado en problemas (ABP).....	49
5.2.3. Aprendizaje como un proceso de investigación dirigida.....	52
5.2.3.1. Didáctica de Michelini.....	54
5.2.4. Educación problematizadora de Freire.....	55
5.2.5. Evaluación formativa e investigación educativa.....	57
5.2.6. Lenguaje escrito como recurso didáctico.....	59
5.2.7. Resumen.....	59
5.3. El uso de las TIC en la educación científica.....	60
5.3.1. Sensores, simulaciones y animaciones.....	61
5.3.2. Internet como fuente de consulta.....	64
5.3.3. Comunicación mediante la Web 2.0.....	65

6. Metodología.....	69
6.1. Enfoque temático: Termodinámica y calentadores solares.....	69
6.2. Propuesta metodológica.....	70
6.2.1. Experimentos llevados a cabo por alumnos.....	70
6.2.2. Preguntas de reflexión.....	72
6.2.3. Trabajo en equipo.....	74
6.2.4. Diálogo.....	75
6.2.5. Uso de las TIC.....	76
7. Desarrollo.....	79
7.1. Tema 1. Propedéutico.....	83
7.2. Tema 2. Ecuación de calor: $Q = c m \Delta T$	86
7.3. Tema 3. Calentamiento de agua con radiación solar.....	90
7.3.1. Funcionamiento del calentador solar de agua.....	91
7.3.2. Irradiancia, irradiación e insolación.....	97
7.3.3. Efectos del ángulo de incidencia de radiación solar.....	98
7.3.4. Programa de Estaciones Meteorológicas en la UNAM.....	100
7.3.5. Aplicación al diseño de un calentador solar.....	102
7.4. Experiencia adicional: Ondas mecánicas.....	103
8. Resultados.....	105
8.1. Herramientas de Internet que fueron utilizadas.....	105
8.1.1. Publicación en la Web.....	105
8.1.2. Foros.....	106
8.1.2.1. Características de los foros.....	106
8.1.2.2. Estrategias utilizadas en los foros.....	107
8.1.3. Cuestionarios en línea y formularios Google.....	109
8.1.4. Hojas de cálculo en Google.....	110
8.1.5. Otros recursos de Internet.....	110
8.1.6. Análisis comparativo: Google, Facebook, Moodle.....	111
8.2. Cómo se utilizaron las TIC en la docencia.....	113
8.2.1. Fuente de consulta.....	113
8.2.2. Medio de comunicación.....	114
8.3. Evidencias.....	117
8.3.1. Cuestionario de evaluación inicial y final.....	117
8.3.2. Encuestas de opinión.....	123
8.3.3. Entrevista.....	127

9. Conclusiones.....	128
9.1. Ventajas y desventajas de Moodle, Facebook y Google.....	129
9.2. Internet como fuente de consulta.....	130
9.3. Internet como medio de comunicación interactivo.....	130
9.4. ¿Alumnos cibernéticos?. Mitos y realidades.....	132
9.5. Recomendaciones.....	132
9.6. Conclusiones generales.....	133
10. Apéndice 1. Instrucciones de actividades experimentales.....	134
10.1. Ebullición del agua.....	134
10.2. Calentamiento de diferente tipo de sustancias.....	135
10.3. Relación energía – cambio de temperatura.....	136
11. Apéndice 2. Estructura del Curso-taller en Moodle.....	138
12. Apéndice 3. Cuestionario de evaluación previa-final.....	142
13. Apéndice 4. Encuesta aplicada al grupo 2.....	146
14. Referencias.....	149

Agradecimientos

A mis padres que me dieron la vida.

A Paty y mi hijo Yhasua quienes fueron una de las principales motivaciones para llevar a cabo este trabajo.

A Pilar Segarra por su valiosa asesoría, consejos, paciencia y amistad que hicieron realidad este proyecto.

A David Riveros quien aportó valiosos conocimientos y apoyo sobre energía solar para el desarrollo de esta tesis.

A Víctor Mendoza por su apoyo incondicional.

A Jorge Barojas por sus enseñanzas, apoyo y aportaciones para este proyecto.

A Marisa Michelini por sus enseñanzas y aportaciones para este proyecto.

A Ramiro González por sus valiosas aportaciones en mi formación como docente.

A Mario Rivera por su amistad y generosidad en compartir su experiencia sobre calentadores solares

A Roberto Miranda por sus consejos, apoyo y aportaciones para mejorar mi práctica docente.

A Emilio González por sus aportaciones sobre el uso de las nuevas tecnologías para la docencia.

A Alejandra Rivera por su apoyo para mis prácticas docentes.

A Vicente Rodríguez por su apoyo en el laboratorio.

A Virgen Guadalupe Huerta por sus aportaciones en mis prácticas docentes.

A mi colega Cuauhtli Martínez por los conocimientos que compartió conmigo.

A Guillermo Neumann por su amistad.

A Zoilo Ramírez por su amistad y apoyo.

A Sergio Collazo por su amistad y generosidad en compartirnos valiosas experiencias didácticas.

A Eduardo Escárcega por su amistad y enseñanzas.

A Manuel Salmenes por su amistad y apoyo incondicional en compartir valiosos conocimientos.

A Virginia Astudillo Javier Ramos Salamanca y los profesores del Grupo LAC del CCH Oriente por su valioso apoyo.

A Juan Américo González por su apoyo y valiosas enseñanzas.

A Alejandro González, Andrés Porta, Jorge Andrade y profesores de la Facultad de Ciencias por su apoyo y asesoría incondicional.

A Héctor Espinoza y familia por su valiosa amistad y enseñanzas.

A Isabel Ramos por su valioso apoyo y amistad.

A Eva García por su apoyo para la escritura de este trabajo.

A Verónica Venegas por su amistad.

A todos los profesores, amistades y personas que no nombro pero hicieron valiosas aportaciones para el desarrollo de este proyecto.

Al colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Sur por su apoyo para realizar este proyecto.

A DGAPA por el apoyo que recibí para realizar este proyecto.

A la Universidad Nacional Autónoma de México por brindarme la oportunidad de cursar esta maestría.

1. Introducción

El desarrollo y evolución de Internet ha traído grandes cambios en nuestras vidas. Actualmente es una de las fuentes principales de información a la que acudimos cuando consultamos sobre algún tema. También se ha convertido en uno de los medios de comunicación más importantes en nuestra vida cotidiana ya que nos permite intercambiar texto, imagen, audio, video en tiempo real o diferido y hasta utilizar programas interactivos con diversos propósitos. Sin embargo el sistema educativo escolarizado ha sido muy lento en reaccionar para hacer cambios que aprovechen los beneficios que aportan estas nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), a pesar de que individualmente las utilizamos, por lo que es necesario implementar actividades de exploración educativa que permitan desarrollar conocimientos y experiencia sobre cómo aprovechar estos beneficios en el sistema educativo, tarea en la que se adentró este trabajo.

Es por ello que el problema a resolver y la pregunta de investigación, que se plantea en el título de la tesis, es: ¿Cómo utilizar las nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación para favorecer el aprendizaje de la física en el bachillerato?. Se pretende que la respuesta a esta pregunta pueda ser transferida con facilidad a cualquier tema de la enseñanza-aprendizaje de la física, e incluso a otras materias del sistema escolarizado.

Para ello se diseñaron y llevaron a cabo experiencias didácticas con alumnos en las que se procuró obtener el mayor beneficio posible de las nuevas tecnologías integrándolas con estrategias de aprendizaje-enseñanza que tanto en la teoría como en la práctica han probado ser muy exitosas, como la experimentación y el trabajo en equipo. Dichas experiencias se implementaron en tres grupos distintos cuyo contenido abarcó de manera cronológicamente progresiva un enfoque para la enseñanza de la termodinámica. Para el primer grupo el objetivo de aprendizaje fue que los alumnos distinguieran los conceptos de energía interna, temperatura y calor. En el segundo se agregó la comprensión e interpretación de la ecuación $Q=cm\Delta T$ y finalmente en el tercero se añadió la comprensión del funcionamiento y diseño básico de un calentador solar. En las tres experiencias se utilizaron TICs pero de diferente forma, dependiendo de requerimientos cognitivos específicos como por ejemplo:

- Ayudas visuales con animaciones para la transmisión de conceptos
- Seguimiento a los alumnos en las actividades de búsqueda de información por Internet
- Exploración del uso de foros para la interacción entre alumnos y con el profesor

- El aprovechamiento de las nuevas tecnologías para facilitar actividades explorativas y experimentales tanto en casa y en clase.

El desarrollo del presente trabajo comienza con una descripción de experiencias previas en el uso didáctico de las nuevas tecnologías. En la justificación se hace una descripción del contexto y antecedentes de las TIC en relación a la educación en el Colegio de Ciencias y Humanidades (CCH), de manera que queda planteado el escenario desde el que se planteó la pregunta de investigación de este proyecto. En el marco teórico se incluyó una síntesis de las principales concepciones en teorías del aprendizaje, su aplicación mediante modelos de enseñanza específicos y el uso didáctico de las nuevas tecnologías. En la metodología se explican los criterios temáticos y pedagógicos que fundamentaron el diseño de las estrategias didácticas. En el desarrollo se hace una descripción de los procedimientos que implementaron con alumnos. Posteriormente se explican los resultados que se obtuvieron respecto a la pregunta de investigación y en las conclusiones se hace énfasis en los principales hallazgos en este proyecto y se presentan algunas recomendaciones para trabajos futuros. En los apéndices se incluyeron algunos datos que podrían ser de interés al lector, como las instrucciones de las actividades experimentales que se entregaron a los alumnos, la estructura de un taller que se trabajó en Moodle, el contenido de un cuestionario de evaluación previa y final así como una encuesta que se aplicó a los alumnos.

En términos generales se encontró que las TIC lejos de substituir a la enseñanza escolarizada son una herramienta, que dependiendo de las habilidades del profesor, permiten obtener beneficios de ella:

- Pueden facilitar la comprensión de conceptos abstractos mediante el uso de animaciones y videos.
- Apoyan actividades y desarrollo de experimentos al hacer llegar a los alumnos instrucciones por Internet para antes, durante y después de la clase.
- Permiten llevar a cabo algunas estrategias de interacción entre alumnos y profesor para obtener retroalimentación colectiva.
- Facilitan actividades de análisis de tipo metacognitivo para obtener niveles más profundos de aprendizaje.
- Mediante la interacción con el profesor es posible fomentar que el alumno logre alcanzar niveles más profundos de comprensión en su búsqueda de información, como por ejemplo cuando se fomenta la inclusión de videos al consultar Internet, o cuando se solicita al alumno que utilice la información consultada para resolver un problema.

2. Experiencias previas

2.1. Modelo didáctico del profesor Ramiro González

Uno de los más grandes retos que típicamente enfrentamos los profesores, al que contradictoriamente suele dársele nula o poca importancia en nuestra formación curricular, es el desarrollo de habilidades para el manejo de grupo. Por lo común cada quien se las arregla como puede para *reinventar la rueda*, con resultados que distan mucho de ser óptimos, incluso para los que manejan conceptos pedagógicos, porque es diferente la teoría que la práctica. Es por ello que como parte de la formación docente considero necesaria la experiencia de observar el trabajo de profesores expertos. Algo similar al papel que jugaban los aprendices en antaño, o los estudiantes de medicina cuando hacen sus guardias en los hospitales.

El Colegio de Ciencias y Humanidades en sus orígenes se caracterizó por innovar el modelo educativo en contraposición a la enseñanza tradicional. En este contexto el profesor Ramiro González Ayón formó parte del grupo de docentes con los que inició el Colegio, por lo que vivió la experiencia del desarrollo y evolución en esta institución. Actualmente enseña la materia de química con un modelo educativo que ha perfeccionado a través de la experiencia y es reconocido por alumnos que han pasado por sus grupos, lo que constaté en comunicación directa con ellos, quienes expresan su habilidad de manejo del grupo de manera dinámica y motivadora. Como parte de mi experiencia formativa en el CCH tuve la oportunidad de conocer al profesor González, e incluso de acompañarlo en calidad de oyente durante un semestre en uno de sus grupos, lo que me permitió observar, asimilar y aprender a manejar mis grupos.

Por lo anterior, considero muy importante describir desde mi propia perspectiva esta experiencia como parte de los fundamentos que estuvieron presentes en mi práctica docente y que ejemplifican una de las formas de llevar a cabo en los hechos los principios pedagógicos expuestos en el presente trabajo.

Podría sintetizar la esencia de este modelo en los siguientes tres aspectos sin pretender por ello llegar a detalles cuya explicación rebasa los límites de este trabajo.

Enseñanza basada en preguntas y trabajo colectivo: La dinámica de la clase está articulada con base en preguntas generadoras, orientadas hacia aspectos fundamentales en la comprensión de los temas. Estas preguntas pueden plantearse como parte de alguna actividad experimental o para

profundizar en algo particular sobre algún tema. A través de ellas se reta a los alumnos a dar explicaciones argumentadas, cuyo fundamento será evaluado por encima del grado de correcto o erróneo en las respuestas, ya que el objetivo es estimular la reflexión argumentada en los alumnos. Se proporciona el tiempo suficiente, de aproximadamente 10 minutos, para que **por equipos** se comuniquen entre ellos intercambiando puntos de vista y lleguen a conclusiones. Sólo un representante de cada equipo pasa a exponer mientras TODO el grupo escucha en silencio. El profesor interviene hasta el final haciendo observaciones sobre la argumentación de cada equipo, corrigiendo y aclarando lo necesario, o incluso replanteando alguna actividad.

Diálogo continuo: Este punto es particularmente valioso en el trato con los jóvenes del bachillerato. En caso que se llegara a presentar alguna dificultad, conflicto o inconformidad durante el desarrollo de las clases, el diálogo público es un excelente método para escuchar a los alumnos e intercambiar argumentos, tomarlos en cuenta y llegar a acuerdos que por lo mismo ellos aceptan. La principal forma en la que se lleva a cabo el diálogo es a través de las preguntas que plantea el profesor y argumentan los alumnos, pero también se aplica en la revisión de trabajos extraclase de investigación cuyos resultados se evalúan mediante participaciones de los alumnos, o bien a través de la supervisión del profesor en las actividades de clase. Uno de los aspectos que el profesor González remarca constantemente a sus alumnos es que *“para ser escuchado hay que saber escuchar”*, lo cual ejemplifica poniendo mucha atención a lo que dicen sus alumnos y lo demuestra cuando llega su turno de retroalimentarlos. En caso de alguna interrupción la clase se detiene, de manera que se recalca el respeto a la palabra e inculca la habilidad de escuchar que permite que la comunicación sea posible.

Evaluación diaria mediante acumulación de puntos: Esta forma de evaluación consiste en asignar un máximo de puntos a cada actividad en clase que serán alcanzados dependiendo del resultado obtenido. Al final de la clase cada alumno indica públicamente al profesor el total de puntos que acumuló, de los cuales deberá rendir cuentas en caso de que cualquier alumno o el profesor lo solicite. De esta manera, cada quien va acumulando los puntos que constituirán su calificación proporcionalmente con respecto al máximo. Existe la posibilidad de plantear algunas actividades extra para los que deseen incrementar su calificación. Es importante hacer varios cortes de calificación parciales, indicando a los alumnos que esta sería su calificación final si en ese momento terminara el semestre, y después darles un tiempo de reflexión para que hagan una evaluación del trabajo individual, por equipo y del desarrollo del curso. Los resultados se dan a

conocer públicamente a todo el grupo, lo que permite identificar situaciones que podrían estar obstaculizando el trabajo, corregirlas desde el principio y darles seguimiento en los siguientes cortes parciales.

Con esta breve síntesis se puede apreciar cómo están entrelazados tanto elementos de enseñanza activa, como de motivación y formación de valores. A los alumnos les gustan los retos, ser tomados en cuenta y respetados. Todo ello ocurre con esta dinámica al ponerlos a explicar con sus propias palabras pero con la instrucción de argumentar con fundamentos sólidos. Al principio las respuestas de los alumnos tienden a ser simplistas, pero con la intervención del profesor quien les cuestiona con argumentos, poco a poco se va estimulando y desarrollando la capacidad de reflexión crítica en un ambiente de diálogo continuo y respetuoso. Esta dinámica facilita una retroalimentación debido a que el profesor está monitoreando constantemente las concepciones de los alumnos, lo que le permite intervenir para hacer las aclaraciones o modificaciones pertinentes a las actividades en clase en función del pensamiento de ellos.

2.2. Experiencias en el uso didáctico de las TIC

Una consecuencia de los videos en YouTube fue que comenzaron a aparecer temas sobre aspectos científicos relacionados con la física. Estos videos utilizan imágenes en movimiento para explicar los fenómenos físicos, lo que permite comunicar conceptos específicos de una manera muy sencilla, explícita y fácilmente entendible. Así fue como comencé a descargar algunos materiales en mi laptop, que podía conectar a la televisión del laboratorio gracias a la conexión de *super video*. El primer uso que les di fue para reforzar algunos conceptos estudiados previamente en clase. Posteriormente comencé a utilizar estrategias didácticas que hacían interactuar a los alumnos con la computadora al solicitarles alguna actividad mediante la cual les pedía llegar a algún resultado. A continuación presento una descripción de algunas de estas estrategias:

Gravitación universal

Durante mucho tiempo quise saber por qué los planetas describen órbitas elípticas y no circulares. Pasó mucho tiempo antes de contestar a esta pregunta hasta que observé una animación sobre gravitación universal diseñada en el sitio [edumedia-sciences](http://www.edumedia-sciences.com)¹. La animación consiste en una bala de cañón que se dispara a cierta altura de la superficie terrestre y permite seleccionar diferentes

¹ <http://www.edumedia-sciences.com/es/a211-gravitacion-universal>

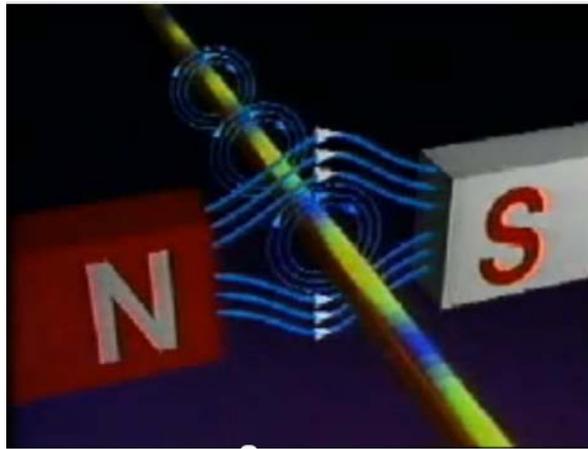
velocidades iniciales para después observar lo que sucede. Dependiendo de la velocidad inicial, la bala experimenta caída libre, tiro parabólico, o bien comienza a orbitar. Para una velocidad particular la trayectoria de la bala es circular, pero conforme se incrementa esta velocidad, la bala describe órbitas elípticas. Al hacerlo se observa que conforme la trayectoria de la bala se acerca a la tierra (disminuye su energía potencial), la bala incrementa su rapidez, y conforme se aleja (aumenta su energía potencial), disminuye su rapidez. La conclusión elemental de este fenómeno es que la energía total, que es la suma de la energía cinética y potencial se conserva.

Esta experiencia la he compartido con alumnos preguntándoles si se han preguntado alguna vez porqué los planetas describen órbitas elípticas y no circulares, después les muestro la animación en clase y les pido que observen lo que sucede para que ellos caigan en la cuenta de las diferencias de velocidades y relacionen la suma de energías potencial y cinética con la conservación de la energía.

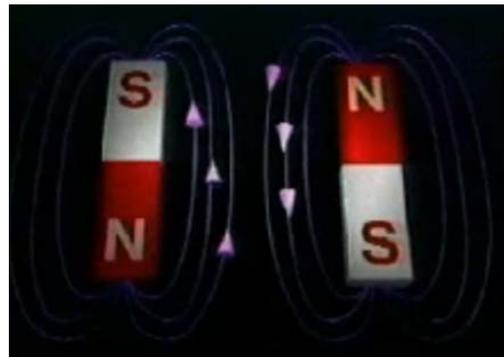
El trabajo con esta animación tuvo una doble aportación a los alumnos: mientras que en el aspecto motivacional proporcionó un dato interesante para su cultura general, ayudó a reforzar los conceptos de energía potencial, cinética y conservación de la energía al explicar el movimiento planetario.

Explicación de la Fuerza de Lorentz

Si se hace pasar una corriente eléctrica a través de un campo magnético, ésta experimenta una fuerza en dirección perpendicular tanto al campo magnético como a la corriente eléctrica conocida como Fuerza de Lorentz. Esta fuerza es el principio del funcionamiento de los motores eléctricos. La mayoría de los libros de texto se limitan a dar una descripción del fenómeno, pero no explican la causa de éste. Una pregunta que surge naturalmente a esta pregunta es: puesto que según la Ley de Ampere toda corriente eléctrica genera un campo magnético circular que es perpendicular al sentido de la corriente, la Fuerza de Lorentz debe ser resultado de fuerzas de atracción y repulsión magnéticas.



La respuesta a esta pregunta no es tan sencilla, puesto que no hay forma de determinar los polos norte-sur en un campo magnético cuyas líneas describen una trayectoria circular, sin embargo en un video de YouTube explican lo que sucede²: Si se colocan dos imanes paralelos cuyos polos apuntan en la misma dirección, como se muestra en la primera figura, habrá repulsión entre ellos. Se observa que las líneas del campo magnético entre los imanes apuntan en el mismo sentido.



Si se colocan los imanes con los polos invertidos, habrá atracción entre ellos. En la figura se observa que las líneas del campo magnético entre ellos apuntan en sentidos opuestos.

De ahí se concluye que cuando las líneas de los campos magnéticos van en el mismo sentido, habrá repulsión, mientras que en sentidos opuestos habrá atracción.

Este hallazgo dio origen a una experiencia didáctica donde se les solicitó a los alumnos que siguieran las instrucciones del Blog <http://comprendiendolafuerzadelorentz.blogspot.mx/> las cuales

² Electromagnetism 4: The Motor Principle. <http://www.youtube.com/watch?v=0d859te8Owg>

consisten en ver el video de YouTube, contestar unas preguntas de reflexión y exponer por equipos en el salón de clase la explicación de la Fuerza de Lorentz. Al final de la actividad pregunté que les había parecido la experiencia. Hubo respuestas diversas, desde quienes no hicieron la actividad o se confundieron porque el video está en inglés y manejan al revés el sentido del campo magnético³, otros equipos lograron dar la explicación en clase, una alumna fue más allá de lo que se pidió en las instrucciones y en su exposición explicó cómo funciona un motor eléctrico y por último un alumno reclamó por qué se había utilizado esta estrategia hasta el final de la clase y no antes, pues manifestó que la experiencia había sido muy significativa para él.

Inercia y filmación de un video

El movimiento inercial es un concepto que es difícil de comprender y aceptar, debido a que nuestro sentido común nos hace creer, como lo hizo Aristóteles, que todo tiende de manera natural al reposo. La realidad es que si hacemos a un lado las fuerzas como la fricción y la atracción gravitacional que hacen que esto ocurra en la tierra, observamos que los objetos conservan su velocidad, a menos que una fuerza externa actúe sobre ellos. Esto es lo que se conoce como movimiento inercial o primera Ley de Newton.

Para lograr una mejor comprensión de este concepto en los alumnos, se llevó a cabo una actividad didáctica que consistió en solicitarles que dejaran caer una pelota en el interior de un vagón del metro cuando éste estuviera en movimiento a velocidad constante, acelerando, frenando y dando vuelta para que expusieran en clase una explicación del movimiento inercial mostrando el video.

El resultado de esta experiencia contrastó en los resultados de las evaluaciones con respecto a semestres anteriores. En esta ocasión se observó que casi todos los alumnos quedaron convencidos del movimiento inercial y fueron capaces de explicarlo certeramente.

³ En clase habíamos utilizado el sentido convencional que es contrario al movimiento de los electrones que muestran en el video.

Aceleración y Bugatti Veyron⁴

El Bugatti Veyron fue en su momento el automóvil más rápido del mundo, con una velocidad máxima de 407 km/h. En YouTube se observa cómo llega a esta velocidad en una pista especial en Alemania. Algunos videos muestran el velocímetro del automóvil al acelerarlo en diferentes intervalos de velocidades. Puesto que se puede medir el tiempo del video, es posible calcular la aceleración del Bugatti. Esta experiencia ha sido muy ilustrativa y motivadora para los alumnos a quienes les solicito lleven a cabo los cálculos de aceleración, y después que hagan una reflexión para explicar por qué disminuye la aceleración conforme el Bugatti va más rápido. Al respecto en el video se indica que cada vez se requiere más potencia para incrementar la velocidad debido a la resistencia del aire. Este video ha resultado un excelente elemento motivacional que permite vincular el contenido curricular con una aplicación relacionada con la experiencia cotidiana de los alumnos. Adicionalmente, estos videos están a su alcance, por lo que pueden acudir a ellos cuantas veces lo deseen.

En otros dos videos de YouTube se observa una competencia del futbolista Cristiano Ronaldo con el Bugatti y otra entre el Bugatti y un Jet. El resultado es que Ronaldo le gana al Bugatti en el arranque y el Bugatti le gana al Jet en el arranque. Después ver los videos, les solicito a los alumnos que por equipos den la explicación de este fenómeno, para lo cual tienen que recurrir a la relación inversamente proporcional entre aceleración y masa establecida en la Segunda Ley de Newton. Esta experiencia ha resultado bastante significativa tanto motivacionalmente como en la comprensión de los alumnos quienes logran explicar que es mayor la aceleración en los cuerpos con menor masa y viceversa debido a la masa inercial, lo que ha sido de gran valor para que ellos puedan comprender y explicar la segunda Ley de Newton.

Inducción electromagnética

En el año 2011 tuve una experiencia interesante con alumnos del curso física 4. Les solicité a algunos de ellos que construyeran un pequeño generador utilizando alambre de magneto, un pedazo de tubo PVC, imanes de los conocidos como “tierras raras” y dos LEDs. Les pedí a los alumnos que descubrieran cómo funcionaba y explicaran sus hallazgos frente a grupo. Conforme fueron transcurriendo las exposiciones, los alumnos del grupo fueron identificando las variables físicas que intervenían en el fenómeno, de manera que lograron construir explicaciones bastante acertadas a nivel conceptual, lo cual fue un buen logro en la primera etapa de aprendizaje, sin embargo faltaba

⁴ Véase el blog: <http://jevifons-mecanica.blogspot.mx/>

formalizar el fenómeno en lenguaje matemático. En Giancoli (2006) encontré una explicación bastante clara del tema, así que decidí escanear la página y colocarla en Internet junto con algunas instrucciones para los alumnos, aprovechando que el laboratorio donde daba clases estaba equipado con computadoras. La estrategia didáctica consistió en solicitar a los alumnos que por equipo entraran a la página del blog <http://jevifons-fisica4.blogspot.mx/> que diseñé para el curso de física 4 y siguieran las instrucciones dentro del tema “INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA” donde se les pedía que abrieran el documento escaneado, contestaran algunas preguntas de comprensión y resolvieran unos ejercicios de aplicación. Durante la clase me dediqué a asesorar a los equipos para resolver las dudas que se suscitaron de la lectura del libro. Al final de la clase los alumnos externaron comentarios muy positivos de la clase.

Una aportación logística de esta estrategia fue la posibilidad de hacer llegar la información a los alumnos de manera inmediata, sin necesidad de llevar fotocopias del libro ni de invertir tiempo al inicio de la clase para dar instrucciones a los alumnos. Ellos se pusieron a trabajar desde el inicio de la clase.

Observaciones

Las estrategias que acaban de describirse proporcionan una idea general de los antecedentes que han constituido el punto de partida para plantear este proyecto de tesis, cuyo propósito será profundizar en el aprovechamiento del potencial que ofrece Internet para crear mejores condiciones de enseñanza-aprendizaje, a manera de ofrecer un panorama general sobre alternativas didácticas que podrán aprovecharse de diferente manera, dependiendo de las particularidades y necesidades de cada tema.

3. Justificación

3.1. Las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación

Los seres humanos estamos experimentando cambios importantes en nuestras vidas debido al desarrollo de la tecnología. Las últimas décadas se destacaron por la evolución de las computadoras, los medios de comunicación digitales y el Internet. Actualmente se habla de las "Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación" (TIC, TICs o NTIC) para hacer referencia a la comunicación por Internet.

Las TIC se desarrollan a partir de los avances científicos producidos en los ámbitos de la informática y las telecomunicaciones. Las TIC son el conjunto de tecnologías que permiten el acceso,

producción, tratamiento y comunicación de información presentada en diferentes códigos (texto, imagen, sonido,...). Cabero (1998) considera que las TIC proceden de la articulación de sistemas de información, computadoras y sistemas de comunicaciones remotas:

En líneas generales podríamos decir que las nuevas tecnologías de la información y comunicación son las que giran en torno a tres medios básicos: la informática, la microelectrónica y las telecomunicaciones; pero giran, no sólo de forma aislada, sino lo que es más significativo de manera interactiva e interconexiónadas, lo que permite conseguir nuevas realidades comunicativas. (p. 198).

El sector de la población más notoriamente afectado son nuestros jóvenes y adolescentes pues sus vidas están ligadas a la tecnología debido al uso cotidiano de las computadoras y teléfonos celulares que actualmente también forman parte de las nuevas tecnologías. Por otra parte, debemos considerar el requerimiento de que nuestros estudiantes de hoy estén capacitados para responder a la demanda creciente del entorno social en el uso de estas tecnologías.

La evolución de la computación y medios de comunicación ha sido tan rápida que apenas comenzamos a percatarnos de lo que está ocurriendo. Vale la pena preguntarnos ¿cuáles serán las consecuencias en nuestras vidas? o más aún, ¿cuál será su potencial en la transformación de la humanidad, ¿cómo impactará esto en la educación? ¿cómo será esta nueva educación?, ¿hacia dónde nos llevará?...

3.2. Contexto de las NTIC en la educación

Independientemente de que lo reconozcamos o no, las TIC están cambiando cada vez más los escenarios de la educación. Kan (2011) en su artículo describe que en el mundo y particularmente en Malasia cambió el modo de enseñar de los educadores y el proceso de aprender de los estudiantes debido al impacto de las nuevas tecnologías sobre las estrategias de comunicación. El relaciona estos cambios con las reformas educativas en Estados Unidos de las últimas décadas que ahora están enfocadas en el aprendizaje centrado en el estudiante, en que éste desarrolle “*la habilidad de retener, sintetizar y aplicar información conceptualmente compleja con maneras llenas de significado*”. Argumenta que el diseño multimedia facilita esta tarea, ya que “*el estudiante es forzado a representar información y conocimiento en nuevas formas innovadoras y creativas*”. Incluso sostiene que las TIC fomentan el trabajo colaborativo y el aprendizaje activo al argumentar que son elementos clave para

buscar y aprender. Menciona que el *aprendizaje cooperativo* es una reacción a los cambios sociales que se focalizan más al trabajo en equipo debido a que las tareas de comunicación están siendo cada vez más importantes en la *sociedad basada en el conocimiento*; por último argumenta que este aprendizaje cooperativo representa un cambio del enfoque centrado en el profesor al aprendizaje del estudiante en grupos.

En materia de política educativa, Cabero (2008) menciona que la primera cumbre mundial sobre la *Sociedad de la Información* celebrada en Suiza en 2003 se señala el deseo de una *sociedad de la información* que promueva el desarrollo sostenible y la mejora de su calidad de vida. Crovi (2011) menciona que en la *Declaración Mundial sobre la Educación Superior en el siglo XXI*, aprobada en la *conferencia mundial sobre educación superior* convocada por la UNESCO en París, Francia en 1998, en su artículo 12, “habla sobre la necesidad de crear nuevos entornos pedagógicos que van desde los servicios de educación a distancia hasta los establecimientos y sistemas virtuales de enseñanza”. Actualmente la UNESCO (s.f.) expresa en su portal que ha dedicado una parte significativa de sus acciones a difundir y promover el uso de las TIC:

Las tecnologías de la comunicación pueden ampliar el acceso al aprendizaje, mejorar la calidad y garantizar la integración. Donde los recursos son escasos, la utilización prudente de materiales de fuente abierta por medio de las TIC puede contribuir a superar los atascos que genera la tarea de producir, distribuir y actualizar los manuales escolares.

... El papel que la UNESCO desempeña es tanto normativo como informativo, ya que acopia datos y ejemplos del uso de las TIC en la educación y difunde ampliamente la información al respecto.

La Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura OEI (2010) dedica apartados especiales a las nuevas tecnologías. Citó el siguiente pensamiento de Piscitelli donde plantea el reto que enfrentamos los profesores en la actualidad debido al desarrollo de las nuevas tecnologías:

Casi nada del currículo tradicional puede vehiculizarse como otrora. El desafío es doble: hay que aprender cosas nuevas, y tenemos que enseñar las cosas viejas de un modo nuevo, y siendo ambas tremendamente difíciles de lograr, quizás lo más

desafiante es enseñar lo viejo con ojos nuevos. (p. 116).

Esta organización considera la necesidad tanto de la *alfabetización digital de la población* como su introducción en el *proceso de enseñanza-aprendizaje*. Para su incorporación en el proceso de enseñanza y aprendizaje plantea tres desafíos fundamentales: lo relativo a la *infraestructura tecnológica*; su *integración curricular* y la provisión de *contenidos digitales pedagógicos*.

Un interesante ejemplo de lo anterior es el proyecto SchoolNet soportado por las fundaciones UNESCO, Funds-in-Truth y ASEAN (2005) quienes publicaron un CD, disponible en Internet, con materiales multimedia acompañados de secuencias didácticas para el aprendizaje de inglés, matemáticas y ciencias.

En cuanto a infraestructura podemos considerar que la evolución de las nuevas tecnologías está ofreciendo cada vez mayores y mejores alternativas de comunicación debido a que utilizan de manera interactiva texto, imágenes, audio, video, animaciones, etc., por lo que hoy día es mucho más fácil comunicar ideas, conceptos, representaciones, etc. Si la aparición de la imprenta tuvo un impacto muy fuerte sobre la educación y formas de acceder al conocimiento, ¿qué podemos esperar ahora de Internet?. Brunner (2000) argumenta la hipótesis de que estamos viviendo algo tan importante que puede incluso ser equiparable con una *cuarta revolución*⁵ y menciona que:

es probable que hoy estemos a las puertas de una nueva revolución educacional. Tanto el entorno en que opera la escuela, como los propios fines de la educación, están siendo transformados drásticamente y rápidamente por fuerzas materiales e intelectuales que se hallan fuera del control de la comunidad educacional pero cuyos efectos sobre ésta serán inevitables (p. 9).

Los medios digitales nos permiten comunicarnos con formatos multimedia (texto, imagen, audio y video), de una manera que nunca antes había sido vista por la humanidad, lo cual impacta como un nuevo paradigma al sistema educativo actual. Al respecto, Brunner argumenta que se están creando formas de acceso a la educación acordes a las necesidades de los estudiantes:

la educación virtual permitiría alcanzar objetivos que hasta aquí han estado fuera del alcance de la empresa educativa: poner a disposición de todos, de manera accesible, toda la información y el conocimiento disponibles; facilitar que los

⁵ Cabero (2008) menciona como revoluciones tecnológicas a la agrícola, artesanal, industrial, postindustrial y la de la información o del conocimiento.

alumnos lo absorban de acuerdo a sus necesidades, capacidades y en función del conocimiento previamente adquirido; y que lo hagan de la manera y de acuerdo a las formas de inteligencia que mejor les permitan avanzar (p. 34).

La Royal Society for the Encouragement of Arts Manufacturers and Commerce (RSA) publicó un video en Internet de Robinson (2010) sobre cambios en los paradigmas del sistema educativo. El video muestra un interesante argumento, compatible con la hipótesis de Brunner sobre la revolución del sistema educativo. Menciona que éste se originó en la cultura intelectual de la ilustración, en el contexto de la revolución industrial. Que las ideas iniciales y la forma como ha funcionado ya no responden a las necesidades de las personas, además de que la enseñanza tradicional entra en contraposición con las novedosas formas de aprendizaje en la actual sociedad de la información y el conocimiento, que forma parte del entorno cotidiano de nuestros alumnos.

Web 2.0 de medio de información a comunicación

Internet comenzó siendo un medio de *información* porque solamente publicaban quienes tenían acceso a la edición de páginas Web. Actualmente con la llamada Web 2.0 Peña (2006) estamos viviendo la etapa de *comunicación* porque ahora cualquier usuario puede publicar contenidos en la red. Ejemplo de esto son los videos de YouTube, los Blogs gratuitos, las redes sociales como Facebook, sitios para subir imágenes como Flickr, etc.

Una consecuencia de la Web 2.0 es el *trabajo colaborativo* en Internet. Ejemplo de esto es el desarrollo del *software libre* a cargo de un grupo de programadores en todo el mundo. Así fue como se desarrolló el *núcleo* o *kernel* de los sistemas operativos conocido como *Linux*⁶ que era lo que faltaba para hacer funcionar una versión de UNIX⁷ para PC desarrollada por el *proyecto GNU*⁸, a cargo de la *Free Software Fondation*. Otro ejemplo de *trabajo colaborativo* es el uso de Wikis, como la conocida Wikipedia. Esta enciclopedia se distingue porque su contenido es escrito por cualquier persona que desee hacerlo. En Wikipedia está la siguiente explicación de Wiki:

*Un **wiki** o una **wiki** (del [hawaiano](#) wiki, 'rápido')¹ es un [sitio web](#) cuyas [páginas](#) pueden ser editadas por múltiples [voluntarios](#) a través del [navegador web](#). Los*

6 Para una explicación más detallada sobre la historia de Linux, véase Miranda (2002).

7 UNIX es un sistema operativo que funcionaba en computadoras centrales a las cuales se accedía mediante terminales.

8 La fundación para el desarrollo de programas libres y gratuitos es una organización no lucrativa que ha apoyado de diversas maneras al proyecto GNU. Sus siglas son un acrónimo recursivo de “GNU no es UNIX”. Aunque técnicamente GNU funciona como UNIX difiere en que funciona bajo los lineamientos de programas libres y gratuitos.

usuarios pueden crear, modificar o borrar un mismo texto que comparten. ...La mayor parte de los wikis actuales conservan un historial de cambios que permite recuperar fácilmente cualquier estado anterior y ver qué usuario hizo cada cambio, lo cual facilita enormemente el mantenimiento conjunto y el control de usuarios nocivos. Habitualmente, sin necesidad de una revisión previa, se actualiza el contenido que muestra la página wiki editada.

Algunas herramientas de la Web 2.0 útiles para la educación que son accesibles al público de manera gratuita son: correo electrónico, Blogs, foros, edición simultánea de documentos, hojas de cálculo y mapas conceptuales, visualización y publicación de videos, animaciones, archivos compartidos (Ejemplo: Dropbox), edición colaborativa de Wikis, herramientas de comunicación simultanea como chats, y plataformas diseñadas especialmente para la educación como el sistema MOODLE.

3.3. Posiciones contrarias al uso de las NTIC

Después de aplicar una encuesta en el CCH Sur los resultados muestran que la mayoría de los profesores no utilizan las NTICs. Incluso de los profesores del CCH Sur que tienen la oportunidad de trabajar en laboratorios equipados con computadoras para los alumnos, son pocos los que las utilizan. He escuchado comentarios de profesores que explícitamente se oponen a ello porque no lo consideran importante puesto que ya tienen establecida su forma de dar clases, consideran que es adecuada y no necesitan hacer cambios. Es respetable esta opinión, pero hay dos aspectos importantes que se dejan de lado: que los alumnos sí utilizan el Internet como fuente de información para hacer sus tareas y que se logran mejores estrategias cuando se diversifican los recursos didácticos utilizados. ¿Porqué entonces dejar fuera una herramienta con tan gran potencial?

Se habla también de que no todos los alumnos tienen computadora, lo cual es una desventaja para ellos. Sin embargo esto está cambiando porque cada vez hay más opciones: han proliferado los negocios que ofrecen el uso de computadoras conectadas a Internet. En las escuelas cada vez están mejores equipados los centros de cómputo. La SEP ha comenzado a ofrecer espacios gratuitos para hacer consultas en Internet. Por otra parte, el que no la tengan no los exime de que les pidan saber usarlas en cualquier carrera y empleo.

Por último, podríamos pensar que el desarrollo de las NTIC nos lleva a la enajenación, deshumanización e incluso a la incomunicación por estar “pegados” a la computadora. Ante esto podemos hacer la analogía con las herramientas de trabajo. El que sean buenas o malas no depende de la herramienta en sí, sino del uso que se les de. Pueden utilizarse para hacer algún daño o para construir. Podemos enajenarnos con el Internet y hasta incomunicarnos con las personas a nuestro alrededor como con cualquier otra actividad que hagamos con el fin de evadirnos, o podemos aprovecharlo para contactar y colaborar con otras personas, para obtener conocimiento y aplicarlo en nuestra vida cotidiana sin necesidad de que esto nos lleva a la enajenación. Todo depende de lo que esté buscando quien está frente a la pantalla de la computadora y de que las instituciones educativas y los profesores asumamos nuestra responsabilidad de encauzar el uso de esta herramienta en beneficio de nuestros alumnos o con nuestra indiferencia seamos cómplices de subutilizarla.

3.4. Antecedentes en la UNAM y CCH

Uno de los profesores fundadores del CCH Ramiro Gonzalez (2010) explica que desde 1988 los profesores de ciencias del Colegio de Ciencias y Humanidades Plantel Sur desarrollaron un proyecto denominado ENCICO (Enseñanza de las Ciencias con Computadora) que inició con computadoras Commodore 64 en el cual se vinculó la nueva tecnología con algunos aspectos de los programas de física. Posteriormente se constituyó el Laboratorio ENCICO con la dotación de ocho computadoras 486 con el apoyo de rectoría. Lamentablemente el proyecto se suspendió por el robo de todas las computadoras en un fin de semana de 1990.

En CCH Oriente el “Laboratorio Asistido por Computadoras”, conocido como Grupo LAC cuenta con una experiencia de alrededor de 20 años de trabajo en actividades experimentales de medición con sensores en computadora y mediciones con cámara rápida, que continúa hasta la fecha, por lo que se cuenta con una valiosa experiencia en docencia y nuevas tecnologías.

En 2004 se llevó a cabo un taller en el CCH Sur donde el profesor Emilio García dio a conocer algunas actividades experimentales con los sensores marca *LABEL* que después de haber estado almacenados durante algunos años puso en operación gracias a su entusiasta trabajo y dedicación.

En los últimos años han destacado acciones de las autoridades en el CCH para incorporar el uso de las nuevas tecnologías (TIC, TICs o bien NTIC para abreviar Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación) en la educación media superior; En la UNAM se incorporó el Salón en línea

ALUNAM ofreciendo diversos servicios a los profesores como la posibilidad de desarrollar un curso en Moodle, aulas virtuales, etc.; se han dado varios cursos de la plataforma MOODLE; para finales de 2010 dos generaciones concluyeron el diplomado *Aplicaciones de las TIC para la enseñanza* organizado por la Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC) de la UNAM; posteriormente se nos invitó a participar en el diplomado *Gestión del Conocimiento en Ambientes Educativos asistidos por TIC* a cargo de la Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia (CUAED) también de la UNAM. La CUAED junto con el Centro de Alta Tecnología de Educación a Distancia (CATED), desarrollaron una plataforma de software denominada SAE (Sistema de Apoyo Educativo) la cual han puesto a disposición de los profesores:

*"con el SAE se pretende reducir la carga administrativa de los docentes, permitiéndoles organizar su trabajo con mayor eficacia y capacitándoles para reflexionar sobre su propia práctica, así como detectar nuevas necesidades educativas de sus estudiantes"*⁹.

En verano del 2010 se llevó a cabo la remodelación de algunos laboratorios en todas las instituciones de educación media superior de la UNAM; Colegio de Ciencias y Humanidades y Escuela Nacional Preparatoria, a través del proyecto "Laboratorios de Ciencias para el Bachillerato UNAM" a cargo del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET). En 2012 se construyó una propuesta de laboratorio prototipo en el CCH Sur diseñado conjuntamente por profesores y autoridades del plantel. En este laboratorio se conjuntaron tanto especificaciones didácticas como tecnológicas, de manera que se integraran características como la movilidad de espacios acorde al modelo educativo del plantel con las Nuevas Tecnologías. No obstante, aunque ya existen algunos espacios equipados con computadoras, la mayoría de las aulas no las tienen.

A nivel institucional en la UNAM cambió la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA), por la Dirección General de cómputo y de Tecnologías de la Información y Comunicación (DGTIC). Ahí se ofrecen cursos de formación en las TIC, como el diplomado ya mencionado "*Aplicaciones de las TIC para la enseñanza*" que ofrece a los profesores acceso a MOODLE a través de un servidor administrado por la dependencia Hábitat Puma.

3.5. Modelo educativo del CCH

La creación del Colegio de Ciencias y Humanidades dada a conocer en la Gaceta Amarilla de la

⁹ Tomado de el último párrafo dentro de la opción "arquitectura" en "acerca de" en: <http://sae.cuaed.unam.mx/>

UNAM (1971) ofreció la posibilidad de aplicar modelos pedagógicos alternativos a la educación *tradicional o enciclopédica*, que pusieron énfasis en el alumno como actor principal de su proceso de aprendizaje propiciado por el profesor. En el Modelo Educativo del CCH se hace alusión explícita a ello dentro de la mencionada *cultura básica* y se indican los papeles que deben jugar alumnos y profesores en el entorno educativo. Se describe que el modelo es:

*“de **cultura básica**, propedéutico ... y está orientado a la formación intelectual ética y social de sus alumnos considerados sujetos de la cultura y de su propia educación”.*

En una descripción sintética del término cultura básica, bajo el término *aprender a aprender*, se mencionan aspectos relacionados con la adquisición de conocimiento y su aplicación tanto curricular como actitudinal:

*la cultura básica se integra por las capacidades de **aprender a conocer** (acceso a la información y su organización: lectura de libros y textos), **aprender a hacer** (la puesta en práctica de los conocimientos: la experimentación en los laboratorios, la investigación y producción de textos en la clase-taller), **aprender a ser** (la adquisición y ejercicio de los valores de la cultura contemporánea: respeto, tolerancia, solidaridad, etc.), y que se sintetizan en el **aprender a aprender** (capacidad del alumno de seguir aprendiendo, y asumirse como sujeto de su cultura y educación).*

Otro elemento importante está relacionado con la *metacognición* al mencionar que el alumno:

“sea un estudiante crítico, esto es que el alumno sea capaz de analizar y valorar los conocimientos adquiridos, de forma tal que le permita afirmarlos cuestionarlos o proponer otros diferentes”.

Por lo anterior, se plantea la necesidad de orientar las actividades en el aula para desarrollar la capacidad de *aprender a aprender*. Para tal efecto deberán considerarse actividades en clase como: el *manejo de fuentes bibliográficas*, la *producción de textos*, la *experimentación*, la *investigación de campo* y fomentar el *trabajo en grupo*. Se considera importante que el alumno valore la autoformación y autonomía que vaya alcanzando progresivamente.

Para este modelo ya no se trata de aceptar la palabra del profesor como inequívoca, sino de que

el alumno utilice su propio criterio y sentido común, que aprenda por él mismo. Esto se explicita al considerar al “*alumno como actor de su formación*”:

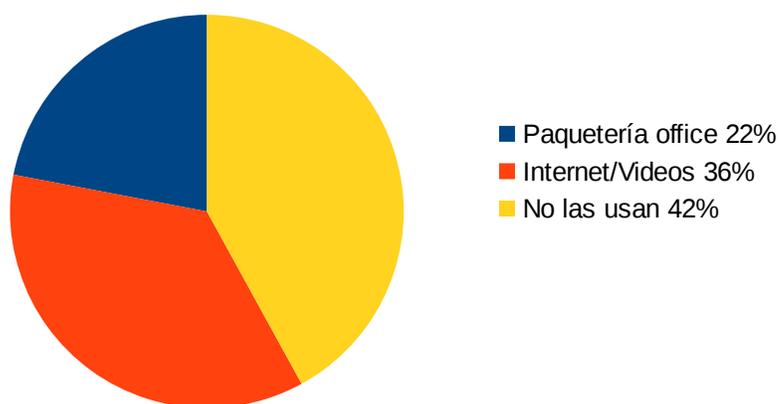
El bachillerato del Colegio se caracteriza por colocar en el centro de todas sus actividades, al alumno, su aprendizaje y formación.

Al profesor se le considera como “*orientador en el aprendizaje*”, por lo que éste ya no es el que enseña, sino el que facilita los procesos de aprendizaje de los alumnos. Es el responsable de planear las estrategias didácticas como una serie de actividades encaminadas a lograr los objetivos de aprendizaje y formación en los alumnos, a través de una enseñanza activa donde ellos mismos sean el sujeto principal de su propio aprendizaje. Es decir, se trata de que los alumnos a través las actividades planeadas, con la supervisión y evaluación del profesor, vayan generando su propio conocimiento.

3.6. Uso de las TIC en CCH

Si observamos cómo se están impartiendo las clases en el sistema escolarizado, encontramos que escasea el uso de las nuevas tecnologías. Por ejemplo, en el *Programa de Física del Colegio de Ciencias y Humanidades* de 1997, sólo se hace referencia a algunas direcciones de páginas Web. A nivel institucional, la respuesta es muy lenta en comparación con la rapidez de desarrollo del Internet. En una encuesta que se aplicó a estudiantes del CCH Sur en el 2012 como parte de las actividades de la materia “desarrollo del adolescente” en la MADEMS, se preguntó sobre el uso de herramientas computacionales por parte del docente. Como resultado 22% de los encuestaron hicieron alusión a paquetería de *Microsoft Office* (lo más común es mostrar presentaciones en *Power Point*); 36% reportó el uso Internet principalmente para mostrar videos y sólo dos alumnos mencionaron que el profesor utilizó Blog; 42% reportó que no las usan. En resumen, quienes usan la computadora generalmente lo hacen para mostrar presentaciones o videos en sus clases. Muy pocos profesores utilizan herramientas como Blogs, páginas especializadas, cuestionarios en línea, Facebook[®], foros, Moodle, etc.

Uso de herramientas computacionales



En síntesis, ante los cambios debido al desarrollo de las NTIC, la respuesta institucional en la UNAM ha sido la implementación de cursos y proyectos para la dotación de infraestructura. No obstante las acciones administrativas que se han llevado a cabo en la UNAM, así como las acciones de algunos profesores, la mayoría de los docentes subutiliza o no considera el uso de Internet en sus clases.

3.7. Situación actual en CCH

En este escrito se sustenta la tesis de que el uso adecuado de las TIC en la enseñanza escolarizada ofrece mejores oportunidades de aprendizaje a los alumnos, pero para ello no basta con sólo usar las TIC. Se requieren secuencias didácticas planificadas donde se sepa porqué y para qué se están utilizando, con base en los objetivos de aprendizaje que se quieren propiciar. Por lo tanto es necesario que los profesores las conozcan, seleccionen y adecúen creativamente para diseñar estrategias didácticas que en los hechos logren aprovechar su potencial, cuyo éxito deberá verse reflejado en mejoras de los aprendizajes logrados por los alumnos.

Ante este contexto, surge la necesidad de explorar cómo estamos implementando la educación en nuestras aulas. Los profesores que hemos recibido capacitación en el conocimiento de las herramientas que ofrecen las Nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación, enfrentamos el reto de desarrollar las habilidades necesarias para aprovechar los beneficios que ofrecen estas herramientas y modificar el trabajo concreto en nuestras aulas. Esto requiere en primer lugar, que estemos dispuestos a replantear las estrategias didácticas. En segundo lugar, estar actualizados ya que constantemente hay

innovaciones en Internet, y por último, ser creativos para identificar de un amplio conjunto de posibilidades, aquellas que son útiles de acuerdo con cada tema del currículum y utilizarlas didácticamente para lograr mejorar el aprendizaje de nuestros alumnos.

Puesto que se trata de algo que apenas está comenzando, hay pocas referencias que muestren como llevar a cabo este proceso en las clases presenciales de física en el bachillerato, aprovechando los beneficios de la Web 2.0. Esto requiere que los profesores desarrollemos y compartamos experiencias exitosas de integración de las Nuevas Tecnologías en nuestras estrategias didácticas, más allá del uso de animaciones y sensores.

Por lo anterior, el presente trabajo se plantea explorar formas concretas de aprovechar las NTIC en la enseñanza de la física que ayuden a reducir la brecha entre la existencia de estas herramientas y el conocimiento de cómo aprovecharlas para favorecer el aprendizaje de la física en el bachillerato.

4. Planteamiento del problema a resolver y pregunta de investigación

La pregunta de investigación surgió como consecuencia de haber cursado los dos diplomados en NTICs que ofrece el CCH a sus profesores. En ambos se proporciona un panorama muy amplio de herramientas disponibles en Internet que se utilizan para la docencia en sistemas de educación a distancia, lo que deja en manos de cada profesor el reto de aprovecharlas en el contexto del sistema escolarizado y de las particularidades de la didáctica en cada materia.

Es muy limitada la oferta de cursos de NTICs en el CCH que incorporen experiencias de enseñanza-aprendizaje situadas en el contexto de cada materia y de la enseñanza escolarizada.

Se requiere que el profesor cuente con una referencia de estrategias en NTIC que han dado buenos resultados, conozca las dificultades o limitaciones que pueden presentarse y cómo enfrentarlas.

Lo anterior me llevó a plantear el objetivo de mi proyecto de investigación en MADEMS hacia la experimentación con estrategias didácticas enfocadas en obtener el mayor beneficio posible del uso de las NTICs en la enseñanza-aprendizaje para contar con experiencias concretas que pudiera compartir con otros profesores.

Por lo tanto, el problema a resolver y la pregunta de investigación, que se plantea en el título de la tesis, es:

¿Cómo utilizar las nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación para favorecer el aprendizaje de la física en el bachillerato?

Se pretende que la respuesta a esta pregunta pueda ser transferida con facilidad a cualquier tema de la enseñanza-aprendizaje de la física, e incluso a otras materias del sistema escolarizado.

5. Marco teórico

5.1. Teorías del aprendizaje

A continuación se presenta una síntesis que pretende mostrar los fundamentos de la pedagogía actual en los que se basó este trabajo. Se parte de la necesidad histórica, que motivó las investigaciones de Piaget, para encontrar formas alternativas a las limitaciones de la enseñanza pasiva, tradicional, que llevó a Piaget a encontrar los modos de enseñanza activa que actualmente constituyen el fundamento de la teoría del *constructivismo*.

5.1.1. Desarrollo cognitivo de Piaget

Las ideas actuales de la pedagogía relacionadas con la enseñanza activa están fundamentadas en principios establecidos por Piaget que a continuación se explican.

Piaget se dedicó a investigar cómo se lleva a cabo el aprendizaje en los niños. A partir de sus experiencias desarrolló su teoría del *desarrollo cognitivo* en la que distingue estructuras mentales conocidas como *estadios del desarrollo cognitivo* en tres intervalos de edades desde el nacimiento hasta la adultez. Carretero (2009) la define como “*adquisición de estructuras lógicas cada vez más complejas que subyacen a las distintas áreas y situaciones que el sujeto es capaz de ir resolviendo a medida que crece*”. De ellos, el estadio que nos interesa es el último, de *operación formal* debido a que comprende las edades de los adolescentes, desde 11-12 a 14-15 años y la vida adulta. Incluye las capacidades de **pensamiento abstracto** o representacional; de aislar variables; formular y comprobar hipótesis; consideración de todas las posibilidades de relación causa-efecto y cuantificaciones complejas como la proporción y probabilidad.

Una de las críticas a la teoría del *desarrollo cognitivo* de Piaget es que las personas difieren mucho de ajustarse a los *estadios*. Por ejemplo, Carretero (2009) menciona una investigación que mostró que el porcentaje de adultos con cierto nivel educativo que mostraban pensamiento formal era

inferior al 50%. Indica que este porcentaje depende de los contenidos temáticos y del aprovechamiento de habilidades y que “*las actividades escolares bien organizadas y estructuradas favorecen el acceso al pensamiento formal*”:

Además de los *estadios*, hay otro elemento fundamental en la teoría de Piaget, el *mecanismo de adquisición de conocimientos* que explica cómo se lleva a cabo el aprendizaje: Se parte de esquemas mentales que ya se poseen y por lo tanto se consideran en “*equilibrio*”. Cuando el individuo se enfrenta a una experiencia nueva, sus esquemas son cuestionados porque resultan insuficientes para dar una explicación y entran en *desequilibrio* o *conflicto cognitivo* que deberá resolverse mediante modificaciones en dichos esquemas hasta alcanzar un nuevo equilibrio. Carretero (2009) explica que al proceso de incorporación de nueva información se le conoce como *asimilación* mientras que al de modificación como *acomodación*.

Finalmente, hay un tercer elemento fundamental en la teoría de Piaget es la importancia de que el aprendizaje se lleve a cabo mediante la interacción del sujeto con el objeto, de la persona con el fenómeno en cuestión. Al respecto, Campanario (1999) afirma que:

La predilección de Piaget por el aprendizaje por descubrimiento se pone de manifiesto en su conocida afirmación según la cual, «cada vez que se enseña prematuramente a un niño algo que hubiera podido descubrir solo, se le impide inventarlo y, en consecuencia, entenderlo completamente». (P. 180).

Lo anterior es el fundamento de los modelos de educación activa enfocados en el diseño de estrategias didácticas participativas para crear experiencias de aprendizaje en el alumno: Crear experiencias donde el alumno se relacione directamente con el fenómeno y mediante ello generar desequilibrios en sus concepciones que los lleve a reestructurar su pensamiento, haciendo las acomodaciones necesarias para dar cabida a nuevas explicaciones, utilizando nuevos conceptos. Resulta interesante considerar que el mismo conflicto cognitivo equilibrio-desequilibrio-equilibrio es el que ha experimentado la ciencia en su evolución.

5.1.2. Interacción social de Vigotsky

Liev S. Vigotsky destacó la importancia del medio social en el desarrollo del individuo. Introdujo el concepto de *zona de desarrollo próximo* para hacer referencia al nivel de desarrollo potencial que puede alcanzarse a partir de un nivel real, cuando se cuenta con una orientación adecuada.

Rosas (2008) argumenta que en la *ley general del desarrollo cultural* de Vigotsky se explica el papel de la interacción social como el desarrollo cultural de un niño en los procesos de “*atención voluntaria, memoria lógica y formación de conceptos*” que se lleva a cabo mediante dos planos: social (externo o interpsicológico) y psicológico o (interno o intrapsicológico), debido a la interacción que se produce entre el grupo y las personas que lo forman. Utiliza el concepto de *internalización* como la reconstrucción de una operación interna. Rosas explica de Vigotsky que se parte de los conocimientos ya establecidos para la enseñanza de conceptos científicos que después son utilizados por los niños en formas de pensamiento abstracto, relaciones lógicas entre conceptos y “*verbalización consciente y voluntaria de los procesos desarrollados*”. Considera que “*los conceptos científicos establecen una zona de desarrollo próximo para los conceptos cotidianos*” que se “*manifiestan y vuelven eficaces en colaboración con el adulto*”. Esta vinculación permite al alumno “*apropiarse del significado de las palabras aprendidas en el contexto escolar y mostrar*”... “*un uso flexible de conceptos científicos ahora cargados de sentido personal*”.

Para Vigotsky hay que partir de los conocimientos previos dentro de la zona de desarrollo próximo como fundamento para que el aprendizaje sea posible. De lo contrario los conocimientos nuevos quedarían fuera del alcance de los alumnos al no poder comprenderlos por falta de relación entre lo conocido y lo nuevo que permita darle significado. Este es uno de los errores en los que típicamente cae la educación tradicional. La consecuencia es que los alumnos se ven en la necesidad de memorizar sin comprender.

Eggen y Kauchak (2012) hacen hincapié en la importancia de la *interacción social*, que podría interpretarse como el trabajo de equipo en el ámbito escolar que beneficia a los alumnos por lo menos de la siguiente forma: compartiendo ideas, comprendiendo apropiadamente y articulando su pensamiento.

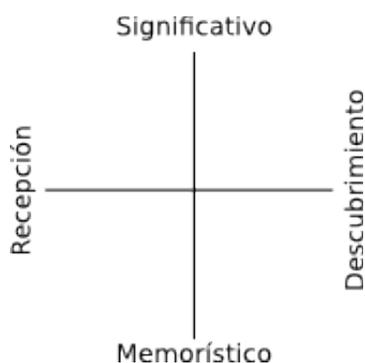
En resumen, podemos afirmar que deberíamos considerar seriamente el diseño de estrategias didácticas que aprovechen las ventajas del trabajo en equipo para propiciar la reflexión y comprensión de los temas del curso, así como estimular las habilidades de pensamiento en los alumnos.

5.1.3. Aprendizaje significativo de Ausubel

Campanario (1999) Menciona que para Ausubel lo importante no era si el aprendizaje es receptivo o por descubrimiento, sino que sea significativo:

Según Ausubel, ni todo el aprendizaje receptivo es forzosamente memorístico, ni todo el aprendizaje por descubrimiento es necesariamente significativo. Lo importante no es que el aprendizaje sea receptivo o sea por descubrimiento, sino que sea memorístico o sea significativo. (p. 181).

En la siguiente imagen se representa que el aprendizaje significativo puede ocurrir tanto por descubrimiento como por recepción. En el aprendizaje memorístico se tienen datos sin relacionar, por lo que se requiere que el alumno construya el significado de los conceptos. Una forma de conseguirlo es cuando logran explicar con sus propias palabras.



Ausubel desarrolló su teoría en el ámbito del salón de clase. En relación con Vigotsky hace referencia a la actividad social, junto con la recuperación del sentido para el alumno de conceptos, valores, habilidades, destrezas y hábitos como fundamento para lo que él denomina *aprendizaje significativo*. Pimienta (2007) afirma sobre Ausubel que en su *teoría de la asimilación cognoscitiva del aprendizaje humano critica la aplicación mecánica del aprendizaje en el salón* y propone una integración social basada en los conocimientos previos del alumno para la construcción de conocimientos:

manifiesta la importancia que tienen el conocimiento y la integración de los nuevos contenidos en las estructuras cognoscitivas previas del estudiante y su carácter referido a las situaciones socialmente significativas, donde el lenguaje es el sistema básico de comunicación y construcción de conocimientos. (P. 13).

Eggen y Kauchak (2012) mencionan sobre la crítica al aprendizaje memorístico que Ausubel (1963) subrayó la importancia de la información organizada en la memoria de largo plazo como ayuda para el nuevo aprendizaje, para lo que es necesario dotar de significado a los conceptos nuevos relacionándolos con los esquemas previos de los alumnos.

El aprendizaje verbal con significado es la adquisición de ideas que están vinculadas con otras ideas. En contraste, el aprendizaje de memoria es la memorización de puntos específicos de información aislados de otros. Ocurre un aprendizaje con significado cuando las ideas de un esquema nuevo son relacionadas entre sí y a la vez con esquemas previamente establecidos.(p. 422).

Para que el aprendizaje sea significativo, Ausubel propone un análogo a la zona de desarrollo próximo de Vigotsky al que denomina **puente cognitivo** entre lo que el sujeto ya conoce y lo que necesita conocer. Adicionalmente se requiere voluntad del estudiante y un proceso personal que consiste en el empleo de recursos cognitivos de cada estudiante para lograr la significación, para lograr la construcción del significado de los conceptos.

5.1.4. Constructivismo

Lo anteriormente expuesto nos da una idea de las bases sobre las cuales se originó el concepto de constructivismo: Piaget proporcionó el fundamento de cómo se logra el aprendizaje mediante los procesos de asimilación y acomodación; Vigotsky reconoció la importancia del entorno social y Ausubel puso énfasis en que el aprendizaje debe ser significativo para los alumnos en contraposición con la memorización inconexa del modelo tradicional. La idea central es que el conocimiento **se construye** a partir de las estructuras cognitivas previas existentes. Hay muchísimos más autores que se podrían mencionar como precursores del constructivismo, como por ejemplo a John Dewey quien según Luzuriaga (1980) propuso cambiar el término “*educación por instrucción*” por el de “*educación por acción*” así como pasar del trabajo individual a la cooperación. Sobre esto último Pimienta (2007) menciona que:

*A principios del siglo XX, John Dewey criticó el uso de la **competencia en la educación** y alentó a los educadores para que estructuraran las escuelas como comunidades democráticas de aprendizaje.*

Pimienta plantea que “*los seres humanos construimos activamente nuestro conocimiento, basados en lo que sabemos y en una relación también activa con los “otros” con quienes interactuamos*”. El mismo autor menciona que “*no hay una sola teoría constructivista sobre el aprendizaje*” haciendo así hincapié en que existen muchas variantes, cada una con características particulares, en su forma de aplicar el constructivismo, pero con elementos comunes como *colocar en*

el centro de la empresa educativa los esfuerzos del estudiante por entender.

Desde esta perspectiva y antecedentes mencionados, podemos ubicar modelos constructivistas que proponen formas de llevar a cabo la enseñanza. Algunos ejemplos son el *aprendizaje basado en problemas*, *el aprendizaje por indagación*, *la investigación dirigida*, el modelo educativo del CCH, etc.

En síntesis, podemos ubicar al constructivismo como una concepción del modo de ejercer la educación que considera como central el proceso de aprendizaje en el alumno basado en relacionar sus conocimientos actuales con lo nuevo. De esta manera tiene sentido o significado el aprendizaje que se logra mediante una transformación de las estructuras mentales para dar cabida a explicaciones con mayores bases conceptuales que las estructuras anteriores eran incapaces de dar. También debe tomarse en cuenta lo fundamental que es la motivación en el alumno, pues es él quien llevará a cabo el aprendizaje. Algunas recomendaciones son fomentar la posibilidad del descubrimiento o por lo menos permitir que el alumno interactúe con los fenómenos físicos en la medida de lo posible, procurar explicaciones del alumno con sus propias palabras, evitar del profesor respuestas anticipadas, quien deberá jugar los papeles de guía, supervisor, asesor, estratega. Otro elemento básico es la consideración del entorno social en dos sentidos: i) lo relacionado con la vida cotidiana del alumno y ii) el grupo de la clase con todo su potencial que permite desarrollar actividades por equipos para lograr interacciones cognitivas entre alumnos.

5.1.5. Interpretación del constructivismo de Piaget-García

García (2000) en su libro *“el conocimiento en construcción”* expone, mediante un amplio conjunto de conceptos, una síntesis de los hallazgos en sus investigaciones con Piaget sobre el aprendizaje expresados bajo el título de *teoría constructivista del conocimiento*. Debido a la complejidad del libro sólo se pretende mostrar una aproximación, o dicho de otra manera, una interpretación hecha desde la perspectiva de quien escribe esta tesis, en el contexto de su aportación a la comprensión de cómo se llevan a cabo los procesos de aprendizaje en las personas. En otras palabras, el objetivo de esta sección es ofrecer una interpretación sencilla de los conceptos desarrollados por García, de la complejidad del lenguaje técnico, abstracto que el autor maneja en su libro, a un lenguaje más accesible.

Procesos básicos en el funcionamiento del aprendizaje

La construcción del conocimiento se fundamenta en una relación indisoluble entre el sujeto y el

objeto mediante la **ACCIÓN** que es la que establece el contacto de la persona con su exterior. La repetición de la acción genera los *esquemas de acción*, que son la organización de la acción con un objetivo predeterminado.

García menciona dos características para llevar a cabo la conceptualización de los esquemas de acción: diferenciación-integración e interacción. La diferenciación hace referencia a la distinción de las partes del objeto y la integración a la consideración en conjunto de sus partes. La interacción se refiere a que la persona interactúa con algo externo a ella.

También menciona los dos procesos básicos que describen cómo funciona la generación de los esquemas en las personas:

1. **Asimilación** de objetos a los esquemas de acción que posteriormente se convertirán en esquemas conceptuales.
2. **Acomodación** de los esquemas a las propiedades de los objetos.

En la asimilación, la interacción con los objetos conduce a la generación de los esquemas de acción, y en la acomodación se terminan de construir los esquemas que permiten asimilar las características o propiedades de los objetos.

Constataciones e inferencias

La constatación se origina de la construcción de esquemas cuya reiteración conduce a poder *anticipar* resultados mediante el establecimiento de una relación entre acciones sin que haya una observación correspondiente. La construcción de diversas relaciones entre acciones sin que haya una observación correspondiente permite llegar a hacer **inferencias**.

Transferencia

Es lo que ocurre cuando una persona aplica un esquema de acción a otra situación nueva. Implica desligar la forma, o esquema, del contenido que le dio origen para aplicarla a otro contenido distinto. La transferencia de formas ocurre cuando los esquemas de acción se desprenden de los objetos que les dieron origen para ser aplicados en otras situaciones u objetos.

Formas constructivas elementales: Abstracción y generalización

Kellog (1999) define **abstracción** como la *consideración aislada de las cualidades esenciales de*

un objeto. García define dos tipos de abstracción: la *empírica* está relacionada con la constatación de *propiedades*, características o hechos que son separados o abstraídos del objeto para analizarlos. El otro tipo de abstracción, *reflexiva* está referida a las *acciones* y operaciones del sujeto, a la reflexión o consideración de algo con detenimiento.

En la **generalización** García también considera dos formas: *Empírica* como la extracción de la propiedad que será objeto de la extrapolación de algunos a todos y *constructiva o completiva* referida a la construcción de nuevas formas de organización del pensamiento de acuerdo a los siguientes criterios:

- Como resultado de la abstracción reflexiva
- A partir de operaciones mentales complejas como la constatación de hechos e inferencias y pensamiento deductivo abstracto, se lleva a cabo la generalización como la construcción de nuevas formas de organización del pensamiento. En palabras de García, este modo de generalización se lleva a cabo mediante el

... progresivo reemplazo de constataciones de hechos, y de sus resultados obtenidos a través de abstracciones empíricas, por reconstrucciones que implican inferencias y ponen en juego nuevas formas de organización que concluyen en un conjunto de relaciones encadenadas deductivamente.

- Proceso de sucesivas *diferenciaciones* e *integraciones*. Aquí se retoma la *constatación* de hechos y la abstracción reflexiva.

García menciona la existencia de niveles superiores de lo que llama *organización* o *estructuración* del conocimiento que parten de la abstracción y generalización de niveles inferiores.

Formas constructivas más generales: Correspondencias y transformaciones

Piaget y García identificaron una forma más abstracta y profunda de llevar a cabo la transferencia

Correspondencias. Las correspondencias son niveles de transferencia más abstractos que consisten en construir nuevos esquemas a partir de la **comparación** de esquemas (formas) existentes. Comparar es establecer **correspondencias** entre esquemas con base en la repetibilidad de la acción que ocurre al aplicar las mismas formas a diversos contenidos.

Transformaciones. Es “*la actividad transformadora del sujeto que asigna significaciones a los objetos, los compara y establece correspondencias, consistente en actuar sobre ellos y por lo*

tanto los modifica sin que esta modificación requiera ser intencional. No se trata necesariamente de modificaciones físicas”... “no sólo se transforma el objeto con la actividad del sujeto sino también la posibilidad de actuar sobre él”.

Las correspondencias se hace evidentes a través de las transformaciones

Mecanismos generales de construcción de conocimientos

García considera las siguientes tres etapas progresivas en la creación de estructuras mentales:

- Intra-operacional: centrada en propiedades del objeto
- Inter-operacional: centrada en relaciones entre objetos
- Trans-operacional: formación de estructuras que permiten la transferencia de esquemas (formas) a contenidos en contextos diferentes al que les dio origen.

Formas organizativas y estructuras

En la construcción del conocimiento:

- Las *constataciones* e *inferencias* dan lugar a nuevas asimilaciones que incluyen *reinterpretaciones* de los “datos” provenientes de las asimilaciones y acomodaciones previas (de un nivel de conocimiento anterior)
- Se van *diferenciando* elementos que aparecerán como “un todo” y se van *integrando* datos con interpretaciones previas que aparecerán como independientes.
- “*Organizar* significa establecer relaciones, las cuales a su vez se van interconectando a través de procesos de *comparación* (que establecen correspondencias) y de *transformación*”
- A los conjuntos de relaciones e interrelaciones se les denomina *formas organizativas*. Estas serán transferidas a otros contenidos con cierta autonomía respecto a aquellos en los que se generaron.
- Las estructuras son formas organizativas consideradas independientemente de su contenido. Aunque hayan sido producto de un proceso constructivo, es decir, tienen una génesis.
- El desarrollo del conocimiento tiene un *doble proceso constructivo*:

1. **Organización de las actividades del sujeto:** coordinación de sus acciones y desarrollo

de mecanismos constructivos del conocimiento que culmina en la lógica: formas deductivas y reforzamientos.

2. **Organización del material empírico:** asignación de significados, comparaciones que conducen a correspondencias y transformaciones elementales. Culminación con la interpretación de fenómenos estableciendo relaciones causales.

En síntesis:

Las reflexiones de García, que parten de la esencia aportada por Piaget, aportan una visión profunda sobre el proceso de construcción del conocimiento en nuestra mente. Esta visión permite al profesor pasar del conocimiento implícito obtenido en nuestras experiencias de aprendizaje a lo explícito en la medida que seamos capaces de explicar cómo aprendemos. El resultado es una visión más amplia y certera en la intencionalidad al diseñar estrategias didácticas encaminadas a desarrollar habilidades en la construcción del pensamiento de nuestros alumnos. Como ejemplo de lo anterior podemos diseñar actividades orientadas a la asimilación de nuevos esquemas, como por ejemplo aquéllas que lleven al alumno a *constatar* la existencia del movimiento inercial con la consiguiente aplicación *inferencial* al predecir lo que ocurrirá en el espacio en condiciones diferentes a las de la tierra. El profesor puede guiar con mayor conciencia los procesos de *abstracción* en las representaciones mentales que hacemos junto con los alumnos de los fenómenos físicos. En niveles superiores del aprendizaje se pueden intencionar actividades que reten a los alumnos a llevar a cabo procesos de *transferencia* de conocimiento al plantearles situaciones en otros contextos cuya solución implique la aplicación de lo que aprendieron.

Las reflexiones de Vigotsky sobre la interacción social y zona de desarrollo próximo serán retomadas en los modelos de enseñanza y fundamentan la importancia del trabajo en equipo y de reflexión grupal.

Las aportaciones de Ausubel, proporcionan elementos fundamentales en la reflexión sobre la construcción del significado en las concepciones de los alumnos y orienta al profesor a articular los temas de clase hacia la comprensión gradual de su significado.

Una vez establecida esta base de conocimiento sobre los procesos de aprendizaje queda abierto el camino para la reflexión sobre cómo provocarlo mediante las estrategias de enseñanza.

5.2. Modelos de enseñanza

5.2.1. Pensamiento crítico de Meyers

Meyers (1988) en su libro *“Teaching Students to Think Critically”* presenta una sistematización de experiencias sobre el desarrollo del pensamiento crítico, basadas en las investigaciones de Piaget, dentro del salón de clase. El trabajo de este autor es de gran interés para los profesores interesados en el aprendizaje de sus alumnos porque ofrece una visión fundamentada en la experiencia, es un testimonio de congruencia: la enseñanza activa está enfocada en la aplicación o experimentación de los alumnos, en llevar a la práctica, con experiencias reales, el conocimiento científico. Lo menos que se podría esperar es que los profesores llevemos a también a la práctica el conocimiento pedagógico. Esta es la gran aportación del libro de Meyers, que considero fundamental retomar dentro del marco teórico de esta tesis, razón por la que se dedicó esta sección a una síntesis de sus ideas principales.

Importancia del significado del pensamiento crítico en la actualidad

Como una primera justificación, Meyers expone que la gran cantidad de información disponible debido a la computación y medios de comunicación ha rebasado las habilidades de las personas para procesarla. Es por ello que las escuelas deben dejar de servir como repositorios de conocimiento así como los profesores el papel de conferencistas e informadores. Cada vez con mayor importancia, los alumnos deberán desarrollar con maestría las habilidades del pensamiento y razonamiento que necesitarán para procesar y utilizar la gran riqueza de información que está a la mano.

Educación tradicional

Las técnicas de educación tradicional muy a menudo exponen a los estudiantes a una saturación o revoltura de información y conceptos que los dejan solos en su lucha por analizar, priorizar y estructurar los conocimientos recién adquiridos, por lo que el desarrollo de sus habilidades de pensamiento crítico resulta azaroso.

Es difícil nutrir de interés natural y fomentar actitudes reflexivas cuando nunca se les concede tiempo suficiente a los estudiantes para que se involucren completamente en el tema. Para cumplir con las demandas escolares, los estudiantes aprenden a separar sus capacidades intelectuales de las actividades escolares. Lo anterior es debido a que erróneamente se considera que:

en la enseñanza tradicional, a menudo hay una suposición implícita de que el

aprendizaje del pensamiento crítico se desarrolla de manera natural cuando los estudiantes aprenden niveles incrementalmente complejos del contenido disciplinario e informativo. (p. 10).

En la práctica esto se dificulta debido a la carencia de marcos de referencia para poder llevar a cabo el análisis en la disciplina.

Lo temas se aperturan con la teoría antes de que los estudiantes puedan recrear o confirmarlas en el laboratorio; se entrena a los alumnos a confirmar las abstracciones, no a descubrirlas. Al hacer esto se les priva del placer del descubrimiento.

Nuestra cultura ejerce presión a permanecer en silencio y seguir instrucciones en lugar de hacer preguntas.

Frutos reales de la educación

El pensamiento crítico se desarrolla mediante los procesos del estudio de la disciplina, no con la acumulación de información típica del sistema tradicional.

Fundamentos del pensamiento crítico de Meyers

Es una concepción pedagógica basada en los principios de **Piaget** para fomentar el desarrollo del aprendizaje autónomo en los estudiantes llevándolo a la práctica a través de experiencias diseñadas para cada disciplina. Los niños no reciben el conocimiento pasivamente, sino que lo construyen por descubrimiento a través de actividades... Ellos comienzan a formar las **estructuras de pensamiento** que ayudarán a organizar su experiencia y dirigir futuras interacciones.

Por lo anterior, Piaget contempla las estructuras como métodos de solución de problemas o modelos para guiar el comportamiento, de manera que todo aprendizaje comienza con **1° la experiencia concreta** antes de progresar a **2° la representación abstracta**. La abstracción es la habilidad para representar mentalmente objetos o situaciones. De ella parte la habilidad de identificar principios o conceptos a partir de experiencias concretas que puedan ser **generalizados** a otras situaciones.

Las descripciones de Piaget sobre el **equilibrio** y **desequilibrio** son útiles para comprender algunas de las tensiones involucradas en la enseñanza del pensamiento crítico, que involucra la creación intencional de una atmósfera de desequilibrio, de manera que los estudiantes puedan cambiar,

rehacer o reconstruir sus procesos de pensamiento: "cuando enseñamos a los niños a pensar críticamente, les estamos ayudando a alterar o **reemplazar sus estructuras mentales**". Los mejores maestros mantienen un **balance** adecuado entre **reto y apoyo**.

Algunos elementos presentes en el aprendizaje como cambio de paradigma

Experiencias previas: Uno de los elementos fundamentales en la teoría cognitiva de Piaget es que el aprendizaje parte de las estructuras cognitivas que ya se tienen. En el ámbito escolar esto constituye algo fundamental que reta a los profesores a partir de la visión de sus alumnos para crear conflictos cognitivos acordes a sus estructuras mentales y darles el seguimiento y apoyo necesario para que puedan llevar a cabo la transformación de su pensamiento. Para Meyers:

Las mayores barreras para la enseñanza del pensamiento crítico a menudo son las actitudes y perspectivas presentes en los estudiantes. Ellos no llegan al colegio como pizarrones en blanco esperando ávidamente a recibir las ideas del intelecto de los profesores, pues desde hace mucho tiempo han formulado sus propias percepciones, actitudes y métodos de solución de problemas durante los años en la escuela. Es inevitable y esencial retar estas actitudes y modos de pensamiento". (p. 26).

Egocentrismo: En el modelo de desarrollo intelectual de Piaget, los niños parten de un mundo egocéntrico: de experiencias personales concretas hacia la conceptualización abstracta que considera una diversidad de posibilidades y modos alternativos de percepción. Meyers explica que:

Una de las metas principales en la educación escolar consiste en mover a los estudiantes de su universo centrado en ellos mismos, basado en la experiencia personal limitada y las realidades concretas, a una realidad enriquecida, más abstracta, donde existe una multiplicidad de valores, visiones y verdades. Los estudiantes no podrán aprender a pensar críticamente hasta que puedan, al menos momentáneamente, poner a un lado sus propias visiones de la verdad y reflexionar en otras alternativas. Como parte de este proceso, deberán aprender a abstraerse de sus experiencias propias inmediatas de tal forma que expandan sus habilidades de pensamiento. (p. 27).

Una forma de trascender el pensamiento egocéntrico es mediante la **suspensión del juicio**, lo cual requiere gran madurez. Meyers menciona que John Dewel llamó a esto "*pensamiento reflexivo*", el cual

consiste en suspender el juicio, mantener un escepticismo saludable y ejercitar una mente abierta. Por lo tanto, el aprendizaje del pensamiento crítico está en la habilidad de suspender el juicio, considerar alternativas y formular generalizaciones. Las estrategias para desarrollar el pensamiento crítico deberán colocar a los alumnos en el centro de **círculos concéntricos en expansión**: conforme se alejen de visiones egocéntricas del universo, desarrollarán habilidades de pensamiento crítico.

Los estudiantes se moverán más allá de su experiencia limitada e inmediata y desarrollarán nuevas estructuras mentales para su pensamiento crítico solamente cuando sus estructuras presentes sean insuficientes para la tarea en cuestión y cuando una atmósfera de descubrimiento los aliente a explorar nuevos modos de pensamiento.

Recomendaciones

A continuación se mencionan algunas sugerencias que hace Meyers para el desarrollo del pensamiento crítico en clase:

Motivación y participación

Se sugiere tomar un tiempo al inicio del semestre para preguntar a los estudiantes sobre el **valor** que perciben de la disciplina en el **contexto de sus vidas**. Para Meyers:

el abrir tal diálogo ofrece una oportunidad de conocer las preconcepciones negativas y de compartir con los estudiantes algunas de las razones por las que el profesor piensa que su disciplina es importante. (p. 43).

El aprendizaje de pensamiento crítico en cualquier disciplina comienza con una apreciación del valor de la perspectiva disciplinaria. Los profesores no deberán asumir tal apreciación, sino crearla. (p. 44).

Una forma de despertar la curiosidad del alumno es comenzar la clase **mostrándoles un problema o controversia en la ciencia**, algo que es problemático, causa de admiración o que aún no ha podido explicar la ciencia. Poner a pensar las mentes de los alumnos en tal contexto hará que experimenten curiosidad de saber más y generar el desequilibrio que retará sus modos antiguos de pensar y los preparará para nuevos modos de pensamiento crítico.

Meyers recomienda que el profesor comparta con sus alumnos los retos disciplinarios que él enfrenta:

“al reconocer abiertamente los problemas que ellos mismos encuentran difíciles de resolver, o simplemente por resaltar las tareas generalmente problemáticas, los profesores están en efecto diciendo, “yo también experimento un forcejeo para encontrar sentido a las cosas” --un reconocimiento que es raro que los estudiantes escuchen. (p. 94).

Esto permite generar un espacio en el que tanto profesores como alumnos pueden aprender entre sí al explorar conjuntamente nuevos modos de pensamiento crítico. Los profesores pueden modelar las actitudes del pensamiento crítico al compartir sus conclusiones personales para despertar la curiosidad de sus alumnos, así como plantear preguntas sobre la naturaleza de la “realidad” impresa en los libros. Los maestros, al reconsiderar sus conclusiones frente a cuestionamientos de sus alumnos que resulten viables, pueden mostrar una actitud vital para el pensamiento crítico: que las opiniones respetables de los profesores y libros no constituyen repositorios acabados de la verdad. Al tomar distancia de concepciones simplistas de lo “verdadero” los estudiantes pueden convertirse en pensadores críticos.

La mayoría de los profesores se apasionan con su disciplina y cuidan de ella. Esto fomenta el interés en los alumnos para también cuidar de ella. Hay mucho que ganar si se permite que los profesores incluyan elementos personales y subjetivos. Los profesores deberán presentar tanto sus opiniones como las de otros, pero distinguiendo claramente entre ambas. Para Meyers:

a menudo es esta tensión, entre los intereses personales y pasión del instructor, lo que brinda vida a las disciplinas para la vida de los alumnos. También, paradójicamente, mientras más abiertamente reconozcan los profesores los elementos subjetivos de sus clases, mostrarán ser más objetivos. (p. 93).

Actividades enfocadas en el alumno

En cuanto al enfoque de la clase, se recomienda trabajar con **problemas** y preocupaciones **reales en el contexto del alumno** relacionándolos con sus **experiencias previas**. Se deberá partir siempre de la experiencia concreta del alumno para de ahí desarrollar la abstracción. Ocasionalmente los profesores deberán llevar su mirada más allá de la concepción disciplinaria para observar a través de los ojos de sus alumnos considerando seriamente sus dudas y percepciones erróneas.

Creación de ambientes discusión en clase y trabajo en equipo

Meyers recomienda la creación de ambientes de clase que fomenten la discusión, planteamiento de preguntas, demostración y ponderación. Los estudiantes deben saber que sus profesores no aspiran a tener todas las preguntas y que el encontrar las respuestas "correctas" podría no ser tan importante como la **comprensión** de lo que se está buscando y el conocimiento de **plantear preguntas relevantes**.

El arreglo adecuado del salón de clase puede fomentar la interacción si se adecúa para facilitar la comunicación entre los alumnos y permite la división en pequeños grupos de trabajo, de manera que puedan trabajar entre ellos, pensar en voz alta y observar cómo opera el proceso de pensamiento en los otros estudiantes. (p. 65).

Esta consideración de Meyers concuerda con una de las características por las que más se destaca la propuesta de Vigotsky que es la importancia de la interacción social en el aprendizaje pues es ahí donde inicia el conocimiento, en el razonamiento colectivo que después se hace propio. Al respecto, en la referencia que Eggen y Kauchak (2012) hacen del artículo de Meter y Stevens (2000) se menciona que:

Los alumnos aprenden primero a pensar en colaboración, edificando sobre el entendimiento de los otros y negociando los significados cuando sus ideas difieren. Después de que la comprensión es desarrollada en un medio social, es entonces internalizada de manera individual. (p. 121).

Al intercambiar ideas entre varias personas, éstas se complementan. Se enriquece y profundiza la reflexión, por lo que el análisis es mucho más rico y profundo. En el caso de los adolescentes es todavía más importante porque están en un proceso de consolidación de su propia identidad donde la socialización y el intercambio entre pares es fundamental. Al respecto García (2004) menciona que “*en esta etapa de la vida los jóvenes tienen necesidad de aprender a desarrollar relaciones humanas constructivas, de igualdad y cooperación*”. Es bien sabido por nosotros los profesores que a los jóvenes de bachillerato les gusta socializar, por lo que el trabajo en equipo es un elemento muy motivador para ellos. En lugar de insistir en que guarden silencio y atiendan al profesor, es mejor abrirles espacios para comunicarse, pero encaminados hacia actividades de aprendizaje que los reten a desempeñar algo, al logro de un objetivo y se lleven la satisfacción al resultados reconocidos de su

trabajo colaborativo.

Visualizaciones

Se sugiere utilizar representaciones **visuales** para facilitar la comprensión porque:

- Hacen explícitos los conocimientos implícitos
- Son algo concreto que simplifica la abstracción de procesos complejos

Analogía y Metáfora

Los conceptos abstractos pueden parecer magia a los alumnos. Probablemente la mejor forma de hacerlos accesibles a ellos es mediante el uso de la analogía, que consiste en relacionar un concepto nuevo con otras cosas conocidas. Alternativamente se puede recurrir a la **metáfora**, la cual sugiere algo más que la analogía debido a que en una comparación metafórica, la nueva cualidad o conexión aparentemente está desasociada con la cosa comparada. McFague (1975) la definió como el uso de palabras en un contexto no familiar, lo que nos otorga nuevas apreciaciones y nos mueve a "*mirar el mundo ordinario de una forma extraordinaria*". Un ejemplo de metáfora consiste en hablar en parábolas.

Requerimientos para desarrollar el pensamiento crítico

Profesor

Conocimiento de su disciplina: Solamente es posible pensar críticamente acerca de alguna disciplina si se cuenta con un conocimiento básico del contenido y la teoría de ella. Los expertos tienden a desarrollar un lenguaje implícito de su disciplina de lo que les es familiar y obvio. Sin embargo, para un novato esto no es así, por lo que se requiere de un **marco de referencia conceptual disciplinario** que muestre de manera explícita y ordenada los fundamentos de la disciplina, de manera que se puedan transmitir y estar al alcance del novato para que éste pueda apropiárselos. Esto requiere **estructurar el conocimiento** para proveer al alumno de las herramientas para el análisis de los materiales de la disciplina como son: Conceptos clave, terminología, tareas y metodologías. Con lo anterior se logra *hacer explícito para el alumno el conocimiento que para el profesor es implícito*. Para Meyers al hacer accesible el conocimiento disciplinario el alumno se sentirá seguro y podrá utilizarlo: "*Cuando los estudiantes ven algún orden o sentido en las cosas, es mucho más probable que puedan recordar la información y aplicar lo que han aprendido*".

Abstención de dar respuestas prematuramente: Una de las mayores dificultades que enfrentan

los profesores interesados en desarrollar el pensamiento crítico en sus alumnos es *ser pacientes* y guardar *silencio*. Se requiere dar tiempo suficiente para la reflexión e interacción de los alumnos. Desde antes de comenzar algún tema es necesario esforzarse por despertar la **curiosidad innata y emoción por lo desconocido**, por crear condiciones para el *descubrimiento*.

Roles: Los profesores interesados en despertar el pensamiento crítico deberán jugar una diversidad de papeles dentro de sus funciones como son: **diseñar y estructurar un marco de referencia** para proporcionar al alumno los principios y conceptos básicos de la materia con los que trabajará; **identificar conceptos clave** del currículo sobre los cuales se llevará una reflexión más profunda por parte de los alumnos y **diseñar** las estrategias didácticas para ello; **motivar** a los alumnos despertando su *curiosidad innata* por el conocimiento y el interés de enfrentar retos; **supervisar** que el trabajo conduzca al objetivo deseado y dar la **asesoría** requerida. Esto significa un papel el profesor mucho más enriquecido que el *conferencista tradicional poseedor de la verdad y el conocimiento*.

Alumno

El papel del alumno va mucho más allá del sujeto receptor de conocimiento en la escuela tradicional. Se requiere *motivación* suficiente para enfrentar la *crisis cognitiva*, lo que implica una *suspensión temporal del juicio* egocéntrico para dar posibilidad al nuevo conocimiento, para Meyers "*Los estudiantes no podrán aprender a pensar críticamente hasta que puedan, al menos momentáneamente, colocarse afuera de sus propias visiones de la realidad y reflexionar en las alternativas*". Los estudiantes toman un papel *activo*: comienzan con la exploración de materiales, objetos y experiencias concretas para moverse hacia la comprensión de los conceptos o principios abstractos en la que formulan sus propias preguntas, problemas e hipótesis.

Práctica

Para que las habilidades de pensamiento se desarrollen en los alumnos. Se requiere fomentarlas y reforzarlas en las estrategias de estudio de cada disciplina, de manera que se practique con ellas hasta que se logren consolidar.

Aplicación de la propuesta de Meyers

Para llevar a la práctica la enseñanza del pensamiento crítico, Meyers se basa en la propuesta de Karplus (1978), uno de los pioneros en llevar al salón de clase la pedagogía de Piaget, conocida como *ciclo de aprendizaje de Karplus*, el cual consiste en tres etapas: *exploración de materiales, invención*

de conceptos y aplicación de conceptos que a continuación se describen:

1. Exploración de materiales: Consiste en la integración de materiales de trabajo con objetos o ideas concretas. El profesor selecciona los materiales de acuerdo a los conceptos clave a enseñar para que los alumnos discutan sus exploraciones con sus compañeros y el profesor. Para Meyers el objetivo de esta etapa es crear las condiciones para que ocurra el desequilibrio cognitivo en el alumno a través de su interacción con los materiales:

El aspecto más importante es la creación de una atmósfera en la cual la exploración, el acertijo y el planteamiento de preguntas provean un reto natural a las estructuras mentales presentes en los estudiantes, creando así el desequilibrio necesario para el cambio. (p. 32).

Roles del profesor: En lo particular para esta etapa el profesor deberá *plantear las preguntas adicionales* que considere necesarias para encaminar las reflexiones de los alumnos, estimular la motivación e interés en el tema y asegurarse de que la exploración comience a conducirse en la dirección de las abstracciones que intenta enseñar.

2. Invención de conceptos: Los estudiantes son conducidos suavemente a la comprensión de la abstracción en un contexto lleno de significado. Se parte de los materiales y las preguntas de los alumnos para la introducción de principios o conceptos y generalizaciones que darán sentido a las exploraciones iniciales.

3. Aplicación de conceptos: El propósito de esta etapa es reforzar las estructuras mentales recientemente desarrolladas por los alumnos, quienes aplicarán los conceptos, generalizaciones y abstracciones que acaban de formular a un conjunto nuevo pero relacionado de materiales. Con ello se fomenta el desarrollo de habilidades de transferencia, la capacidad de aplicar un conocimiento en contextos diferentes. En esta etapa el profesor asume el rol de asesor para apoyar el trabajo de sus alumnos.

Síntesis de las aportaciones de Meyers para este trabajo

El trabajo de Meyers ofrece una buena referencia sobre cómo llevar a la práctica la experiencia de Piaget en el salón de clase, haciendo énfasis en el desarrollo del pensamiento crítico del alumno. Su propuesta consiste esencialmente en los tres elementos del ciclo de Karplus: exploración,

conceptualización y aplicación, acompañado de recomendaciones importantes como: proporcionar al alumno el marco de referencia conceptual de la disciplina para que éste pueda manejar los términos, conceptos básicos y metodología de la disciplina sin necesidad de ser experto; como motivar al alumno e interesarlo en la materia al despertar su curiosidad innata por resolver algún problema interesante, como vincularlo con el tema relacionándolo su contexto; la importancia de partir de lo concreto para posteriormente conducirlo hacia las abstracciones y generalizaciones; la importancia de disponer tiempos de clase para que el alumno reflexione e interactúe con sus compañero; los roles que juega el profesor como estratega, motivador, asesor, etc.

5.2.2. Aprendizaje basado en problemas (ABP)

El Aprendizaje Basado en Problemas se originó en las décadas de los 60's y 70's en la Universidad de McMaster Canadá con la finalidad de lograr una mejor preparación en sus estudiantes en medicina. Morales y Landa (2004) explican que en este contexto

el formato del problema tiene que presentar el caso del paciente de la misma manera que ocurre en el mundo real, en donde sólo se tiene información de los dolores y síntomas manifestados. El formato debe permitir también que los estudiantes formulen preguntas al paciente, realicen exámenes físicos y ordenen análisis de laboratorio, todo en alguna secuencia. Los resultados de estas indagaciones se van proporcionando conforme avanza el trabajo a lo largo del problema. (p. 148).

Cuando se aplica el ABP a otras disciplinas, se trata de enfrentar a los alumnos con el reto de resolver problemas lo más cercano posible a situaciones reales cuya solución los llevará a desarrollar el aprendizaje interdisciplinario de lo relacionado con el problema planteado, así como habilidades para la solución de problemas en general. Cabe mencionar que el ABP va mucho más allá de resolver los problemas o ejercicios de fin de capítulo de los libros, pues se trata de aplicarlo a la vida real.

Díaz-Barriga (2002) lo describe como:

una propuesta que se basa en que los alumnos se enfrenten a problemas... cuidadosamente seleccionados y estructurados, para tratar de solucionarlos activamente mediante situaciones de discusión con los otros (aprendizaje cooperativo). (p. 221).

Eggen y Kauchak (2012) citan la siguiente definición de Mayer y Wittrock (1996) que nos permite observar con claridad a lo que se enfrentarán los alumnos ante la necesidad de resolver algún problema:

un problema ocurre cuando el encargado de resolverlo tiene una meta pero carece de una vía obvia para alcanzarla. (p. 338).

Para Eggen y Kauchak los modelos de aprendizaje basado en problemas deben cumplir tres características que guían el proceso, ofrecen un entorno de aprendizaje activo al alumno y delimitan la función del profesor:

1. *Empiezan con un problema o pregunta que sirve de punto central para las investigaciones de los estudiantes.*
2. *Los estudiantes asumen la responsabilidad básica de investigar el problema.*
3. *El profesor facilita el proceso dirigiendo los esfuerzos de los alumnos y dándoles apoyo cuando es necesario.*

Eggen y Kauchak consideran como objetivos a corto plazo que *los estudiantes resuelvan bien el problema y comprendan el contenido*, mientras que a largo plazo se pretende que *comprendan el proceso de resolución de problemas y se desarrollen como «resolvedores» que se pueden dirigir por sí mismos.*

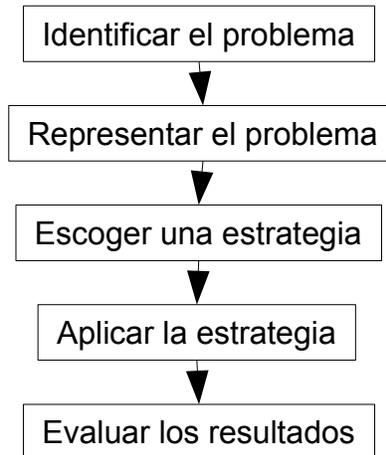
Explican que el aprendizaje basado en problemas se fundamenta en los principios de John Dewey del aprendizaje mediante la experiencia y de Vigotsky en su *teoría del aprendizaje sociocultural*:

Dewey creía básicamente que los niños son discípulos socialmente activos que aprenden explorando lo que los rodea... Las escuelas deben aprovechar esta curiosidad natural llevando el mundo exterior al aula, haciéndolo disponible y accesible al estudio... creía que el conocimiento, en lugar de estar inerte como el que se obtiene en libros y explicaciones, se vuelve útil al ser aplicado en la solución de problemas. (p. 334).

La *teoría sociocultural* se fundamenta en la participación activa del alumno en comunidades donde el aprendizaje se lleva a cabo al intercambiar y comparar sus ideas con las de otros. Utiliza el concepto de *aprendizaje cognitivo* para describir que *los estudiantes llegan a dominar tareas de aprendizaje complejas trabajando con alguien que sea experto en ellas*. El profesor juega un papel importante como experto y guía al estudiante mediante un proceso de preguntas. En síntesis, *la interacción social*

es un componente esencial del proceso, y los alumnos participan en aprendizajes cognitivos mientras el maestro dirige sus esfuerzos. Para que esta interacción pueda llevarse a cabo, los alumnos deberán trabajar en equipos, preferentemente de tres personas, supervisadas por el profesor.

Para su implementación Eggen y Kauchak proponen el siguiente esquema de cinco fases (p. 336):



Identificar el problema: Los problemas planteados a los alumnos deberán ser tales que atraigan su atención y signifiquen un reto para ellos. Debe considerarse que los estudiantes enfrentarán las dificultades de falta de conocimiento anterior y experiencia para definir problemas así como la *tendencia a precipitarse en la solución*.

Representar el problema: Se lleva a cabo mediante dibujos o analogías. Como medida auxiliar se puede solicitar trazar un bosquejo o hacer una lista de lo que se conoce o desconoce.

Seleccionar una estrategia: Debido a que los alumnos tenderán a elegir la primera estrategia que se les ocurra sin pensar en otras opciones, el profesor deberá alentarlos a practicar estrategias más generales. Eggen y Kauchak sugieren el *análisis de fines de medios* y la *percepción de analogías*. La primera consiste en definir submetas que lleven al alcance del objetivo. En la segunda se pregunta a los alumnos sobre situaciones similares que ellos hayan resuelto.

Aplicar la estrategia: Aunque es una consecuencia lógica de las fases anteriores, a veces los alumnos no lo ven así, en cuyo caso deberá alentárseles con preguntas que guíen el proceso.

Evaluar los resultados: Esta es la parte más importante ya que los alumnos tienden a aceptar respuestas que aún no tienen sentido, por lo que se requiere que el profesor los aliente a juzgar

la validez de sus resultados. *Sin aliento y apoyo por parte de los profesores, los estudiantes rara vez se preguntan si una solución es sensata en el mundo real.* La evaluación de los resultados es una oportunidad para que el alumno desarrolle habilidades de tipo metacognitivo donde reconozca las actividades que llevó a cabo, reflexione sobre la relación entre su práctica y los resultados obtenidos e interprete el significado de los resultados con relación al problema que se planteó resolver en un inicio, analizando si se logró o no el objetivo, en qué medida, si todavía hay más que hacer y cuales serían las posibles acciones futuras. Visto desde esta perspectiva, el ABP fomenta en el alumno el desarrollo de habilidades para enfrentarse a la vida acertivamente.

En síntesis

Hemos observado cómo el aprendizaje basado en problemas es una estrategia encaminada a desarrollar el aprendizaje en los alumnos al colocarlos frente a un problema real que deberán resolver, con ello se pretende activar mecanismos naturales de aprendizaje que utilizamos durante la experiencia en nuestra vida. Ofrece la ventaja de involucrar a los alumnos en situaciones que favorecen el aprendizaje significativo pero da menor importancia a adquisición de una mayor cantidad de conceptos. El papel del profesor es de estrategia y guía en el proceso de aprendizaje.

5.2.3. Aprendizaje como un proceso de investigación dirigida

Su antecesor fue el *aprendizaje por descubrimiento*. Campanario (1999) explica que este modelo implementaba al pie de la letra los planteamientos de Piaget en cuanto a la importancia del descubrimiento en el aprendizaje, por lo que se fomentaba

a toda costa la actividad autónoma de los alumnos. Incluso a veces se llegaba a rechazar... cualquier tipo de guía o dirección del aprendizaje... la enseñanza debería basarse en el planteamiento y resolución de situaciones abiertas en las que el alumno pueda construir los principios y leyes científicos. (p. 181).

Este planteamiento refleja la “*creencia ingenua entre los profesores de ciencias de que la mera actividad práctica por sí misma puede conseguir efectos radicales en el aprendizaje de los alumnos* ”. La ingenuidad reside en el hecho de que es imposible que por sí mismos, los alumnos reproduzcan en unas cuantas horas de clase el conocimiento que ha llevado a la ciencia siglos en descubrir.

No obstante, la experiencia de resultados deficientes en el *aprendizaje por descubrimiento* permitió hacer conciencia de la necesidad de una guía en el proceso de aprendizaje por parte de un experto mediador entre la creación experiencias que permitieran al alumno interactuar con los fenómenos en cuestión y alguna dirección que encaminara estas experiencias a la comprensión de lo ya conocido por la ciencia. Un ejemplo de esto es el ***aprendizaje como proceso de investigación dirigida*** que a continuación se explica.

Campanario cita a Gil (1994) para explicar que el modelo parte de la idea de acortar el “*abismo que existe entre las situaciones de enseñanza-aprendizaje y el modo en que se construye el conocimiento científico*”. Campanario explica que la idea de plantear el aprendizaje de las ciencias como una investigación dirigida de situaciones problemáticas de interés nació de la experiencia que ocurre cuando los científicos se integran a un grupo de investigación y abordan los problemas de sus supervisores expertos mediante pequeños trabajos.

Para su implementación, se proponen algunas estrategias como son: *plantear situaciones problemáticas que generan interés en los alumnos y proporcionan una concepción preliminar de la tarea*; que los alumnos trabajen en equipo para *delimitar el problema y explicitar ideas*; que se siga una *orientación científica con emisión de hipótesis, elaboración de estrategias posibles de resolución y análisis y comparación con los resultados obtenidos por otros grupos de alumnos*, lo que favorece la generación del *conflicto cognitivo* entre concepciones diferentes; por último sugieren la aplicación de los conocimientos recién adquiridos a situaciones nuevas para profundizarlos y afianzarlos.

En cuanto al papel del profesor, éste deberá “*anticipar muchas de las dificultades conceptuales y de procedimiento que, sin duda, surgirán durante el desarrollo de las clases*”, lo que hace concebir el título de *investigación dirigida* a este modelo.

Campanario menciona que las actividades de este modelo exigen bastante tiempo que con frecuencia lleva a sacrificar parte de los contenidos y cita a Gil para explicar que

es preciso descargar los programas de ciencias de contenidos puramente conceptuales y prestar más atención a los aspectos metodológicos, al estudio de la naturaleza del conocimiento científico, a los procesos de construcción del mismo y a la relación ciencia-tecnología-sociedad. (p. 186).

En síntesis

El aprendizaje como un modelo de investigación dirigida consiste en partir de un problema de interés para los alumnos que ellos resolverán mediante la aplicación del método científico con la asistencia del profesor experto que ayudará a dirigir la investigación hacia algún objetivo de aprendizaje, de manera que se asegure que los alumnos no se pierdan en el proceso de exploración como ocurre con el aprendizaje por descubrimiento. La investigación dirigida contempla el proceso de cambio conceptual al ser un modelo de educación activa que lleva al alumno a la confrontación de sus hipótesis con las de sus compañeros y la evidencia experimental. La sugerencia de que se considere la aplicación del nuevo conocimiento a situaciones nuevas, además de ser útil para profundizarlos y afianzarlos fomenta el desarrollo de habilidades de transferencia, que consiste en aplicar un conocimiento a situaciones en contextos diferentes.

5.2.3.1. Didáctica de Michelini

En julio de 2012 Michelini, M. y Estefanelli, A. (2012) de la universidad de Údine Italia, impartieron un taller de “Introducción a la física moderna” en las instalaciones de la UAM Iztapalapa que yo identifiqué como una forma de implementar el aprendizaje como un proceso de investigación dirigida. El taller fue dirigido a profesores, principalmente egresados de la MADEMS. Se nos compartió una metodología didáctica muy interesante que consistió en llevar a cabo una serie de experimentos (incluido el uso de una simulación en computadora) con lentes polarizados y calcitas acompañados de preguntas de reflexión, con el objetivo de que los alumnos nos percatáramos de algunos efectos ondulatorios en la polarización de fotones.

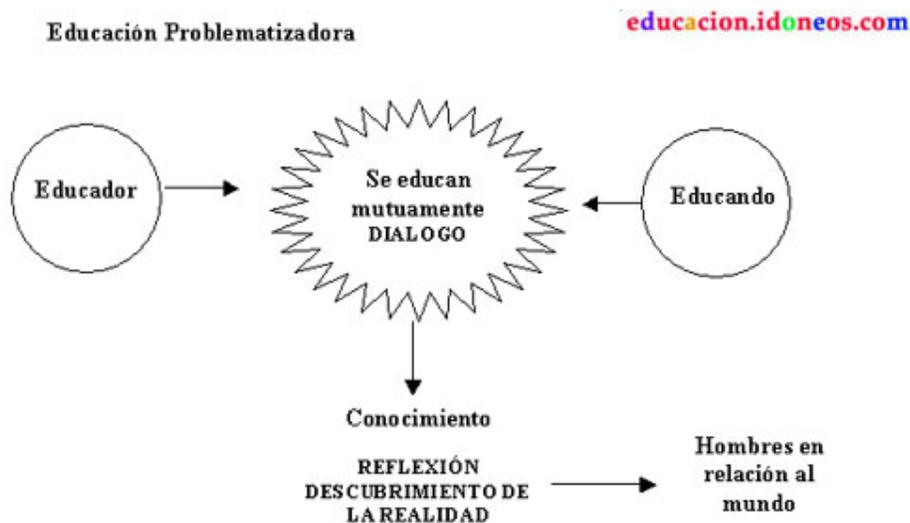
La metodología de Michelini (2011) está diseñada de tal forma que el conocimiento se construye conforme se llevan a cabo las actividades. La experiencia fue muy interesante porque el conocimiento estuvo basado en nuestras vivencias y descubrimientos al observar lo que sucedía experimentando con los materiales que se nos proporcionaron. Esta metodología resulta todavía más interesante si se considera que una de las especialidades de Michelini y Estefanelli (2009) es la educación a distancia, como puede observarse en su libro, en la que se requiere que el alumno logre la comprensión sin la presencia del profesor para dar explicaciones.

En síntesis

Esta experiencia tuvo una aportación especial para este proyecto en cuanto a la idea de desarrollar un conjunto de actividades estructuradas de tal forma que induzcan el aprendizaje en el alumno lo más autónomamente posible. Esta estructura potenciaría aún más el alcance del profesor en clase, debido a que se reduciría el tiempo en dar explicaciones en favor de una mayor disposición para asesorar a los alumnos.

5.2.4. Educación problematizadora de Freire

Delizoicov (2008) en su artículo, describe una experiencia inédita de aplicación de la pedagogía de Paulo Freire a la enseñanza de las ciencias en Brasil. La propuesta retoma los principios de Piaget, y se fundamenta en partir de una investigación del entorno social del alumno, del que dependen sus conocimientos, inquietudes e intereses, para plantearle situaciones *problematizadas* de su interés cuya solución lo llevarán a la necesidad de enfrentarse con sus propios límites cognitivos y llevarlo al conflicto que enfrentará mediante el **diálogo** (o *dimensión dialógica*) entre “*conocimientos cuyos portadores son cada uno de esos sujetos, el educando y el educado*”... “*entre conocimientos que tienen distintas génesis*”. Idoneos (2013) ofrece la siguiente imagen que representa la relación dialógica de Freire donde se enfatiza que tanto profesores como alumnos se educan mutuamente, descubren la realidad, mediante el diálogo en torno a la situación problematizadora:



Esta experiencia fue coordinada directamente por Freire, cuando fue secretario de educación en Brasil, lo que le permitió contar con toda una infraestructura para llevarlo a cabo. Se comenzó con una

amplia *investigación temática continua* a cargo de especialistas que consideraron los siguientes aspectos:

1. ¿Cómo se obtienen los temas generadores para una determinada escuela?
2. ¿Qué factores y variables deben ser considerados para estructurar un programa de enseñanza de ciencias que tenga los temas generadores como referencia central?
3. ¿Cuál es la metodología de enseñanza adecuada para la sala de clase que contempla las dimensiones dialógica y problematizadora del proceso educativo propuesto por Freire?
4. ¿Cuáles son las modificaciones estructurales en las prácticas docentes y en lo cotidiano de la escuela que ocurren por la implementación de una perspectiva educativa basada en la concepción freireana?

En lenguaje freireano el concepto *temas generadores* hace referencia a situaciones en el contexto del alumno, identificadas mediante un trabajo previo de *investigación temática*, que en gran medida determinan sus conocimientos, estructuras mentales e intereses. Su conocimiento es el punto de partida para el diseño de la currícula centrada en el alumno, con una reducción cuidadosa de contenidos supradisciplinarios que en conjunto den sentido o razón de ser del estudio para el alumno en el logro de aprendizajes significativos para su vida, minimizando el exceso de fragmentación del pensamiento. En términos de Delizoicov, “*es necesaria la elección y definición de objetos de conocimiento en torno de los cuales girará el diálogo entre el conocimiento científico del profesor y el conocimiento previo del alumno*”.

En la implementación de la pedagogía de Freire a la enseñanza de las ciencias, las unidades de enseñanza se diseñaron con base en tres momentos pedagógicos similares a los que se utilizan en aprendizaje por investigación dirigida:

1. ***Problematización inicial***: Consiste en la discusión en pequeños grupos de situaciones que los alumnos conocen y presencian, que exigen la introducción de conocimientos para interpretarlas. Inicialmente se proponen pocas cuestiones para después explorar las diferentes posiciones en toda la clase o *gran grupo*. El papel del profesor es fomentar la discusión de las distintas respuestas de los alumnos, cuestionar posicionamientos y lanzar dudas sobre el asunto sin responder o dar explicaciones.

El objetivo de este momento es propiciar un distanciamiento crítico del alumno que le haga

sentir la necesidad de adquirir otros conocimientos que todavía no tiene.

2. **Organización del conocimiento:** Se llevan a cabo actividades planeadas con los alumnos para que desarrollen una conceptualización científica que los lleve a la comprensión de las situaciones problematizadas.
3. **Aplicación del conocimiento:** Además del análisis e interpretación de las situaciones significativas iniciales, deberán desarrollarse las más diversas actividades, buscando la **generalización** de la conceptualización que ya fue abordada.

En síntesis:

Estrictamente hablando la problematización nos llevaría a rediseñar los planes de estudio hacia lo supradisciplinario, como sucedió en Brasil. En la práctica, los profesores podemos considerar la problematización como hilo conductor del aprendizaje en nuestros alumnos, buscando una mediación entre la saturación temática y la reducción estratégica de contenidos problematizados cuya comprensión proporcione al alumno las bases para que éste pueda abarcar por sí solo un conjunto mayor de temas de la disciplina.

Un elemento importantísimo que se consideró es el papel que juega la problematización en la **motivación del alumno**, aspecto determinante para el éxito del aprendizaje considerando la posibilidad de que desde nuestro libre albedrío tomemos la decisión de interesarnos por la disciplina.

5.2.5. Evaluación formativa e investigación educativa

La *evaluación formativa* es un proceso para monitorear constantemente el avance cognitivo de los alumnos que proporciona información para hacer cambios a las estrategias didácticas planeadas en función del logro de los aprendizajes. Para Díaz-Barriga (2002) la *evaluación formativa* es *aquella que se realiza concomitantemente con el proceso de enseñanza-aprendizaje por lo que debe considerarse como una parte reguladora y consustancial del proceso educativo*. Su finalidad es *regular el proceso de enseñanza-aprendizaje para adaptar o ajustar las condiciones pedagógicas en servicio del aprendizaje de los alumnos*. Profundiza aún más en ella y la relaciona con el monitoreo de las representaciones mentales en los alumnos:

En la evaluación formativa interesa cómo está ocurriendo el progreso de la construcción de las representaciones logradas por los alumnos... importa conocer la naturaleza y características de las representaciones... de las relaciones logradas

entre la información nueva a aprender y los conocimientos previos, así como el grado de compartición de significados que se está logrando por medio del discurso y/o de la situación pedagógica. (p. 406).

Posteriormente hace explícito el objetivo de identificar la relación causa-efecto entre las actividades realizadas por el alumno y su aprendizaje al citar el siguiente párrafo de un artículo de aAllal (1979):

Se intenta ante todo comprender el funcionamiento cognitivo del alumno frente a la tarea propuesta. Los datos de interés prioritarios son los que se refieren a las representaciones que se hace el alumno de la tarea y las estrategias o procedimientos que utiliza para llegar a un determinado resultado. Los “errores” son objeto de un estudio particular en la medida en que son reveladores de la naturaleza de las representaciones o de las estrategias elaboradas por el alumno. (p. 406).

La evaluación formativa posibilita al docente a interactuar para crear condiciones de aprendizaje, para propiciar experiencias que lleven a la confrontación *asimilación-acomodación* fundamentada por las ideas de Piaget, con hechos y situaciones desconocidas, que les permitan reacomodar sus propias estructuras mentales para dar cabida a las nuevas experiencias y de ahí, al nuevo conocimiento.

Investigación educativa

Para Gonzalez, Zerpa, Gutiérrez y Pirela (2007) la docencia es un trabajo continuo de investigación-acción, tanto por el trabajo de los alumnos como del profesor, consistente en un estado de reflexión permanente sobre su propia teoría pedagógica y su actuar orientado a la reconstrucción de las propias ideas y estrategias educativas:

Cuando el docente investiga en y sobre su acción, se convierte en un investigador en el aula en su escuela y comunidad. No depende ya ni de técnicas, rutina, recetas, normas ni de prescripciones curriculares impuestas desde afuera por los “expertos” los programas y los textos. Depende fundamentalmente de sus propios descubrimientos, de la teoría que va elaborando en su hacer pedagógico reflexionado permanentemente. El maestro construye su propia teoría, la aplica y verá su propio resultado positivo o negativo, reflexiona, corrige y reconstruye de nuevo. (p. 282).

5.2.6. Lenguaje escrito como recurso didáctico

Se hace esta consideración especial debido a que el lenguaje escrito es una de las formas de comunicación más utilizadas en Internet. El lenguaje escrito requiere de mayor esfuerzo mental, ya que se profundiza en lo que se va a decir, y este ejercicio ayuda a aclarar y ordenar las ideas. El lenguaje oral es más fluido, más espontáneo, menos estricto y ocurre en tiempo real. En Teberosky (2001) se encuentra una comparación detallada entre las características del lenguaje oral y escrito.

Cuando se le pide a un alumno que publique sus trabajos por escrito se le obliga a pensar más sobre lo que va a decir y cómo decirlo, proceso que implica un ejercicio de razonamiento muy beneficioso para estructurar su pensamiento hasta lograrlo hacer explícito, con una correspondiente toma de consciencia por parte de éste sobre lo que comunicó. Al respecto Hernandez (2004) cita en su artículo a Heath y Mangiola 1991 quienes relacionan el lenguaje escrito con la estructuración del pensamiento al afirmar que *escribir implica la apropiación del lenguaje para dar explicaciones ordenadas, argumentos lógicos, interpretaciones fundamentadas y análisis abstractos*. También menciona una cita de Einstein (1988) que relaciona la escritura con el pensamiento crítico: *Escribir implica y exige pensamiento crítico e independencia intelectual*.

5.2.7. Resumen

Los tres modelos ABP, investigación dirigida y educación problematizadora son muy similares porque en todos se plantea un problema a resolver y una metodología acorde al método científico. De hecho en algunas partes de su desarrollo no podríamos distinguirlos, sin embargo cada uno pone énfasis en el aspecto particular que le dio origen. El ABP se caracteriza por su intención de poner al alumno frente a un problema real y desarrollar el aprendizaje a partir de su solución. La investigación dirigida se inspira en llevar al salón de clase el modo como aprenden los investigadores, planteándoles objetivos y procedimientos para llegar a la meta, como una respuesta al fracaso del aprendizaje por descubrimiento al dejar solos a los alumnos. La educación problematizada también plantea problemas a los alumnos pero después de hacer una investigación sobre su entorno con el objetivo de motivarlo al plantearle situaciones que le son útiles y de su interés. En la práctica, estos tres modelos nos ofrecen un conjunto de combinaciones que serán aprovechados en función de los objetivos de aprendizaje en cada tema, de las condiciones en clase y del entorno que se esté presentando en nuestras vidas.

Meyers aportó una sistematización de su experiencia al llevar al aula los principios de Piaget, por

lo que su aportación es muy valiosa en cuanto que indica explícitamente varios fundamentos a tomar en cuenta en la enseñanza, mismos que serán considerados en las estrategias de este trabajo.

La evaluación formativa ofrece una herramienta fundamental para monitorear el proceso de aprendizaje en los alumnos y de enseñanza en la práctica docente que permite hacer cambios oportunamente, en una concepción flexible de la aplicación de las estrategias didácticas con base en la interacción con los alumnos y en favor de ellos, de manera que no basta con la aplicación de métodos para hacer reflexionar a los alumnos, sino que es necesario acompañarlos y darles seguimiento en función de sus necesidades, inquietudes, ideas, capacidades, intereses, etc.

El lenguaje escrito puede ser utilizado como herramienta didáctica cuando se desea que el alumno ordene y estructure su conocimiento. Este es un recurso que puede aprovecharse con las nuevas tecnologías debido a que el lenguaje escrito es uno de los formatos más utilizados en Internet.

5.3. El uso de las TIC en la educación científica

Las primeras computadoras como la “Commodore 64” o las PC que funcionaban con el sistema operativo MS-DOS, o incluso algunas calculadoras como las Hewlet Packard fueron útiles para hacer cálculos, medir y graficar. Algunos programas más elaborados permitían al usuario interactuar con ella por ejemplo al responder preguntas que la computadora indicaba si eran o no correctas, o bien especular con algunas simulaciones incipientes. En la actualidad esto ha evolucionado considerablemente debido a que cada vez son más accesibles los programas especializados que permiten interactuar mediante interfaces gráficas cada vez más amigables y con mayores capacidades de cálculo. No obstante lo anterior, lo que detonó un cambio radical de la computación en nuestras vidas fue la evolución del Internet, que añade a lo anterior la posibilidad nunca antes vista de establecer comunicación, a nivel mundial, con una gran diversidad de formatos y ambientes interactivos que ofrecen grandes potenciales a la educación. De hecho, en cierta medida Internet abarca los tres sistemas de representación acordes a nuestros sentidos indicados por Escobedo (2013): visual, auditivo y kinestésico, características que permiten acercar el conocimiento a nuestros alumnos con gran diversidad de habilidades.

Debido a la gran diversidad de opciones que actualmente ofrece la computación, es necesario definir una estructura que permita identificar explícitamente cómo hacer uso de ellas. Por tal motivo, en este texto se identificaron tres modos: **1) sensores y simuladores; 2) herramientas de comunicación**

de la Web 2.0 y 3) el Internet como fuente de consulta. Como una primera aproximación al tema, cabe citar a Carvalho (2012), quien sugiere que el uso de las computadoras como herramienta cognitiva va mucho más allá de sólo presentar información, ya que se puede enfocar hacia el desarrollo de habilidades autodidactas que el profesor puede fomentar en sus estudiantes mediante el “*acceso, análisis, interpretación y organización del conocimiento personal a partir de problemas previamente establecidos*”.

5.3.1. Sensores, simulaciones y animaciones

McFarlane (2002) considera que existe poca claridad sobre el papel que deben jugar las nuevas tecnologías en las escuelas. Al respecto propone dos modos de aplicación de las TIC en educación científica: uno que sirve de soporte a la experimentación y otro que apoya el razonamiento científico. El primero hace referencia a herramientas que facilitan la experimentación en clase como son sensores, graficadores y analizadores en tiempo real. El segundo considera a los simuladores que son programas diseñados para representar procesos naturales o modelos teóricos con el objetivo de interpretar o explicar algún proceso.

El uso de la computadora en apoyo a la experimentación

Barton (2005) señala que el trabajo experimental asistido por computadora mejora las habilidades de los alumnos en la interpretación de datos y fomenta el desarrollo de los conceptos científicos. Todo ello debido a las ventajas en recolección y análisis de datos que ofrece la computadora. En el primer caso se reduce el tiempo, lo que facilita llevar a cabo más experimentos. En el procesamiento de datos se reducen los errores y son presentados de manera clara, lo que ayuda a su interpretación e incrementa el disfrute del trabajo práctico. Para el análisis de datos se facilita la investigación de relaciones entre variables, lo que apoya a los alumnos a extender sus habilidades debido a las herramientas de análisis disponibles en los programas y cambia los límites de lo que es posible para estudiantes con diferentes facilidades. Barton sugiere que las representaciones de la computadora carecen de significado para los alumnos a no ser que se establezca el diálogo entre ellos, lo cual no se desarrolla de manera natural, por lo que el rol de los profesores es esencial para fomentar discusiones significativas.

Russell (2003) en su artículo sobre el laboratorio asistido por computadora en la comprensión de la cinemática, explica que se reduce el tiempo en la recolección y procesamiento de datos experimentales que se aprovecha en mayores oportunidades para el análisis y explicación. Propone

seguir cinco pasos: 1) predecir, 2) configurar el experimento, 3) observar la salida de la computadora, 4) analizar y 5) explicar. Estos pasos serán utilizados en las prácticas para involucrar a los alumnos reflexivamente en las actividades de clase, haciendo que *“estén seguros de sus propias ideas, que se pregunten por explicaciones de eventos familiares y 'discrepantes' y debatan sobre concepciones alternativas”*. Los alumnos deberán interpretar los resultados, yuxtaponer su entendimiento previo, sus predicciones contra la evidencia mostrada por la pantalla de la computadora. Para ello se debe supervisar y animar el trabajo de los alumnos en la dinámica predicción-observación-explicación, fomentando las interacciones y discusiones entre pares mediante preguntas escritas que revelen lo que están pensando, que los lleve a la demostración, de manera que se les permita explorar su mundo. El objetivo es *“retar las concepciones de los alumnos y presentarles oportunidades para construir colaborativamente comprensiones aceptables científicamente basadas en los datos empíricos”*.

En síntesis, se sugiere el uso de la computadora en la experimentación para facilitar los cálculos y centrar la atención en el análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

Simuladores

McFarlane (2002) distingue dos tipos de simulaciones: *cerradas y abiertas*.

Las simulaciones cerradas absuelven al alumno de la responsabilidad de investigar aspectos de la tarea como planeación o diseño, recolección y despliegue de datos y se concentran en el desarrollo del contenido cognitivo a través de la demostración de un sistema idealizado. Los estudiantes pueden alterar variables clave, pero sólo dentro de un intervalo aceptable. (p. 225).

Este tipo de simulaciones son útiles para explorar la teoría involucrada a través de representaciones dinámicas de sistemas ideales.

Las simulaciones abiertas únicamente representan los fundamentos básicos del trabajo práctico donde los estudiantes pueden hacer elecciones significativas acerca de la naturaleza exacta de la simulación. Entre ellos se incluye la generación de datos dentro de un intervalo experimental o con elementos aleatorizados para imitar errores y/o probabilidades. (p. 225).

Smetana (2012) considera que las simulaciones ayudan a los estudiantes a visualizar conceptos abstractos y simplificar problemas complejos debido a que abarcan un número limitado de variables en circunstancias idealizadas. Son un auxiliar en hacer más concretas las entidades inobservables y las ideas abstractas. Se facilita el desarrollo de habilidades, actitudes y valores de la reflexión científica, ya se permite proponer y probar hipótesis propias, motivando las habilidades de predicción y pensamiento de alto nivel, lo que promueve el entendimiento conceptual y la transferencia de conocimiento.

Kathleen considera que las simulaciones son más efectivas cuando se usan como complemento y no como reemplazo de otros modos de instrucción. Su uso debe orientarse a facilitar el aprendizaje, la discusión, la construcción de significado, las habilidades, intereses y necesidades de los estudiantes apoyándose en indicaciones del profesor, tiempo para que los alumnos se familiaricen con ellas, preguntas para enfocar los objetivos de aprendizaje, oportunidad para la reflexión y otras actividades que deberán corresponder con los objetivos de aprendizaje.

Para su implementación recomienda que el trabajo se lleve a cabo en pares debido a que esto genera niveles sorprendentemente altos de discusión cognitiva. Respecto al orden de actividades en clase, sugiere comenzar con las simulaciones cuando se requiere que los estudiantes se familiaricen con algún procedimiento experimental antes de llevarlo a cabo. Por otro lado, cuando el objetivo es la comprensión conceptual recomienda que las simulaciones sean posteriores a la exploración manual.

Simulaciones y animaciones

Las animaciones se enfocan más en mostrar relaciones de fenómenos físicos en movimiento a través de dibujos o imágenes de buena calidad, como por ejemplo caricaturas. Un ejemplo típico de esto son las animaciones de macromedia flash comúnmente presentes en una gran cantidad de páginas de la web como por ejemplo en “*players*” de audio o video, presentaciones que permiten la interacción a través de “*botones*”. Por otra parte, las simulaciones son programas con animación que permiten la introducción de valores a las variables de los modelos matemáticos del fenómeno físico y muestran ya sea mediante movimiento, gráficas o datos los resultados. Un ejemplo típico de simuladores en Internet son los “*applets*” de “*java*”. A diferencia de las animaciones flash, las imágenes de los applets suelen ser muy simples, como por ejemplo figuras geométricas en movimiento con poco significado simbólico por lo que para su interpretación el alumno debe estar familiarizado con la abstracción del fenómeno representado.

En síntesis:

En esta sección se presentó un panorama general sobre consideraciones didácticas a tomar en cuenta cuando el objetivo es aprovechar las herramientas computacionales en la elaboración de un experimento o bien recurrir a las simulaciones y/o animaciones cuando lo anterior no es posible. En este sentido Kathleen recomienda el uso de simulaciones como complemento de otras actividades didácticas. Por otra parte no se hizo mención al uso de sensores debido a que éste no es el objetivo principal del presente trabajo.

5.3.2. Internet como fuente de consulta

La utilidad más común que le encuentran los alumnos al Internet, independientemente de que los profesores lo consideremos o no, es como fuente principal de información cuando se requiere investigar sobre algún tema, por ejemplo en alguna tarea extra clase. El Internet por una parte favorece el acceso a la información, pero por otra la puede empobrecer debido a la falta de entrenamiento en los alumnos para discernir información útil y de fuentes fidedignas respecto a publicaciones poco confiables, con frecuencia erróneas para el enfoque riguroso que exige el conocimiento disciplinario. Pozo (2001) considera que las demandas educativas en la sociedad de la información y el conocimiento plantean nuevos retos a la educación. La prioridad ya no es la información sino la formación de habilidades para buscar, seleccionar e interpretarla, esto es, habilidades para encontrar lo que se necesita entre un gran número de opciones:

se trata de información desvalagada, fragmentaria y a veces incluso deformada. Lo que necesitan los alumnos de la educación científica no es tanto más información, que pueden sin duda necesitarla, como sobre todo la capacidad de organizarla e interpretarla, de darle sentido. Y, de modo muy especial, lo que van a necesitar como futuros ciudadanos son, ante todo, capacidades para buscar, seleccionar e interpretar la información. La escuela ya no puede proporcionar toda la información relevante, porque ésta es mucho más móvil y flexible que la propia escuela, lo que sí puede es formar a los alumnos para poder acceder a ella y darle sentido, proporcionándoles capacidades de aprendizaje que les permitan una asimilación crítica de la información. (p. 28).

Quienes nos dedicamos a la docencia, observamos que típicamente los alumnos recurren al

Internet cuando les dejamos investigar sobre algún tema. En general hay poco sentido crítico en ellos como para que se pregunten qué tan confiable es la fuente de información consultada. Por lo general se encuentra que suelen repetirse las fuentes consultadas por los alumnos, incluso hay algunos lugares que se ha vuelto populares como Wikipedia, “*el rincón del vago*” y buenas tareas.com. Como consecuencia hay gran incertidumbre sobre la validez de la información consultada, lo que requiere del profesor estrategias enfocadas a identificar estas situaciones y a desarrollar un sentido crítico en los alumnos.

El reto de entrenar a los alumnos para que sean capaces de llevar a cabo tal capacidad de interpretación crítica es motivo de trabajos más profundos que el alcance de esta tesis. Sobre todo si se considera que no son investigadores expertos y por lo tanto no cuentan con parámetros para identificar la veracidad de lo que encuentran en Internet, a diferencia de los profesores. Una alternativa es tipificar la información que suelen presentar los alumnos sobre temas específicos, a manera de identificar casos concretos que permitieran al alumno caer en la cuenta de errores típicos al buscar en Internet, o bien identificar si existen patrones comunes en las investigaciones que hayan sido acertadas para sugerirles algunas pautas como por ejemplo corroborar la información en libros especializados, consultar diferentes fuentes, identificar posibles incongruencias y de alguna forma resolverlas, buscar la información en sitios avalados por alguna institución educativa formalmente establecida, comparar trabajos con los de sus compañeros, etc.

5.3.3. Comunicación mediante la Web 2.0

El término Web 2.0 por naturaleza está asociado al trabajo colaborativo y activo. Grosbeck (2009) hace referencia al uso social del Internet que permite a las personas colaborar para involucrarse activamente en la creación de contenido, generación de conocimiento y compartir información en línea. Menciona como herramientas específicas a los Blogs¹⁰, microBlogs¹¹, Wikis¹², sindicación de contenido a través de RSS¹³, etiquetas basadas en folcsonomías¹⁴, la socialización de opciones de “adición a

10 El blog es una herramienta para publicar información en Internet. Algunos sitios que ofrecen la posibilidad de crear blogs gratuitos son Blogger y WordPress.

11 El Microblog es un servicio que permite enviar y publicar mensajes breves. *Tweeter* es un sitio muy conocido que ofrece Microblog.

12 Las Wikis son páginas que son escritas colaborativamente por un conjunto de usuarios. En ellas se registra un historial de todas las modificaciones hechas así como del autor de ellas. El ejemplo más conocido es la Wikipedia (<http://es.wikipedia.org>).

13 RSS es un formato que se utiliza para difundir información a usuarios suscritos a algún sitio. Permite recibir información mediante un software especializado sin necesidad de un navegador (véase <http://es.wikipedia.org/wiki/RSS>).

14 Folksonomía es un espacio de clasificación en redes sociales para compartir como del.icio.us para enlaces favoritos, Flickr para fotos, Tagzania para lugares (véase <http://es.wikipedia.org/wiki/Folksonomía>).

favoritos”, la compartición de medios (como por ejemplo videos en YouTube), y los sitios de redes sociales como Facebook. En cuanto a su aprovechamiento didáctico propone que los profesores debemos invitar a los alumnos a usar estas herramientas mediante el diálogo fructífero, con iniciativa, responsabilidad, curiosidad, imaginación, habilidades de exploración, creatividad, trabajo colaborativo y constructivo, a estar abiertos a la identificación y solución de problemas. Argumenta que las tecnologías sociales funcionan porque los profesores podemos fomentar el trabajo colaborativo no sólo entre nuestros alumnos sino entre colegas y estudiantes de todo el mundo. Esto podría sonar exagerado, sin embargo ya es una realidad común para nosotros, por ejemplo la controversial Wikipedia es un espacio abierto; cualquiera de nosotros puede escribir en ella. Algo que pocas veces nos planteamos es la posibilidad, tanto para profesores como alumnos, de publicar y corregir errores que encontremos en ella, participando de esta manera del trabajo colaborativo internacional.

En Internet existen dos formas de comunicación, dependiendo de que esta sea en tiempo real o diferido. Para distinguir las se utilizan los nombres *sincrónica* y *asincrónica*.

Una de las dificultades que se tuvo que enfrentar fue delimitar qué hacer con todas las opciones que ofrece la Web 2.0, debido a que el panorama de lo que se puede hacer con ellas es muy amplio. Primordialmente se le consideró como una **herramienta de comunicación** que ofrece formas muy variadas de transmitir y recibir información, cuyo potencial se desea aprovechar para mejorar las condiciones de enseñanza-aprendizaje. El trabajo se enfocó en responder la pregunta: **¿cómo aprovechar las posibilidades de comunicación que ofrecen las TIC para crear mejores condiciones de aprendizaje?**

Con base en lo anterior se consideró el potencial de Internet como medio de comunicación multimedia¹⁵ que permite interactuar con la computadora y con el grupo. La interacción consiste en que los usuarios podemos publicar y recibir información en cualquier momento desde cualquier parte que tenga acceso al Internet, ya sea computadoras, tabletas, teléfonos celulares, Internet público, escuela, etc. Esto incluye tanto a los alumnos como al profesor. La interacción se potencializa aún más si se cuenta con un laboratorio o aula equipado con computadoras.

Si juntamos los conceptos de interactivo con multimedia obtenemos una enorme gama de posibilidades que nos da alguna idea de lo que se puede llegar a hacer con las TIC. Como ejemplo están

15 El término multimedia significa múltiples medios. Hace referencia a la posibilidad que abrieron las computadoras de utilizar diferentes formas de comunicación como son: texto, imágenes, audio y video, o bien la combinación de cualquiera de ellas.

las animaciones, los cuestionarios en línea, las redes sociales, etc.

No obstante, los hechos han mostrado que este potencial no se aprovecha espontáneamente, por lo que se requiere que el profesor organice, propicie y supervise la participación activa de sus alumnos utilizando las herramientas de la Web, de lo contrario ellos no lo harán espontáneamente.

Blogger, Moodle, Google drive y Facebook

De la gran variedad de recursos que ofrece Internet, se seleccionaron estas cuatro herramientas debido a que presentan características que pueden ser de utilidad para la docencia si se aprovechan correctamente. A continuación se dará una breve descripción:

Blogger: Es una aplicación que ofrece Google gratuitamente para publicar Blogs. En Wikipedia se indica que Blog proviene de las palabras en inglés *web* y *log*, esta última significa diario. “*es un sitio web periódicamente actualizado que recopila cronológicamente textos o artículos de uno o varios autores*”. En la práctica se consideró su uso como una forma sencilla de contar con una página en Internet asociada al curso donde se publicó información como enlaces a documentos en línea, instrucciones para la inscripción los cursos en Moodle o para que llevaran a cabo alguna actividad sin necesidad de emplear tiempo de clase para copiar instrucciones o direcciones de Internet, indicando únicamente que entraran a la correspondiente actividad dentro de la página del curso en el Blog.

Moodle: Es un programa diseñado para producir cursos en Internet que comúnmente se usa en sistemas educativos *en línea*¹⁶ a distancia, como por ejemplo la *preparatoria abierta*. Y que utilizan como herramienta principal para la difusión de las TIC las dependencias de la UNAM “*Hábitat puma*” y “*CUAED*”. En la página de MOODLE (s.f.) está la siguiente explicación sobre el significado de sus siglas:

La palabra Moodle fue originalmente un acrónimo de “Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment” (Entorno Modular de Aprendizaje Dinámico Orientado a Objetos)... es un verbo que describe el proceso de deambular perezosamente a través de algo, hacer las cosas como se te ocurre hacerlas, una placentera chapuza que a menudo conduce a la comprensión y la creatividad. Como tal, se aplica tanto a la forma en que se desarrolló Moodle y a la manera en que un

16 Las palabras “*en línea*” se utilizan para describir que actividades que se llevan a cabo mediante una conexión a Internet.

estudiante o profesor podría aproximarse a estudiar o enseñar un curso en línea.

Cualquier persona que utiliza Moodle es un Moodler.

Algunas de las características que se utilizaron son: permite organizar el contenido de un curso en algo similar a una página Web, ya sea temática o cronológicamente. Incluye una gran diversidad de aplicaciones como bases de datos relacionales con información de las actividades llevadas a cabo por cada alumno, foros, chat, sistema de mensajería, cuestionarios, páginas Web, Wikis, calendario de actividades, tareas donde el profesor escribe las instrucciones y los alumnos escriben los resultados en texto o mediante archivos adjuntos, etc. El sistema monitorea y califica automáticamente a los alumnos y permite la inserción de código Web “incrustado”, con lo que es posible ver desde dentro del sistema Moodle imágenes, “players” de audio o video, animaciones flash, plantillas de captura de Google, etc.

Google Docs: Recientemente cambió el nombre a “Drive”¹⁷ porque es un espacio en servidor para almacenar cosas. Se ofrece gratuitamente. Se otorgaban 5 Giga Bytes de almacenamiento, pero el 19 junio 2013 encontré que el espacio se había ampliado a 15 GB. Una característica muy importante es que **cuenta con un editor propio** de documentos, libros de cálculo y presentaciones que almacena la información automáticamente en el momento en que se escribe, lo que **permite el acceso y edición simultánea**. Esto es, varios usuarios pueden acceder a un documento y hacerle modificaciones al mismo tiempo, lo que es muy útil por ejemplo si se les pide a los alumnos que reporten los resultados de una actividad asignando una hoja del libro de cálculo a cada equipo. Pudiera haber alguna desventaja en caso de que alguien hiciera mal uso de la herramienta, porque cualquier usuario puede escribir en cualquier parte del libro, o sea en la hoja designada para otro equipo, en cuyo caso podría darse acceso a un libro de cálculo diferente para cada equipo.

Facebook: Es uno de los sistemas más utilizados en las llamadas redes sociales. Típicamente suelen acceder a él la mayoría de los alumnos. Algunas de sus características son: Permite escribir información como texto, imágenes o ligas a otros sitios que serán accesible a todos los usuarios inscritos, incluso el sistema les avisa cuando hay un nuevo mensaje o comentario. Cuenta con un chat para comunicarse con alguien en particular, indica quienes están “conectados”, puede accederse desde teléfonos celulares y cuenta con una opción para definir grupos, con lo que es posible dirigir la información a un conjunto de personas en particular. Una ventaja es que informa a

17 La palabra *Drive* en computación hace alusión a las unidades de almacenamiento de información

los usuarios cuando hay mensajes nuevos y una desventaja es que cada vez que se hace algún comentario sobre algún mensaje, éste se coloca en la parte de arriba, lo que altera el orden cronológico de la publicación de los mensajes y dificulta la consulta de mensajes antiguos.

6. Metodología

6.1. Enfoque temático: Termodinámica y calentadores solares

La delimitación del tema se basó en el interés de vincular el currículo con la promoción de alternativas de energías renovables. Había dos temas candidatos: el funcionamiento del calentador solar de agua y la generación de energía eléctrica de los cuales se eligió el primero, aprovechando la oportunidad de los cursos que sobre el tema ofrece el CIE¹⁸.

En la tercera unidad del programa de estudios de física del CCH (UNAM CCH (1997)), “Fenómenos termodinámicos” se especifica que la segunda temática, “2. *Propiedades térmicas*” incluye los conceptos de calor, equilibrio térmico, calores específico y latente, y aplicaciones de las tres formas de conducción de calor. Como aprendizajes se especifica que el alumno:

- *Comprende los conceptos de equilibrio térmico, temperatura y calor.*
- *Describe los cambios de temperatura producidos por intercambio de energía, su relación con la energía interna y emplea el modelo de partículas para explicarlos.*
- *Utiliza el calor específico y latente para calcular cambios en la energía transferida a un sistema.*
- *Identifica las formas del calor: conducción, convección, radiación y conocerá algunas situaciones prácticas.*

Lo anterior me llevó a enfocarme en una aplicación, la comprensión del funcionamiento del calentador solar de agua como objetivo principal dentro de la que estarían contenidos los aprendizajes del programa en un contexto de *educación problematizadora de Freire*.

Para ello se planteó como objetivo particular que los alumnos logaran la comprensión de la ecuación $Q = c m \Delta T$, de manera que fueran capaces de explicar y calcular cuánta energía se necesita para elevar la temperatura de cierta cantidad de agua a una temperatura determinada. Posteriormente, en un taller de calentadores solares extraclase se incluyeron los conceptos de irradiancia, irradiación e

¹⁸ El CIE, Centro de Investigación en Energía de la UNAM, recientemente cambió su nombre a IER, Instituto de Energías Renovables.

insolación de manera que los alumnos tuvieran las bases para interpretar y aplicar la información del Programa de Estaciones Meteorológicas del Bachillerato Universitario, PEMBU (2011) en la predicción de la temperatura que alcanzaría el agua de un calentador solar en función de la insolación, área del colector, temperatura inicial del agua, volumen de agua a calentar y eficiencia del calentador.

6.2. Propuesta metodológica

En las estrategias didácticas se consideraron *cinco elementos principales*:

1. Experimentos llevados a cabo por alumnos
2. Preguntas de reflexión
3. Trabajo en equipo
4. Diálogo
5. El uso de las NTIC

A continuación se describe en que consiste cada uno de ellos.

6.2.1. Experimentos llevados a cabo por alumnos

Uno de los ejes principales en la discusión del marco teórico fue la importancia de permitir al sujeto interactuar con los objetos para crear condiciones de aprendizaje. Piaget llegó a afirmar que era necesario el descubrimiento, aunque para Ausubel el aprendizaje también puede lograrse por recepción siempre y cuando sea significativo para el alumno. El *aprendizaje por descubrimiento* intentó aplicar las ideas de Piaget pero fracasó porque se pensó que los alumnos redescubrirían la ciencia espontáneamente, sin dirección alguna. Esta experiencia nos enriqueció con el conocimiento de que se requiere acompañar la experimentación con metodologías como el *proceso de investigación dirigida*, el *aprendizaje basado en problemas* o la *enseñanza problematizada de Freire*. En este contexto hacen sentido las aportaciones de Ausubel en cuanto a que sólo se logrará un aprendizaje de la exploración o experimentación si ésta tiene un significado para el alumno.

Hodson (1994), quien llegó a la misma conclusión, afirma que es fundamental la experimentación porque “*los estudiantes aprenden mejor a través de la experiencia directa*”. Considera importante la enseñanza activa pues menciona que “*el aprendizaje es un proceso activo en el que los estudiantes construyen y reconstruyen su propio entendimiento a la luz de sus experiencias*”. Sin embargo hace algunas advertencias sobre los riesgos que pueden ocurrir si la experimentación se conduce

inadecuadamente, como que los estudiantes sólo tengan una ligera idea de lo que están haciendo, sin comprender el objetivo del experimento, o bien se les sature de tareas dificultando su comprensión del experimento: *“pueden pasarse toda la lección sin comprender correctamente el objetivo del experimento, el procedimiento y los hallazgos”*, por ello propone *“menos práctica y más reflexión”*. Otro aspecto que menciona es la dificultad de interpretar la intención de una práctica cuando se sigue un manual de laboratorio, por lo que resalta la importancia de *“tener claro el propósito de una lección concreta”*.

Uno de los fundamentos teóricos que tuvo mayor influencia en la metodología didáctica de este proyecto fueron las ideas de Meyers, desarrolladas en el marco teórico de esta tesis, que parten de su propia experiencia fundamentada en la aplicación de los principios de Piaget. Meyers propone actividades para *construir* el aprendizaje *por descubrimiento*, ya que considera que esta es la forma como aprendemos naturalmente: partimos con la experiencia concreta antes de progresar a la representación abstracta y no al revés. Es por esto que recomienda comenzar con la exploración de materiales, como lo establece el primer paso del ciclo de Karplus. En el mismo sentido, García considera que la construcción del conocimiento se fundamenta en el contacto que establece el sujeto con su exterior mediante la acción.

Como lo hizo notar Hudson, es preciso estar conscientes de que es insuficiente sólo el experimento para que los alumnos, de manera espontánea, lleguen a las mismas conclusiones que fueron producto de siglos de investigaciones científicas. Se requiere integrar al experimento con estrategias didácticas que **guíen** o **induzcan** al alumno para que éste se percate de los aspectos fundamentales del experimento desde el punto de vista de la ciencia, como por ejemplo en el *proceso de investigación dirigida*.

Mi experiencia docente ha confirmado la importancia de la exploración o experimentación en clase. Cuando les solicito a los alumnos que evalúen el curso de física, típicamente resaltan la importancia de los experimentos pues consideran que de esa forma la clase es dinámica, divertida, que aprenden más y mejor. He observado que esto motiva a trabajar a los alumnos y los hace interactuar con el fenómeno en cuestión, lo que estimula sus sentidos y les hace desarrollar una experiencia propia que va más allá de los libros.

Todas estas razones me llevaron a considerar un lugar prioritario a las actividades de experimentación o exploración del alumno con los fenómenos físicos durante el diseño y desarrollo de

este proyecto. En otras palabras, se procuró que los alumnos llevaran a cabo actividades de exploración o experimentación guiada como punto de partida en las actividades didácticas siempre que esto fuera posible o viable. Posteriormente se diseñaron estrategias para orientar la experiencia del alumno hacia la estructuración de conceptos abstractos mediante estrategias de reflexión y análisis que facilitaran la comprensión del fenómeno físico. Para la maduración de la comprensión de éstos conceptos se procuró utilizar ejercicios de aplicación. En términos generales se siguió la estructura de los ciclos de Karplus propuestos por Meyer en el marco teórico de esta tesis:

1. Exploración de materiales
2. Invención de conceptos
3. Aplicación de conceptos

6.2.2. Preguntas de reflexión

En la sección anterior se fundamentó la importancia de que los alumnos puedan interactuar con los fenómenos físicos mediante actividades explorativas o experimentales, pero que también era necesaria una guía del profesor para que ellos puedan lograr aprendizajes concretos. Con este objetivo se propusieron los conceptos de aprendizaje significativo de Ausubel, aprendizaje basado en problemas, proceso de investigación dirigida y la problematización de Freire.

En el marco teórico de esta tesis se expuso que Meyers retomó el planteamiento de Piaget sobre la necesidad de trascender el egocentrismo o pensamiento centralizado en la experiencia personal de los alumnos para dar cabida a una realidad enriquecida, a la reflexión en otras alternativas más allá de sus propias experiencias inmediatas, de manera que expandan sus habilidades de pensamiento. Meyers recomienda también despertar la curiosidad del alumno mostrándoles un problema o controversia en la ciencia, y crear ambientes de clase que fomenten la discusión, así como fomentar en los alumnos la habilidad de plantear preguntas relevantes. Recomienda también que el profesor comparta con sus alumnos los retos disciplinarios que él enfrenta.

Las preguntas de reflexión se utilizarán con la finalidad de enfocar la atención del alumno hacia aspectos clave del fenómeno cuyo aprendizaje se desea lograr. Históricamente podríamos relacionarlas con el método socrático conocido como *mayéutica*, definido por la Real Academia de la Lengua española como el método en el que “*el maestro, mediante preguntas, va haciendo que el discípulo descubra nociones que en él estaban latentes*”. Mediante las preguntas de reflexión se pretende motivar la reflexión y el análisis en los alumnos para profundizar en lo esencial de los sistemas físicos,

especialmente en aspectos que son fundamentales para su comprensión, o para fijar su atención en lo que hay detrás de las aparentes contradicciones con nuestra percepción común, en aquello que podría dar la pauta para que el alumno logre *resolver el misterio*, que en términos de Piaget corresponde a lograr la acomodación en los esquemas mentales del alumno.

Los tres modelos que se presentaron en el marco teórico, *aprendizaje basado en problemas*, *investigación dirigida* y *enseñanza problematizada* se utilizarán como referencia para aplicarlos de acuerdo al contexto del fenómeno físico en particular que se desee enseñar. Por ejemplo, en algunos casos es posible plantear un experimento científico para que lo resuelvan los alumnos, o enfrentarlos con algún problema real o trabajar en algún tema de su interés relacionado con la vida cotidiana. En otros casos que no concuerdan con ninguno de los tres esquemas, simplemente se plantea una pregunta diseñada para inducir alguna reflexión en el alumno. En términos de las recomendaciones de Ausubel, el objetivo es que el alumno encuentre el significado de lo que vemos en clase.

Algunas otras formas que se considerarán para motivar la reflexión son: la *lluvia de ideas* que consiste en plantear una pregunta al grupo que los alumnos responden mediante participaciones en plenaria; hacer una pregunta sencilla y solicitar una *respuesta rápida*¹⁹ por equipos; solicitar a los alumnos que expliquen con argumentos bien fundamentados alguna situación estratégicamente planteada por el profesor cuya respuesta implique algún razonamiento de aspectos clave en la comprensión del fenómeno estudiado²⁰; incluir preguntas en las instrucciones de alguna actividad didáctica que los alumnos responderán individual o colectivamente dependiendo de las condiciones en que se lleve a cabo; etc.

Para identificar cuál de todas las estrategias es la más indicada se considera el contexto en particular. Por ejemplo, en el salón de clase hay más posibilidades de trabajar en equipo que fuera de él, aunque con las TIC existen canales alternativos de comunicación extra clase. Si se dispone de poco tiempo, es recomendable plantear *preguntas rápidas* antes de caer en la tentación de dar las respuestas a los alumnos y quitarles la oportunidad de avanzar en su propio aprendizaje. Se pueden diseñar preguntas para actividades en casa o para acompañar actividades experimentales como se mencionó de Michellini en el marco teórico. Algunos temas se prestan para plantear preguntas a los alumnos cuya respuesta se puede contestar con mini proyectos de investigación, como por ejemplo la relación entre el color y el calentamiento. Otros temas permiten plantear situaciones reales relacionadas con los

19 Esta fue una aportación del profesor Roberto Miranda

20 Como lo que hace el profesor Ramiro González en sus clases

problemas de nuestra vida cotidiana que son de interés para el alumno y cuya solución podría encontrarse siguiendo la propuesta del aprendizaje basado en problemas junto con los elementos motivacionales de la problematización de Freire. Como ejemplo está lo relacionado con soluciones para el aprovechamiento de las energías a nuestro alcance como el Sol o el viento con la menor contaminación posible.

En cuanto a la comunicación, se consideraron dos formas de dar respuesta a las preguntas, utilizándose ambas siempre que fuera posible: por escrito utilizando foros en Internet y oralmente. Cada una de ellas ofrece diferentes aportaciones cognitivas al sujeto que se expresa.

Evaluación formativa a través de las preguntas de reflexión

Las preguntas de reflexión, ofrecen un potencial especialmente útil para la evaluación formativa, ya que las respuestas de los estudiantes aportan información valiosa para interpretar sus concepciones durante el desarrollo del curso. Cada vez que un alumno expresa su opinión sobre algún tema está ofreciendo información para monitorear lo que está construyendo en su pensamiento sobre la temática de la clase como dudas, dificultades en la comprensión del tema e incluso posibles interpretaciones parciales, superficiales o erróneas de los temas.

Por esta razón en las prácticas con alumnos de este proyecto se consideró una doble utilidad a las preguntas de reflexión. Por una parte para incentivar el proceso de análisis en el alumno hacia aspectos esenciales o clave para la comprensión de los fenómenos físicos y por la otra como instrumento para llevar a cabo la evaluación formativa mediante el monitoreo de las reflexiones de los alumnos que permite al profesor intervenir de manera oportuna haciendo aclaraciones, preguntas, observaciones, etc. que faciliten al alumno la construcción del conocimiento científico.

6.2.3. Trabajo en equipo

En el marco teórico de esta tesis se fundamentó la importancia del trabajo en equipo. Vigotsky resaltó la importancia de la interacción social, Meyers recomienda la división en pequeños grupos de trabajo que faciliten la comunicación entre alumnos. Eggen y Kauchak explican que la comprensión se internaliza después de haberla desarrollado en un medio social, García menciona la necesidad los jóvenes de aprender a socializar.

Durante el desarrollo de las clases, tanto en la elaboración de experimentos como para la

reflexión de las preguntas se consideró que los alumnos trabajaran por equipos. Esto supone el reto de aprender a escuchar, a expresarse, a ponerse de acuerdo, a resolver las diferencias que pudieran presentarse.

Debido a la disposición de los laboratorios en el CCH, típicamente se forman equipos de hasta cinco personas, lo que podría propiciar que se delegara el trabajo en pocas. Meyers sugiere equipos de tres a cuatro personas. Una solución para que todos los miembros del equipo trabajen, retomando la metodología del profesor Ramiro González, consistió en nombrar a un representante para exponer al grupo las conclusiones del equipo, pero con la indicación de que se escogerá **al azar**, de manera que todos los integrantes deberán estar al tanto de la discusión y resultados a los que se haya llegado.

6.2.4. Diálogo

Toda interacción social, todo trabajo colaborativo requiere del diálogo para existir. En el marco teórico del presente trabajo se hizo referencia a esto mediante varias citas: Respecto a las aportaciones de Vigotsky, Eggen y Kauchak (2012) consideran el diálogo implícitamente al recalcar la importancia de compartir ideas. De manera similar Pimienta (2007) retoma la afirmación de Dewey de que la base para la construcción del conocimiento es la relación interpersonal, que también requiere del diálogo para existir. En aprendizaje basado en problemas Díaz-Barriga (2002) retoma la teoría sociocultural de Vigotsky en la que el *aprendizaje se lleva a cabo al intercambiar y comparar sus ideas con las de otros*. Meyers considera el arreglo del salón de clase de manera que los alumnos puedan dialogar. En la enseñanza problematizada incluso existe el término *dimensión dialógica* para hacer referencia al diálogo entre *conocimientos que tienen distintas génesis* refiriéndose al origen del conocimiento de alumnos y profesor. En lo referente a las TIC también se resaltó este tema al mencionar las herramientas de comunicación que ofrece la Web 2.0. Para Russell (2003) la construcción del conocimiento se lleva a cabo colaborativamente mediante el debate sobre concepciones alternativas entre pares. *Kathleen (2012)* reafirma la importancia de este debate al observar que tales discusiones generan niveles cognitivos sorprendentemente altos. Grosbeck (2009) comenta respecto a la Web 2.0 que la colaboración permite involucrarse activamente en la creación de contenido, generación de conocimiento y compartir información en línea, lo que implícitamente requiere del diálogo para trabajar colaborativamente y podría interpretarse el compartir información como una variación del diálogo en el intercambio de saberes. En la síntesis que se presentó del modelo del profesor Ramiro González también se indicó el papel fundamental que juega el diálogo en la dinámica de reflexión por

equipos sobre las preguntas del profesor, en la presentación grupal de las respuestas de cada equipo e intervención del profesor para hacer aclaraciones e incluso en la solución de conflictos durante el desarrollo de la clase.

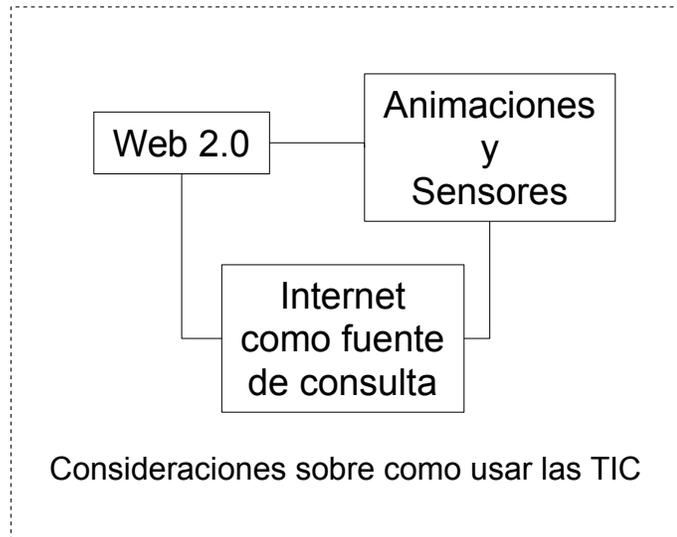
Durante el desarrollo de las actividades de clase se consideró que el diálogo es fundamental en la supervisión del trabajo de los alumnos por el profesor, tanto dentro del salón como en tareas extraclase, para esto último la Web 2.0 permite extender el diálogo fuera de los horarios de clase. Se consideró que el profesor debe estar atento en todo momento a lo que está ocurriendo en el grupo, de manera que sepa cuándo es oportuno intervenir para hacer alguna aclaración, resolver una duda o dar alguna instrucción adicional y mostrarles una actitud de interés en escucharlos y atenderlos.

En el diseño de las actividades didácticas se dispusieron tiempos para que los alumnos dialogaran entre sí y posteriormente expusieran sus resultados al grupo, tanto oralmente como por escrito en Internet, de manera que existieran espacios de retroalimentación tanto del profesor como de los mismos alumnos.

6.2.5. Uso de las TIC

El objetivo principal de este trabajo fue hacer una exploración sobre el uso de las TIC en la enseñanza escolarizada para mejorar las condiciones de aprendizaje. En este sentido se procuró articular las TIC con otras estrategias didácticas presenciales de manera óptima. Nunca se intentó sustituir o reemplazar otros modos como la comunicación directa en el aula o el trabajo experimental, ya que esto empobrecería la diversidad en lugar de enriquecerla. Se encontró que es perfectamente viable combinar el Internet con otras herramientas didácticas porque no hay oposición ni competencia entre ellas sino que se complementan, ya que cada una aporta algo diferente, lo que permite integrarlas armónicamente. Lo anterior se llevó a cabo en función de los objetivos específicos, temas de aprendizaje y el contexto de trabajo. Por ejemplo, algunos temas son más propicios para utilizar una animación, o un foro, un video, un experimento, una discusión, alguna actividad colaborativa en clase o en Internet, etc. Esto debe estructurarse de acuerdo a la disponibilidad de recursos y efectividad en el aprendizaje de una u otra actividad en función del tema. El contexto también es muy importante. Por ejemplo, debe considerarse si se dispone o no de computadoras en el salón de clase, el número de alumnos que conforman el grupo, el material de laboratorio disponible, la duración de la clase, etc. Es entonces necesario saber identificar cuando y de qué forma es oportuno utilizar las TIC.

En el marco teórico se mencionó que existe una gran cantidad de opciones que ofrecen las TIC, pero no se delimitó una estructura que les diera un orden y facilitara la comprensión de su uso dependiendo del tipo de actividad a realizar. Esto fue uno de los objetivos de este trabajo por lo que en la metodología se consideraron las siguientes tres opciones: Animaciones y sensores, Web 2.0 y el uso de Internet como fuente de consulta:



Sensores y Animaciones

En la metodología se consideraron dos formas para aprovechar de mejor manera las animaciones:

1. Como actividad adicional de refuerzo posterior a la exploración o experimentación
2. Como recurso alternativo cuando no es posible llevar a cabo algún experimento

Como se mencionará más adelante en el desarrollo, la segunda opción resultó útil particularmente para algunos temas de la termodinámica. Para este proyecto se puso especial énfasis en utilizar animaciones que sirvieran para facilitar la abstracción de algunos principios de la termodinámica que resultan muy complicados de mostrarse de manera concreta a los alumnos, pero que se modelan fácilmente con las animaciones.

En lo que respecta al uso de sensores, se consideró un sensor de temperatura porque podía aportar información valiosa en la interpretación de un experimento termodinámico que se explicará en el capítulo de desarrollo.

Internet como fuente de consulta

Como ya se mencionó, típicamente los alumnos utilizan el Internet para hacer sus investigaciones de clase, por lo que se procuró fomentarles el sentido crítico al consultar información y enfatizar que también se requiere de los libros de física, por ser éstos una fuente especializada en el tema. Adicionalmente se consideró el uso de herramientas Web 2.0 como medio para que los alumnos reportaran el resultado de sus investigaciones, de manera que pudieran monitorearse en tiempo extraclase ya sea para hacer alguna retroalimentación o simplemente para conocer la información que iban a llevar los alumnos desde antes de que comenzara la clase. En algunos casos se consideró que los trabajos se hicieran colaborativamente por equipos a través de un foro con el objetivo de que hubiera alguna retroalimentación entre los alumnos.

Comunicación mediante la Web 2.0

Como se mencionó, el enfoque de este trabajo fue explorar el uso del Internet como medio de comunicación, por lo que se consideró mayor importancia a lo relacionado con la Web 2.0. Se trabajó principalmente con las cuatro herramientas: **Moodle**, **FaceBook**, **Google Docs** y **Blogger** mencionadas en el marco teórico.

Para aprovechar estas herramientas se diseñaron estrategias didácticas que propiciaran la comunicación interactiva entre todos los miembros del grupo, incluido el profesor. En estas estrategias se probaron con las cuatro herramientas descritas. Los detalles particulares de cómo se utilizaron se darán en el siguiente capítulo. Se consideró un esquema con cuatro formas de interacción, dependiendo de los modos de comunicación entre los diferentes actores: profesor-alumno; alumno-profesor; alumno-alumno; alumno-profesor-alumno:

Interacción profesor-alumno El profesor es emisor y el alumno receptor, por lo que incluye toda la información que el profesor haga llegar a sus alumnos como el diseño del curso en Internet, las instrucciones para inscribirse, actividades para llevar a cabo en clase o fuera de ella, cualquier tipo de asesoría que involucre el uso de Internet, referencias a páginas Web, imágenes, audios, videos, animaciones, libros, retroalimentación a los alumnos en foros, publicación de alguna síntesis de la clase, apuntes del profesor o aclaración de algo, etc.

Interacción alumno-profesor Aquí se considera al alumno como el emisor de la comunicación relacionada con alguna actividad didáctica como participación en los foros, publicación de

resultados de alguna tarea en casa o actividad en clase, entrega de resultados de investigaciones de algún tema, preguntas dirigidas al profesor, comunicación por chat, publicación de imágenes, audios, videos, animaciones, referencias, etc. Es toda información publicada por los alumnos que queda plasmada como evidencia para el profesor pueda aprovecharla para conocer las concepciones de los alumnos, observar su proceso de aprendizaje, conocer dudas, conflictos cognitivos o interpretaciones parciales o erróneas, identificar aportaciones especiales de los alumnos, grado de comprensión del tema, etc.

Interacción alumno-alumno La comunicación virtual nos facilita posibilidades de comunicación que antes estaban fuera de nuestro alcance, como por ejemplo el hacer accesible un trabajo desarrollado por un alumno a todo el grupo, o bien compartir con el grupo los resultados y conclusiones del trabajo de cada equipo. Esta es una de las ideas asociadas al uso de foros en Internet, permitir no solo hacer visible el trabajo sino incluso propiciar la interacción entre alumnos para que entre ellos mismos puedan retroalimentar su trabajo con ideas complementarias, identificar posibles errores, resolver dudas, etc.

Interacción alumno-profesor-alumno Se hace referencia a la combinación de interacciones entre alumnos con intervenciones del profesor. Como tal se consideran situaciones donde los alumnos llevan a cabo alguna actividad cuyo resultado publican en Internet y es revisado por el profesor quien hace visibles para todo el grupo las observaciones y comentarios pertinentes, después de lo cual solicita a los alumnos revisen de las respuestas de sus compañeros junto con los comentarios del profesor para que ellos mismos hagan las correcciones necesarias sobre su trabajo original aprovechando la visión global del trabajo del grupo.

7. Desarrollo

Se llevaron a cabo tres experiencias con alumnos que se identificarán respectivamente como grupo 1, 2 y 3. En ellas se fue ampliando progresivamente el contenido temático y afinando el uso de las TIC, de manera que el trabajo con el grupo 1 fue muy pequeño en comparación con el del grupo tres. Al tema desarrollado con el grupo 1 se le llamó “propedéutico” porque su objetivo fue lograr la comprensión del significado y diferencia entre los conceptos de *energía interna*, *temperatura* y *calor*, de manera que los alumnos contaran con un *marco teórico conceptual*, como el sugerido por Meyers, que sirviera de base para explicar los siguientes temas. En el grupo 2 se añadió el tema de la ecuación

de calor $Q=cm\Delta T$, y finalmente en el grupo 3 se trabajó con la aplicación de los temas anteriores a la modelación del calentamiento de agua por radiación solar.

Adicionalmente se probó esta metodología en otros temas. En enero de 2014 se llevó a cabo un curso semipresencial de tres semanas con el tema de *ondas mecánicas* en el CCH-Sur. Posteriormente se aplicaron algunas estrategias adicionales en los cursos regulares que se impartieron mientras se escribía esta tesis que sólo se retomarán parcialmente en los resultados y conclusiones.

La siguiente tabla muestra un resumen de los temas y herramientas que se utilizaron con los grupos 1, 2 y 3:

TABLA DE ACTIVIDADES REALIZADAS		
GRUPO	DESCRIPCIÓN	MEDIOS UTILIZADOS
1	<ul style="list-style-type: none"> Grupo numeroso de la ENP 8 Alrededor de 50 alumnos. 3 clases de 50 min. <p>Tema: 1. Propedéutico</p>	<p>Blog, <i>Google docs</i>, animaciones en clase. Experimentos llevados a cabo por alumnos y mostrados por el profesor</p>
2	<ul style="list-style-type: none"> Grupo de CCH Sur 28 alumnos. 7 clases: 5 de 100 min y 2 de 50 min <p>Temas: 1. Propedéutico 2. Ecuación de calor $Q=cm\Delta T$</p>	<p>Google docs, <i>FaceBook</i> y un poco de Moodle, animaciones Experimentos llevados a cabo por alumnos Calentador de demostración con sensor de temperatura.</p>
3	<ul style="list-style-type: none"> Taller de calentadores solares en CCH Sur 10 alumnos del plantel, un profesor, un laboratorista y la asesoría espontánea de un profesor especialista 11 clases de 90 min Laboratorio equipado con computadoras. <p>Temas: 1. Propedéutico 2. Ecuación de calor 3. Calentamiento de agua por radiación solar</p>	<p>Google docs, <i>Moodle</i>, animaciones Experimentos llevados a cabo por alumnos Calentador de demostración con sensor de temperatura. Interacción con la base de datos de la estación meteorológica PEMBU en la Web Aplicación al diseño de un calentador solar</p>

El primer grupo consistió en alrededor de 50 alumnos de la Escuela Nacional Preparatoria número 8, con los que se trabajó sólo tres clases de 50 min. El segundo grupo estuvo formado por 28 alumnos del CCH Sur y se trabajó con ellos en 5 sesiones de 100 min y 2 sesiones de 50 min. Ambos fueron grupos regulares dentro de la estructura curricular de cada institución. El tercero consistió en un taller extraclase en CCH Sur abierto a recibir también profesores y laboratoristas formado por 10 alumnos, un profesor (además del impartidor), un laboratorista y algunas visitas del profesor Mario Rivera, especialista en calentadores solares que llegó espontáneamente a compartir algunos de sus diseños. Los alumnos asistieron de forma voluntaria. El taller se llevó a cabo en un laboratorio equipado con computadoras, a diferencia de los grupos 1 y 2, lo que ofreció condiciones muy favorables para el uso de las TIC. En cuanto al contenido temático, en el primer grupo sólo se trató el tema 1, en el segundo grupo se abarcaron los temas 1 y 2, en el tercer grupo se cubrieron los tres temas. La siguiente tabla describe en qué consistió cada tema:

TABLA DE CONTENIDO TEMATICO	
Tema 1. Propedéutico	
	1. Equivalente mecánico de calor
	2. Concepto de energía interna
	3. Diferencia entre energía interna, calor y temperatura
Tema 2. Ecuación de calor: $Q=cm\Delta T$	
	1. Relación calor – masa (Hervir agua en casa)
	2. Cambio de temperatura en sustancias de diferente tipo (Calentamiento de agua y aceite)
	3. Relación energía – cambio de temperatura (Cuantificación del calentamiento de agua)
	4. Significado de la ecuación $Q=cm\Delta T$
	5. Ecuación de calor y ejercicios de aplicación
Tema 3. Calentamiento de agua con radiación solar	
	1. Formas de transmisión de calor y funcionamiento del calentador solar
	2. Irradiancia, Irradiación, Insolación
	3. Efectos del ángulo de incidencia de la radiación solar
	4. Base de datos meteorológica PEMBU
	5. Aplicación al diseño de un calentador solar

El **tema 1** se consideró para proporcionar los fundamentos de *equivalente mecánico de calor*, *energía interna* y *diferencia entre energía interna, calor y temperatura*, que sirvieran de base al alumno

para comprender los siguiente temas. En este tema jugaron un papel muy importante las animaciones para modelar los cambios de energía interna y temperatura al calentar los objetos.

Este tema implica un reto importante para la docencia en la creación de nuevos esquemas mentales en los alumnos que deberán trascender su concepción de la temperatura al relacionarla con la energía interna. Por otra parte es necesaria una resignificación del concepto de calor, que en la vida cotidiana se confunde con temperatura, al de transferencia de energía por diferencia de temperatura. En este tema es donde se ubican más fuertemente los procesos mentales de desequilibrio debido a la asimilación y acomodación de esquemas fundamentado por Piaget y consecuentado por García y Meyers. El reto es que el alumno pase por este proceso hasta llegar nuevamente al equilibrio incorporando estas nociones para interpretar el significado de sus experiencias previas relacionadas con la temperatura.

El **tema 2** consistió en una secuencia de experimentos para que el alumno construyera las relaciones de proporcionalidad involucradas en la ecuación $Q = c m \Delta T$, generando así antecedentes que permitieran al alumno, con el apoyo del profesor, comprender el significado de la ecuación. Por último se incluyeron ejercicios de aplicación que sirvieran como ejemplo del uso de dicha ecuación, de acuerdo con lo mencionado en el marco teórico de esta tesis. El trabajo estuvo asistido por la computadora principalmente mediante herramientas de comunicación con los alumnos en *Facebook* para el grupo 2 y *Moodle* para el grupo 3.

La didáctica que se utilizó en este tema está basada en pequeños experimentos que lleva a cabo el alumno y están relacionados con cada uno de los términos de la ecuación, de manera que se vaya percatando de su significado a través de la experiencia. Cada experimento se acompañó con preguntas de reflexión diseñadas con la intención de que el alumno se vaya percatando poco a poco de las relaciones de proporcionalidad de calor con la masa y aumento de temperatura, así como la comprensión del calor específico que funge como constante de proporcionalidad particular para cada sustancia. Esta estrategias didácticas tienen cierta similitud con el *proceso de investigación dirigida* y las preguntas utilizadas en la metodología descrita de Michelini. También siguen el esquema del ciclo de aprendizaje de Karplus expresado por Meyers: exploración de materiales, invención de conceptos y aplicación de conceptos.

El **tema 3** solo se abordó con el grupo 3 en el taller de calentadores solares junto con los dos temas anteriores. Estuvo centrado en el análisis y predicción del funcionamiento del calentador solar de

agua, por lo que se añadieron temas relacionados con la radiación solar para que los alumnos pudieran interpretar la información de una estación meteorológica y hacer cálculos para diseñar un calentador solar. Se contó con un laboratorio equipado con computadoras, lo que permitió implementar una dinámica diferente en clase que se explicará adelante en la sección correspondiente al tema 3. Como herramienta principal se usó Moodle, con este grupo no se utilizó Facebook pero sí se aprovecharon herramientas de Google drive que se integraron con Moodle.

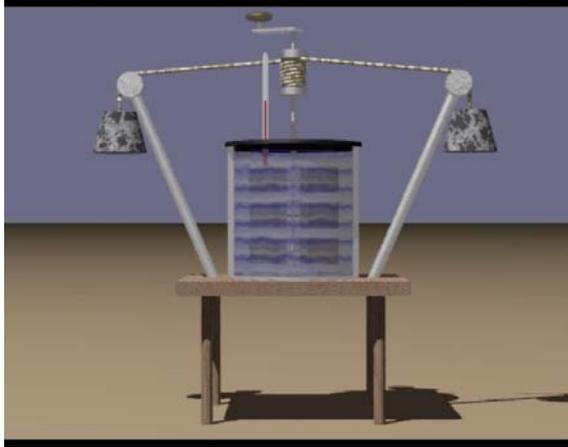
En este tema se retoman las ideas de proponer un problema real a los alumnos del *aprendizaje basado en problemas* y de que éste tema sea de interés para los alumnos y relacionado con su vida cotidiana como se expresa en el modelo de *enseñanza problematizada de Freire* que también retoma elementos de la motivación expresados por Meyers. Debido a la disponibilidad de computadoras en este laboratorio se pudo poner a prueba una dinámica más intensiva en el aprovechamiento de las TICs.

7.1. Tema 1. Propedéutico

Como se mencionó, el objetivo fue desarrollar el *marco de referencia conceptual disciplinario* para que los alumnos pudieran explicar lo que ocurre físicamente al calentar agua. El concepto de *equivalente mecánico de calor* se utilizó como puente al relacionar la aparente pérdida de energía mecánica con la transformación de ésta a energía térmica debido a la fricción. Para ello se llevaron a cabo dos experimentos sencillos, doblar un alambre hasta romperlo y frotarse las manos, y se mostró una animación del experimento de Joule como puede observarse en la siguiente tabla de aprendizajes:

ACTIVIDADES
Aprendizaje 1: Equivalente mecánico de calor
Pregunta generadora: ¿Porqué se calientan los objetos?
Actividades en clase sobre el equivalente mecánico de calor: 1. Doblar un alambre metálico hasta romperlo, frotar las manos.

2. Observación de la siguiente animación del experimento de Joule:



Gallis y Wang (s.f.), [Joules Experiment to Determine the Mechanical Equivalence of Heat](#)

3. Breve reflexión por equipos y exposición grupal

El siguiente paso consistió en el análisis de un conjunto de animaciones (ver siguiente tabla) con el objetivo de lograr la construcción de representaciones mentales en los alumnos en las que relacionaran el concepto de energía interna con el movimiento molecular, el calentamiento con el incremento de dicha energía y la temperatura como una escala para medir la energía interna. Por último se trabajó en hacer énfasis, con el apoyo de las animaciones, en las diferencias entre energía interna, calor y temperatura, sabiendo que en el lenguaje común suele confundirse la palabra calor con temperatura, por lo que se procuró resignificar el concepto de calor como cambios en la energía interna producidos como resultado de ceder o recibir alguna forma de energía. El concepto de temperatura se definió como una escala de medición cuyos valores son directamente proporcionales a la energía interna.

Para las reflexiones de los alumnos se consideraron espacios de discusión por equipos, plenarias en clase y foros en Internet.

Cabe mencionar que particularmente en este tema el uso de animaciones fue de gran importancia para ayudar a la construcción de representaciones mentales de la energía interna y sus cambios, ya que esto es algo demasiado complicado para observarse experimentalmente.

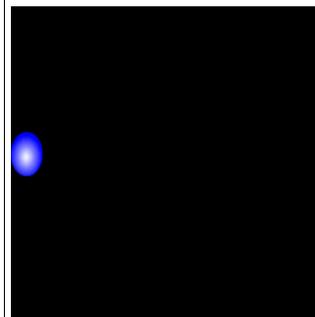
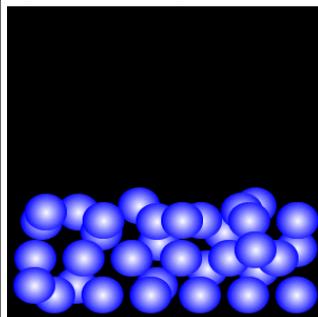
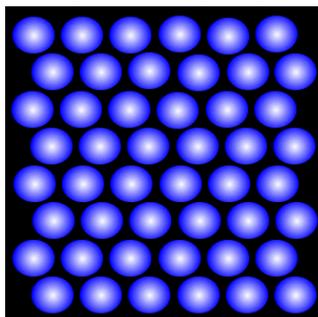
A continuación se muestra una relación del resto de actividades que se llevaron a cabo en el desarrollo del tema 1:

ACTIVIDADES

Aprendizaje 2: Concepto de energía interna

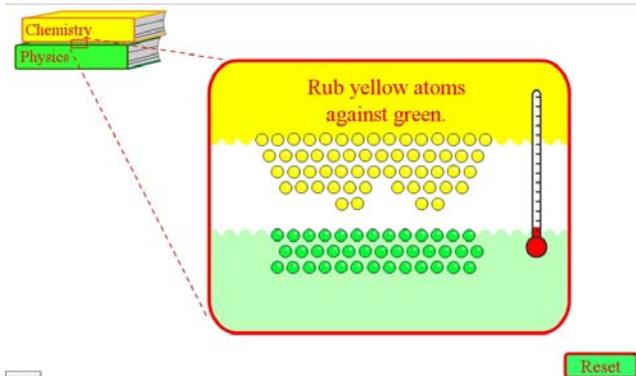
Actividades en clase para construir una representación mental del concepto de energía interna mediante animaciones:

1. Observación una representación de la energía interna en diferentes estados de la materia.
Instrucciones: De las siguientes imágenes en movimiento, distinguir qué estado de la materia representan y argumentar el porqué de la respuesta.



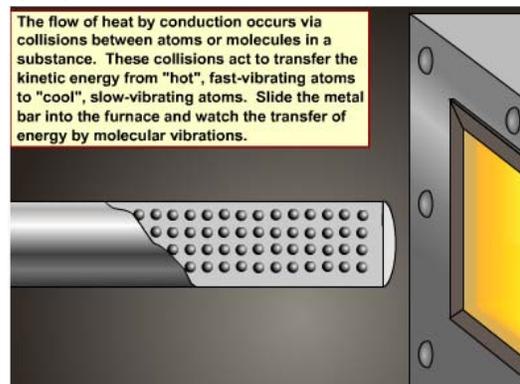
Mr. Grant (2009), [Particle theory of matter](#)

2. Excitación molecular al friccionar dos libros
Instrucciones: Observar lo que sucede en la animación al friccionar los libros.



Dubson (2011), [Friction](#)

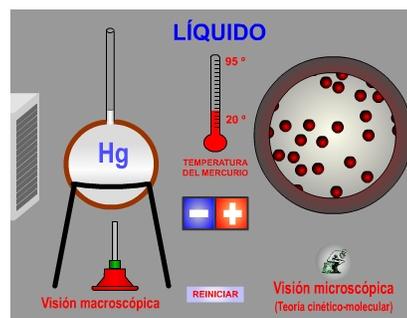
3. Calentamiento de una barra metálica.
Instrucciones: Observar lo que sucede en la animación al introducir la barra metálica al horno.



Babb y Dutton (s.f.), [Conduction](#)

4. Funcionamiento del termómetro

Instrucciones: Observar lo que sucede en las moléculas de mercurio al calentarlo.



Gómez (2007), [Como funciona un termómetro](#)

ACTIVIDADES

Aprendizaje 2: Concepto de energía interna (continúa)

5. **Reflexión** (foro en Internet).
Se retoma la pregunta inicial: Con base en lo observado, ¿Porqué se calientan los objetos?
6. Reconstrucción mediante plenaria en clase del concepto de energía interna

ACTIVIDADES

Aprendizaje 3: Diferencia entre energía interna, calor y temperatura

1. Experimento en clase²¹.
 - Tocar diferentes pesas metálicas y madera. Ordenarlos de acuerdo a la sensación de temperatura.
 - Medir la temperatura de todos los objetos así como la del dedo de los alumnos haciendo contacto con un termómetro de mercurio.
2. Reflexión por equipos y discusión grupal. ¿Porqué cambió la sensación de calor si todos los objetos estaban a la misma temperatura?, ¿qué sucedió con la temperatura del dedo? ¿tiene algo que ver con la explicación de calor?
3. Experimento en clase²²: Percibir la sensación de calor al sumergir ambas manos en agua templada después de haberlas sumergido una en agua caliente y otra en agua fría.
4. Síntesis y construcción grupal de definiciones en plenaria para distinguir la diferencia entre calor, energía interna y temperatura.

Como puede observarse, se recurrió a las actividades experimentales cuando fue posible hacerlo y pertinente en función del aprendizaje en los alumnos, sin embargo para este tema fue necesario darle mayor importancia al uso de animaciones.

7.2. Tema 2. Ecuación de calor: $Q = c m \Delta T$

El objetivo de este tema fue proporcionar a los alumnos algunas vivencias experimentales que les permitieran comprender las relaciones de proporcionalidad involucradas en la ecuación de calor con base en la siguiente secuencia de temas:

1. Relación calor – masa (Hervir agua en casa)
2. Cambio de temperatura en sustancias de diferente tipo (Calentamiento de agua y aceite)
3. Relación energía – cambio de temperatura (Cuantificación del calentamiento de agua)
4. Significado de la ecuación $Q=cm\Delta T$
5. Ecuación de calor y ejercicios de aplicación

21 La idea de este experimento fue tomada del *Taller de Introducción a la Física Moderna*, impartido por Michellini y Stefanel (2012).

22 Este experimento sólo se llevó a cabo en el taller de calentadores solares. La idea fue tomada de la obra de teatro “Crepas de energía” que se presenta en el UNIVERSUM.

En las siguientes tablas se muestra una relación de las actividades que se llevaron a cabo:

ACTIVIDADES
Aprendizaje 1: Relación calor - masa
Medir el tiempo empleado en hervir diferentes cantidades de agua (250, 500 y 1000 ml) en casa y reflexionar sobre: <ul style="list-style-type: none">• La relación entre tiempo de exposición a la flama y cantidad de energía suministrada al agua• Cantidad de energía requerida al aumentar n veces la cantidad de agua
Nota: Las instrucciones para esta actividad se hicieron llegar a los alumnos mediante su publicación en Internet (Facebook para el grupo 2 y Moodle para el 3). Para más detalle véanse en el apéndice.
Observación: Hubo una pequeña confusión en las instrucciones que se observó en el hecho de que algunos alumnos utilizaron el agua previamente calentada para las siguientes mediciones.

ACTIVIDADES
Aprendizaje 2: Cambio de temperatura en sustancias de diferente tipo
Medir el incremento de temperatura cada 20s al calentar agua y aceite. Graficar tiempo contra temperatura y observar lo que sucede con atención especial a la diferencia en cantidad de energía requerida para elevar la temperatura de cada sustancia.
Ejercicios de aplicación posteriores al experimento Se les pide a los alumnos que investiguen el concepto de calor específico y sus valores para agua, aceite de cocina y mercurio para que hagan una comparación de la energía necesaria para elevar 1°C la temperatura del mercurio respecto al agua y aceite.
Nota: Las instrucciones para esta actividad que se incluyeron en el documento que se muestra en el apéndice, se hicieron llegar a los alumnos mediante su publicación en Internet y se les pidió que las llevaran a clase el día de la práctica (grupo 2) o que las consultaran en la computadora (grupo 3) dependiendo de que el laboratorio contara o no con computadoras. En el grupo 3 se utilizó una hoja de cálculo en Google Drive para generar las gráficas automáticamente conforme los alumnos capturaban los datos.

ACTIVIDADES
Aprendizaje 3: Relación energía – cambio de temperatura
Actividades previas al experimento en clase Para llevar a cabo esta actividad fue necesaria una instrucción previa para que los alumnos comprendieran y pudieran aplicar experimentalmente el concepto de potencia eléctrica para indicar la energía en Joules de un foco en función de su potencia y el tiempo de estar encendido. Esto se llevó a cabo mediante una actividad previa extraclasses consistente en investigar potencia eléctrica para contestar la pregunta: ¿Cuanta energía en Joules consume²³ un foco de 60 W si lo dejas encendido

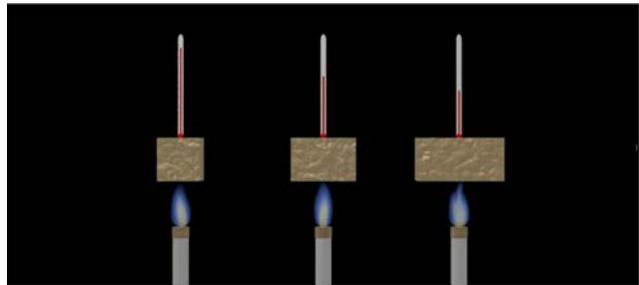
durante una hora? Se pidió a los alumnos que publicaran la respuesta en Internet (Facebook para el grupo 2 y foros en Moodle para el grupo 3), de manera que se pudiera dar seguimiento a su trabajo.

Actividades en clase

Previo repaso y conclusión grupal de la actividad extraclase, se llevó a cabo un experimento consistente en calentar un litro de agua en un tortillero de unícel sumergiendo un foco de filamento. En el experimento se debe tomar nota de la cantidad de agua, temperatura inicial, potencia del foco e incremento de temperatura cada 200 s. Multiplicando el tiempo de calentamiento por la potencia del foco (según lo aprendido en la actividad extraclase) se calcula, en intervalos de 200 s, el calor en Joules suministrado al agua y se compara con el incremento de temperatura alcanzado. Los alumnos deberán llevar a cabo una reflexión sobre lo que hicieron apoyándose en preguntas planteadas por el profesor y finalmente se les pide encuentren una relación entre calor e incremento de temperatura (para más detalles ver en el apéndice las instrucciones que se publicaron en Internet para los alumnos).

Actividad extraclase (opcional)

Para reforzar las conclusiones de esta actividad se puede observar y comentar el significado de la siguiente animación de Gallis y Wang (s.f.) sobre capacidad calorífica.



[Heat capacity](#)

ACTIVIDADES

Aprendizaje 4: Significado de la ecuación $Q = c m \Delta T$ y aplicación

Como preparación para esta actividad se les pide a los alumnos una investigación sobre el calor específico de agua, aceite y mercurio en la que se les pregunta cuál de sustancia se calentará más si se proporciona la misma cantidad de energía térmica.

Se hace una recapitulación del resultado de los experimentos anteriores para construir en plenaria la relación de proporcionalidad $Q \sim m \Delta T$. Para verificar si ésta puede ser una relación de igualdad, se solicita a los alumnos que lleven a cabo un análisis de unidades de donde se concluye que no coinciden. Entonces se retoma la experiencia de calentar el agua y aceite y se propone incluir el calor específico en la relación como constante de proporcionalidad. Se lleva a cabo un nuevo análisis de unidades y se observa que ahora sí coinciden, obteniendo la relación de igualdad $Q = c m \Delta T$.

Una vez definida la ecuación es necesario comenzar a familiarizarse con ella, por lo que se solicitó a los alumnos que resolvieran algunos ejercicios de aplicación (ver apéndice).

En síntesis, la actividad de hervir agua en casa se diseñó para que el alumno se percatara de la relación de proporcionalidad directa entre energía y cantidad de agua a calentar, haciendo la aclaración

23 Estrictamente hablando, un foco no consume la energía sino que la transforma. Se utilizó esta palabra porque la pregunta está elaborada en lenguaje cotidiano.

de que aunque la flama de la estufa proporciona una energía constante, la cantidad de energía suministrada depende del tiempo de calentamiento; la actividad de calentar agua y aceite permitió que los alumnos observaran que se requiere diferente cantidad de energía para elevar la temperatura de sustancias diferentes y preparar el terreno conceptual para la interpretación del calor específico en la ecuación de calor, como una constante de proporcionalidad para cada tipo de sustancia; en la cuantificación del calentamiento del agua los alumnos midieron el incremento de temperatura del agua calentada por un foco sumergido en un tortillero de unicel, con lo que se obtuvo la relación entre energía y cambio de temperatura que posteriormente se aprovechó para calcular experimentalmente el calor específico del agua; una vez concluidos estos tres experimentos, se procedió a construir relaciones de proporcionalidad entre las variables calor - masa y calor - temperatura para construir la expresión $Q \sim m \Delta T$ y llegar finalmente a $Q = c m \Delta T$ al considerar el calor específico. Por último, el tema se cerró con ejercicios de aplicación.

En este tema el uso de las nuevas tecnologías se enfocó principalmente en:

- i. Apoyo al desarrollo de los experimentos en clase: Se publicaron las instrucciones en Internet de cada experimento (Facebook para el grupo 2 y Moodle para el 3), incluyendo lista de materiales, instrucciones y preguntas de reflexión. En el caso del grupo 2, donde no había computadoras en el laboratorio, se pidió a los alumnos que las imprimieran y llevaran a clase mientras que en el grupo 3 se dieron indicaciones para su consulta en el laboratorio.
- ii. Apoyo a las actividades extra clase. Se solicitó a los alumnos que publicaran los resultados de las actividades extra clase en Internet (correo electrónico para el grupo 1 que después se publicó en una hoja de cálculo, Facebook para el grupo 2 y Moodle para el 3), de manera que se propiciara la interacción entre ellos y el profesor pudiera intervenir y conocer los resultados antes de iniciar la clase.
- iii. Monitoreo de las reflexiones de los alumnos. Se pidió a los alumnos que publicaran en Internet los resultados de sus reflexiones en clase, mismos que se hicieron visibles para el resto del grupo junto con intervenciones por escrito del profesor.

7.3. Tema 3. Calentamiento de agua con radiación solar

El tema 3 estuvo enfocado en la comprensión del funcionamiento del calentador solar con el objetivo de que los alumnos pudieran diseñar las dimensiones de un calentador solar en función de los requerimientos de agua caliente a partir de información meteorológica disponible. Debido a que nivel de especialización de este tema rebasa los contenidos curriculares del programa de estudios y fue la primera vez que se trabajó con este enfoque, esto se llevó a cabo en un taller de calentadores solares extracurricular fuera del horario de clases, sin embargo podría replantearse para incluirlo en un curso curricular como un problema a resolver en tiempo extra clase mediante un tutorial en Internet y con la asesoría del profesor.

Una característica sobresaliente del taller es que se dispuso de un laboratorio con computadoras, lo que permitió implementar una dinámica de trabajo muy diferente ya que se publicaron en Internet las instrucciones del trabajo en las clases, de manera que los alumnos podían comenzar a trabajar conforme iban llegando al laboratorio, siguiendo las indicaciones en Moodle y contando con la supervisión del profesor. Esto liberó el tiempo que el docente emplearía en dar instrucciones para aprovecharlo en asesorar a los alumnos mediante visitas continuas a los equipos de trabajo. Por otra parte se aprovecharon los foros en Moodle y se publicaron los materiales utilizados dentro y fuera del salón junto con información adicional como libros, instrucciones detalladas, animaciones, etc. Todo esto quedó disponible para los alumnos durante el transcurso del taller, tiempo en el que tuvieron acceso a una especie de cuaderno de trabajo colectivo creado en un ambiente multimedia. En el apéndice “*Curso-taller de calentadores solares en Moodle*” puede verse el contenido de la página principal publicada en Moodle.

El tema 3, que fue una continuación de los temas 1 y 2. Abarcó el siguiente contenido:

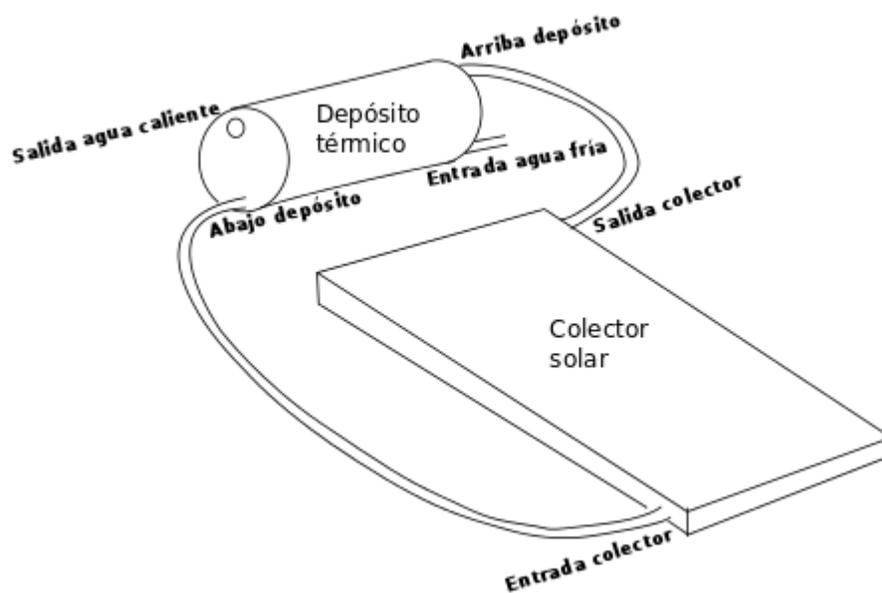
1. Funcionamiento del calentador solar de agua
2. Irradiancia, irradiación e insolación
3. Efectos del ángulo de incidencia de radiación solar
4. Base de datos meteorológica PEMBU
5. Aplicación al diseño de un calentador solar

El contenido de los temas sigue una secuencia en función de la construcción del conocimiento en el alumno. Partiendo de lo aprendido en los temas 1 y 2 continúa con la observación de las formas de

transmisión de calor en un calentador solar de demostración a escala, sigue con formas de medición de la radiación solar mediante los conceptos de irradiancia, irradiación e insolación. Continúa con detalles específicos que son importantes en el funcionamiento del calentador solar, por ejemplo lo relacionado con el ángulo de incidencia de la radiación. Por último se utiliza información de una pequeña investigación de los alumnos sobre el consumo doméstico de agua caliente y de una estación meteorológica publicada en Internet para especificar las medidas requeridas en el diseño de un calentador solar.

Una consecuencia de utilizar las computadoras como herramienta principal de trabajo es que ocurre algo similar a los cursos en línea donde los alumnos no cuentan con apuntes o libros de texto que conservarán al terminar el semestre. Como alternativa se les solicitó al final del curso que entregaran un portafolios con una síntesis de las actividades y aprendizajes logrados durante el curso, el cual serviría como memoria del curso en lugar de los apuntes y además ofrecería a los alumnos la oportunidad de llevar a cabo un ejercicio de metacognición que les permitiera repensar lo que se hizo durante el curso, percatarse de los aprendizajes logrados y de su propio proceso de aprendizaje.

7.3.1. Funcionamiento del calentador solar de agua



El calentador consiste en un colector solar conectado a un depósito térmico. El colector solar deberá tener una inclinación para que puedan existir corrientes de convección y para procurar que los rayos del Sol lleguen lo más perpendicular posible a la superficie del colector. Cuando el Sol calienta la

superficie del colector el agua sube por convección, de manera que la salida del colector deberá ser la parte superior y estar conectada a la parte de arriba del depósito térmico. Conforme sale agua del colector, entra agua fría que sale de la parte de abajo del depósito y entra en la parte inferior del colector. De esta manera se crea un circuito por donde circula el agua. Cuando toda el agua del depósito térmico ha pasado por el colector solar se completa el primer ciclo para dar inicio a uno nuevo donde volverá a pasar el agua previamente calentada por el colector. Conforme los ciclos se repiten la rapidez con la que circula el agua va disminuyendo porque disminuye la diferencia de temperatura entre el agua calentada en ciclos anteriores y las placas del colector solar.

Para modelar el funcionamiento del calentador solar se utilizó un prototipo a escala cuyo diseño fue enriquecido gracias a las valiosas aportaciones del profesor Mario Rivera y del doctor David Riveros. El diseño del colector solar consistió en dos placas paralelas de cobre soldadas. En sus extremos opuestos se colocaron dos reducciones para conectar las mangueras. Las placas se pintaron de negro y se colocaron en una cajita de MDF²⁴ aislada con espuma de poliuretano, cubierta con vidrio que se adhirió con silicón de alta temperatura. El depósito térmico²⁵ consistió en una jarra de plástico transparente conectada al colector por medio de dos mangueras de silicón de alta temperatura. Para controlar la radiación y hacer funcionar el calentador sin depender del clima, el colector se energizó con dos focos de 150 Watts tipo *spot* de filamento. El sistema está cerrado en cuanto a que no hay entrada ni salida del agua, sólo circula por el interior del calentador, por lo que hay que llenar la jarra de agua manualmente.

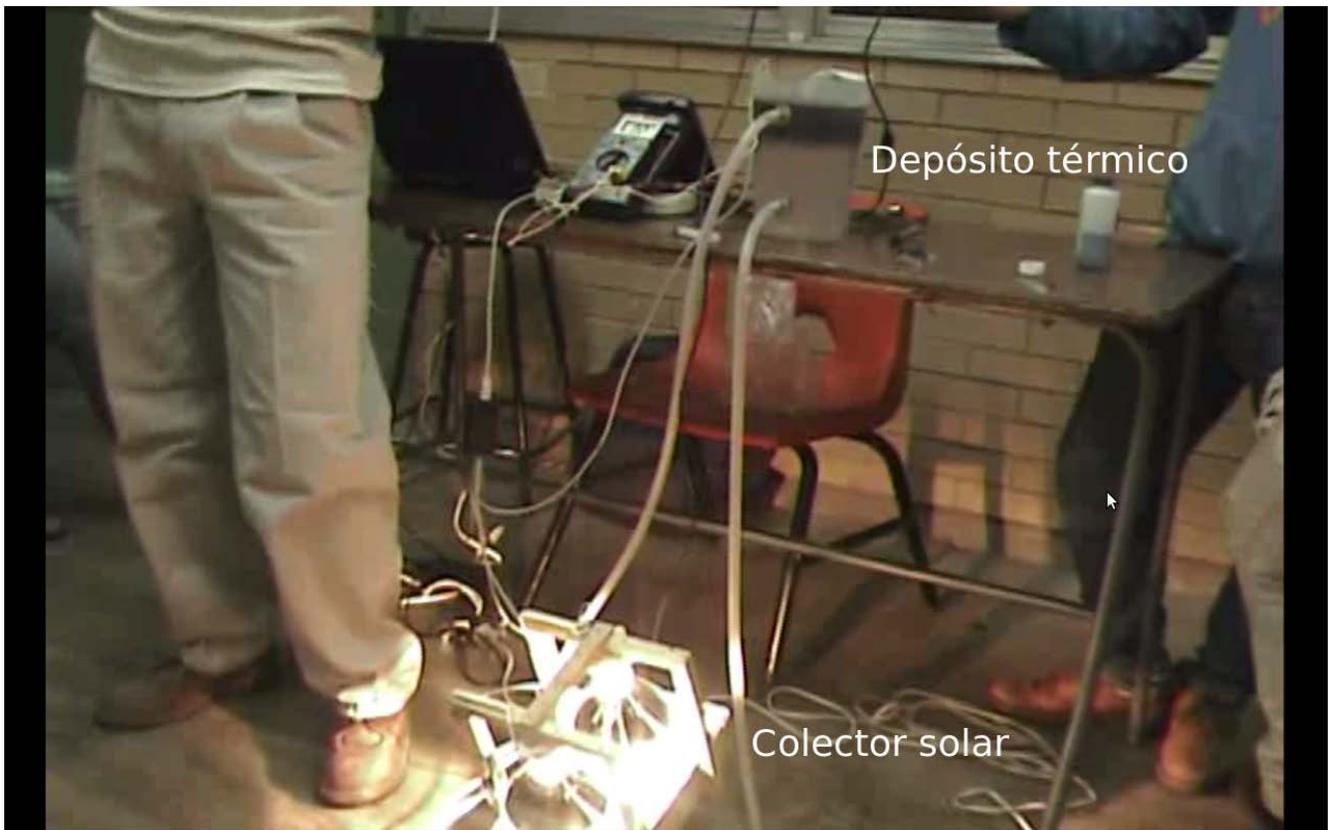
24 MDF significa tablero de fibra de densidad media (Medium Density Fibreboard). Es un material común en las madererías cuya apariencia es similar a cartón prensado rígido.

Ver http://es.wikipedia.org/wiki/Tablero_de_fibra_de_densidad_media.

25 En el modelo de demostraciones el depósito no está aislado térmicamente porque lo que se desea es que su transparencia para observar el líquido en su interior.

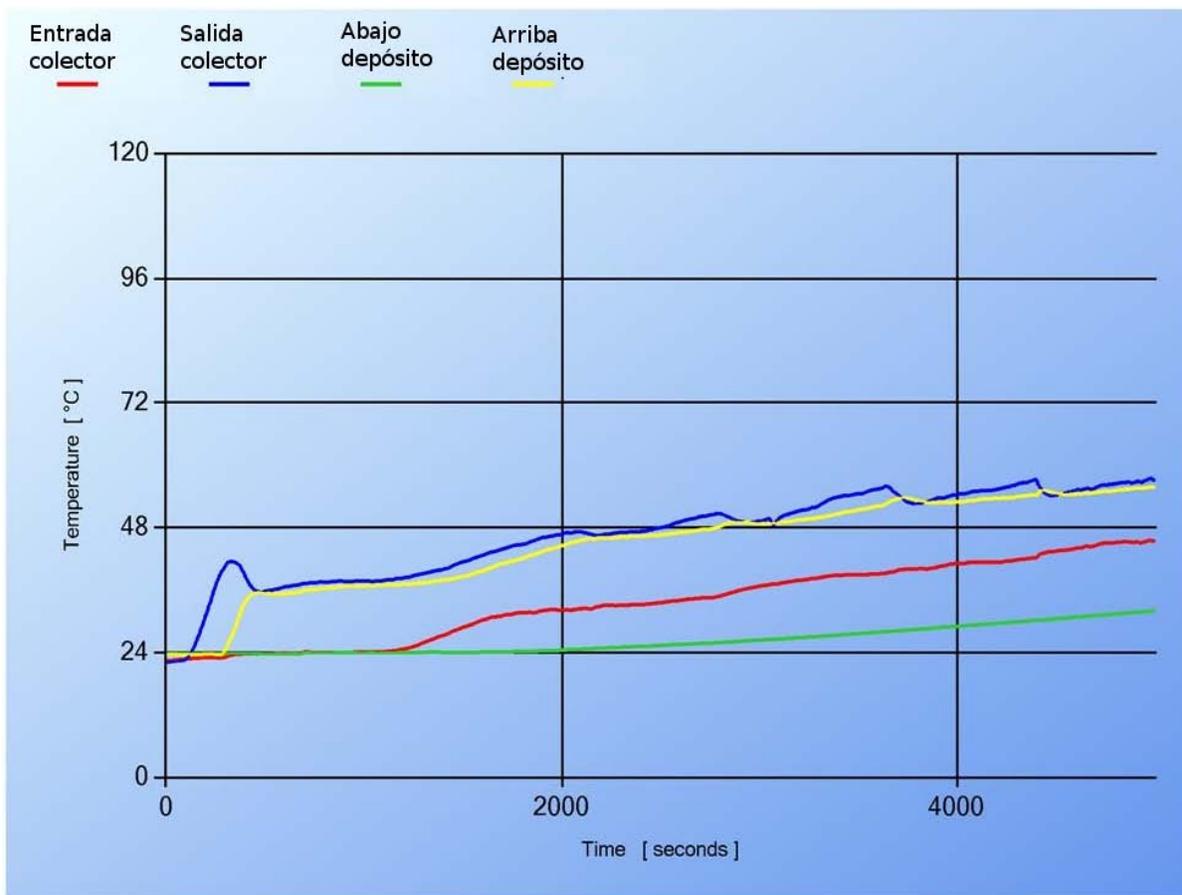
Modelo de calentador solar de demostración





Para monitorear el funcionamiento del calentador se colocaron cuatro sensores²⁶ que permiten la graficación simultánea de temperaturas contra tiempo, lo que permitió ver la evolución del cambio de temperatura en cuatro posiciones: 1. entrada del colector (**rojo**), 2. salida del colector (**azul**), 3. fondo del depósito térmico (**verde**) y 4. parte superior del depósito térmico (**amarillo**). La siguiente imagen muestra la gráfica generada para un tiempo de calentamiento aproximado de hora y media:

²⁶ Los sensores fueron desarrollados por el equipo de trabajo de la doctora Marisa Michelini en la Universidad de Udine, Italia, y fueron proporcionados por el Dr. Jorge Barojas de la Facultad de Ciencias, UNAM.



El calentador solar de demostraciones es una buena herramienta para ejemplificar las tres formas de transferencia de calor: Las placas del colector son energizadas mediante la radiación que emiten los focos (nótese que los focos están arriba) y es absorbida por la pintura negra del colector que está en contacto con las placas de cobre que transfieren el calor al agua por conducción. Cuando esto sucede el agua se expande y se vuelve más ligera que la fría, por lo que comienzan a producirse corrientes de convección y se forma un circuito donde el agua calentada por el colector sube y es reemplazada por el agua fría que entra por la parte inferior del colector. En el modelo se observan las corrientes de convección debido a que se colocaron unas gotitas de tinta negra en la manguera de entrada al colector: al producirse el flujo la tinta entra al colector, sale de éste y se queda en la parte superior del depósito, donde está el agua caliente. Conforme se va calentando el resto de agua la tinta baja en el depósito junto con el agua caliente hasta alcanzar la salida para entrar nuevamente al colector y repetir el ciclo.

La gráfica generada por los sensores reporta un incremento de temperatura en el agua que comienza a salir del colector debido a un flujo convectivo hasta que alcanza un valor máximo. Esto ocurre un poco antes de que el sensor de la parte superior del depósito detecta un incremento de

temperatura. Después disminuye la temperatura en la salida del depósito debido a que presumiblemente aumenta el flujo convectivo y entra mayor cantidad de agua fría al colector. A partir de este momento las temperaturas de salida del colector y entrada al depósito se asemejan y casi se mantienen constantes en alrededor de $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ ²⁷, lo que indica que el agua fría que entra al colector a $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ incrementa su temperatura aproximadamente $13\text{ }^{\circ}\text{C}$. El agua caliente, que baja en el interior del depósito, alcanza la salida en poco más de 1000 segundos²⁸. Esto se detecta por un incremento de temperatura en el sensor colocado a la entrada del colector. A partir de este momento y hasta un poco más de 2000 segundos vuelve a incrementarse la temperatura en la salida del colector a una tasa aproximadamente constante para alcanzar casi $48\text{ }^{\circ}\text{C}$. El sensor de la parte inferior del depósito revela un aspecto muy sobresaliente. El incremento de temperatura es demasiado pequeño y ocurre en un tiempo muy largo. Hay una razón para ello. La salida del depósito se colocó unos centímetros por arriba del fondo, de manera que el agua fría que está hasta abajo nunca sale y sólo se calienta por conducción al estar en contacto con el agua caliente que sale del depósito. Una conclusión muy instructiva de la información de la gráfica es que el calentamiento por conducción es muy lento en comparación con lo que se logra con la convección. Aquí hay que considerar que la temperatura del agua caliente que entra en la jarra, aproximadamente $36\text{ }^{\circ}\text{C}$, es mucho menor a la que alcanza el aire del interior del colector (entre el vidrio y la placa de cobre) mayor a $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Otra observación importante es que el mayor incremento de temperatura se logra en el primer ciclo convectivo, por ejemplo en los primeros 2000s se elevó la temperatura casi $24\text{ }^{\circ}\text{C}$ mientras que en los siguientes 2000s el incremento fue cercano a $6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Esto se debe presumiblemente a que la diferencia de temperatura entre el agua tibia y el colector disminuye en comparación con el agua fría antes de completar el primer ciclo convectivo.

En la práctica resultaría excesivo para la mayoría de los alumnos pedirles una explicación tan detallada como la que aquí se hizo de la gráfica, pero sí es pertinente que observen cómo se genera al conectar los sensores al calentador y motivarlos a que le den alguna interpretación y analizar junto con ellos lo más sobresaliente, como por ejemplo lo que se mencionó respecto a lo que ocurrió en el calentamiento por conducción al interior del depósito.

La forma de presentar este material a los alumnos fue mostrar el dispositivo al grupo y hacerlo funcionar con los sensores conectados para que se genere la gráfica “en vivo”. El análisis del

27 Utilizando la herramienta de medida del editor de gráficos de software libre Gimp, se puede calcular el tiempo exacto a partir de la información de la gráfica: $24\text{ }^{\circ}\text{C} = 104\text{ pixeles}$, $57\text{ pixeles} = 24/104 * 57\text{ }^{\circ}\text{C} = 13\text{ }^{\circ}\text{C}$.

28 Utilizando la herramienta de medida del editor de gráficos de software libre Gimp, se puede calcular el tiempo exacto a partir de la información de la gráfica: $2000\text{ s} = 325\text{ pixeles}$, $190\text{ pixeles} = 190 * 2000 / 325\text{ s} = 1170\text{ s}$

funcionamiento del calentador se llevó a cabo mediante el diálogo con los alumnos en plenaria, mientras estaba funcionando el calentador.

7.3.2. Irradiancia, irradiación e insolación

El objetivo fue proporcionar a los alumnos un marco de referencia con los conceptos de irradiancia, irradiación y e insolación para que fueran capaces de interpretar y usar la información meteorológica en el cálculo del total de energía solar disponible por día. Para ello, se publicaron en Moodle las siguientes imágenes extraídas de una presentación proporcionada por el Dr. David Riveros que ofrecen una excelente explicación de los tres conceptos y se solicitó a los alumno que por equipos publicaran en un foro la solución de los cuatro ejemplos.

Contenido La radiación solar Instrumentos de Medición El movimiento solar

Definiciones y Unidades de la Radiación Solar

Irradiancia (G):

$$G = \frac{\text{Potencia (W)}}{\text{Area (m}^2\text{)}}$$

Ejemplo 1
Si pudiéramos utilizar TODA la radiación de un foco de 100 W para iluminar un cuadro de 1 m x 1 m ¿Cuál sería la irradiancia correspondiente?

Ejemplo 2
Si se tiene un colector solar con un área de 2 m² cuadrados recibiendo perpendicularmente los rayos del sol, los cuales llegan con una irradiancia de 400 W / m², calcular la potencia recibida.

Contenido La radiación solar Instrumentos de Medición El movimiento solar

Irradiación (I): Energía por unidad de área recibida en un cierto tiempo

$$G = \frac{\text{Potencia (W)}}{\text{Area (m}^2\text{)}}$$

$$G = \frac{\text{Energía}}{\text{tiempo Area}}$$

$$I = \frac{\text{Energía}}{\text{Area}}$$

Por lo tanto:

$$I = G * \Delta t$$

Unidades:

$$\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \text{s} = \frac{\text{J}}{\text{s m}^2} \text{s} = \frac{\text{J}}{\text{m}^2}$$

Ejemplo 3
Si se recibe una irradiancia de 800 W/m² durante una hora ¿Cuál es la irradiación correspondiente?

Contenido La radiación solar Instrumentos de Medición El movimiento solar

Ejemplo 3
Resultado

$G = 800 \text{ W/m}^2 = 0.8 \text{ kW/m}^2$
 $\Delta t = 1 \text{ h}$
por lo tanto
 $I = 0.8 \text{ kW/m}^2 \times 1 \text{ h} = 0.8 \text{ kWh/m}^2 = 800 \text{ Wh/m}^2$

Para expresarlo en MJ/m² sabemos que
 $W = \text{J/s}, \quad h = 3600 \text{ s}$

$I = 800 \text{ W/m}^2 \times 3600 \text{ s} = 2,880,000 \text{ W s/m}^2$
 $I = 2,880,000 \text{ J/m}^2 = 2.88 \text{ MJ/m}^2$

Contenido La radiación solar Instrumentos de Medición El movimiento solar

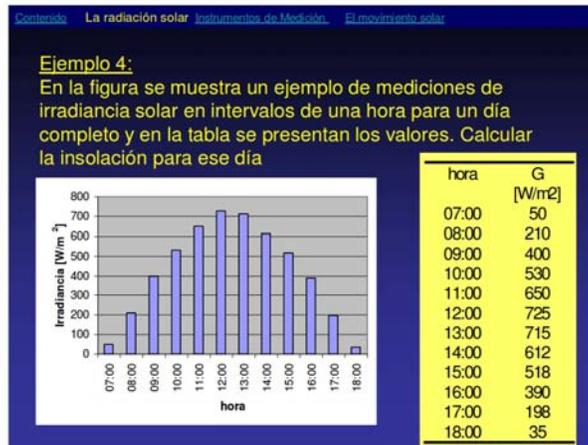
Insolación (H): Energía por unidad de área recibida durante un día solar completo

$$H = G_1 \cdot \Delta t + G_2 \cdot \Delta t + G_3 \cdot \Delta t + \dots + G_N \cdot \Delta t$$

$$H = (G_1 + G_2 + G_3 + \dots + G_N) \Delta t$$

$$H = \Delta t \cdot \sum_{i=1}^N G_i$$

Donde (G_i) es la Irradiancia promedio durante un intervalo Δt. Se recomienda que el intervalo máximo para calcular la insolación sea de 1 hora



El objetivo de la actividad fue que los alumnos se familiarizaran con el cálculo de estas variables para que pudieran aplicar la información de la base de datos meteorológica al diseño del calentador solar mediante el cálculo de la energía en Joules disponible por metro cuadrado.

7.3.3. Efectos del ángulo de incidencia de radiación solar

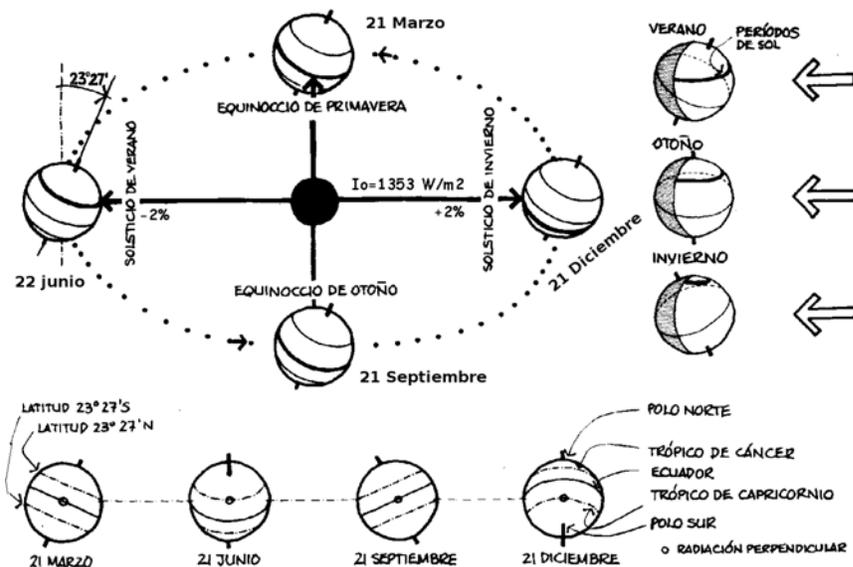
Un elemento muy importante en el aprovechamiento de la energía solar es el ángulo de incidencia de la radiación con respecto a las superficies de la tierra y del colector solar. El primer caso tiene que ver con las diferencias de temperatura en las estaciones del año y el segundo con el ángulo de inclinación que debe tener el colector. A continuación se proporciona una descripción de los temas relacionadas con el ángulo de incidencia que se trabajaron con los alumnos a nivel conceptual. Para una mayor profundidad del tema puede consultarse el libro de Duffie (2006).

Incidencia de la luz sobre la tierra en equinoccios y solsticios

Debido a la inclinación del eje de rotación terrestre con respecto al Sol de aproximadamente 23° , el ángulo de incidencia de la radiación sobre la tierra varía dependiendo de la época del año y de la latitud. En la siguiente imagen de Ortega (s.f.) se muestra que en los solsticios el ángulo de inclinación alcanza su valor máximo y que en los equinoccios la luz incide perpendicularmente sobre el ecuador. Se observa que para los países que se encuentran en el hemisferio norte en el solsticio de verano el ángulo de incidencia de la luz solar es más perpendicular a la superficie, por lo que aumenta la radiación en esos días, mientras que en el hemisferio sur ocurre lo contrario. Esto significa que las épocas de frío en el hemisferio norte corresponden con épocas de calor en el sur y viceversa.

Si se observa al Sol desde la tierra en la latitud de la Ciudad de México, reportada por MapXL (2003) como $19^{\circ}15'$, lo que ocurre es que conforme la fecha se aproxima al solsticio de invierno la trayectoria solar se inclina hacia el sur hasta alcanzar aproximadamente $19^{\circ} + 23^{\circ} = 42^{\circ}$, mientras que en el solsticio de verano la trayectoria solar prácticamente no tiene inclinación, ya que es de $23^{\circ} - 19^{\circ} = 4^{\circ}$ hacia el norte. En los equinoccios la radiación solar nos llega con un ángulo aproximado de $23^{\circ} + 0^{\circ} = 23^{\circ}$. Es por esta razón que el colector solar debe inclinarse hacia el sur para mejorar la captación en invierno, pero no demasiado porque esto reduciría la eficiencia del sistema en verano. Una opción típica es darle una inclinación de 23° hacia el sur, que corresponde con el punto medio de $(42^{\circ}+4^{\circ})/2=23^{\circ}$, que en realidad debería medirse como $23^{\circ}-4^{\circ}=19^{\circ}$, pero es razonable inclinarlo algunos grados de más hacia el sur para hacer más eficiente el sistema en épocas de frío. Hasta el momento no existe algún estudio que recomiende una inclinación óptima para la Ciudad de México considerando las condiciones climatológicas.

Otra consecuencia interesante de este fenómeno es que la duración de los días y las noches cambia en los solsticios para los países que se encuentran en el norte o sur del planeta.



Para tratar este tema con los alumnos se llevó a cabo un experimento demostrativo que consistió en iluminar un globo terráqueo con una linterna simulando la traslación de la tierra alrededor del Sol y observando lo que ocurre en los equinoccios y solsticios. Cabe hacer notar que en los modelos de globos terráneos que cuentan con una base, el eje de rotación de la tierra está inclinado precisamente 23° , lo que facilita las condiciones para el experimento.

Transmisión de la luz en el vidrio a diferentes ángulos de incidencia

Otro fenómeno que afecta la eficiencia del colector solar es la variación de la transmisión de luz del vidrio en función del ángulo de incidencia. Resulta que ésta es mayor cuando la radiación incide perpendicularmente al vidrio y disminuye conforme aumenta el ángulo respecto a la normal de la superficie.

Este fenómeno junto con las variaciones de radiación en equinoccios y solsticios explica porqué los colectores solares deben inclinarse a diferentes ángulos dependiendo de la latitud donde se vaya a colocar el calentador y estrictamente de la época del año. El desconocimiento de esto ha llevado a errores graves como la colocación de colectores a la inclinación que suele utilizarse en China²⁹ en lugar de la adecuada para México. Se obtendrían resultados óptimos si ésta se ajustara periódicamente para que la incidencia fuera lo más perpendicular posible, pero esto no es práctico, por lo que suele utilizarse un ángulo intermedio entre las posiciones intermedia de los solsticios.

Para la compartir el conocimiento de este fenómeno con los alumnos se utilizó un experimento sugerido por el Dr. Riveros que consistió en observar un objeto luminoso a través de un vidrio el cual se gira a diferentes ángulos. En este experimento se percibe una notoria disminución de la luz conforme el ángulo se aproxima a 90°.

7.3.4. Programa de Estaciones Meteorológicas en la UNAM

Con la solución de los ejemplos de irradiancia, irradiación e insolación se proporcionó a los alumnos una experiencia previa que les permitiera interpretar la información de la base de datos del Programa de Estaciones Meteorológicas del Bachillerato Universitario en la UNAM, PEMBU (2011) publicada en Internet. Para que se familiarizaran con el uso y aplicación de la información meteorológica se solicitó que buscaran la página Web de la estación y descargaran la base de datos medidos en CCH Sur para importar la información en una hoja de cálculo y finalmente calcularan la insolación en los días de equinoccio y solsticio del 2012 (21 de marzo, 21 de septiembre, 22 de junio, 22 de diciembre). Se seleccionaron estos días como representativos del año porque corresponden a valores extremos de temperatura debido a que representan las posiciones extremas del ángulo de incidencia de la radiación solar sobre la tierra.

Una vez obtenida la insolación, que es el total de energía solar durante el día en Joles/m² se

²⁹ Información tomada del “Curso de Tecnología de Calentamiento Solar” impartido en el CIE, UNAM en febrero de 2012

solicitó que utilizaran esta información para calcular el incremento de temperatura y la temperatura final que alcanzaría el agua (suponiendo que inicialmente se encontrara a 20°C) en cuatro configuraciones de calentador solar correspondientes a las combinaciones de colectores con superficie de 1 y 2 m² y capacidades de almacenamiento de agua de 100 y 200 litros:

Fecha	Irradiancia Total [W/m ²]	Insolación Total [J/m ²]	Colector 1 m ²		Colector 2 m ²	
			100 litros	200 litros	100 litros	200 litros
			ΔT	ΔT	ΔT	ΔT
			Tf	Tf	Tf	Tf

Los cálculos se hicieron dos veces. La primera para una especulación ideal sin pérdidas y la segunda para una aproximación a la realidad considerando una eficiencia de 40% del calentador. De lo anterior se obtienen los siguientes resultados:

Día	Irradiancia Total [W/m ²]	Insolación Total [J/m ²]
21/mar/2012	12,879	23,182,200
21/jun/2012	4,310	7,758,000
22/sep/2012	10,037	18,066,600
21/dic/2012	8,354	15,037,200

Eficiencia ideal 100%								
Día	ΔT [°C]				Tf [°C]			
	Colector 1 m ²		Colector 2 m ²		Colector 1 m ²		Colector 2 m ²	
	100 litros	200 litros	100 litros	200 litros	100 litros	200 litros	100 litros	200 litros
21/mar/2012	55	28	111	55	75	48	131	75
21/jun/2012	19	9	37	19	39	29	57	39
22/sep/2012	43	22	86	43	63	42	106	63
21/dic/2012	36	18	72	36	56	38	92	56

Eficiencia 40%					
	ΔT [°C]			Tf [°C]	
	Colector 1 m ²		Colector 2 m ²	Colector 2 m ²	

Día	100 litros	200 litros						
21/mar/2012	22	11	44	22	42	31	64	42
21/jun/2012	7	4	15	7	27	24	35	27
22/sep/2012	17	9	35	17	37	29	55	37
21/dic/2012	14	7	29	14	34	27	49	34

Según lo expuesto en esta sección sobre la radiación solar, esperaríamos que la mayor temperatura se alcanzara en junio, sin embargo los datos muestran lo contrario. Esto se debe a que estos meses es temporada de lluvias y suelen estar nublados.

7.3.5. Aplicación al diseño de un calentador solar

Una vez obtenidas las tablas anteriores, el siguiente paso es solicitar a los alumnos que decidan el tamaño de colector y depósito térmico que requiere para satisfacer las necesidades de agua caliente en casa. Para ello se requiere conocer el consumo doméstico de agua caliente, por lo que se solicitó a los alumnos un estudio que consistió en ajustar la regadera a la temperatura que suelen bañarse, medir el tiempo que tarda en llenarse con esa agua un recipiente de un litro y medir el tiempo que tardan en bañarse. De manera similar se considera al resto de las personas que habitan en casa obteniendo así la cantidad y temperatura de agua requerida³⁰. La siguiente tabla muestra los resultados proporcionados por los alumnos para esta medición. Para no comprometer sus nombres se colocó un número para identificar a cada alumno:

Alumn@	# personas	Consumo agua	Temperatura
1	.	1500 l	40°C
2	5	161 l	40°C
3	4	68 l	53°C
4	4	80 l	40°C
5	4	80 l	50°C
6	.	.	40°C
7	4	240 l	43°C

Las temperaturas reportadas fueron de 40 a 43°C, con excepción de los alumnos 3 y 6 que reportaron la temperatura a la que sale el agua caliente del calentador de 50 a 53°. Aquí hay que

³⁰ Faltó hacer una medición similar considerando el consumo de agua caliente de la lavadora y fregadero

considerar que la temperatura corporal es de alrededor de 36°C, por lo que el agua deberá estar arriba de esta temperatura para que se sienta caliente³¹. Hay un error en el consumo reportado de 1500 litros y tres datos faltantes. Podemos concluir que el consumo por persona en el baño varía de 17 a 60 litros, siendo lo más común 20 litros a temperaturas de 40 a 43°C.

Comparando estos resultados con la tabla anterior y suponiendo que solamente se utilizara agua caliente para bañarse, un colector de 2 m² con un depósito de 100 litros sería suficiente para cinco personas y sólo los días nublados se requeriría aumentar unos cuantos grados la temperatura del agua. Se sugiere que cuando la temperatura proporcionada por el calentador supera los 60 o 65 grados, se incluya una válvula mezcladora para evitar que el agua salga demasiado caliente y evitar el riesgo de lesiones por quemaduras. El calentador de superficie de colector de 2m² y depósito de 100 litros alcanzaría temperaturas cercanas a este límite.

7.4. Experiencia adicional: Ondas mecánicas

Al inicio del ciclo escolar UNAM 2014-II se presentó una nueva oportunidad para experimentar de una forma diferente con las TIC, debido a que se me otorgó un permiso de ausentarme de mi actividad docente con motivo de la escritura de esta tesis. Como el permiso terminaba tres semanas después de iniciadas las clases con los alumnos, quienes se quedarían sin profesor durante ese tiempo, decidí aprovechar la oportunidad para trabajar con ellos a distancia en esas tres semanas. Al inicio del semestre me presenté con los alumnos para explicarles cómo íbamos a trabajar y darles la información para que pudieran entrar al curso que para tal efecto diseñé en Moodle, donde previamente los había dado de alta gracias a que conté con derechos de administrador en el servidor de *Soft-Gator*³² donde me instalaron el sistema y a que en la página del CCH Sur los profesores tenemos a las listas de nuestros alumnos antes del inicio del semestre.

El tema en esta ocasión fue ondas mecánicas. Como herramienta principal utilice Moodle con el apoyo de Google docs, Facebook y el correo electrónico. Se publicaron las instrucciones de experimentos y actividades didácticas a desarrollar por los alumnos en clase como extra clase, no obstante la ausencia del profesor. El planteamiento de esta estrategia fue:

- Involucrar a los alumnos con los fenómenos físicos a través de experimentos

31 En algunas pruebas que hice experimenté que basta con 38 para sentir que el agua está caliente

32 Para más información, consúltese la página <http://www.soft-gator.com/softgator/>

- Análisis mediante preguntas de reflexión
- Desarrollar habilidades de investigación autodidacta para aplicar los conceptos investigados en la interpretación, cálculos de los experimentos y los problemas planteados por el profesor.

Por ejemplo, un experimento a desarrollar por equipos en clase consistió en que construyeran un péndulo de 50 cm y 25 cm de longitud en el que se les pidió que por equipos aplicaran los resultados de una investigación de frecuencia y período.

El trabajo en clase sin profesor se fortaleció mediante el diseño de actividades a llevarse a cabo por equipos y con la instrucción de entregar los resultados del equipo por Internet, además se solicitó en varias ocasiones el envío de fotografías de los integrantes del equipo con su experimento. Para el envío de los resultados del trabajo en equipo se utilizaron plantillas Google *incrustadas*³³ en Moodle.

El trabajo extra clase consistió en la elaboración de pequeños experimentos, investigación de temas para resolver alguna pregunta o problema, publicación de la documentación para contar con los elementos de trabajo en clase, la solución de ejercicios y un cuestionario de repaso en línea. En todos los casos se solicitó a los alumnos que enviaran los resultados de su trabajo mediante su publicación en foros tipo *Preguntas y respuestas* que permiten ver los resultados de los demás únicamente después de haber publicado los propios, de manera que se permitiera la retroalimentación grupal, del profesor y además se deja abierta la posibilidad de regresar a mirar el trabajo personal y del grupo para futuras actividades de tipo metacognitivo, como por ejemplo el recuento por parte del alumno del trabajo realizado y aprendizajes logrados en alguna actividad o la elaboración de un portafolio.

Todas las actividades en clase y extra clase fueron evaluadas conforme se iban desarrollando y los resultados se publicaron en una hoja de cálculo Google junto con una calificación parcial, de manera que los alumnos pudieron ver los resultados de su trabajo y una retroalimentación del profesor tanto del criterio utilizado para la valoración numérica como de observaciones relacionadas con el contenido de las actividades, errores cometidos, corrección de ellos y explicaciones de las respuestas esperadas y del porqué de ellas.

³³ El término *incrustar* se refiere a la inserción de código de programas para ser ejecutados en Internet dentro de un documento html, de tal forma que el programa se ejecuta en la parte del texto donde se insertó. Ejemplo de esto son los *players* de audio y video, imágenes, animaciones y simulaciones y los formatos de formularios Google.

8. Resultados

8.1. Herramientas de Internet que fueron utilizadas

8.1.1. Publicación en la Web

Las herramientas que se utilizaron para publicar en Internet fueron Blog, Facebook y Moodle. En las últimas prácticas se dejaron de usar Facebook y Blog ya que terminó utilizándose únicamente Moodle.

Se encontró que los Blog son útiles cuando se desea publicar fácil y rápidamente algo en Internet. Facebook presenta la desventaja de que coloca al principio la información más reciente, lo que hace que se la información se mueva de lugar y se dificulta mucho encontrar publicaciones anteriores. Se encontró que una alternativa es crear grupos para publicar dentro de ellos, lo que disminuye la pérdida de información. En cambio en un Blog la información puede estructurarse de tal forma que permanezca fija, como si fuera una página Web, publicándola en una sola *entrada*³⁴. Se encontró que para un curso formal es más recomendable publicar en Moodle porque facilita estructurar la información en una página principal que permanece en un lugar fijo y se organiza mediante secciones definidas por el profesor que podrían ser por ejemplo, los temas del curso. Dentro de cada sección hay varias *actividades o recursos* que se pueden colocar como páginas Web, enlaces a otros sitios, foros, cuestionarios, etc.

La estructura que se definió en Moodle para el taller de calentadores solares incluyó una primera sección con información referencial del curso como el correo y Facebook del profesor, el enlace a la hoja de calificaciones, el programa curricular del curso, la bibliografía, el reglamento y cualquier aviso se requiriera dar a los alumnos. Las siguientes secciones se dividieron en conjuntos de actividades agrupadas por temas, accesibles mediante enlaces de hipertexto³⁵, siendo la página principal una especie de índice a través de la cual se accesa al contenido del curso.

34 Las *entradas* en los Blog son publicaciones por fecha, siendo el orden de aparición las más recientes primero.

35 En Internet el hipertexto es un enlace para entrar a otra sección o página Web. Aparece subrayado y en color azul. Al colocar el ratón encima la flecha se cambia por una manita. Al hacer click se abre el texto de la sección o página.

8.1.2. Foros

Los foros resultaron ser la herramienta más importante porque fueron el medio a través del cual los alumnos publicaron los resultados de sus actividades utilizando lenguaje escrito, el cual además de aprovechar las características de la escritura mencionadas en el marco teórico, cuenta con con la posibilidad de incluir imágenes, videos, audios, animaciones, etc.

En el grupo 1 se logró implementar una alternativa a los foros publicando información en una hoja de cálculo en Google Drive y dejando indicaciones para que los alumnos entraran a escribir a través de una liga en el Blog del curso. Como en el grupo 2 se trabajó en Facebook, se utilizó la opción de crear grupos para que los alumnos publicaran en ellos y evitar que la información se extraviara y revoliera con las publicaciones cotidianas de los alumnos. De esta manera se lograron implementar los foros en Facebook. Para el grupo 3 fue más sencillo porque se trabajó en Moodle. Este sistema cuenta con recursos especializados para el manejo de foros que ofrecen diferentes posibilidades, como el foro “preguntas y respuestas” que consiste en que el profesor plantea un tema de discusión y el alumno puede ver las respuestas de sus compañeros solamente después de haber publicado la suya. En otras opciones los alumnos pueden plantear temas de discusión al grupo. Existe la modalidad de separación por grupo donde se pueden dar instrucciones particulares a cada grupo y separar sus respuestas. No hay opciones para trabajar con equipos dentro de un mismo grupo.

8.1.2.1. Características de los foros

Se encontró que la publicación en foros presenta las siguientes cuatro características que, si se toman en cuenta, pueden ser aprovechadas ventajosamente en el diseño de estrategias didácticas:

Información visible para todos: La publicado en estos espacios es visible para todos los miembros del grupo, a diferencia de la comunicación por chat, mensajería o correo, por lo que es el espacio por excelencia para la interacción en sus diferentes modos: alumno – alumno, alumno – profesor, profesor – alumno, alumno – profesor – alumno, etc.

Monitoreo: El profesor puede monitorear el trabajo de los alumnos durante el desarrollo de las actividades extraclase, lo que le permite interactuar con ellos ya sea mediante retroalimentaciones al grupo, observaciones particulares o solicitando a los alumnos que regresen al foro a observar los comentarios de sus compañeros junto con las observaciones del profesor y hagan las modificaciones pertinentes donde se requiera.

Memoria: Queda una memoria escrita del trabajo efectuado y se puede recurrir a ella en el momento que se necesite, ya sea el alumno para repasar lo visto en clase, o el profesor para diagnosticar problemas o avances en el aprendizaje. Esta memoria escrita facilita que el alumno lleve a cabo actividades de evaluación formativa como la ya mencionada al solicitarles regresar al foro o bien para desarrollar un **portafolios** con una síntesis de las actividades y aprendizajes logrados al término de la unidad. Esta memoria puede ser muy valiosa como materia prima para una investigación educativa donde se puede observar cómo respondieron los alumnos a las actividades planteadas, si se cumplieron las expectativas, si hubo respuestas no consideradas, si hay algo que modificar en las instrucciones o actividades, etc.

8.1.2.2. Estrategias utilizadas en los foros

Publicación de tareas: Consiste en solicitar a los alumnos que publiquen el resultado de los trabajos extra clase en un foro. Esta estrategia funciona mejor si se utiliza Moodle porque se puede configurar para que los alumnos no puedan ver las tareas de sus compañeros sino hasta después de haber publicado la suya. Presenta la ventaja de que permite revisar con mayor detalle los trabajos de los alumnos y hacer las aclaraciones pertinentes. La desventaja es que la revisión de estos trabajos puede llegar a consumir demasiado tiempo al profesor, dependiendo de la cantidad de alumnos que atiende.

Esta estrategia resultó especialmente útil para revisar las consultas de los alumnos en Internet, ya que se pueden identificar problemas para hacer observaciones que retroalimenten al grupo sobre errores comunes y aciertos a partir de los trabajos de los mismos alumnos. Cuando se dejó investigar calor específico se estuvo asesorando a los alumnos vía chat y con publicaciones del profesor en Facebook sobre las dificultades que se presentaron debido a que otros países utilizan la coma en lugar del punto para expresar la notación decimal.

Otra ventaja que presenta es que se observó que los alumnos tienden a mejorar gradualmente sus publicaciones incluyendo imágenes y videos. Cuando la información sea muy destacada, el profesor puede diseñar alguna actividad para que el resto del grupo consulte la publicación de alguno de los alumnos en particular.

Publicación de trabajos por equipo: En el taller de calentadores solares, aprovechando las computadoras del laboratorio, se pidió a los alumnos que publicaran los resultados de las

actividades de reflexión por equipos utilizando una plantilla de captura, de manera que podían verse todas las respuestas en una hoja de cálculo en Google Drive. Para graficar los resultados de las mediciones de temperatura por intervalo de tiempo en el experimento de calentar agua y aceite se solicitó a los alumnos que publicaran los resultados en un libro de cálculo de Google Drive que previamente había sido preparado, de manera que las gráficas se generaban conforme se iban capturando los datos. Se utilizó una hoja para cada equipo.

El resultado fue muy exitoso en el segundo caso debido a que la atención se concentró en el análisis de las gráficas en relación al experimento en lugar de ocupar tiempo en dibujar las gráficas en el cuaderno.

La captura de las respuestas de las reflexiones por equipos no fue de gran aporte porque fue más fluida la comunicación oral que escrita y el uso de ambas formas de comunicación incrementó el tiempo de la actividad. Sin embargo el texto junto con la exposición oral ayudó a comprender lo que querían decir los alumnos y quedó una evidencia de sus reflexiones. Esta estrategia podría resultar más útil en actividades donde no se necesite la exposición oral y se requiera que el alumno ordene sus ideas, como por ejemplo en la construcción de alguna definición, o bien cuando por alguna razón se requiera conservar una evidencia de las reflexiones de los alumnos.

Una alternativa que no se llevó a cabo en esta experiencia consiste en solicitar a los alumnos que publiquen los avances de algún proyecto que estén desarrollando por equipos, ya que de esta manera es más fácil darles seguimiento al ver plasmadas las ideas de los alumnos por escrito, además de que pueden observarse los avances que tengan en el proyecto.

Revisión con retroalimentación del profesor: La estructura en general para retroalimentar al grupo después de haber publicado una tarea o actividad en el foro consiste en tipificar las respuestas, hacer aclaraciones y dar la instrucción a los alumnos de que revisen y corrijan tanto sus respuestas, las de sus compañeros y las aclaraciones del profesor.

En esta estrategia *es de suma importancia dar la instrucción a los alumnos de regresar a mirar el foro*, como parte de alguna actividad didáctica posterior, de lo contrario es muy poco probable que vuelvan a entrar por iniciativa propia. Alternativamente se les puede dar aviso mediante mensajería en Moodle o algún otro medio para que se enteren de los comentarios que haya puesto el profesor.

Elaboración de portafolios: Se observó que en la medida en que se solicita a los alumnos que publiquen en los foros se pierde la posibilidad de que conserven los apuntes de las actividades en su cuaderno, por lo que al terminar el curso perderán la información del trabajo que se hizo. Se encontró que una alternativa es solicitarles al terminar cada unidad temática que elaboren un portafolios donde expliquen todo lo que se hizo junto con los aprendizajes logrados, indicando que deberán incluir las evidencias del trabajo realizado.

Esta es una actividad de tipo metacognitivo que ayudó a la asimilación y síntesis del conocimiento logrado, a que sea más explícito para el alumno. Desafortunadamente sólo una alumna del taller de calentadores solares entregó su portafolio, por lo que no se cuenta con información representativa, sin embargo fueron muy significativas las observaciones que hizo respecto a la utilidad que tuvo para ella el haberlo hecho.

8.1.3. Cuestionarios en línea y formularios Google

Moodle ofrece una herramienta llamada “examen” para elaborar diferentes tipos de preguntas en línea de respuesta: abierta, numérica cerrada, numérica cerrada dentro de un intervalo de aproximación, opción múltiple, etc. El sistema tiene la capacidad de calificar automáticamente y dar una retroalimentación inmediata al alumno sobre los resultados obtenidos con comentarios previamente establecidos por el profesor.

Esta fue la herramienta que se utilizó para la aplicación de los cuestionarios inicial y final de conocimientos a los alumnos y de ahí se tomaron las gráficas de barras y la información estadística sobre la distribución de calificaciones por alumno y del número de aciertos por pregunta. Esto último fue muy útil para evaluar los resultados obtenidos de las actividades didácticas al identificar las respuestas con incrementos muy sobresalientes de aciertos en el cuestionario final. Así como la información de la distribución de calificaciones por grupo que muestra gráficas bimodales.

Esta herramienta resultó muy útil para el entrenamiento de los alumnos en la solución de ejercicios, con la ventaja de que si así se programa, permite la solución de los ejercicios las veces que quieran hasta que obtengan resultados satisfactorios. También es posible escribir observaciones acordes a las respuestas dadas por los alumnos, de manera que tengan una retroalimentación al momento de contestar el cuestionario.

8.1.4. Hojas de cálculo en Google

Básicamente se utilizó la hoja de cálculo que ofrece Google Drive con una gran variedad de aplicaciones:

Publicación de lista de calificaciones: Se publicó en una hoja de cálculo la información correspondiente a la evaluación numérica por actividad y calificación por alumno. Esta información se actualizó constantemente y estuvo disponible para que la consultaran los alumnos. Se observó en comentarios hechos por los alumnos que esta información es muy importante para ellos y fue de gran utilidad hacérselas accesible de esta manera.

Reporte de resultados para el trabajo por equipos: Moodle no cuenta con una estructura que permita reportar fácilmente el trabajo por equipos, ya que esencialmente funciona con cuentas individuales por alumno. Una forma muy interesante de resolver esto fue el uso de los “formularios” que ofrece Google Drive. Consisten en herramientas que permiten elaborar preguntas fácil y rápidamente. Cuenta con herramientas para definir diversos tipos de respuesta como texto abierto o la selección de un conjunto de opciones. Las respuestas de estos formularios se concentran en una hoja de cálculo que el profesor puede comentar y mostrar posteriormente a los alumnos con la alternativa de permitir a los alumnos su edición para que escriban alguna reflexión sobre el trabajo que llevaron a cabo. Estos formularios son compatibles con Moodle en cuanto a que es posible “incrustar” el código html que proporciona Google al momento de seleccionar la opción para “compartir” el formulario, de manera que aparece el formulario como si fuera una aplicación interna de Moodle y desde ahí envía la información a la hoja de cálculo Google.

Para el reporte de actividades por equipo se incluyeron variables identificadoras en el formulario como el grupo, número del equipo y nombre de los integrantes, además de las preguntas de comprensión o reflexión propias del tema o experimento.

Aplicación de encuestas a los alumnos: Todas las encuestas que se aplicaron a los alumnos se llevaron a cabo mediante los formularios de Google. Para su análisis se descargaron las correspondientes hojas de cálculo. El procedimiento fue muy sencillo y eficiente.

8.1.5. Otros recursos de Internet

Para publicar información a los alumnos de manera rápida y sencilla, como los formularios de inscripción con la información para darlos de alta en Moodle, o el enlace para entrar a Moodle, o las

instrucciones de alguna actividad didáctica sencilla, se utilizaron los **Blogs** gratuitos que ofrece Google mediante la aplicación Blogger.

Como medios de comunicación directa con los alumnos se utilizaron el **correo electrónico**, el **chat** de Facebook y el servicio de **mensajería de Moodle**. El correo sirvió para mandar avisos a los alumnos o recibir aclaraciones de ellos. En Facebook hubo comunicación por chat y se publicó información para los alumnos para asesorarlos en algunos problemas que se presentaron, como sucedió en la investigación de calor específico. También hubo dificultades en el desempaqueado de unos archivos de audio que les envió el profesor y en su utilización en Audacity. La mensajería en Moodle se utilizó principalmente para que los alumnos se enteraran cuando el profesor hacía algún comentario en el foro, lo que sirvió para que lo revisaran, pues de lo contrario lo más probable es que nunca se hubieran percatado haciendo de la retroalimentación algo inútil.

En una actividad dentro del tema *ondas mecánicas* se les pidió a los alumnos **instalar un programa**, el editor de audio de “software libre”³⁶ *Audacity* para que llevaran a cabo una práctica de interferencia.

8.1.6. Análisis comparativo: Google, Facebook, Moodle

Moodle es todo un sistema diseñado particularmente para la enseñanza en línea a distancia, por lo que cuenta con gran diversidad de aplicaciones específicas para la docencia. Sin embargo puede haber algunas dificultades para utilizarlo como la disponibilidad de un servidor para instalarlo, la necesidad de dar de alta a los alumnos que presenta algunas dificultades ya sea para que ellos mismos logren registrarse o para que el maestro lo haga mediante la carga de un archivo texto para lo que se requieren derechos de administrador y los correos de los alumnos.

Facebook tiene la ventaja de que la mayoría de los alumnos tienen una cuenta y lo utilizan, lo que permite una comunicación rápida con ellos, pero la información se dispersa en el tiempo por lo que no es seguro que llegue a todos los alumnos. El sistema permite la creación de grupos, lo que permite la publicación de información por grupo. Pueden publicar tanto el profesor como los alumnos.

Las herramientas de Google de utilidad para la docencia son: Blogger para la publicación de blogs, formularios, hojas de cálculo y un procesador de texto. De ellos los más ventajosos fueron los

³⁶ Los programas elaborados bajo la filosofía de “software libre” se obtienen gratuitamente y generalmente permiten la descarga del código de programación para su consulta e incluso modificación del programa.

formularios y las hojas de cálculo. Estas últimas tienen la ventaja de que se pueden editar simultáneamente por varios usuarios en diferentes computadoras, permitiendo así reportar resultados de actividades por equipos, como se hizo cuando se les solicitó a los alumnos que escribieran la temperatura del calentamiento de agua y aceite. El sistema generó una gráfica diferente para cada equipo de acuerdo a los datos que capturaron. Los formularios junto con las hojas de cálculo fueron muy útiles para recabar información de los alumnos, como las encuestas o como ya se mencionó para capturar la información que después utilizó el profesor para darlos de alta en Moodle. Un aspecto muy interesante es que se puede insertar el código de captura de los formularios dentro de las páginas Web de Moodle, por lo que al usuario parece que aún está trabajando en Moodle. En síntesis las herramientas de Google son un buen complemento para Moodle.

A continuación se muestra una tabla comparativa de algunas características operativas entre Google, Facebook y Moodle:

Característica	Google	Facebook	Moodle
Edición simultánea de documentos	✓		✓
Chat		✓	✓
Mensajería		✓	✓
Información fija	✓		✓
Información volátil		✓	
Disponible y gratuito	✓	✓	✓ ³⁷
Información en la “Nube” ³⁸	✓	✓	
Información en un servidor			✓
Posibilidad de pérdida de información	✓	✓	✓
Velocidad y capacidad de atender a muchos usuarios	✓	✓	Depende del servidor
Facilidad de uso	✓	✓	✓
Herramientas diseñadas para docencia			✓
Foros		✓	✓
Posibilidad de asignación de grupos		✓	✓
Herramientas para publicación de página web	Sí, Blogger		✓

37 Gratuito pero requiere su instalación en un servidor especializado

38 Se conoce como “La Nube” a la característica de los servicios en Internet que ofrecen espacio de almacenamiento al usuario en un servidor público asociado a la aplicación. Ejemplos de esto son Yahoo, Hotmail, Google, Facebook, Dropbox. En estas aplicaciones la seguridad y confidencialidad de la información del usuario está en manos de los responsables de cada aplicación.

8.2. Cómo se utilizaron las TIC en la docencia

Se consideró su empleo en dos aspectos: como *fuerza de información* y como *medio de comunicación*. Como medio de comunicación se identificaron potenciales en el apoyo a las *actividades realizadas en clase*, *evaluación formativa* e *investigación educativa*. A continuación se describe lo que se encontró en estos aspectos.

8.2.1. Fuente de consulta

En el marco teórico, dentro del *uso de internet como fuerza de consulta*, se planteó la necesidad de que nuestros alumnos sean capaces de *buscar, seleccionar e interpretar la información* para asimilarla de una forma crítica, y que estas habilidades son mucho más importantes que el manejo de una gran cantidad de información.

En el mismo marco teórico se propuso tipificar la información que suelen presentar los alumnos, identificar patrones en las investigaciones que hayan resultado acertadas, comparar sus trabajos con los de sus compañeros fomentar la búsqueda de información en instituciones educativas formalmente establecidas y consultar diferentes fuentes, incluyendo a los libros de texto.

La revisión del profesor de la información que publicaban los alumnos en los foros ayudó a identificar dificultades en sus investigaciones. Esto facilitó la interacción con ellos ya sea mediante la comunicación a distancia en tiempo real o después de que se publicaron los trabajos implementando alguna actividad para que los alumnos regresaran a mirar el foro junto con las observaciones del profesor. En el caso de la investigación sobre calor específico donde se pidió a los alumnos su publicación en Facebook se lograron identificar las dificultades debido al uso de comas en algunos países para separar los decimales y del punto para los miles.

Otra estrategia que en el análisis de los cuestionarios inicial y final se comenta como muy exitosa consistió en solicitar a los alumnos aplicar el tema de la investigación documental en la solución de un problema, de manera que se vieran forzados a comprender el significado de lo investigado. Resultó muy exitosa la estrategia de solicitar a los alumnos que utilizaran la información de la investigación sobre potencia para calcular la energía utilizada por un foco de 60 Watts encendido durante una hora. En ondas mecánicas se les solicitó a los alumnos, en ausencia del profesor, llevar a cabo las investigaciones necesarias para las actividades en clase, como la práctica con el péndulo donde tenían que aplicar lo investigado sobre frecuencia y período. Esta estrategia funcionó bien para algunos

alumnos, pero no para todos por las diferencias en la calidad de la información en sus investigaciones. Esta dinámica por una parte motivó a los alumnos a esmerarse en hacer mejores investigaciones al saber que de ello dependía el éxito del trabajo en clase. Por otra parte generó muchas dudas e inseguridades en los alumnos, al no contar con el maestro para corroborar la calidad de sus trabajos. Por esta razón fue necesaria la presencia del profesor en al menos una de cada tres clases para dar explicaciones, caso que también podría considerarse exitoso desde la perspectiva de que el grupo estaba preparado con un conocimiento previo y dudas concretas que necesitaban resolver.

La motivación del profesor influyó a que los alumnos consultaran videos en sus investigaciones documentales. Debido a que en el curso de ondas mecánicas se les pidió a los alumnos que publicaran los resultados de sus investigaciones en los foros de Moodle, algunos alumnos de manera espontánea comenzaron a subir imágenes y posteriormente ligas a videos. Uno de estos videos, Youtube (2012) muestra un experimento muy interesante donde se observan en cámara lenta las vibraciones de una copa antes de romperse por resonancia. Al compartir este video con el resto del grupo y enfatizar la importancia de consultar videos en las investigaciones, se incrementó notoriamente la inclusión de videos en las investigaciones de los alumnos. Durante las clases algunos alumnos hicieron comentarios sobre aprendizajes que habían obtenido de los videos al hacer sus investigaciones.

Recientemente, al inicio del segundo semestre del año 2014 se trabajó explícitamente en sensibilizar a los alumnos sobre la necesidad de verificar la fuente de quien es consultado en Internet y se hizo hincapié en que se consultara en primera instancia los libros de física y como complemento el Internet. Para ello se indicó explícitamente que debían acudir por lo menos a un libro de física además del Internet, que pusieran la bibliografía de ambas fuentes y un comentario que indicara qué tipo de página habían consultado en Internet (anónima, de algún autor en particular, de alguna universidad o institución). Estas actividades ayudaron a comenzar a despertar en ellos el espíritu crítico, ya que podían comparar lo que está en los libros con lo que encontraban en Internet, además de que se revisaron los trabajos de los alumnos y hubo oportunidad de que ellos valoraran la calidad de sus investigaciones al compararlas con las conclusiones del grupo durante la clase.

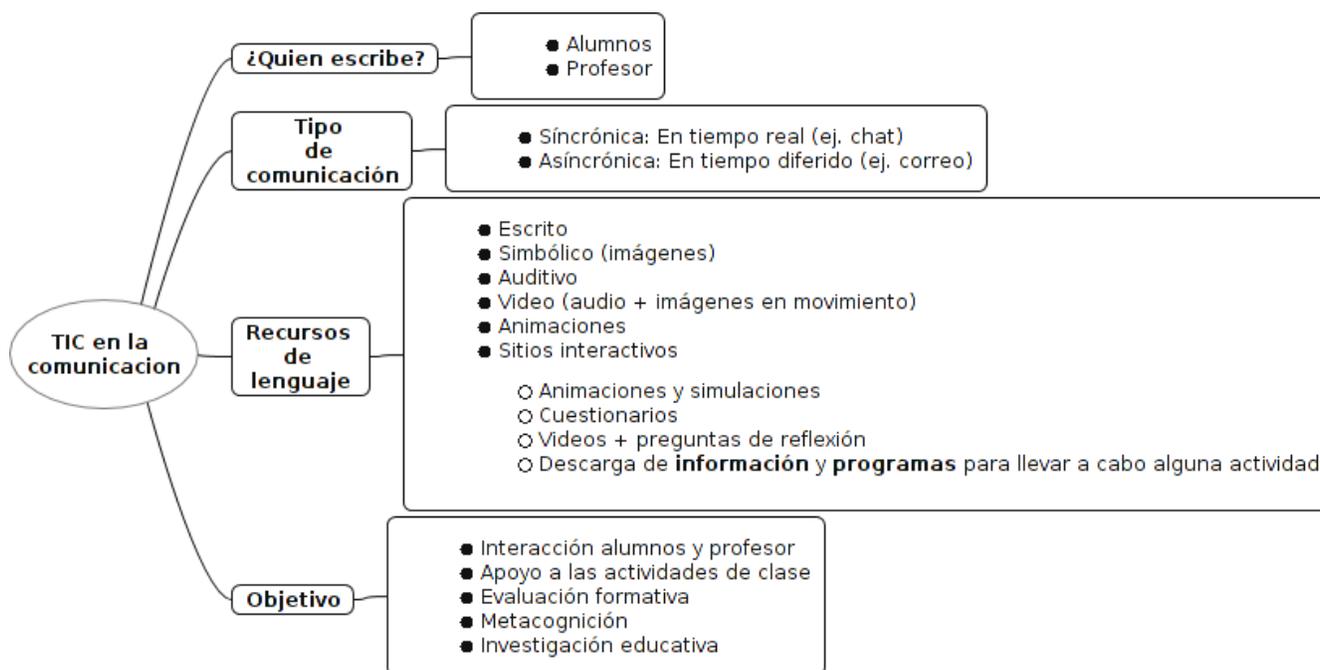
8.2.2. Medio de comunicación

Como medio de comunicación se identificó un esquema de cuatro aspectos que resumen las características de Internet con las que se estuvo trabajando:

1. De acuerdo a quien escribe (alumno, profesor o ambos)

2. Por el tipo de comunicación (en tiempo real o diferido)
3. Por los recursos de lenguaje utilizados (texto, imagen, video, etc.)
4. Por el objetivo de la comunicación (informar, interactuar, evaluar)

La siguiente tabla muestra un esquema desglosado. Posteriormente se da una explicación detallada.



1. De acuerdo a quien escribe:

Alumnos se refiere a todo lo que sea publicado por los alumnos, principalmente en los foros, pero incluye también cualquier otro medio como videos o páginas o foros en la Web. Los trabajos publicados por los alumnos se consideran dentro del contexto de las actividades realizadas en clase como son tareas, investigaciones, publicación de resultados de actividades explorativas o experimentales, análisis y reflexiones, elaboración de resúmenes y portafolios.

Profesor se refiere a publicaciones del profesor que van dirigidas a sus alumnos en el contexto de la enseñanza en clase. Existe una gran diversidad de modos a los que puede recurrir el profesor que van desde la elaboración de cursos en Moodle hasta actividades más sencillas como la publicación de actividades didácticas para hacer en casa, guías de estudio, lista de calificaciones, síntesis de temas vistos en clase, referencias a materiales en internet, etc.

Recientemente, en el curso de mecánica que estaba impartiendo al escribir esta tesis, se

encontró una alternativa que resultó muy exitosa con los alumnos e incluso ayudó a reducir el tiempo de preparación de clases. Había la necesidad de hacer llegar a los alumnos ejercicios para que se prepararan a presentar un examen de cinemática, pero apenas había tiempo para hacer el examen. El problema se resolvió al buscar ejercicios en Internet y encontrar que alguien ya se había encargado de hacerlos, por ejemplo, Netto (2007) publicó ocho problemas de aceleración constante, con la particularidad de que incluyó enlaces que muestran la solución y resultados para cada ejercicio. La Universidad Autónoma de Guadalajara UAG (2007) aloja en su página Web páginas con explicaciones y ejercicios de diversos temas de mecánica. De particular interés fueron los ejercicios de interpretación de gráficas de movimiento donde se muestran diversos datos para que los alumnos grafiquen y también se muestran gráficas para que los alumnos las interpreten con respuestas de opción múltiple. La solución consistió en colocar en el Blog del curso enlaces a páginas con ejercicios, lo cual ocupó muy poco tiempo al profesor. Sólo una alumna obtuvo 100% de aciertos en el examen. Al preguntarle cómo le había hecho respondió que se puso a revisar todos los ejercicios y no le llevó demasiado tiempo porque sólo resolvió aquéllos en los que tenía duda.

2. Tipo de comunicación:

La *comunicación sincrónica* fue útil para dar asesorías en tiempo real y la *asincrónica* para las actividades donde se requirió memoria de lo comunicado para consultar una y otra vez en el tiempo, o sea, para repasar sobre publicado, cosa que no sería posible en una clase presencial a menos que se grabe o filme.

3. Recursos de lenguaje utilizados:

Sitios interactivos: En el curso de ondas mecánicas fue de gran apoyo la página FisQuiWeb desarrollada por García (2014) porque presenta explicaciones del tema acompañadas de animaciones interactivas. Al final aparecen cuestionarios de autoevaluación donde se vuelve a interactuar con las animaciones para hacer mediciones.

Los foros también entran en esta categoría porque facilitaron la interacción entre personas.

4. Objetivos de la comunicación

La comunicación por Internet facilitó la interacción con los alumnos de diferentes formas como apoyar las actividades de clase, asesorarlos, llevar a cabo evaluaciones formativas, actividades

metacognitivas y se observó la posibilidad utilizar las evidencias para hacer investigación educativa.

Apoyo a las actividades de clase

Este modo de comunicación resultó de gran utilidad para la organización del trabajo en clase con alumnos, especialmente en los laboratorios equipados con computadoras. En esencia se trató de hacer llegar a los alumnos con anticipación las instrucciones de las actividades a desarrollar en clase, con lo que se consiguió redistribuir el tiempo que el profesor dedicaría a dar instrucciones aprovechándolo en asesorar a los alumnos. Una ventaja adicional es que se gana claridad en la comunicación ya que los alumnos cuentan con la información por escrito y pueden consultarla cuantas veces sea necesario. Además, si llegaran a tener alguna duda, está presente el profesor para resolverla.

Retroalimentación, evaluación formativa e investigación educativa.

Las características de la retroalimentación se reportaron en la sección de *estrategias utilizadas en los foros*. Las tres características se consideran en cuanto a la identificación de diferentes objetivos que se pueden tener para aprovechar la información que queda disponible a usarse posterior. Éstas son resultado de la memoria que existe en Internet al conservarse lo que se publica, tal es el caso de los foros, mensajería en Moodle, chat en Facebook, videos publicados en Youtube, correo electrónico, etc. Sin embargo debe considerarse la posibilidad de que esta memoria se pierda, como ocurrió con la última parte del taller de calentadores solares en Moodle debido a una falla en el servidor y a la falta de actualización del respaldo por parte del profesor, algo que es más probable que ocurra conforme avanza el tiempo, ya que la información en Internet es muy volátil: es común encontrar que las páginas y algunos servicios en la Web dejan de existir, que los videos en Youtube sean eliminados, que en los espacios que ofrece la UNAM para trabajar en Moodle se den de baja los cursos por razones de mantenimiento, etc. Por lo que las estrategias que consideran hacer uso de la memoria en Internet deberán considerarla como un recurso disponible más probablemente a corto plazo, cuya volatilidad podría contrarrestarse hasta cierto punto mediante la descarga habitual de la información y/o con respaldos.

8.3. Evidencias

8.3.1. Cuestionario de evaluación inicial y final

El cuestionario se elaboró con la finalidad de medir diferencias en los conocimientos antes y

después de que se llevara a cabo la instrucción (que en lo sucesivo se denominará cuestionario inicial y final respectivamente) correspondiente a la segunda y tercera práctica con alumnos (grupos 2 y 3, el grupo 2 corresponde al que se trabajó con Facebook y el grupo 3 al que se trabajó con Moodle en el taller de calentadores solares). El cuestionario consta de 11 preguntas que se aplicaron a ambos grupos mas 3 preguntas adicionales para el grupo 3³⁹. Las primeras 11 preguntas corresponden a los temas 1 y 2 (parte introductoria a la termodinámica y ecuación de calor) que se abarcaron con el grupo 2. Para los alumnos del grupo 3, que cursaron el taller de calentadores solares se agregaron las preguntas 12 a 14.

De los 28 alumnos que conformaron el grupo 2, sólo 18 respondieron el cuestionario inicial y 16 el final. Respecto al grupo 3, los 11 participantes respondieron el cuestionario inicial y 7 el final debido a la *deserción porque el cierre del taller se empalmó con el fin de semestre*. Los resultados obtenidos fueron una calificación promedio de 3.4 a 7.4 en el grupo 2 y de 4.3 a 6.6 en el grupo 3. En la siguiente tabla se resume esta información:

Grupo	Participantes		Calificación promedio	
	previo	final	previo	final
2 (Facebook)	18	16	3.4	7.4
3 (Moodle)	11	7	4.3	6.6

En términos generales, los resultados fueron bajos en la evaluación previa y hubo una notoria diferencia en la final. Este comportamiento se observó en la mayoría de los alumnos.

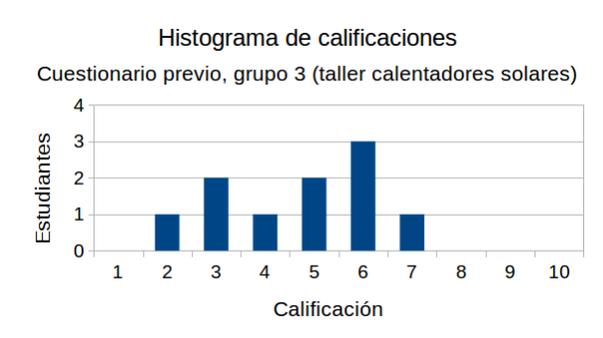
Histogramas de calificación por alumno

Los siguientes histogramas muestran la distribución de alumnos por calificación para los grupos 2, 3 correspondientes a los cuestionarios previo y final. La calificación que se indica corresponde la valor más alto del intervalo, por ejemplo 9 significa el número de personas con una calificación entre 8 y 9.

Histogramas de calificaciones para los cuestionarios previo y final.

El primer renglón corresponde al grupo 2 (Facebook). El segundo renglón corresponde al grupo 3 (Moodle)

³⁹ Para más detalles sobre el cuestionario véase el anexo.



Al inicio en el grupo 2 ningún alumno alcanzó una calificación superior a 6. Al finalizar nueve alumnos obtuvieron una calificación superior a 6. Al inicio 15 alumnos obtuvieron una calificación menor a seis que al finalizar se redujeron a 2. Respecto al grupo 3, hay que considerar que se trató de un taller extra clase de asistencia abierta y voluntaria, conformado por alumnos de 4° y 6° semestre que, de acuerdo al programa de estudios del CCH debieron haber cursado termodinámica en el 3^{er} semestre, por lo que era de esperar que los resultados iniciales fueran mejores que el grupo 2 de alumnos de 3^{er} semestre de física a quienes se presentó por primera vez el tema de termodinámica (sin considerar posibles antecedentes en la secundaria). Para el grupo 3 el porcentaje de alumnos con calificación mayor a seis subió de 9% a 71%. En este grupo no hubo calificaciones entre 9 y 10 como sí las hubo en el grupo 2 posiblemente porque en el grupo 2 el cuestionario se aplicó inmediatamente al terminar el tema mientras, que en el grupo 3 se dejó pasar un tiempo de varias semanas.

Porcentaje de aciertos por pregunta

A continuación se muestra una tabla con el porcentaje de aciertos por pregunta para cada grupo en la aplicación de los cuestionarios inicial y final:

Cuestionario evaluación previa/final								
Aciertos por pregunta								
Pregunta	Grupo 2				Grupo 3			
	previo		final		previo		final	
	Aciertos (n=18)	% Aciertos	Aciertos (n=16)	% Aciertos	Aciertos (n=11)	% Aciertos	Aciertos (n=7)	% Aciertos
1	12	67%	15	94%	5	46%	3	43%
2	11	61%	11	69%	3	27%	5	71%
3	10	56%	11	69%	7	64%	6	86%
4	10	56%	7	44%	7	64%	5	71%
5	2	11%	7	44%	4	36%	4	57%
6	4	22%	11	69%	6	55%	3	43%
7	3	17%	9	56%	3	27%	4	57%
8	4	22%	14	81%	4	36%	5	71%
9	11	61%	11	69%	8	73%	6	86%
10	3	17%	13	81%	4	36%	5	71%
11	3	17%	9	56%	3	27%	6	86%
12	.	.	.	.	5	46%	5	71%
13	.	.	.	.	5	46%	5	71%
14	.	.	.	.	4	36%	3	43%

En el grupo 2 sobresalieron las mejoras en los resultados de las preguntas 1, 6, 7 y 8. La pregunta 1 hace referencia al equivalente mecánico de calor relacionado con los experimentos de frotar las manos, doblar un alambre hasta que se rompiera y a la animación del experimento de Joule. Si bien la mejora en el grupo 2 fue muy notoria, en el grupo 3 ocurrió lo contrario al observarse un pequeño retroceso en los resultados finales, posiblemente porque hubo mayor dedicación al trabajo experimental de esta parte en el grupo 2 que en el 3. Algo similar ocurrió con la pregunta 6 donde hubo una notoria mejoría en el grupo 2 mientras que bajaron los resultados finales respecto a los iniciales en el grupo 3. La pregunta 6 hace referencia a las tres variables (calor específico, masa y cambio de temperatura) en la ecuación de calor de las que depende el calentamiento de una sustancia. Los alumnos llevaron a cabo un experimento para cada variable que después se retomaron para integrarlos en la ecuación de calor con la participación de los alumnos. En el grupo 3 el porcentaje de aciertos disminuyó. En este grupo

hubo una dificultad para dar este paso con los alumnos debido a que un profesor asistente se adelantó a dar la respuesta antes de que los alumnos llegaran a ella. En cuanto a las preguntas 7 y 8 la mejora fue consistente en ambos grupos. La pregunta 7 hace referencia a la cantidad total de energía interna en función de la masa, relacionada con el experimento de hervir agua en casa y la 8 a la cantidad de energía necesaria para elevar la temperatura del agua con respecto al aceite que midieron los alumnos experimentalmente.

En el grupo 3 destacó la mejoría en las respuestas de la pregunta 2 que hace alusión al calor como transferencia de energía de objetos de mayor a menor temperatura. Es interesante observar que en este grupo se trabajó con mayor dedicación en la observación de las animaciones. Incluso hubo oportunidad de que los alumnos las vieran directamente en las computadoras del laboratorio e interactuaran con ellas, a diferencia del grupo 2 donde solo se mostraron a los alumnos en la pantalla de la televisión. Sin embargo este resultado no puede ser tan concluyente debido a que algunos alumnos se retrasaron en la contestación del cuestionario inicial debido a dificultades logísticas que se tuvieron en el acceso a la computadora del CCH donde se instaló el Moodle con el cuestionario, este retraso provocó que dichos alumnos contestaran el cuestionario después de haber visto los temas del propedéutico, lo que explicaría porqué el resultado inicial es mayor en el grupo 2 que en el grupo 3. En ambos grupos el resultado final es similar, de alrededor de 70% de aciertos para esta pregunta.

La pregunta 4 tuvo una respuesta desfavorable en el cuestionario final del grupo 2 mientras que en el grupo 3 hubo una destacada mejoría. Esta pregunta hace alusión a la diferencia de temperatura entre objetos metálicos y aislantes térmicos que se encuentran en una habitación en equilibrio térmico. La pregunta está relacionada con el experimento de medir la temperatura de diferentes objetos metálicos y de madera cuyo resultado debió concluir que es la misma, posiblemente haya quedado confusión en alguno de los equipos ya que al medir con el termómetro las temperaturas no eran estrictamente las mismas, posiblemente debido a errores al efectuar las mediciones los cuales pudieron haber causado confusión en los alumnos del grupo 2 pero no en el grupo 3, tal vez por ser en este último alumnos con mayor formación.

En la pregunta 9 se incrementó el porcentaje de aciertos en ambos grupos, esta pregunta hace alusión al agua como medio para conservar la temperatura y se relaciona con el experimento de calentar agua y aceite.

Las preguntas 10 y 11 obtuvieron mejoras muy notorias en ambos grupos. La pregunta 10 hace

referencia a la energía que utiliza un foco a partir de la potencia y el tiempo de estar encendido. Se relaciona con el problema que se dejó resolver a los alumnos cuando se les mandó investigar potencia⁴⁰ que después se aplicó en el experimento del tortillero y en los problemas de radiación solar. La pregunta 11 hace referencia al significado de calor como una acción.

Evolución de respuestas por alumno

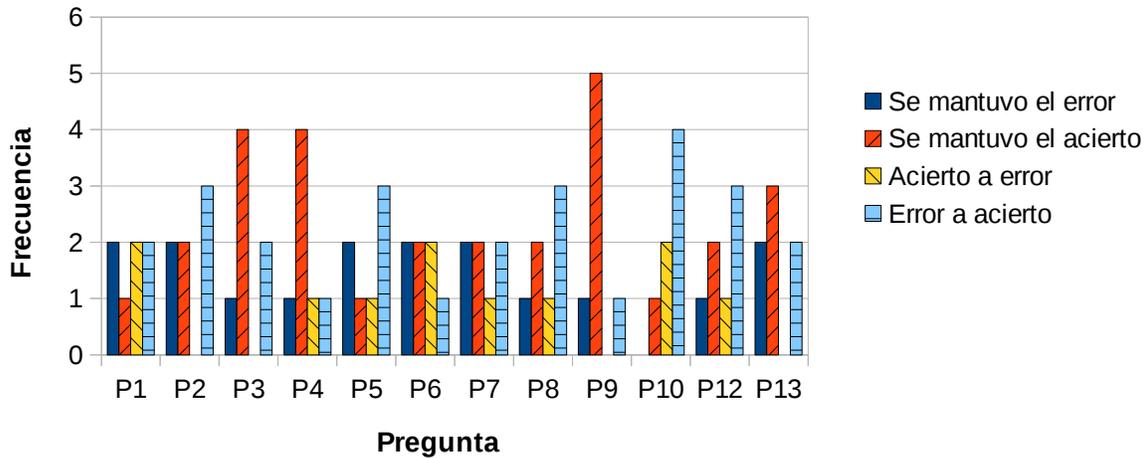
La siguiente tabla muestra una evolución de las respuestas por alumno para cada pregunta. *Solo considera a los 7 alumnos que contestaron el cuestionario inicial y final en el grupo 3.* Desafortunadamente no se pudo hacer un análisis similar para el grupo 2 debido a que ya no se dispone de la información original porque el sitio donde se montó Moodle dejó de existir y el respaldo no incluyó los nombres de los alumnos. La tabla está dividida en cuatro categorías que indican para cada pregunta si el alumno se mantuvo en el error o el acierto, si hubo un cambio de acierto en el cuestionario inicial a error en el final o viceversa. Para facilitar la visualización de estos resultados se incluyó también una gráfica de barras con la misma información:

Evolución de respuestas por alumno cuestionario inicial y final, taller de calentadores solares													
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P12	P13	Total
Se mantuvo el error	2	2	1	1	2	2	2	1	1	0	1	2	17
Se mantuvo el acierto	1	2	4	4	1	2	2	2	5	1	2	3	27
Acierto a error	2	0	0	1	1	2	1	1	0	2	1	0	11
Error a acierto	2	3	2	1	3	1	2	3	1	4	3	2	29

⁴⁰ La estrategia de no sólo dejar investigar el tema sino solicitar a los alumnos que aplicaran la información consultada en la resolución de un problema fue implementada gracias a una certera sugerencia de la profesora Virgen G. Huerta Romero en la asignatura de Práctica docente II.

Evolución de respuestas por alumno

Cuestionario previo/final taller calentadores



Estos resultados indican que hubo un total de 27 respuestas de alumnos que cambiaron de errónea al inicio a acierto en el cuestionario final, 29 se mantuvieron en el acierto, 17 se mantuvieron en el error y en 11 hubo retroceso al pasar de acierto a error. Estos resultados muestran una notoria mejoría en términos generales pero no en el 100% de las preguntas.

Nuevamente vuelve a destacar la pregunta 10 con 4 de 7 alumnos que al inicio contestaron con error y al final acertaron. Cabe recordar que esta pregunta está relacionada con el cálculo de la energía en un intervalo de tiempo con base en la potencia consumida. Las preguntas 2, 5, 8 y 12 que están en el mismo caso también reportaron buenas mejorías en la tabla anterior de aciertos por pregunta. La pregunta 9 que es la que obtuvo mayor puntuación que todas está relacionada con el calentamiento de agua y aceite.

8.3.2. Encuestas de opinión

En los grupos 2 y 3 se levantaron encuestas para conocer la opinión de los alumnos sobre el uso de Internet en esta experiencia. En ellas participaron 12 y 5 alumnos respectivamente. A continuación se presenta una síntesis de los resultados obtenidos en el grupo 2 y posteriormente se harán algunos comentarios sobre las respuestas del grupo 3 que se consideraron de menor importancia debido al escaso número de alumnos participantes. Los resultados completos de la encuesta aplicada al grupo 2 están en el apéndice.

Preguntas de la encuesta

Las preguntas de la encuesta aplicada al grupo 2 fueron:

1. ¿Qué tan accesible es para ti disponer de una computadora?
2. ¿Dónde utilizas la computadora con mayor frecuencia?
3. ¿Qué tan accesible es para ti imprimir documentos?
4. La interacción en el foro de FaceBook fue
5. Las instrucciones en FaceBook que se pidió imprimieras para las actividades de clase fueron
6. La retroalimentación del profesor en FaceBook fue
7. El acceso a las animaciones de Energía Interna a través de FaceBook fue
8. La referencia que puso el profesor en FaceBook sobre Calor Latente fue
9. Las respuestas del profesor en FaceBook a la investigación extra clase sobre calor específico fueron
10. El uso de Internet fue
11. Los experimentos en clase fueron
12. El trabajo de equipo en clase fue
13. ¿Qué opinas sobre el uso que se le dio al Internet en la clase?
14. ¿Cual es tu opinión sobre el curso de termodinámica? ¿alguna sugerencia?

Las últimas dos fueron preguntas abiertas de donde se tomaron los comentarios libres a los que se hace alusión a continuación en el análisis de los resultados obtenidos.

Importancia del Internet

Con base en las respuestas a las preguntas 10, 11 y 12, los alumnos reconocieron la importancia del Internet en un tercer lugar comparativamente con los experimentos y el trabajo en equipo:

- Pregunta 11 sobre los **experimentos** (12/12) + 7 comentarios libres
12 de 12 alumnos consideraron muy importantes los experimentos, adicionalmente 7 alumnos hicieron alusión a ellos en la pregunta abierta. En un entrevista varios alumnos mencionaron que el experimento más significativo fue el de calentar aceite y agua.
- Pregunta 12 sobre el **trabajo en equipo** (12/12) + 2 comentarios libres
12 de 12 alumnos consideraron muy importante el trabajo en equipo y hubo 2 comentarios al respecto en la pregunta abierta.
- Pregunta 10 sobre el **uso de Internet** (10/12) + 2 comentarios libres

10 de 12 alumnos consideraron muy importante el uso del Internet, lo cual sigue siendo muy significativo. Adicionalmente hubo dos comentarios a favor en la pregunta abierta.

Acceso a Internet

92% de los encuestados (11 de 12) es muy accesible disponer de una computadora y la utilizan en casa. Solamente un alumno manifestó que es poco accesible la computadora debido a que no dispone de ella en casa y tiene que acudir a lugares públicos. Curiosamente ese alumno fue el primero en contestar la encuesta. Posiblemente haya acudido al Internet al salir de la escuela, antes de llegar a su casa.

En cuanto a qué tan accesible es imprimir, para el 33% (4 de 12) es muy accesible y para el 67% (8 de 12) es poco accesible debido a que no disponen de una impresora en casa. Algunos alumnos manifestaron que tenían que llegar a la escuela un poco antes para imprimir los documentos que se les solicitó para la clase.

Interacción en Facebook

Todos los alumnos consideraron muy importante la retroalimentación y respuestas del profesor en Facebook.

La interacción en el foro y las instrucciones de actividades para la clase en Facebook que se pidió imprimieran fueron muy importantes para todos los alumnos excepto para el que no dispone de computadora en casa.

En cuanto al acceso a las animaciones que puso el profesor a través de enlaces en Facebook, 8 alumnos lo consideraron muy importante, 2 no se enteraron y para otros 2 fue poco importante. Esto indica que no basta con invitar a los alumnos a que entren a las animaciones por iniciativa propia, se requiere plantear alguna actividad didáctica formal para que todos utilicen este recurso.

Grupo 3

En la encuesta aplicada al grupo tres solo participaron cinco alumnos. No obstante hubo algunos detalles interesantes que vale la pena mencionar. Las preguntas fueron similares con algunos cambios como la referencia a Facebook que se reemplazó por Moodle, se añadieron las opciones “No es accesible” y “Sin importancia” y se modificaron las preguntas que hacían alusión a actividades particulares con el grupo 2 por otras adecuadas al trabajo con el grupo 3 en el curso-taller de

calentadores solares. Las preguntas fueron:

1. ¿Qué tan accesible es para ti disponer de una computadora?
2. ¿Dónde utilizas la computadora con mayor frecuencia?
3. ¿Qué tan accesible es para ti imprimir documentos?
4. El uso de Internet fue
5. Los experimentos en clase fueron
6. El trabajo de equipo en la clase fue
7. El uso de animaciones fue
8. El trabajar en un laboratorio con computadoras fue
9. La publicación en Internet de las instrucciones de actividades para la clase fue
10. El funcionamiento del sistema Moodle fue
11. ¿Qué opinas sobre el uso que se le dio al Internet?
12. ¿Cual es tu opinión sobre el curso-taller de calentadores solares?

En todas las preguntas los 5 alumnos participantes contestaron afirmativo excepto en la accesibilidad para imprimir donde 4 alumnos indicaron que era muy accesible y 1 que era poco accesible, a pesar de que en este grupo no se les pidió imprimir a los alumnos porque las instrucciones se consultaron directamente en la computadora. Resulta interesante que en esta pregunta las respuestas hayan sido menos favorables, lo que también ocurrió en el grupo 2.

Para 3 alumnos el funcionamiento de Moodle fue bueno, para 2 regular y nadie consideró que fuera malo. En la entrevista algunos alumnos mencionaron que en ocasiones tardaba un poco en desplegarse la página del curso en Moodle, por lo que posiblemente esta sea la razón de que hayan considerado regular su funcionamiento. Al comentar esto con el proveedor del servicio, Soft-Gator indicó que existieron limitaciones en el ancho de banda que actualmente han sido superadas.

En este grupo los alumnos consideraron muy importante el uso de Internet (preguntas 4, 7, 8 y 9) al igual que los experimentos (pregunta 5) y el trabajo en equipo (pregunta 6). Cabe considerar que efectivamente fue mayor la importancia del Internet que en el grupo 2 debido a que se trabajó en un laboratorio con computadoras, mismas que se utilizaron para comunicar las instrucciones de las actividades en clase a los alumnos y para que ellos publicaran los resultados del trabajo en clase. En el grupo 3 en lugar de utilizar Facebook se trabajó en Moodle, lo que permitió dar mayor organización al contenido del curso e incluso hacer explícitas las indicaciones de usar las animaciones y participar en

los foros tanto durante la clase en el laboratorio como extra clase.

Respecto a las preguntas abiertas, en la 11 respecto al uso de Internet, hubo buenos comentarios donde destaca favorablemente la estructura de trabajo montada en Moodle:

- Las cinco personas que participaron en la encuesta hicieron algún comentario positivo respecto a la organización del curso en Moodle como medio de comunicación que permitía el acceso a la información, actividades, tener todo a la mano y estar al tanto de todo.
- Tres personas hicieron algún comentario positivo respecto a la disponibilidad de información en Internet
- Una persona hizo alusión a las animaciones y videos

No obstante que el número de encuestados fue pequeño, destaca que todos se hayan manifestado a favor de Internet y nadie en contra.

8.3.3. Entrevista

Se llevó a cabo una entrevista con tres alumnos del curso-taller de calentadores solares. Algunos de los temas que destacaron en la entrevista fueron:

Uso de las computadoras en el laboratorio: La opinión de los alumnos fue favorable a que se pusieran las instrucciones de las actividades para la clase en la computadora. Hubo un comentario respecto a que es insuficiente una computadora para cuatro personas “*pues los otros dos que hacen, ¿se ponen a platicar?*”. También se mencionó la pérdida de tiempo por la entrega de los teclados.

Experimentos: Los que más destacaron en esta ocasión fueron el del globo terráqueo para mostrar el efecto de la inclinación del eje de rotación terrestre en los equinoccios y solsticios y el calentador solar de demostración.

Foros: Opinaron que faltó participación en los foros, sin embargo reconocieron el valor de la retroalimentación que recibían cuando se les pedía que revisaran las respuestas de sus compañeros y los comentarios del profesor.

Portafolios: Las dos personas que hicieron el portafolios mencionaron que había sido muy importante para su aprendizaje debido a que se percataron con mayor claridad de lo que se vio en el curso.

Estructura del taller: A pregunta explícita sobre si les gustaría que se viera menos teoría, las tres personas entrevistadas respondieron que les había gustado lo que se vio de teoría, pero que se requerían más sesiones para después construir el calentador.

Lo que más gustó del taller: Mencionaron los experimentos, que la clase era divertida, la actitud feliz del profesor que invitaba a participar y lo significativo del repaso rápido de la clase pasada.

9. Conclusiones

El principal objetivo de este trabajo fue explorar algunas formas de incluir el uso de las nuevas tecnologías de la información y comunicación en estrategias didácticas para la enseñanza de la física a nivel bachillerato. Con ello se pretendió ofrecer al docente alternativas, probadas con alumnos, ante la escasez de este tipo de experiencias en el aprendizaje escolarizado en México. Las estrategias exploradas en este trabajo se ubicaron en una clasificación general que depende del uso de Internet como fuente de información o como medio de comunicación interactiva.

Se observa que el beneficio de las TIC al aprendizaje escolarizado no se da por sí solo, las herramientas existen, pero lo importante es el uso que el docente les da para promover los aprendizajes cuando los estudiantes realizan ciertas actividades con ellas.

Se encontró que las TIC no superan ni suplantán los beneficios que tienen las clases presenciales en el sistema escolarizado, ya que no permiten la comunicación directa, en persona, que facilita la comprensión y solución de dudas e inquietudes del grupo en menor tiempo. Cuando esto se intenta hacer por Internet la comunicación es muy torpe y lenta, y difícilmente se llega a satisfacer las necesidades de los alumnos. Esto se verificó en las tres semanas que se trabajaron a distancia donde se presentaron severas dificultades de comunicación que contrastaron con la facilidad y rapidez con que se pudieron resolver las dudas de los alumnos en las sesiones presenciales.

Internet no suple la experiencia humana de interactuar con los fenómenos físicos. Lejos de desplazar a la enseñanza experimental escolarizada, tienen el potencial de favorecer las condiciones de clase para que los alumnos exploren por sí mismos, mediante canales alternativos de comunicación y de acceso al conocimiento de manera interactiva en lenguajes escrito y audiovisual, que ayudan en la preparación y desarrollo de actividades explorativas o experimentales, y posteriormente al análisis y

comprensión. Según la información recabada de las encuestas, las actividades explorativas o experimentales son muy importantes para los alumnos. En el curso de electromagnetismo que se llevó a cabo en 2014 las estrategias didácticas se basaron principalmente en plantear actividades explorativas desarrolladas por los alumnos. Los resultados expresados por ellos mismos fueron contundentes ya que manifestaron que la clase les parecía muy dinámica y que esto les facilitó la comprensión. No obstante el Internet jugó un papel estratégico en apoyar las actividades en clase y en extender la comunicación más allá del salón de clase.

Al publicar en Internet quedan evidencias que permiten al profesor reflexionar sobre lo acontecido. Esto facilita la sistematización del trabajo para su mejora constante. En una clase presencial “normal” las evidencias se pierden. El tener las evidencia permite que el profesor pueda desarrollar investigación educativa y compartir sus resultados con los de otros colegas en el mundo, lo que llevaría a mantener al docente en una actividad académica constante. Sin embargo es necesario considerar que la *memoria* en Internet es de corto plazo, por lo que se debe procesar o respaldar la información antes de que se pierda, a demás de que en la práctica el docente necesitaría estar desarrollando un proyecto para que tenga sentido revisar las evidencias.

En cuanto a los programas de cómputo utilizados: Facebook, Google y Moodle, se encontraron ventajas y desventajas, dependiendo de su grado de accesibilidad y de especialización en docencia, por lo que más allá de recomendar alguno en particular como el mejor se identificaron características particulares que hacen de cada uno de ellos el más conveniente de acuerdo a situaciones específicas, dependiendo de la infraestructura con la que cuente el profesor, tiempo disponible y nivel de especialización con el que se desee aprovechar el Internet.

9.1. Ventajas y desventajas de Moodle, Facebook y Google

Los programas más accesibles y fáciles de usar son los destinados a un uso más general y de dominio público y gratuito como Facebook y Google. En cambio Moodle es un programa que ofrece grandes ventajas por ser especializado en docencia pero, no obstante que también es un programa gratuito, es poco accesible y difícil de administrar ya que se requiere contar con un servidor especializado para instalarlo y el profesor no tiene derechos de editar la base de datos donde se registran sus alumnos. En un intento de recuperar respaldos se perdió la información por alumno y las imágenes, posiblemente por falta de derechos del profesor para administrar el sistema.

Una desventaja de Facebook y Google es que la información queda almacenada en “la nube”, o sea en servidores privados que ofrecen un servicio público, por lo que las condiciones de acceso y la seguridad de conservar la información dependen de las personas desconocidas que administran estos sitios.

9.2. Internet como fuente de consulta

Aplicación del tema de indagación a la solución de un problema

Resultado muy exitosa la estrategia de solicitar a los alumnos que resolvieran un problema aplicando lo que se les solicito investigar en el tema de potencia. La mayoría de los alumnos fueron capaces de resolver el problema de la energía transformada por un foco de 60W encendido durante una hora.

Videos y foro:

La inclusión de videos en los trabajos de investigación documental de los alumnos suele resultar en aprendizajes significativos para algunos alumnos, pero de manera espontánea no suelen acudir a ellos, sin embargo sí lo hacen con facilidad cuando el maestro los motiva.

Los foros son una buena opción para revisar las investigaciones documentales de los alumnos e interactuar con ellos para mejorar la calidad de sus trabajos.

9.3. Internet como medio de comunicación interactivo

Conforme pasa el tiempo aumenta la disponibilidad de animaciones, videos y explicaciones interactivas en Internet. Esto facilita la comprensión de los fenómenos físicos y constituye un conjunto de herramientas de gran valor para reforzar las actividades explorativas o experimentales en clase, lo que aporta una mejora considerable a los recursos de aprendizaje disponibles.

Publicación de instrucciones en Internet

Se considera que esta estrategia debería utilizarse porque los alumnos tienen la referencia cuando quieran consultarla además de que se optimiza el tiempo de clase, especialmente si se cuenta con computadoras en el laboratorio.

Foros

Los foros resultaron ser la principal herramienta de comunicación interactiva, ya que están diseñados para que todos los participantes escriban en ellos. Además se pueden insertar imágenes y reproductores de videos, lo que permitió aprovechar la riqueza de la gran variedad de formatos disponibles en Internet para la comunicación.

A través de los foros se pueden implementar estrategias de retroalimentación, pero se requieren instrucciones explícitas para que los alumnos regresen después de haber publicado en ellos, de lo contrario difícilmente se enterarán de las observaciones del profesor y de las publicaciones de sus compañeros.

Se recomienda solicitar a los alumnos la elaboración de un portafolio, de manera que conserven esta memoria, además del beneficio metacognitivo que conlleva esta actividad.

La publicación de resultados del trabajo en clase en foros resulta efectiva sólo cuando existe necesidad de conservar los resultados ya sea para alguna actividad metacognitiva a desarrollar por los alumnos o cuando se requiera la información para su posterior análisis como parte de una investigación educativa. La razón de esta recomendación es que es más fluida la comunicación oral y podría entorpecerse la clase por pérdidas de tiempo en escribir y leer.

Videos

Se recomienda que cuando éstos sean muy importantes se vean en clase y se hagan accesibles al alumno para su posterior consulta. La desventaja de dar instrucciones para que los alumnos vean algún video en casa es que solo los verán quienes hagan la tarea, por lo que quedan fuera de la actividad los demás. Una alternativa podría ser solicitar que resuelvan un problema con el video para no pasarlo en la clase.

Cuando el tiempo no alcanza ...

Una de las razones por la que los profesores no utilizamos Internet es la falta de tiempo para planear y publicar. Una alternativa es ir haciendo cambios poco a poco, al mismo tiempo que se va evaluando el efecto en el aprendizaje de los alumnos, de manera que se hagan las correcciones pertinentes y se vaya adquiriendo experiencia para que las modificaciones futuras sean cada vez más asertivas. Otra opción es hacer uso de sitios e información ya publicada elaborando estrategias para que los alumnos desarrollen alguna actividad con ella.

9.4. ¿Alumnos cibernéticos?. Mitos y realidades

Se observó que no obstante que los alumnos están muy familiarizados con el uso de Internet, suelen presentarse dificultades cuando se les pide que lleven a cabo algunas tareas como escribir correctamente su correo electrónico, seguir las instrucciones para inscribirse a Moodle, realizar tareas básicas como descomprimir archivos, importar documentos en formato texto, utilizar funciones básicas en una hoja de cálculo, instalar programas y hasta cargar un archivo de audio en formato de Audacity. Sin embargo, algunas de estas dificultades se solucionan fácilmente mediante pequeñas asesorías.

9.5. Recomendaciones

Tutoriales en texto y video

Se sugiere la elaboración de tutoriales en texto y video que aborden algún tema y puedan ser consultados por los alumnos de manera autónoma. El tema podría ser curricular o complementario.

Alternativamente se podrían construir estos tutoriales combinando texto en un Blog con ligas a otros sitios o videos que ya estén publicados en Internet.

En el caso de que sólo se desee hacer referencia a un segmento de video, es posible delimitar el fragmento que se desea sea consultado mediante instrucciones en el código *HTML* incrustado en el Blog donde está el enlace al video. Alternativamente se puede descargar el video, cortarlo para dejar únicamente la parte que interesa y volver a subirlo.

Publicación de materiales didácticos por los alumnos

Una alternativa que podría ser muy efectiva es solicitar a los alumnos que después de haber desarrollado algún proyecto, elaboren un material para compartirlo en Internet. El proyecto podría ser la construcción de algún dispositivo físico o alguna explicación de algún tema en particular. Lo más conveniente es que este trabajo lo desarrollen los alumnos con la asesoría del profesor.

Recomendaciones para futuras investigaciones

Se sugiere ir más a fondo de lo que fue el alcance de esta tesis en la exploración del desarrollo de habilidades para llevar a cabo consultas en Internet. Una alternativa podría ser desarrollar un proyecto de investigación, llevado a cabo por los alumnos y supervisado a través de un foro por el profesor, donde el alumno vaya avanzando progresivamente hasta alcanzar algún objetivo concreto, como por

ejemplo la elaboración y explicación del funcionamiento de algún sistema físico, el desarrollo de un trabajo de investigación, o un conjunto de investigaciones estructuradas dentro del curso donde el alumno tenga que resolver un problema.

Elaboración de un curso completo utilizando Moodle

En este trabajo sólo se trabajó en algunos temas, pero no se desarrolló un curso completo. Esto que a simple vista podría parecer muy ambicioso, podría llevarse a cabo gradualmente, de manera que no sea demasiado exigente el tiempo requerido para el profesor. Una característica importante a tener en cuenta es evitar el uso excesivo de Internet, de manera que se encuentre un equilibrio que permita un aprovechamiento adecuado de la herramienta. Lo importante aquí es la calidad de las estrategias didácticas y no la cantidad en el uso de Internet.

9.6. Conclusiones generales

Las TICs por sí solas no son suficientes pues son una herramienta cuya utilidad depende de la destreza con la que se le maneje. Tampoco substituyen el trabajo experimental y la interacción en clase con los alumnos. Un uso adecuado de las TICs requiere de una planificación didáctica de los temas donde se considere, por una parte el aprovechamiento de la información disponible en Internet en sus diferentes formas, y por la otra las herramientas de comunicación que permiten estrategias de retroalimentación con los alumnos y para facilitar el desarrollo de las actividades en clase.

Internet lejos de superar o substituir a las condiciones para la enseñanza escolarizada, ofrece herramientas para mejorarla mediante la consulta de información en diversos formatos, el aprovechamiento de animaciones, videos y programas interactivos para la enseñanza, el envío de instrucciones del profesor a los alumnos con materiales y actividades a realizar en clase o en casa, la utilización de foros y mensajería para la comunicación entre alumnos y con el profesor, el aprovechamiento de la información escrita para que los alumnos lleven a cabo actividades metacognitivas y opcionalmente puede facilitar al profesor el desarrollo de actividades de investigación educativa.

10. Apéndice 1. Instrucciones de actividades experimentales

10.1. Ebullición del agua

Nombre: _____

Instrucciones: Imprime este documento y pégalo en tu cuaderno. Lleva a cabo la actividad para hacer en casa que a continuación se indica.

Actividad para hacer en casa

Para el siguiente experimento utiliza el mismo recipiente y lleva a cabo el experimento tres veces cambiando cada vez la cantidad de agua como se indica a continuación.

Pon a calentar agua y mide el tiempo que tardan en hervir: 250 ml, 500 ml, 1 litro de agua. Llena la siguiente tabla:

Cantidad de agua	Tiempo de calentamiento
250 ml	
500 ml	
1 l	

Cuando hayas terminado el experimento, contesta las siguientes preguntas:

1. ¿Qué observaste en el experimento?
2. ¿Existe alguna relación entre el tiempo de calentamiento y la cantidad de energía suministrada al agua a través de la flama de la estufa? ¿cual?
3. ¿Aproximadamente cuanta energía necesitas suministrar para hacer hervir el doble de una cantidad de agua?
4. ¿Aproximadamente cuanta energía necesitas suministrar para hacer hervir el triple de una cantidad de agua?
5. ¿Aproximadamente cuanta energía necesitas suministrar para hacer hervir una cantidad igual a n veces de una porción de agua?

10.2. Calentamiento de diferente tipo de sustancias

Actividad para llevarse a cabo en clase

Lista de materiales por equipo:

- 2 vaso de precipitado de 100 ml
- 1 termómetro
- 1 soporte universal con pinza
- 1 parrilla eléctrica
- 50 ml de aceite de cocina
- 50 ml de agua

Calentamiento de agua.

- Pon a calentar 50 ml de agua. Para medir su temperatura coloca un termómetro sosteniéndolo con la pinza.
- Mide la temperatura cada 20 s hasta que observes algo raro con la temperatura
- Escribe los resultados en la hoja de cálculo Google correspondiente a tu equipo que se encuentra en el siguiente enlace: [Hoja de cálculo Google](#).

Calentamiento de aceite

- Pon a calentar 50 ml de aceite. Para medir su temperatura coloca un termómetro sosteniéndolo con la pinza.
- Mide la temperatura cada 20 s hasta alcanzar la temperatura de 170 °C
- Escribe los resultados en la hoja de cálculo Google ya mencionada.

Preguntas de reflexión por equipo:

Por equipo, escriban las respuestas en: [Formulario Google](#).

1. ¿Que observaste al calentar agua y aceite?

2. ¿Cómo interpretas la información de la gráficas para comparar el calentamiento de agua y aceite?
3. ¿Existe alguna relación entre el tipo de sustancia y la cantidad de energía que se requiere para elevar su temperatura? ¿porqué?

Ejercicio de aplicación

Investiga el **calor específico** de: agua líquida, aceite y mercurio en unidades de [Joule / (Kg · K)] para contesta las siguientes preguntas en el grupo “Calentadores solares 2013” en **FaceBook**. Puedes apoyar a tus compañeros expresando tu punto de vista sobre su participación.

1. ¿Qué hubiera sucedido de haber calentado mercurio en el experimento?
2. ¿Que tanta energía necesitarías para elevar la temperatura del mercurio 20°C un grado centígrado? ¿Cómo se compara este resultado con el agua y el aceite?

Notas:

- En algunos países utilizan el punto en lugar de la coma para separar milésimas y la coma en lugar del punto para separar decimales. En unidades de [Joule / (Kg · K)] el calor específico debe ser entero. En unidades de [caloría / (gramo °C)] el calor específico sí lleva decimales.
- Si encuentras el resultado en [Joule / (Kg · °C)] es equivalente a [Joule / (Kg · K)]
- Si lo deseas puedes recurrir a la siguiente página para convertir unidades: <http://online.unitconverterpro.com/es/convension-de-unidad/conversor-alpha/specific-heat-capacity.html>

10.3. Relación energía – cambio de temperatura

Actividad previa extraclase

- Investiga el concepto de potencia física y contesta en el FORO de FaceBook correspondiente a tu equipo la pregunta: **¿Qué entiendo por potencia?**
 - Recuerda incluir en el foro la referencia de donde tomaste la información.
 - Para que logres una buena investigación es recomendable que primero consultes libros de física cuya información podrás complementar con Internet.
- Con base en la información que investigaste contesta la siguiente pregunta y publícala en el FORO de tu equipo:
¿Cuanta energía en Joules consume un foco de 60 W si lo dejas encendido durante una hora?
- Compara tus respuestas con las de tus compañeros. Entre todos revisen si hay errores hasta que consideren que llegaron a la respuesta correcta y háganlo saber en el FORO. El objetivo es que entre todos se ayuden para lograr un buen aprendizaje y buenos resultados.

Actividad experimental a desarrollar en la clase

Lista de materiales para solicitar en el laboratorio

Alumnos (por equipo)
<ul style="list-style-type: none"> 1 tortillero de asbesto con foco de filamento de 60 o 75 Watts. 1 termómetro 1 litro de agua 1 cronómetro
Profesor (para todo el grupo)
<ul style="list-style-type: none"> Una báscula Recipiente para medir 250 ml

Instrucciones para la actividad experimental en clase

- Llena el recipiente del tortillero con un litro de agua
- Introduce el termómetro a través del orificio de la tapa del tortillero hasta que el mercurio quede a la altura del filamento del foco.
- Coloca la tapa en el tortillero
- Anota la temperatura inicial
- Registra el equivalente en tiempo en minutos y segundos de cada 200 s en la tabla 1
- Al conectar el tortillero comienza a medir el tiempo con el cronómetro
- Anota la temperatura cada 200 segundos hasta llegar a 600 segundos en la tabla 1 de la: [hoja de cálculo](#) correspondiente a tu equipo.

t [s]	t [min:seg]	T [°C]
0	00:00	
200		
400		
600		

Tabla 1

- Completa la Tabla 2 en la hoja de cálculo con base en los resultados de la Tabla 1. Necesitarás aplicar lo que aprendiste en la actividad extraclase para calcular la energía en Joules a partir de la potencia y el tiempo que ha estado encendido el foco.
Considera que ΔT es el cambio de temperatura y se calcula como: $\Delta T = T_{\text{final}} - T_{\text{inicial}}$ donde la temperatura inicial es la que tenías antes de conectar el tortillero y la temperatura final es la correspondiente a cada 200 segundos.

Potencia del foco [W]	t [s]	Calor suministrado Q [J]	ΔT [°C]
	200		
	400		
	600		

Tabla 2

9. Calcula la masa de un litro de agua midiendo la de 250 ml
10. Comenta con tus compañeros de equipo la solución a las siguientes preguntas y contéstalas en la [plantilla](#).
1. ¿Cuánta masa hay en 1 litro de agua?
 2. ¿Qué relación hay entre potencia y tiempo de calentamiento con la energía suministrada al sistema por medio del foco?
 3. ¿Cuanto calor proporcionarías al sistema en un tiempo de 800 s?
¿Aproximadamente, cuanto se incrementaría la temperatura?
 4. Escribe una relación de proporcionalidad entre Q y ΔT
- temperatura de 2.5 litros de agua de 24°C a 34°C si la calientas con una fuente de energía de 150 Watts?

Respuestas:

1. $Q = 4185 \text{ J}/(\text{Kg } ^\circ\text{C}) (2.5 \text{ kg}) (10^\circ\text{C})=104,625 \text{ J}$
2. $c = Q / (m \Delta T)$
Para 60 Watts: $c = 12,000 \text{ J} / (1 \text{ Kg } 3^\circ\text{C}) = 4,000 \text{ J} / (\text{Kg } ^\circ\text{C})$
Para 75 Watts: $c = 30,000 \text{ J} / (1 \text{ Kg } 2^\circ\text{C}?) = \text{????}$
3. $P=T/t, t=T/P, t=104,625\text{J} / (150 \text{ J/s}) = 697.5 \text{ s} = 11 \text{ min } 37.5 \text{ s}$

Ejercicios de aplicación ecuación

$Q = c m \Delta T$

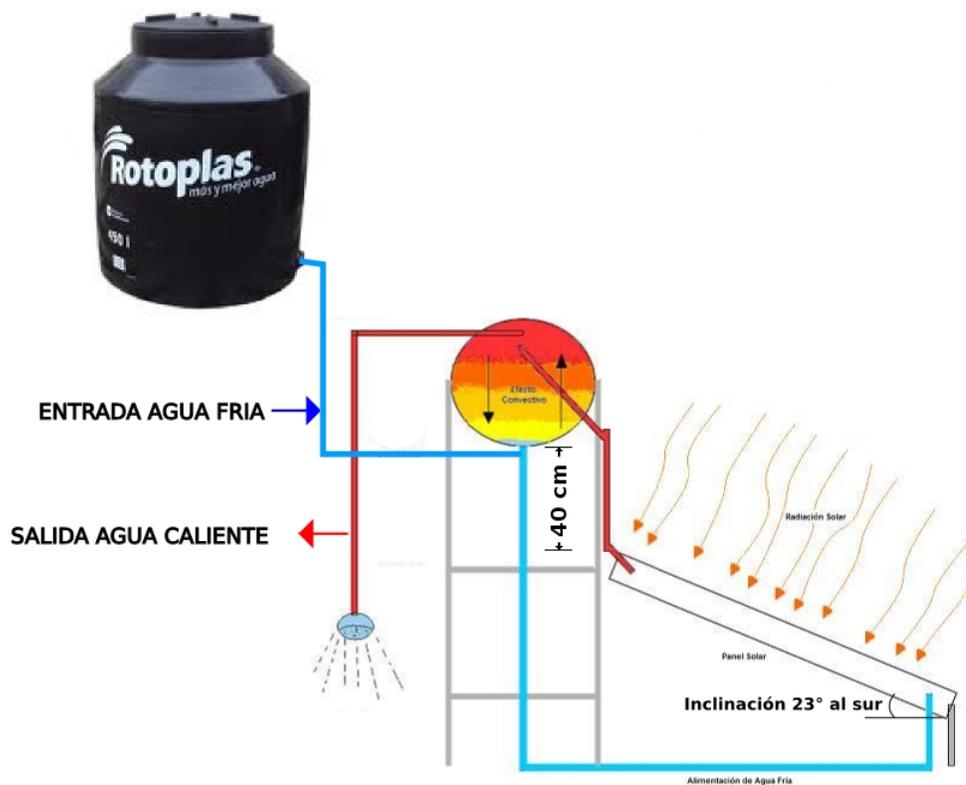
Para resolver estas preguntas:

- Considera que:
1 litro de agua = 1 Kilogramo de agua (observa que la medición que hiciste en clase de la masa del agua se aproxima a este resultado).
- Utiliza la ecuación de calor que vimos en clase: $Q = c m \Delta T$
- Recuerda que el calor específico del agua es 4186 J/(Kg·°C)

1. Uso de la ecuación $Q = c m \Delta T$
¿Cuánto calor se necesita para elevar la temperatura de 2.5 litros de agua de 24 °C a 34°C?.
2. Cálculo del calor específico del agua
Calcula el calor específico del agua utilizando la información que obtuviste en el experimento del tortillero para calentar el agua durante los primeros 200 segundos (Indica si el foco de tu equipo fue de 60 o 75 Watts).
3. ¿Cuanto tiempo se requerirá para elevar la

11. Apéndice 2. Estructura del Curso-taller en Moodle

Curso-taller de calentadores solares 2013



Te invito a entrar a la página de facebook para participar en el espacio del curso-taller de calentadores solares:

[facebook.com/jevifonscch](https://www.facebook.com/jevifonscch)

◆◆◆ ¿Quieres ver como va tu participación en el taller? ◆◆◆

Click en: [Porcentaje de participación en el taller](#)

Actividad 1: Cuestionario de conocimientos previos

Para completar tu inscripción al curso contesta el siguiente [cuestionario de conocimientos previos](#) que aparece en la liga a continuación.

El objetivo es hacer un diagnóstico de conocimientos previos que permita dar un mejor seguimiento a los aprendizajes del grupo.

 [Cuestionario de conocimientos previos](#)

¡ FELICIDADES !

Nos vemos el próximo miércoles 20 de febrero a la 1:00 pm en el laboratorio A4 (cerca de la "Sala Telmex")

Recuerda llevar un gancho de ropa metálico, de los que usan en las tintorerías, lo necesitaremos para un experimento en clase.

Actividad 2: ¿Porqué se calientan los objetos?

 [¿Porqué se calientan los objetos?](#)

 [Animaciones adicionales de la clase](#)

Actividad 3: Diferencia entre calor y temperatura

Actividades en clase

 [Animaciones sobre calor y temperatura](#)

 [Conclusiones calor, temperatura y energía interna](#)

Actividades extraclase

 [Experimento en casa: Hervir agua](#)

 [Animación complementaria: Calentamiento de diferentes masas](#)

 [Resultados Hervir Agua](#)

Actividad 4: Funcionamiento del calentador solar

Actividades extraclase



[Funcionamiento del calentador solar](#)

Actividad 5: Calentamiento de diferentes sustancias



[Calentamiento agua y aceite](#)



[Resumen de la clase y resultados](#)

Actividades extraclase



[Potencia y energía](#)

Actividad 6: Experimento del tortillero



[Cuantificación del calentamiento de agua](#)



[Resultado de las mediciones](#)



[Conclusiones por equipo](#)

Actividades extraclase



[Foro: Calentamiento de agua y aceite \(calor específico\)](#)

Actividad 7: Síntesis de los experimentos



[Síntesis de los experimentos](#)



[Ejercicios de aplicación](#)



[Medición del consumo doméstico de agua caliente](#)

Actividad 8: Energía solar



[Radiación solar](#)



[Aplicación al diseño del calentador solar](#)

Actividad 9: Prototipo de calentador solar



[Inclinación del eje terrestre. Equinoccios y Solsticios.](#)



[Prototipo de calentador solar](#)



[Datos técnicos calentador solar](#)

Actividad 10: Cierre del taller



[Cuestionario final](#)



[Encuesta de opinión](#)



[Portafolio de cierre del curso](#)

Anexo: Información complementaria



[Active solar collectors and their applications](#)

12. Apéndice 3. Cuestionario de evaluación previa-final

Notación:

- El primer paréntesis corresponde al cuestionario inicial. El segundo al final. Dentro de cada paréntesis se indica el número de aciertos respecto al total de alumnos que contestaron y el porcentaje correspondiente.
Ejemplo: Para representar que 5 de un total de 11 alumnos eligieron esa opción en el cuestionario inicial (46%) y que 3 de un total de 7 alumnos eligieron esa opción en el cuestionario final (43%) se escribirá: (5/11,46%) (3/7,43%)
- Los paréntesis con fondo gris claro, (2/18;11%) (0/16;0%) , corresponden a los resultados del grupo 2 (con el que se trabajó en Facebook, y los de fondo gris oscuro, (1/11;9%) (1/7;14%), al grupo 3 (con el que se trabajó en Moodle en el taller de calentadores solares).
- Flechas hacia arriba (↑) indican respuesta correcta.

Pregunta 1

Completa la siguiente frase: El incremento de temperatura que se siente cuando frota tus manos es el resultado de _____. Consecuentemente hay _____ hacia el interior de las manos en virtud de lo cual aumentan su _____.

Seleccione una:

Oa. trabajo, temperatura, calor (2/18;11%) (0/16;0%) | (1/11;9%) (1/7;14%)

Ob. trabajo, calor, energía interna (↑) (12/18;67%) (15/16;94%) | (5/11;46%) (3/7;43%)

Oc. calor, energía interna, temperatura (4/18;22%) (1/16;6%) | (5/11;46%) (3/7;43%)

Pregunta 2

Cierra la puerta de la habitación porque se mete el frío. ¿Es correcto?

Seleccione una:

Oa. Sí porque al abrir la puerta entra el frío y absorbe la energía de la habitación (5/18;28%) (0/16;0%) | (5/11;46%) (2/7;29%)

Ob. No porque la energía solo se transfiere del objeto de mayor al de menor temperatura (↑) (11/18;61%) (11/16;69%) | (3/11;27%) (5/7;71%)

Oc. Sí porque la masa de aire frío “entra” al cuarto con menor temperatura (2/18;11%) (5/16;31%) | (2/11;18%) (0/7;0%)

Pregunta 3

Adjudicamos la existencia de calor

Seleccione una:

Oa. solo a aquellos cuerpos que están calientes (0/18;0%) (0/16;0%) | (0/11;0%)(0/7;0%)

Ob. a cualquier cuerpo, pues todo cuerpo posee calor (7/18;39%) (5/16;31%) | (4/11;36%) (1/7;14%)

Oc. a situaciones en las cuales ocurre, necesariamente, transferencia de energía (↑) (10/18;56%) (11/16;69%) | (7/11;64%) (6/7;86%)

Pregunta 4

En el interior de una habitación que no haya sido calentada o refrigerada durante varios días

Seleccione una:

Oa. ningún objeto tiene temperatura (0/18;0%) (0/16;0%) | (0/11;0%)(0/7;0%)

Ob. la temperatura de los objetos de metal, de los objetos de madera y de los sarapes y demás objetos es la misma (↑) (10/18;56%) (7/16;44%) | (7/11;64%) (5/7;71%)

Oc. la temperatura de los objetos de metal es inferior a la temperatura de los objetos de madera (8/18;44%) (8/16;50%) | (4/11;36%) (2/7;29%)

Pregunta 5

Un vaso con agua está en equilibrio térmico cuando su temperatura es igual a la temperatura ambiente, lo cual ocurre cuando se “enfía” una taza de café o se calienta un refresco frío después de un rato de dejarlo en la habitación. Cuando esto ocurre, el calor:

Seleccione una:

Oa. Es el mismo que la temperatura ambiente porque está en equilibrio térmico (14/18;78%) (8/16;50%) | (6/11;55%) (1/7;14%)

Ob. Es igual a cero porque ya no hay transferencia de energía con el medio ambiente (↑) (2/18;11%) (7/16;44%) | (4/11;36%) (4/7;57%)

Oc. Se conserva en la energía interna de las moléculas del agua y del aire del medio ambiente (2/18;11%) (0/16;0%) | (1/11;9%) (2/7;29%)

Pregunta 6

El calentamiento de una sustancia depende de:

Seleccione una:

Oa. el calor suministrado a la sustancia (7/18;39%) (3/16;19%) | (1/11;9%) (2/7;29%)

Ob. la cantidad de materia y el tipo de material del objeto que se desea calentar (6/18;33%) (1/16;6%) | (4/11;36%) (2/7;29%)

Oc. únicamente la diferencia de temperatura (1/18;6%) (0/16;0%) | (0/11;0%)(0/7;0%)

Od. las otras tres opciones (↑) (4/18;22%) (11/16;69%) | (6/11;55%) (3/7;43%)

Pregunta 7

Si dos objetos iguales, excepto que B tiene el doble de masa que A, están a la misma temperatura, el total de la energía interna:

Seleccione una:

Oa. de B es igual que A (15/18;83%) (6/16;38%) | (7/11;64%) (2/7;29%)

Ob. de B es la mitad que A (0/18;0%) (0/16;0%) | (1/11;9%) (1/7;14%)

Oc. de B es el doble que A (↑) (3/18;17%) (9/16;56%) | (3/11;27%) (4/7;57%)

Pregunta 8

Si tienes dos sustancias diferentes, por ejemplo, agua y aceite y las calientas hasta aumentar su temperatura en 10°C más:

Seleccione una:

Oa. Se requiere suministrar más energía al aceite que al agua (5/18;28%) (0/16;0%) | (5/11;46%) (2/7;29%)

Ob. Se requiere suministrar la misma cantidad de energía en ambas sustancias (9/18;50%) (2/16;13%) | (2/11;18%) (0/7;0%)

Oc. Se requiere suministrar más energía al agua que al aceite (↑) (4/18;22%) (14/16;81%) | (4/11;36%) (5/7;71%)

Pregunta 9

¿Cual de las siguientes sustancias colocarías en una bolsa térmica con el objeto de mantener “calientito” a un gatito con hipotermia?

Seleccione una:

Oa. Agua (↑) (11/18;61%) (11/16;69%) | (8/11;73%) (6/7;86%)

Ob. Mercurio (7/18;39%) (2/16;13%) | (1/11;9%) (0/7;0%)

Oc. Aceite (0/18;0%) (2/16;13%) | (2/11;18%) (1/7;14%)

Pregunta 10

Si dejas encendido un foco de 40 Watts durante un minuto, el consumo de energía será de:

Seleccione una:

Oa. 2400 Joules (↑) (3/18;17%) (13/16;81%) | (4/11;36%) (5/7;71%)

Ob. 40 Joules (4/18;22%) (1/16;6%) | (3/11;27%) (1/7;14%)

Oc. 40 Watts (6/18;33%) (0/16;0%) | (2/11;18%) (0/7;0%)

Od. 2400 Watts (5/18;28%) (1/16;6%) | (2/11;18%) (1/7;14%)

Pregunta 11

¿Estás de acuerdo en la frase: Calor es verbo, no sustantivo? ¿porqué?

(↑) (3/18;17%) (9/16;56%) | (3/11;27%) (6/7;86%)

Pregunta 12

La radiación que recibimos del Sol se mide en

Seleccione una:

Oa. Joules (2/11;18%) (0/7;0%)

Ob. Joules / m² (4/11;36%) (2/7;29%)

Oc. Watts / m² (↑) (5/11;46%) (5/7;71%)

Od. Watts

Pregunta 13

En un día soleado, aproximadamente el Sol nos proporciona

Seleccione una:

Oa. 1000 Watts / m² (↑) (5/11;46%) (5/7;71%)

Ob. 1000 Joules / m² (3/11;27%) (0/7;0%)

Oc. 1350 Joules (1/11;9%) (2/7;29%)

Od. 1350 Watts (1/11;9%) (0/7;0%)

Pregunta 14

En el campo de entrenamiento de los Pumas se requiere un sistema para calentar el agua con el Sol que funcione incluso en los días nublados, ya que se carece de las condiciones para incluir una instalación energizada con gas. Por información de la estación meteorológica se sabe que a lo más hay tres días nublados consecutivos.

¿Qué solución propondrías?. Argumenta tu respuesta.

(↑) (4/11;36%) (3/7;43%)

13. Apéndice 4. Encuesta aplicada al grupo 2

1. ¿Qué tan accesible es para ti disponer de una computadora?		
Muy accesible	11	92%
Poco accesible	1	8%

2. ¿Dónde utilizas la computadora con mayor frecuencia?		
En casa	11	92%
Internet público	1	8%

3. ¿Qué tan accesible es para ti imprimir documentos?		
Muy accesible	4	33%
Poco accesible	8	67%

4. La interacción en el foro de FaceBook fue:		
Muy importante	11	92%
Poco importante	1	8%

5. Las instrucciones en FaceBook que se pidió imprimieras para las actividades de clase fueron:		
Muy importantes	11	92%
Poco importantes	1	8%

6. La retroalimentación del profesor en FaceBook fue:		
Muy importante	12	100%

7. El acceso a las animaciones de Energía Interna a través de FaceBook fue:		
Muy importante	8	67%
No me enteré	2	17%
Poco importante	2	17%

8. La referencia que puso el profesor en FaceBook sobre Calor Latente fue:		
Muy importante	10	83%
No me enteré	2	17%

9. Las respuestas del profesor en FaceBook a la investigación extra clase sobre calor específico fueron:		
Muy importantes	12	100%

10. El uso de Internet fue:		
Muy importante	10	83%
Poco importante	2	17%

11. Los experimentos en clase fueron		
Muy importantes	12	100%

12. El trabajo de equipo en clase fue:		
Muy importante	12	100%

13. ¿Qué opinas sobre el uso que se le dio al Internet en la clase?

A FAVOR:

- Facilita la comunicación para lograr un mejor aprendizaje
- Importante para enterarte lo que tenías que hacer, como hacerlo y varios puntos
- Muy importante: a través de él se daban instrucciones de lo que se debía hacer
- Buen uso: referencias de donde sacar información y ver cuales eran correctas y cuales no.
- Excelente
- Buen uso y útil. Lo ocupábamos continuamente
- Se reafirmaron conocimientos de la clase. Ejercicios que sirvieron para aplicar el tema
- Fue de gran ayuda: apoyo para llevar a cabo actividades. Forma fácil de organización.

EN CONTRA:

- Dificultad de acceso
- Dificultad para imprimir
- Mejor hacer los problemas en clase: si se tiene alguna duda en ese mismo momento se resuelve
- Preferible hacer actividades y dar a conocer los ejercicios en clase
- Mejor explicaciones en clase pues es más fácil la comunicación
- Preferible que la información se diera en clase para no enterarme hasta el último día
- Posibilidad de sacar información incorrecta
- Se cargó mucho el trabajo a Internet
- Se puede llegar a distraer
- Quiero evitar FaceBook mientras hago mi tarea
- Tedioso. FaceBook aburrido

SÍNTESIS:

A favor:

3 Opiniones favorables sobre la comunicación por Internet
1 opinión sobre retroalimentación al obtener información en Internet
1 opinión que lo considera útil
1 opinión excelente
2 opiniones apoyo a la clase

En contra:

1 opinión dificultad de acceso e impresión
5 personas manifiestan preferencia de que los ejercicios o explicaciones o actividades o información se de en la clase.
1 persona considera la posibilidad de obtener información incorrecta en Internet
2 personas expresaron que Internet es un factor de distracción
1 persona considera que se cargó mucho el trabajo en Internet
1 persona considera a FaceBook tedioso Creo que lo que dice es que es tedioso el uso que se le dió

14. ¿Cual es tu opinión sobre el curso de termodinámica? ¿alguna sugerencia?

A FAVOR:

- Bien teoría y experimentos
- Muy importante las prácticas en el salón
- Lo que más me gustó fueron los experimentos en clase y la forma de explicar con el método práctico
- Buenos los experimentos y las explicaciones
- A través de experimentos entendimos que era la termodinámica
- Muy interesante la parte experimental
- Prácticas y experimentos de gran ayuda para la comprensión
- Buena técnica agregar el Internet como parte del curso
- Podíamos contestar cuestionarios sobre el tema buscar respuestas y encontrar más cosas
- Aprendizajes útiles para la vida cotidiana

EN CONTRA Lo que yo leo es que hace falta una mejor planificación de la clase. No se si has cambiado todo lo que se esperaba respecto a tu práctica anterior a MADEMS

- Que no fuera sumamente necesario Internet
- FaceBook es un medio de distracción
- Más en vivo y en directo que en Internet
- No me agradó del todo lo de dar puntos diario
- En la mayoría de las clases tomábamos mucha teoría y no hacíamos ejercicios prácticos
- Me hubiera gustado hacer más ejercicios
- No me agradó lo de las exposiciones rápidas porque se repetía lo mismo con diferentes palabras
- No englobar los temas de la clase. Mejor participar las dudas de tema en tema
- Hacer más dinámica la clase

SÍNTESIS:

A favor:

- 7 personas se expresaron a favor de los experimentos. 5 de ellas manifiestan que esto les ayudó a la comprensión
- 2 personas se manifestaron a favor del Internet
- 1 persona manifestó la utilidad del aprendizaje para la vida cotidiana.

En contra:

- 3 personas se manifestaron en contra del uso del Internet, de las cuales una sugiere que no fuera “sumamente necesario”.
- 1 persona se manifestó en contra de los puntos diarios.
- 2 personas sugieren que se hagan más ejercicios.
- 1 persona se manifestó en contra de las exposiciones rápidas porque se repetía lo mismo.
- 1 persona expresó que se despejen las dudas de tema en tema y no de manera global
- 1 persona sugirió hacer más dinámica la clase.

Observaciones

De los 28 alumnos del grupo, únicamente 12 contestaron la encuesta de opinión, no obstante que se les comentó que sumarían 4 puntos por responderlo.

En orden de importancia los alumnos mencionan los experimentos en clase y el trabajo en equipo antes que el Internet.

14. Referencias

- Allal, Linda.. Estrategias de evaluación formativa. Concepciones psicopedagógicas y modalidades de aplicación, *Infancia y Aprendizaje*, 11, 4-22, 1979.
- Ausubel, David Paul. *The psychology of meaningful verbal learning*, Grune and Stratton, Nueva York, 1963.
- Babb, David M. y Dutton, John A. Conduction, Department of Meteorology and e-Education institute. Penn State University, 2014, Consultado el 8 noviembre 2013, https://www.e-education.psu.edu/meteo003/content/l2_p4.html.
- Barton, Ray. Supporting teachers in making innovative changes in the use of computer-aided practical work to support concept development in physics education, *INT. J. SCL. EDUC.*, 25 february, Vol. 27, No. 3, 345-365, 2005.
- Bruner, José Joaquín. *Nuevas tecnologías y sociedad de la información*, PREAL, Chile, 2000.
- Cabero, Julio. *Impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en las organizaciones educativas*, Granada: Grupo Editorial Universitario., 1998, Consultado el 6 de noviembre de 2014, <http://www.uv.es/~bellochc/pdf/pwtic1.pdf>.
- Cabero, Julio. *La formación en la sociedad del conocimiento*, Indivisa: Boletín de estudios e investigación, ISSN 1579-3141, N°. Extra 10, p. 13-48, 2008.
- Campanario, Juan Miguel y Moya, Aida. ¿Cómo enseñar ciencias? Principales tendencias y propuestas, *Enseñanza de las ciencias*, 17(2), 179-192, 1999.
- Carretero, Mario. *Constructivismo y educación*, Paidós, Buenos Aires, 2009.
- Carvalho de Sousa, Alexsandra y Sevilla-Pavón, Ana y Seiz-Ortiz, Rafael. *Autonomy and ICT in environmental education*, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46 (2012) 1343-1347, 2012.
- CCH. *Modelo educativo del Colegio de Ciencias y Humanidades*, s.f., Consultado el 25 de agosto de 2013, http://academia.cch.unam.mx/contenido/Modelo_Educativo_del_CCH.
- Crovi Druetta, Delia. *Educación en red. Nuevas tecnologías y procesos educativos en la sociedad de la información*, 2011, Consultado el 10 de octubre de 2013, http://portalcomunicacion.com/lecciones_det.asp?lng=esp&id=9..
- Delizoicov, Demétrio. *La educación en Ciencias y la Prespectiva de Paulo Freire*, ALIXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, V.1, n.2, p.37-62, jul., 2008.
- Díaz-Barriga Arceo, Frida y Hernández Rojas, Gerardo. *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo, una interpretación construtivista*, 2a edición, Mc Graw Hill, 2002.
- Dubson, Michael y Wieman, Carl. *Phet. Interactive Simulations*. University of Colorado Boulder. Friction, 2013, Consultado el 8 noviembre 2013, <http://phet.colorado.edu/en/simulation/friction>.

Duffie, John A. y Beckman, William A. Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons Inc., 2006.

Eggen, Paul D. y Donald P. Kauchak. Estrategias docentes. Enseñanza de contenidos curriculares y desarrollo de habilidades de pensamiento, F.C.E., 2012.

Einstein, Albert. Este es mi pueblo, Buenos Aires: Milá/Editor, 1988.

Escobedo Estrada, Ingrid. Un enfoque didáctico de las leyes de la termodinámica para el nivel medio superior, UNAM, 2013.

Gallis, Michael R. y Wang, Ping. Animations for Physics and Astronomy, Physics at Penn State Schuylkill, s.f., Consultado el 6 de noviembre de 2013, http://phys23p.sl.psu.edu/phys_anim/thermo/indexer_thermoB.html.

García Camacho, Trinidad y Viguera Moreno Susana. Formación Docente en Educación Media Superior. Curso-taller, sin editorial, 2004.

García, Luis Ignacio. FisQuiWeb, 2014, Consultado el 28 de septiembre de 2014, <http://web.educastur.princast.es/proyectos/fisquiweb/>.

García, Rolando. El conocimiento en construcción, Gedisa, 2000.

Giancoli, Douglas. Física. Sexta edición, Pearson - Prentice Hall, 2006.

Gil, Daniel. Relaciones entre conocimiento escolar y conocimiento científico, Investigación en la escuela, 23, pp 17-32, 1994.

Gómez, M. A., El rincón de la ciencia. Cómo funciona un termómetro, 2007, Consultado el 8 noviembre 2013, <http://centros5.pntic.mec.es/ies.victoria.kent/Rincon-C/rincon.htm>.

Gonzalez, Ramiro. Palabras al viento, No. 24, Octubre, , 2010.

Gonzalez, Nelia y Zerpa, María Laura y Gutiérrez, Doris y Pirela, Carmen. La investigación educativa en el hacer docente, Laurus, Vol. 13, núm. 23, pp. 279-309, 2007.

Grosbeck, Gabriela. To use or not to use Web 2.0 in higher education?, Procedia Social and Behavioral Sciences, 1, pp. 478-482, 2009.

Heath, Shirley Brice y Mangiola, Leslie y Schecter, Sandra y Hull, Glinda A. Children of Promise: Literate Activity in Linguistically and Culturally Diverse Classrooms, Washington, DC: NEA., 1991.

Hernandez Zamora, Gregorio. ¿Se puede leer sin escribir?, La Jornada, suplemento Masiosare, 18 abril, 2004.

Hodson, D. Hacia un enfoque más crítico del trabajo de laboratorio, Enseñanza de las ciencias, 12 (3), 299-313, 1994.

Idoneos.com. Educación problematizadora, 1999-2013, Consultado el 29 sep 2013, <http://freire.idoneos.com/index.php/319078>.

Kan, Soh Or. Cooperative learning environment with the web 2.0 tool e-portfolios, Turkish Online

Journal of Distance Education, Volume 12, Number3, Article 11, 2011.

Karplus, Robert and others. Science Teaching and the Development of Reasoning, Berkeley, Calif.: Lawrence Hall of Science, 1978.

Kellog, Michael. Word Reference, 1999, Consultado el 5 de noviembre de 2014, <http://www.wordreference.com>.

Luzuriaga, Lorenzo. Historia de la educación y de la pedagogía, vigésima edición., Losada, Buenos Aires, 1980.

MapXL, Inc. Maps of World. Current, credible, consistent, 2003, Consultado el 2 de abril de 2015, <http://www.mapsofworld.com>.

Mayer, Richard y Wittrock, Merlin. Problem-solving transfer, en D. Berliner y R. Calfee (eds.), Handbook of educational psychology, pp. 47-62, Macmillan, Nueva York, 1996.

McFague, Sallie. Speaking in Parables, Fortress Press, Philadelphia, 1975.

McFarlane A. y Sakellariou S. The Role of ICT in Science Education, Cambridge Journal of Education, Vol. 32, No. 2, 2002.

Meyers, Chet. Teaching students to think critically, Jossey-Bass Publishers, 1988.

Michelini, Marisa (editor). Formazione a distanza degli insegnanti all'innovazione didattica in fisica moderna e orientamento, Università degli Studi di Udine, 2009.

Michelini, Marisa y Estefanelli, Alberto. Taller de Introducción a la Física Moderna. Impartido por profesores de la Universidad de Udine, Italia en las instalaciones de la UAM Iztapalapa, 2012

Michelini, Marisa. Proposte didattiche sulla fisica moderna, Università degli Studi di Udine, 2011.

Miranda, Javier y Guerra, Francisco y Hernández, Luis. Fundamentos de programación con Ada, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Islas Canarias, España, 2002, Consultado el 6 de agosto de 2013, http://www.iuma.ulpgc.es/users/jmiranda/docencia/libro_ada/libro_ada_html/node133.htm.

MOODLE. Course Management System (CMS), s.f., Consultado el 6 de agosto de 2013, <https://moodle.org/>.

Morales, Patricia y Landa, Victoria. Aprendizaje basado en problemas, Theoria, Vol. 13:145-157, 2004.

Mr. Grant's Classroom. Particle Theory of Matter, 2009, Consultado el 8 de noviembre de 2013, <http://mrgrant.ca/index.php/subjects/12-science/106-particle-theory-of-matter>.

Netto, Ricardo Santiago. FisicaNet, Creado en2000, actualizado en 2014, Consultado el 6 de noviembre de 2014, http://www.fisicanet.com.ar/fisica/cinematica/tp03_muv.php.

OEI y CEPAL y Secretaría General Iberoamericana. 2021 Metas educativas. La educación que queremos para la generación de los bicentenarios, Cudipal, 2010.

Ortega, Vicente. En el Club de La Mar, Solsticios y Equinoccios, s. f., Consultado el 27 nov 2013, <http://www.clubdelamar.org/solsticio.htm>.

Peña, Ismael y Corócoles, Cesar Pablo y Casado, Carlos. El profesor 2.0: docencia e investigación desde la red, Revista de la sociedad del conocimiento, uocpapers, n.º 3, , 2006.

Pimienta, Julio. Metodología constructivista. Guía para la planeación docente, 2a edición, Pearson educación, 2007.

Pozo, Juan Ignacio y Gómez Crespo, Miguel Ángel. Aprender y enseñar ciencia, Morata, 2001.

Robinson, Ken y RSA Animate. Paradigma del sistema educativo, 2010, Consultado el 12 de abril de 2012, <http://www.youtube.com/watch?v=2S0D59oqk9o>.

Rosas, Ricardo y Sebastián Christian. Piaget, Vigotsky y Muturana. Constructivismo a tres voces, Aique, Argentina, 2008.

Russel, David W. y Lucas, Keith B. y McRobbie, Campbell J. The Role of the Microcomputer-Based Laboratory Display in Supporting the Construction of New Understandings in Kinematics, Research in Science Education, 33: 217-243, 2003.

Smetana, Lara Kathleen y Bell, Randy L. Computer Simulations to Support Science Instruction and Learning: A critical review of the literature, International Journal of Science Education, Vol. 34, No. 9, June 2012, pp. 1337-1370, 2012.

Teberosky, Ana. Aprendiendo a escribir, I. C. E. - Hor sori, Barcelona, 2001.

UNAM. El Programa de Estaciones Meteorológicas del Bachillerato Universitario, 2011, Consultado el 15 de agosto de 2013, <http://pembu.atmosfcu.unam.mx/>.

UNAM. Gaceta Amarilla, Tercera época, Vol. II (Extraordinario), 1 febrero, 1971, Consultado el 6 de enero de 2015, <http://www.cch.unam.mx/sites/default/files/actualizacion2012/Gacetamarilla.pdf>.

UNAM CCH. Programas de Estudio, 1997, Consultado el 15 agosto de 2013, <http://www.cch.unam.mx/programasestudio>.

UNESCO. Las TIC en la educación, s.f., Consultado el 3 de agosto de 2013, <http://www.unesco.org/new/es/unesco/themes/icts/>.

UNESCO. Funds-in-Truth y ASEAN, Strengthening ICT in Schools and SchoolNet project in ASEAN Setting, 2005, Consultado el 9 de agosto de 2013, <http://110.138.206.53/schoolnet>.

Universidad Autónoma de Guadalajara (UAG). Gráficas de velocidad contra tiempo, 2007, Consultado el 6 de noviembre de 2014, <http://genesis.uag.mx/edmedia/material/fisica/movimiento3.htm>.

Youtube. Resonancia de una copa en cámara lenta, 2012, Consultado el 19 de agosto de 2014, <https://www.youtube.com/watch?v=ULLOAGWla7M>.