



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**Centro de Investigación en Ciencia Aplicada
y Tecnología Avanzada
Unidad Legaria**

**“INFLUENCIA DE LA MEDIACIÓN DE
SIGNIFICADOS EN EL APRENDIZAJE DEL
CONCEPTO DE *ENERGÍA MECÁNICA* EN
ESTUDIANTES DE INGENIERÍA”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

DOCTORA EN CIENCIAS EN FÍSICA EDUCATIVA

P R E S E N T A :

HILDA MARÍA AMENEYRO MARÍA AMENEYRO

Director: Dr. César Eduardo Mora Ley



México, D.F., Junio de 2010

Índice

Resumen	5
Abstract	6
1. Introducción	6
1.1 Formulación del Problema	6
1.2 Preguntas de Investigación	9
1.3 Hipótesis	9
1.4 Objetivos	10
1.4.1 Objetivo General	10
1.4.2 Objetivos Específicos	10
1.5 Justificación de la Investigación	10
1.6 Antecedentes	11
1.6.1 Enfoque del Nivel de Abstracción	11
1.6.2 Enfoque de Trabajos Prácticos	15
1.6.3 Enfoque de Talleres de Física (Workshop Physics)	16
1.6.4 Enfoque de Aprendizaje Activo (Active Learning)	17
1.6.5 Enfoque del Fomento de Competencias	18
1.6.6 Enfoque de las Mediciones	19
1.6.7 Enfoque del Análisis de Textos	20
1.6.8 Enfoque de la Evolución del Concepto	20
1.6.9 Enfoque de Significados	23
1.6.10 Enfoque del Sistema	29
1.6.11 Enfoque del Cambio Conceptual	30
1.6.12 Enfoque del Modelo Dinámico	31
2. Marco Teórico	32
2.1 Dimensión Epistemológica del Concepto de Energía Mecánica	32

2.1.1 Teorías Sobre la Formación de Conceptos	32
2.1.2 Generación y Evolución del Concepto de <i>Energía</i>	34
2.1.3 Ideas Previas en el Aprendizaje	35
2.1.3.1 Ideas Previas sobre Energía	37
2.2 Dimensión Cognitiva	38
2.2.1 Teorías Cognitivas del Aprendizaje	38
2.2.1.1 Aprendizaje Significativo (Ausubel)	39
i) El aprendizaje por Recepción contra el Aprendizaje por Descubrimiento	41
ii) Teoría de la Asimilación	44
iii) Afianzamiento de la Información Nueva con las Ideas Existentes	45
iv) Inclusión	45
v) Aprendizaje Supra Ordenado y Combinatorio	46
vi) Importancia del Aprendizaje Significativo en la Adquisición del Conocimiento	47
2.2.1.2 Teoría del Desarrollo Cognitivo (Piaget)	47
2.2.1.3 Teoría Sociocultural (Vigotsky)	48
i) Aspectos Relevantes de la Experiencia de Aprendizaje Mediado	49
ii) La Zona de Desarrollo Próximo	51
2.2.1.4 El Aprendizaje por Descubrimiento (Brunner)	53
2.2.1.5 Mediación de Significados	54
2.3 Dimensión Didáctica	55
2.3.1 El Modelo Habitual de Enseñanza y Aprendizaje del Concepto de Energía Mecánica	55
2.3.2 <i>Ciclos de Aprendizaje</i>	56
3. Metodología	60
3.1 Variables Estadísticas	60
3.2 Diseño de la Investigación	60
3.2.1 Tipo de Estudio	61
3.2.2 Sujetos	62

3.2.3 Instrumentos	62
3.2.3.1 Test de Lawson de Razonamiento Científico	62
3.2.3.2 Test de Raven	63
3.2.3.3 Inventario del Concepto de Energía Mecánica (ICEM)	64
i) Confiabilidad del ICEM	64
3.2.4 Prototipo Didáctico	65
3.2.4.1 Cuaderno de Mediación	66
3.2.4.2 Dispositivo para Experimentación	68
i) Sensor de Compresión	69
ii) Adaptación del Dispositivo Inalámbrico	71
iii) Desarrollo del Software	72
iv) Funcionamiento del Sensor de Compresión	73
3.2.5 Operación de la Estrategia	73
3.2.5.1 Conocimientos Esperados	74
3.2.5.2 Actividades de la Fase de Exploración	75
3.2.5.3 Actividades de la Fase de Invención	75
i) Primera Sesión de la Fase de Invención	76
ii) Segunda Sesión de la Fase de Invención	76
3.2.5.4 Actividades de la Fase de Aplicación	77
3.2.5.5 Transferencia de la Teoría de Piaget	78
3.2.5.6 Transferencia de la Teoría de Ausubel	78
3.2.5.7 Transferencia de la Teoría de Vigotsky	81
3.2.5.8 Diálogos Profesora-Estudiantes	82
3.2.6 Tratamiento de los Datos	90
4. Análisis y Discusión de los Resultados	91
4.1 Datos Cuantitativos	91
4.1.1 Resultados del Inventario del Concepto de Energía Mecánica (ICEM)	91
4.1.1.1 Aplicación de la Prueba t de Student	92
4.1.2 Resultados del Test de Lawson	94
4.1.3 Resultados del Test de Raven	96

4.2 Análisis más Profundo de Resultados	97
4.3 Datos Cualitativos	101
4.3.1 Parámetros Estimulados por la Profesora	101
4.3.2 Parámetros Manifestados por los Estudiantes	102
5. Conclusiones	105
Referencias	108
Anexo 1. Cuestionario ICEM	113
Anexo 2. Test de Lawson	129
Anexo 3. Cuaderno de Mediación	138

Resumen

Se han encontrado serias deficiencias conceptuales en el aprendizaje de temas de física, en particular, en el concepto de energía, en parte por ser uno de los conceptos más complejos de la Física. Considerando que en la actualidad está cambiando el paradigma de la enseñanza centrada en el profesor, para dar cabida a la enseñanza centrada en el estudiante y que se han desarrollado investigaciones para elaborar material para la enseñanza de los conceptos de la física; de la misma forma en nuestra investigación se desarrolla una metodología para la enseñanza del concepto de energía mecánica, a través de la respuesta a la interrogante: ¿Qué efecto produce la mediación de significados en el desempeño del estudiante al resolver problemas que involucran energía mecánica? A la que se le dará respuesta con fundamento en las teorías de Ausubel, Vigotsky y otros, concretamente, el aprendizaje significativo, la mediación del aprendizaje y la construcción de conocimientos; poniendo a prueba la estrategia *Ciclo de Aprendizaje*, de Karplus, con la que es posible desarrollar el pensamiento abstracto al mismo tiempo que se adquieren conocimientos. Se realizó un estudio cuantitativo que contiene un componente cualitativo, y se elaboró un diseño pre y post-test, con grupos control y experimental. Se compararon los resultados del instrumento antes y después del tratamiento, y se hizo un estudio estadístico con una prueba *t*-student; los resultados muestran una diferencia significativa ($p < 0.05$), en cuanto a la apropiación del concepto de energía Mecánica, a favor del grupo experimental.



Abstract

Serious deficiencies in learning the concept of energy were founded, in part by being one of the most complex concepts in physics. Considering that in the present, it is changing teaching professor-centered paradigm to accommodate to a student-centered one, and research in order to elaborate material for teaching concepts of physics was developed; in the same way, in our investigation material student-centered for teaching the concept of mechanical energy was tested through the answer to the question: What effect does the mediation of meanings produces in student performance for solving problems involving mechanical energy? That response was given based on the theories of Ausubel and Vigotsky on meaningful learning, mediation learning and knowledge construction; testing the strategy *Learning Cycle*, of Karplus, in which it is possible to develop the abstract thinking at the same time, knowledge is acquired. A quantitative study was performed through a pre and post-test design, whit control and experimental groups. The results of the instrument before and after treatment were compared and the statistical study with a student-*t* test, shown a significant difference ($p < 0.05$), regarding the appropriation of the theme of Mechanical Energy for the experimental group.



1. Introducción

1.1 Formulación del Problema

En las últimas décadas la enseñanza y el aprendizaje del concepto de energía ha recibido especial atención por parte de los profesores de física (Heron, 2008_a), debido en primer lugar a que es uno de los conceptos más importantes de la física (Schewe, 2009; Borgnolo *et al.*, 2008; Borsboom *et al.*, 2008; Jewett, 2008) y en segundo lugar, a las dificultades encontradas por los estudiantes para aprenderlo, esto es, la construcción del concepto de energía en la mente del estudiante es una tarea educativa muy complicada pues es un concepto de alto nivel de abstracción (Cepic, 2007; Heron, 2008_a; Heron 2008_b), y la mayoría de los estudiantes muestran un bajo nivel de razonamiento (Trna, 2008).

A este respecto la enseñanza tradicional ha fallado en responder de manera productiva a esta necesidad. (Papadouris y Constantinou, 2008; Hecht, 2008; Jewett, 2008; Quintana y Llovera-González, 2009; Saglam-Arslan y Kurnas, 2009). Concretamente, es común, que en el nivel medio superior se aborde el concepto de energía definiéndola como *la capacidad para realizar trabajo*, lo que ocasiona dificultades al abordar dicho concepto en el nivel superior, especialmente en estudiantes de Ingeniería, quienes siguen repitiendo tal definición, de hecho sin comprender su significado, lo que ocasiona una baja eficiencia en la resolución de problemas que involucran dicho concepto.

Al revisar la bibliografía se ha encontrado que las ideas previas de los estudiantes, sobre el concepto de energía coinciden con la de los filósofos materialistas del siglo XIX, quienes pensaban que *la energía es una medida del movimiento* (Pozo y Gómez Crespo, 2001; Cordero, 2003). Incluso profesores experimentados reconocen que a pesar de sus mejores esfuerzos, elevados porcentajes de estudiantes emergen de su estudio de la física con serias deficiencias en la comprensión de temas importantes, y cometen graves errores en conceptos fundamentales (McDermott, 1993; Gil *et al.*, 1991) lo que en particular sucede con el concepto *energía*. Más aún, Saglam-Arslan (2009) hace notar que, aunque existe una gran diferencia entre lo que se considera *energía* en el habla popular y el significado que se le atribuye en las ciencias físicas, el concepto en los estudiantes, de

cualquier nivel, hayan o no tomado cursos de física, coincide con el de las personas que no son profesionales de las Ciencias o Ingeniería.

Núñez *et al.* (2004) que han indagado sobre algunos factores que influyen en el aprendizaje del concepto de energía, tales como el tratamiento que se le da en los libros de texto y las concepciones de los docentes, también han encontrado una escasa diferenciación entre conceptos cotidianos y científicos en las definiciones y relaciones. Esto es, como si el estudiante nunca lo hubiera aprendido, es decir, que lo que se ha enseñado no ha sido significativo para él, que no se distingue si de la *energía* está hablando un egresado de ingeniería o un neófito en la materia.

Por otro lado, al preguntarles a los estudiantes los tipos de energía que conocen, mencionan: cinética, potencial, solar, magnética, eólica, calorífica, etc., lo que concuerda con los testimonios de González (González, 2006; González, 2007), quien menciona que cotidianamente existe una doble acepción del término energía; que se puede utilizar tanto para designar un tipo específico de energía (cinética, potencial, magnética) como para indicar el lugar de donde provienen o se almacenan sus diferentes tipos (eólica, solar, hidráulica). Así que es conveniente que los estudiantes estudien más a fondo el concepto, para separar las dos categorías de *energía*.

Según González (2008), *hoy día es prácticamente imposible encontrar en los libros de texto una definición generalizada de energía que no pueda ser impugnada por una razón u otra. Por ejemplo, la definición de energía como capacidad para realizar trabajo no es totalmente general, porque existe energía que ya no puede realizar trabajo, como la energía que se liberó en forma de calor después de un proceso.*

Dichas dificultades, que se encuentran en la enseñanza de casi todos los conceptos de la física, han sido detectadas por la comunidad científica quien ha aceptado la incorporación de las teorías pedagógicas a la enseñanza de la física, por lo que en esta tesis se toman los puntos de convergencia de las teorías de: Piaget, acerca del *Pensamiento formal*; Ausubel, referente al *Aprendizaje significativo*; Vigotsky, sobre la *Mediación social y la Construcción de Significados a través de Aproximaciones Sucesivas*; y se pone a prueba la técnica de aprendizaje *Ciclos de Aprendizaje*, de Karplus.

1.2 Preguntas de Investigación

La investigación estuvo guiada por las preguntas:

1. ¿Qué efecto tiene el aprendizaje significativo en la adquisición del concepto de energía mecánica?
2. ¿Incide el nivel de mediación de significados (intensidad de mediación) en el aprendizaje del concepto de energía mecánica?

1.3 Hipótesis

Con el fin de dar respuesta a la primera pregunta de investigación se plantea la hipótesis: *Los estudiantes bajo aprendizaje significativo, esto es, los que partiendo de sus preconcepciones de energía mecánica y experimentando un proceso de aprendizaje mediado, hasta formular el principio de conservación de energía mecánica, tendrán mejor desempeño en la solución de problemas numéricos que involucran energía, que aquellos que estudian el concepto de energía mecánica de manera tradicional.*

Matemáticamente esto lo podemos plantear como:

- *H₀: $\mu_c - \mu_e = 0$.* La media del puntaje en el test ICEM del grupo que no recibirá tratamiento experimental (grupo control) será igual a la media del puntaje obtenido por el grupo que sí será expuesto al tratamiento (grupo experimental).
- *H_a: $\mu_c - \mu_e \leq 0$.* La media del puntaje en el test ICEM del grupo que no recibirá tratamiento experimental (grupo control) será menor a la media del puntaje obtenido por el grupo que sí será expuesto al tratamiento (grupo experimental).

Para dar respuesta a la segunda pregunta de investigación, se efectuará un análisis de correlación lineal entre la intensidad de la variable independiente y la variable dependiente del experimento, calculando un coeficiente de correlación y buscando una relación matemática entre las dos variables, aplicando a los datos el método de mínimos cuadrados, y así encontrar la ecuación que mejor predice la relación entre el nivel de mediación de significados y el aprendizaje del concepto de energía mecánica.

1.4 Objetivos

Para poner a prueba la hipótesis planteada, se propusieron los siguientes objetivos:

1.4.1 Objetivo General

Comprobar que el aprendizaje significativo y la construcción de conocimientos conducen a una mejor comprensión del concepto de energía mecánica en los estudiantes.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Averiguar las ideas previas sobre el concepto de energía mecánica de los estudiantes de Ingeniería.
- Conocer la medida en que el aprendizaje significativo y la construcción de conocimientos inciden en la adquisición del concepto de *energía mecánica* en los estudiantes de Ingeniería.

1.5 Justificación de la Investigación

La importancia de averiguar los problemas en el aprendizaje del concepto energía mecánica radica en el hecho de que el estudio de la energía constituye uno de los núcleos básicos en todo currículo de educación científica, ya que resulta imprescindible para la comprensión de los procesos de unificación, hitos del desarrollo científico, así como del funcionamiento de las máquinas e instrumentos que impregnan nuestra vida. Más aún, el tema de la energía es uno de los principales problemas sociales del medio ambiente, en particular, el calentamiento terrestre; es así que dicho tema ha dado origen a la realización de numerosas investigaciones y a la organización de encuentros y congresos monográficos, en los que se han abordado problemas relacionados con su enseñanza y aprendizaje y se han discutido diversas formas de introducir esta temática. (Pérez-Landazábal *et al.*, 1995).

Así que una vez identificadas y corregidas en el estudiante, las distorsiones en la aprehensión del concepto *energía mecánica*, se enfrentará con mayores posibilidades de éxito a los problemas energéticos, pues no es comprensible que un profesional hable del manejo adecuado de la energía y al mismo tiempo tenga serios errores conceptuales.

1.6 Antecedentes

La importancia creciente dada a la enseñanza del concepto de energía debido a la constatación de serias dificultades en su aprendizaje, han dado lugar a numerosas investigaciones para su tratamiento (Heron, 2008_a; Trna, 2008), de tal modo que en la actualidad existen diversos enfoques para la enseñanza de dicho concepto. Dichos enfoques se pueden identificar como: enfoque de mediciones, enfoque del análisis de textos, enfoque de la evolución del concepto, enfoque de significado, enfoque del sistema y enfoque del nivel de abstracción. Existen otros enfoques que aunque no fueron desarrollados expresamente para la enseñanza del concepto de energía, se consideran en la presente investigación, por su pertinencia y aplicabilidad en la enseñanza del concepto de energía, éstos, son: enfoque de trabajos prácticos, enfoque de los talleres de física (workshops physics), enfoque del aprendizaje activo y enfoque del fomento de competencias. A continuación se mencionan algunos trabajos identificados con dichos enfoques. Los aspectos que sobresalen en los trabajos son: descripción del enfoque; la institución en donde fue desarrollado y/o aplicado; las habilidades que desarrolla y las conclusiones a las que llega su autor; posteriormente se hace una conclusión del enfoque.

1.6.1 Enfoque del Nivel de Abstracción

Dentro de este enfoque se han desarrollado programas, para enseñanza de la física en general, basados en la estrategia *Ciclo de Aprendizaje*, de Karplus, (1980), que a su vez está basado en las teorías de Piaget (1958), y distingue básicamente tres fases de aprendizaje: exploración, invención y aplicación. El eje del enfoque es el de introducir a los estudiantes a los conceptos concretos antes de confrontarlos con relaciones abstractas. Nickerson *et al.* (1994) dan el detalle de cada programa:

Dichos ciclos de aprendizaje además han sido usado exitosamente en instituciones como la Universidad de Washington en Seattle y la Universidad Fairleigh Dickinson (Zollman, 1990). Zollman de la Universidad del Estado de Kansas reporta haberlos aplicado en la enseñanza del concepto de energía mecánica, en grupos numerosos: Cada uno de sus ciclos empezaba los lunes por la tarde, para terminarlo el miércoles antes de la clase, la que duraba 50 minutos y en la que se hacía un debate. Al término de la clase el equipo de laboratorio permanecía disponible hasta el viernes. Cuando los estudiantes empiezan la exploración, ya estudiaron cinemática, momentum y fuerzas. Ellos empezaban

intentando explicar el movimiento de un péndulo usando tanto conservación del momento, como leyes de Newton. Por otro lado, participaron en experimentos que involucraban movimiento y cambio de movimiento. (Hasta este momento el término energía no había sido introducido).

Para empezar, un carrito de juguete baja por un plano inclinado sobre una lata de aluminio. Dejando caer el carrito desde variadas distancias sobre el plano, el estudiante determina cualitativamente la relación entre distancia y daño a la lata. La hoja de actividades instruye a los estudiantes a variar el ángulo de inclinación y repetir el experimento. Un experimento similar involucra pesos cayendo sobre clavos, los estudiantes comparan la distancia que los clavos se entierran en diferentes pesos liberados a diferentes alturas (Zollman, 1990).

La fase de exploración termina con una situación en la que el carrito y la lata están colocados en una superficie horizontal. Al estudiante se le pide que haga una abolladura en la lata sin levantar el carro o la lata de la mesa. Una vez que terminan esto, se les pide que hagan algo para hacer una mayor abolladura. Zollman (1990), reporta que muchos estudiantes deciden mover el carro a mayor velocidad, pero sólo unos pocos piensan en aumentarle masa.

Luego de completar la exploración, los estudiantes expresan por escrito, las similitudes que observaron durante las actividades de observación, lo cual tienen que escribir con sus propias palabras, ya que hasta ese momento no se ha introducido el vocabulario relacionado con energía (Zollman, 1990).

La fase de introducción del concepto inicia con una discusión acerca de las dificultades que tuvieron al describir el movimiento del péndulo y con el *intercambio de algo* que causa que el péndulo se mueva más rápido en la parte inferior y lentamente en el tope de su oscilación. La discusión se centra principalmente en el estudiante. El instructor conduce con una pregunta, pero los estudiantes hacen la mayor parte de la conversación. La discusión motiva la necesidad de introducir un nuevo concepto (Zollman, 1990).

Se introducen los conceptos generales de energía y de energía potencial gravitacional. Los estudiantes, refiriéndose a sus observaciones durante la exploración, proveen una lista de variables de las que depende la energía potencial. Recordando las

actividades con el clavo, pueden establecer la dependencia de la energía potencial gravitacional con la masa y el peso (Zollman, 1990).

Una discusión similar, también centrada en el estudiante, ocurre para la energía cinética. La mayor parte de los estudiantes manifestarán que la energía cinética depende de la velocidad. (No obstante que ninguna de las actividades les han permitido determinar la dependencia funcional). Pocos estudiantes descubren que agregando masa al carro tendrán un efecto. Dos ladrillos están destinados para la actividad pero no se discute en las instrucciones). Entonces, con la guía del instructor y con frecuentes referencias a sus actividades de exploración, los estudiantes construyen las ideas básicas de la energía mecánica (Zollman, 1990).

Para terminar la segunda fase, se regresa al péndulo y se desarrolla la idea de conservación de la energía. Con este material (que está estrechamente paralelo al libro de texto) los estudiantes están listos para empezar la fase de aplicación (Zollman, 1990).

El comienzo de la aplicación es simplemente un chequeo para determinar si los estudiantes pueden substituir correctamente en las ecuaciones. Después de medir sus masas y su velocidad al caminar, calculan su energía cinética mientras caminan y su cambio de energía potencial gravitacional cuando se mueven del primero al segundo piso del edificio de física. Para la próxima actividad, regresan al clavo, calculan su energía potencial a diferentes alturas, y usan la conservación de energía para establecer su energía cinética justo antes de que golpee el clavo. Aunque ya han *aprendido* conservación de energía, muchos estudiantes alcanzan un estado de desequilibrio aquí. *¿Cómo puedo determinar la energía cinética cuando no conozco la velocidad?* es una pregunta frecuente. Sin la aplicación, los estudiantes no habrían notado este problema en su aprendizaje, sino hasta el siguiente examen. Con este ejemplo concreto, son capaces de corregirlo de una vez (Zollman, 1990).

El equipo para la siguiente actividad es una pista de carreras de juguete con un bucle. Se les pide a los estudiantes que midan la altura del bucle y predigan la energía cinética necesaria para que el carro vaya a través de la pista. Usando un reloj de fotocelda, los estudiantes determinan la velocidad y calculan la energía cinética en la parte baja del bucle. Cuando comparan la energía cinética con sus predicciones, encuentran una

discrepancia significativa. Se les pide especular sobre la razón de la diferencia y se les dice que eso se discutirá durante la clase del viernes (Zollman, 1990).

Enseguida los estudiantes lanzan una pluma y un balón desde la misma altura. Los dos objetos tienen igual masa así que empiezan con la misma energía potencial (la cual es calculada por los estudiantes). Sin hacer mediciones, todos los estudiantes notan que los dos objetos tienen diferente energía cinética cuando llegan al piso. Nuevamente, especulan acerca de estas diferencias (Zollman, 1990).

Finalmente, se usa una montaña rusa de dos jorobas. Se les pide a los estudiantes que predigan, y luego determinen experimentalmente, el punto en la joroba más alta desde el cual debe ser liberada una pelota para rodar sobre la joroba más baja. Se repite el experimento con una pelota de corcho de la misma masa. Discuten las diferencias entre estos resultados y los resultados predichos por conservación de energía potencial y cinética (Zollman, 1990).

Después de responder a las cuestiones durante la clase del viernes, se continúa buscando situaciones donde la suma de energía cinética y potencial gravitacional no se conserve. Se pone particular atención a la diferencia entre el balón y la pluma y entre las pelotas descubierta y cubierta de corcho. Ya que los estudiantes, han estudiado la fricción, pueden especular que ésta está involucrada. Una discusión de trabajo debido a la fuerza de fricción prepara a los estudiantes para su siguiente actividad de exploración sobre energía térmica (Zollman, 1990).

En este ejemplo de adaptación del *Ciclo de Aprendizaje*, los estudiantes usan equipo tradicional de laboratorio para realizar todas las observaciones y mediciones. Sin embargo, otros ciclos incluyen actividades basadas en videodiscos, videocintas, diapositivas, y simuladores en computadora. En todas las actividades los estudiantes deben responder preguntas, por escrito, acerca de sus observaciones y mediciones (Zollman, 1990).

Rosen (2008) reporta que con poco presupuesto, usando únicamente material básico, añade mucho al curso de física. En su laboratorio, hace incidir un cuerpo hacia un objetivo; los estudiantes miden la distancia que cada cuerpo recorre, así como su ángulo, después de la colisión. Rosen explica cómo estos datos son usados por los estudiantes para estudiar el concepto de conservación de la energía durante la colisión.

Motivados por las ideas piagetianas acerca del desarrollo intelectual, y basándose en la estrategia *Ciclos de Aprendizaje* de Karplus, se han creado los siguientes programas que tienen como objetivo ayudar a los estudiantes a desarrollar las habilidades de razonamiento necesarias para dominar el contenido de los cursos universitarios; estimulan la exploración, la experimentación, el descubrimiento, la investigación y la formación de ideas correctas. Se basa en el supuesto de que se puede incidir en el proceso evolutivo de tal modo que los estudiantes pasen al nivel de pensamiento formal.

Énfasis en el Desarrollo de los Procesos Abstractos de Pensamiento (ADAPT). Fue desarrollado por profesores de la Universidad Lincoln de Nebraska, (Nickerson *et al.*, 1994). Proyecto DOORS (Desarrollo de las Habilidades de Razonamiento Operacional). Fue diseñado a partir del proyecto ADAPT. Programa COMPAS (Consortio para el Programa de Dirección y Organización para el Desarrollo de Habilidades). Fue diseñado a partir del programa DOORS, aunque adaptado a las necesidades de cada una de siete escuelas en los Estados Unidos; el programa de cada escuela se diferenciaba de los otros en muchos detalles. Programa SOAR (Tensión en el Programa de Razonamiento Analítico). Diseñado en la Universidad de Xavier en Louisiana. El curso tenía dos componentes i) tres horas de ejercicios de laboratorio por la mañana y ii) enseñanza en la solución y comprensión de problemas y desarrollo del vocabulario. En este programa se reservaba la tarde de los viernes para la realización de ejercicios competitivos entre los cinco grupos en que se organizó la clase durante toda la semana. Programa DORIS (Desarrollo del Razonamiento en la Ciencia). Desarrollado en la Universidad Estatal de California, en Tullerton.

Todos estos fueron diseñados alrededor de cinco componentes del pensamiento formal: aislamiento y control de variables, razonamiento proporcional, lógica combinatoria, razonamiento correlacional, y razonamiento hipotético-deductivo.

1.6.2 Enfoque de Trabajos Prácticos

Richoux y Beaufils (2003), del Instituto Nacional de Investigación Pedagógica en París, realizaron un trabajo titulado: *La planificación de las actividades de los estudiantes en los trabajos prácticos de física, análisis de prácticas de profesores*, en el que hacen notar que los trabajos prácticos ocupan un lugar importante en la enseñanza de la física y son

generalmente presentados como el lugar de realización de actividades científicas. En su trabajo hacen un estudio de la elaboración de trabajos prácticos por parte de profesores de secundaria. Su análisis muestra que los profesores no hacen en realidad ninguna referencia a la actividad científica y que la planificación de la sesión recibe la máxima atención. En su trabajo elaboran una parrilla específica que les permitió un análisis detallado que muestra una coherencia fuerte entre planificación y *razones* invocadas por los profesores y proponen como síntesis un modelo de funcionamiento del *profesor constructor*.

1.6.3 Enfoque de Talleres de Física (Workshops Physics)

Workshops Physics es un método de enseñanza de la física sin exposición de clase por el profesor, en su lugar, los estudiantes aprenden colaborativamente a través de actividades que van del experimento a la teoría, actividades que son mejoradas con herramientas computacionales para la recolección, graficación, despliegue, análisis, terminando con un modelado analítico de datos reales (Laws, 2004).

En el desarrollo de Workshops physics se parte de la idea de que la adquisición de habilidades de pensamiento es más importante que la resolución de problemas o la transmisión de conocimiento descriptivo de física. El proceso de observar el fenómeno, analizar datos y desarrollar modelos verbales y matemáticos para explicar las observaciones, da a los estudiantes una oportunidad de relacionar su experiencia concreta con explicación científica. Orientada a favorecer en sus estudiantes procesos de aprendizaje que los conduzcan a la apropiación constructiva del conocimiento científico y a la valoración crítica y fundamentada de la ciencia, cada tema se aborda a través de un método de aprendizaje de cuatro pasos que requiere que los estudiantes predigan, reflejen y refinen predicciones, desarrollen definiciones y derive ecuaciones y mejoren los experimentos con el fin de verificar predicciones teóricas (Laws, 2004).

Los estudiantes registran predicciones, observaciones, datos, gráficas y conclusiones directamente en las páginas guías. El libro de laboratorio se convierte en su libro de texto y viceversa (Laws, 2004).

En pequeños equipos, los estudiantes comparten el uso de una microcomputadora y una extensa colección de aparatos científicos y no científicos. Entre otras cosas, los estudiantes lanzan bolas de béisbol, golpean cuerpos con martillos, suben objetos hacia

arriba sobre planos inclinados, intentan piruetas, construyen circuitos electrónicos, exploran variables eléctricas, encienden papeles con gas comprimido, etc. (Laws, 2004).

Generalmente se empieza la semana con un diagnóstico de las preconcepciones de los estudiantes, para después hacer observaciones cualitativas. Después de algunas reflexiones y discusiones, el instructor ayuda con el desarrollo de definiciones y teorías matemáticas. La semana termina con experimentación cuantitativa enfocándose en la verificación de dichas teorías matemáticas (Laws, 2004).

En resumen, el enfoque de las actividades está en la experiencia directa; se conduce al estudiante del experimento a la teoría; se pone énfasis en fenómenos directamente observable; se usan diversas estrategias y recursos didácticos; se analiza la problemática de su realidad, con lo que adquieren una actitud de aprendizaje autodidacta, de investigación y pensamiento crítico (Laws, 2004).

1.6.4 Enfoque del Aprendizaje Activo (Active Learning)

La base del aprendizaje activo es la tendencia constructivista del aprendizaje en la cual se destaca que el estudiante es un ente activo que debe construir sus propios conocimientos, a través de observaciones del mundo físico, así que durante la clase se reproduce el proceso científico; el instructor empieza haciendo preguntas que ayudan a pensar con más profundidad sobre los conceptos; se hace uso de un *Ciclo de Aprendizaje* que incluye predicciones, discusiones en grupos pequeños, observaciones y comparaciones de resultados con predicciones. De esta manera los estudiantes se ponen más alertas para reconocer las diferencias entre sus creencias y las leyes que gobiernan el mundo físico (Sokoloff *et al.*; 2006).

Sokoloff *et al.* (2006), describen ocho pasos en el *Procedimiento de Clases Demostrativas Interactivas*: El instructor describe la demostración a la clase; se pide a los estudiantes que llenen una hoja con su nombre, donde deben anotar sus predicciones, las que serán colectadas, asegurando a los estudiantes que no afectarán su calificación; se discuten estas predicciones en equipos; el profesor, en plenaria, discute las predicciones; los estudiantes anotan sus predicciones finales en una hoja de predicciones; se hace ahora la demostración con resultados claramente desplegados; algunos estudiantes describirán y discutirán los resultados; llenan una Hoja de Resultados idéntica a la Hoja de Predicciones

y la conservarán; por último se discuten situaciones físicas análogas con variantes, pero basadas en el mismo concepto. Durante el proceso el instructor lleva una agenda y guía la discusión enfocándose en puntos importantes.

Los autores sugieren, además, la elaboración de una guía para profesores, que contiene información sobre los aparatos e implementos necesarios para cada actividad, forma de ensamble, fotos y diagramas de los aparatos, instrucciones sobre cómo llevar a cabo los experimentos, ejemplos de resultados, preguntas y respuestas, y un instrumento de evaluación (Sokoloff *et al.*, 2006).

El ejemplo que presentan Sokoloff *et al.*, está elaborado con material simple y barato, que puede ser fabricado localmente. También se hace gran uso de herramientas computacionales y software de modelado (Sokoloff *et al.*, 2006).

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

Dentro de sus desventajas, es que es complejo para el profesor, y sobre todo para el novato. Por lo que algunos autores señalan que profesor y estudiantes deben estar entrenados en estos métodos, de otra manera puede perderse el manejo del tiempo con lo que se extenderían mucho algunas actividades y puede perderse el control de la clase cuando son grupos numerosos (Sokoloff *et al.*, 2006).

1.6.5 Enfoque del Fomento de Competencias

Es una propuesta integradora que se desprende de las teorías pedagógicas cognitivas-significativas y está en consonancia con las didácticas contemporáneas, ya que retoma los

planteamientos de Ausubel, Novak, Hannesian y Sullivan respecto al aprendizaje significativo; los de Sternberg y Siegler en el procesamiento de información; de Perkins en la enseñanza para la comprensión; y planteamientos de competencia como los de Chomsky y Torrado (Prieto, 2005).

La competencia como la define Gonczi, es *una serie de atributos (conocimientos, valores, habilidades y actitudes) que se utilizan en diversas combinaciones para llevar a cabo tareas ocupacionales* (Gonczi, 2002).

La propuesta se cimienta en algunos elementos de la teoría de la enseñanza para la comprensión, el aprendizaje significativo y el enfoque de procesamiento de la información. Se rige por tres fines que son: la diversidad de los ambientes, la objetividad y la responsabilidad compartida (Prieto, 2005).

En un trabajo titulado *Análisis de la enseñanza de la Física en Europa: el fomento de competencias generales en estudiantes universitarios*, Águeda *et al.* (2006), describen el modo en el que un conjunto de profesores europeos enseñan física en niveles universitarios, con especial énfasis en el modo con el cual promueven la adquisición de competencias generales entre sus estudiantes. El estudio muestra la permanencia de métodos tradicionales de enseñanza, con una mayor promoción de competencias específicas, mientras que aquellas genéricas, como pueden ser habilidades comunicativas, trabajo en equipo o valores éticos, son promovidas en menor proporción. Águeda *et al.* (2006) ponen de manifiesto la necesidad de reforzar la adquisición de dichas competencias generales con el objetivo de proporcionar a los estudiantes una educación mucho más completa. Concretan que la materia de Física puede convertirse en un instrumento que ayude a la Educación Superior Europea a ajustarse mejor a las demandas cada vez mayores de nuestra sociedad; demandas que exigen de nuestros egresados no sólo conocimientos técnicos sino la adquisición de competencias tanto genéricas como específicas que les ayuden a insertarse con éxito en un mundo profesional cada vez más globalizado.

1.6.6 Enfoque de las Mediciones

González Arias (2007), quien hace un breve análisis de la evolución reciente del concepto de energía en las ciencias físicas en cuanto a su relación con otras magnitudes así como con las mediciones, a las que él le da especial importancia, y apunta que el conocimiento del

tema mediciones resulta ser primordial para la correcta comprensión del concepto de energía. Considera que la diferencia entre lo que se considera *energía* en el habla popular y el significado que se le atribuye en las ciencias físicas es el cómo se mide esa energía. Que obviar la relación entre energía, magnitud y medición usualmente conduce a serios errores conceptuales. Menciona a Lord Kelvin con relación a la importancia de las mediciones en la ciencia: *Suelo repetir con frecuencia que sólo cuando es posible medir y expresar en forma numérica la materia de que se habla, se sabe algo acerca de ella; nuestro saber será deficiente e insatisfactorio mientras no seamos capaces de traducirlo en números. En otro caso, sea cual fuere el tema de que se trate, quizá nos hallemos en el umbral del conocimiento, pero nuestros conceptos apenas habrán alcanzado el nivel de ciencia.*

1.6.7 Enfoque del Análisis de Textos

Núñez *et al.* (2004) han indagado sobre algunos factores que influyen en el aprendizaje del concepto de energía, tales como el tratamiento que se le da en los textos y las concepciones de los docentes, y han encontrado una escasa diferenciación entre conceptos cotidianos y científicos en definiciones y relaciones.

Hobson (2004), encuentra que la mayoría de los libros de texto especializados en energía, la definen como *la habilidad para hacer trabajo*, sin embargo en su investigación con 22 libros de texto de introducción a la física, concluye que 6 libros definen energía de esa manera; 16 dan una definición no general; 5 de los cuales enfatizan que *no hay una definición de energía completamente satisfactoria* y que los 16 libros que dan una definición no general dan en cambio definiciones formales de formas específicas de energía, por ejemplo, energía cinética está definida como $\frac{1}{2}mv^2$. Esto reduce el principio de conservación de energía a: *Todo sistema físico tiene asociada alguna cantidad que se conserva teniendo las dimensiones de $\frac{1}{2}mv^2$* . Esta afirmación es suficientemente verdadera, pero, según Hobson, no tiene significado físico.

1.6.8 Enfoque de la Evolución del Concepto

Trejo (2000), del laboratorio de Termofísica del Departamento de Física y Química Teórica, de la Facultad de Química de la UNAM, en un trabajo titulado *Recomendaciones recientes sobre la enseñanza del tema energía*, analiza la evolución del concepto de energía

y la evolución de diferentes metodologías de su enseñanza escolar. Presenta una propuesta para la introducción del tema, que considera recomendaciones sobre el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias e incluye la discusión de las varias formas de energía, la revisión de las diversas formas en que una forma puede ser transformada en otra (conceptos de transferencia y conversión de energía) y el análisis y aplicación de la ley de conservación de energía en sistemas reales (conceptos: de disipación, degradación y conservación de energía).

Menciona Trejo (2000), que la inducción del aprendizaje por descubrimiento no se ha reflejado en el entusiasmo del estudiante por aprender ya que no entendía los conceptos porque su comprensión implicaba un nivel de abstracción que no poseía. Además, el estudiante no establecía un vínculo claro entre los principios que estudia y la realidad que observaba, esta es la situación en que se encuentra en México, la enseñanza del tema de energía, tanto a nivel bachillerato como superior y la educación tradicional aún no ha podido construir adecuadamente el concepto científico, en parte porque no hace referencia a nuestra vida cotidiana donde se aplica mucho este conocimiento (Trejo, 2000).

La propuesta que hace para la introducción del tema de energía, está basada en los trabajos de Ausubel, Piaget y el movimiento de Ciencia Tecnología Sociedad, que implica el desarrollo de habilidades manuales e intelectuales, y el fomento de valores, actitudes e ideas (Trejo, 2000).

Trejo (2000) concuerda con Solomon, Barrow, Hierrozuel Moreno, Van Huis, Duit, Michinel y Machado, en que el concepto de energía significa diferentes cosas para diferentes personas y la idea de la conservación de la energía es contraria a la experiencia ordinaria. Los estudiantes creen conocer el principio de conservación de la energía pero en realidad no lo comprenden, los estudiantes aprenden en forma repetitiva la definición clásica de energía (capacidad de realizar un trabajo) sin comprenderla en realidad, los estudiantes tampoco utilizan la palabra energía ni el principio para explicar un proceso común, en lugar utilizan nociones de *sentido común*. Los estudiantes han utilizado el término de energía desde hace mucho tiempo en diversas connotaciones en su vida cotidiana y ahí es donde construyen ideas previas erróneas o incompletas; estudiantes de reciente ingreso al nivel superior creen que energía es algo que está activo por un corto periodo y que luego desaparece, además agrega que el concepto general de energía es muy

difícil de construir, no así formas particulares de energía (cinética, potencial, etc) (Trejo, 2000).

También Trejo (2000), menciona que existen dos recomendaciones para la enseñanza del concepto de energía, una supone que la energía se experimenta todos los días y por lo tanto debe enseñarse en todos los niveles escolares, con diferente grado de profundidad, y otra que considera que la energía es un concepto abstracto y avanzado que sólo puede enseñarse en niveles escolares superiores, ya que es una abstracción utilizada en el análisis teórico de fenómenos y que balancea procesos en la naturaleza y en la tecnología. Cualquiera que sea la aproximación, queda claro que la energía es un concepto de importancia fundamental en la ciencia y, por lo tanto, es esencial que deba enseñarse correctamente a aquellos estudiantes. Se recomienda iniciar su enseñanza evitando utilizar una definición simple, mejor iniciar construyendo una definición operacional, basada en la experiencia, sobre la cual los estudiantes puedan reconstruir lo estudiado. Se ha planteado que es adecuado utilizar una gran variedad de metodologías de enseñanza y de enfoques, esto es. que se consideren las diversas formas de energía, que se muestren las diferentes formas de transformación, que se apropien de los conceptos de transferencia y conversión de energía y se evite hablar de trabajo y calor (Trejo, 2000).

Primero establecer las ideas previas sobre energía de los estudiantes, puede ser utilizando evaluaciones con explicación o entrevistas. Por ejemplo, enunciar:

- Materiales que almacenen o contengan energía,
- ejemplos de consumo de energía,
- ejemplos de producción de energía,
- diversos materiales que sean fuente de energía,
- materiales que sean recursos energéticos,
- diversos materiales que sean combustibles,
- diversos usos de la energía,
- ejemplos de ahorro de energía,
- ejemplos de pérdidas de energía, etc. (Trejo, 2000).

Segundo, discutir diferentes definiciones de energía, como: *Es la capacidad (habilidad) de hacer un trabajo*", *"Es algo que obtenemos de un alimento y que se nos acaba si hacemos mucho ejercicio"*, *"Es algo como el dinero, sabemos cuándo lo tenemos o cuándo se nos*

acaba, y nos ayuda a hacer algo", "La energía es una propiedad o atributo de todo cuerpo o sistema material en virtud de la cual puede éste transformarse, modificando su situación o estado, así como actuar sobre otros originando en ellos procesos de transformación (Trejo, 2000).

Tercero, solicitar enuncien todas las distintas formas de energía que conocen y luego agrupar todas éstas dentro de los siguientes grupos: Energía mecánica, Eléctrica, Química, Nuclear, Térmica y Radiante. A continuación se pretende discutir los fenómenos que se asocian cada una de ellas, por ejemplo, la Energía mecánica (movimiento y posición de moléculas), la Eléctrica (movimiento y posición de electrones), la Química (ruptura y formación de enlaces), la Nuclear (ruptura y formación de núcleos), la Térmica (diferencias en temperaturas), y la Radiante (emisión o adsorción de ondas electromagnéticas) (Trejo, 2000).

Cuarto, que investiguen diferentes fenómenos que ilustren todas las transformaciones de las formas generales de energía posibles. El producto final es la identificación del PCE a situaciones sencillas primero y luego a fenómenos cotidianos complejos El PCR debe estar relacionado con lo aprendido previamente (Trejo, 2000).

Quinto, y último, donde se hace un resumen del esquema conceptual estudiado, sea identificando las propiedades de la energía: magnitud extensiva que mide cuantitativamente la condición de un sistema, se presenta en diversas formas, se asocia a los estados inicial y final de un proceso, puede transformarse y/o transmitirse por medio de los procesos de trabajo y/o calor, etc., resolviendo un problema, etc. (Trejo, 2000).

1.6.9 Enfoque de Significados

Gras, Doménech, Guisasola, Trumper y otros (Doménech *et al.*, 2007), en un trabajo titulado: “La enseñanza de la energía: una propuesta de debate para un replanteamiento global”, presentan un análisis global, que contiene no sólo aspectos conceptuales, sino también procedimentales y axiológicos, que consideran han sido insuficientemente contemplados.

Doménech *et al.* (2007), empiezan haciendo notar que una educación científica centrada casi exclusivamente en los aspectos conceptuales, es criticable como preparación de futuros científicos, que esta orientación transmite una visión deformada y empobrecida

de la actividad científica, que no sólo contribuye a una imagen pública de la ciencia como algo ajeno e inasequible –cuando no directamente rechazable-, sino que está haciendo disminuir drásticamente el interés de los jóvenes por dedicarse a la misma.

Resaltan además, que la enseñanza centrada en los aspectos conceptuales, dificulta, paradójicamente, el aprendizaje conceptual. En la investigación en didáctica de las ciencias, tanto en el campo de las preconcepciones como en el de los trabajos prácticos, la resolución de problemas, etc., ha mostrado que *los estudiantes desarrollan mejor su comprensión conceptual y aprenden más acerca de la naturaleza de la ciencia cuando participan en investigaciones científicas* (Doménech *et al.*, 2007).

En su investigación, elaborada para el nivel de Secundaria superior, encuentran que, algunos autores sostienen que el concepto de energía no debe comenzar a enseñarse hasta que los estudiantes hayan alcanzado un alto nivel de razonamiento abstracto, sin embargo otros consideran que habría que empezar cuanto antes, en la Primaria (Doménech *et al.*, 2001, Herón, 2008).

Doménech *et al.* (2007), estructuran su propuesta en siete apartados:

1. Interés y relevancia del estudio de la energía.
2. Estrategias para la construcción tentativa de los conocimientos científicos acerca de la energía.
3. Primera aproximación al significado del concepto de energía.
4. Carácter sistémico y relativo de la energía.
5. Significado físico de los conceptos de trabajo y calor y su relación con la energía.
6. Conservación, transformación y degradación de la energía.
7. (A modo de conclusión y perspectivas): Por una plena apropiación del campo de conocimientos de la energía.

Con estos siete apartados enuncian sus 24 proposiciones con las que intentan ofrecer una visión global de lo que consideran una adecuada comprensión inicial del campo de la energía para los estudiantes de Bachillerato y Universidad. Dichas proposiciones responden a la necesidad de introducir el concepto de energía como instrumento para el estudio de las transformaciones, considerando su significado como una primera aproximación destinada a evolucionar (Doménech *et al.*, 2007):

1. Es preciso conocer los problemas que condujeron a la introducción del concepto de energía y de todo el cuerpo de conocimientos asociado.
2. Conviene discutir el interés de los problemas tratados, a la luz de las reflexiones de los estudiantes, así como de las razones que explican la dedicación de la comunidad científica a esta problemática.
3. La atención a las interacciones Ciencia/Tecnología/Sociedad ha de ser un aspecto esencial en éste y en cualquier campo científico si queremos salir al paso de visiones descontextualizadas de la ciencia.
4. No se deben presentar directamente los conocimientos en su estado de elaboración actual como algo acabado, sino que se ha de facilitar que los estudiantes reconstruyan en alguna medida.
5. Esto exige que los estudiantes tengan ocasión de utilizar criterios y estrategias de elaboración y validación propias del trabajo científico (concebir hipótesis, hacer diseños experimentales, etc.). Ello ha de permitir, muy en particular, que los estudiantes se familiaricen con los criterios científicos que fundamentaron la aceptación y posterior superación de las distintas concepciones acerca de la energía.
6. Es preciso resaltar la búsqueda de generalidad y coherencia global que caracteriza la labor científica, que se traduce en la integración de campos aparentemente inconexos. Se ha de destacar, por ejemplo, la revolución que supuso la integración de la mecánica y el calor, que permitió la comprensión de la naturaleza del calor y el establecimiento del principio de conservación y transformación de la energía.
7. Las transformaciones que experimenta un sistema son debidas a las interacciones con otros sistemas o a interacciones entre sus partes, es decir, son debidas a la capacidad de la materia para interaccionar de diferentes formas.
8. La idea de energía puede asociarse cualitativamente a la configuración de los sistemas y a las interacciones que estas configuraciones (y las propiedades de la materia) permiten. Así, por ejemplo, decimos que el viento tiene energía porque las partículas del aire pueden golpear las aspas de un molino y hacerlas girar venciendo la fricción.
9. Así pues, la energía no es una especie de fluido, no constituye el *combustible* necesario para producir transformaciones en los sistemas, como a menudo conciben

los estudiantes, sino que se trata de un concepto que viene determinado, repetimos, por la configuración de dichos sistemas y las propiedades de la materia.

10. De acuerdo con las proposiciones anteriores, podemos asociar la energía, en una primera aproximación, a la *capacidad de producir transformaciones*, tal como históricamente se propuso también y siguen recomendando diversos autores. Y las transformaciones en la configuración de los sistemas pueden asociarse a variaciones de energía en dichos sistemas o en partes de los mismos.
11. Hablar de distintas formas de energía puede reforzar su concepción como algo material *que cambia de forma*. Para evitarlo se deben asociar las distintas formas de energía (cinética, potencial gravitatoria, etc.) a diferentes configuraciones de los sistemas y a distintas formas de interaccionar de la materia.
12. La energía es una propiedad de los sistemas y no tiene sentido hablar de la energía de un objeto aislado.
13. Tampoco tiene sentido pensar que es posible determinar el valor absoluto de la energía de un sistema; solo podemos determinar sus variaciones cuando tiene lugar un determinado proceso.
14. Cualitativamente podemos concebir el trabajo como *el acto de transformar la materia aplicando fuerzas*.
15. El calor aparece, en el marco de la teoría cinético-molecular, como una magnitud que engloba el conjunto del gran número de (micro) trabajos realizados a nivel submicroscópico, como consecuencia de las (micro) fuerzas exteriores que actúan sobre las partículas del sistema. Y la energía de este conjunto de partículas se puede englobar en el concepto de *energía interna térmica*.
16. De acuerdo con los significados de trabajo y calor que acabamos de discutir, las variaciones de energía de un sistema, ΔE , pueden ser debidas a realización de trabajo W y/o a calor Q de acuerdo con la expresión $W + Q = \Delta E$ (donde W representa el trabajo realizado por las fuerzas exteriores al sistema y Q engloba los trabajos microscópicos que se realizan al poner en contacto objetos a distintas temperaturas). Pero cabe señalar que esta expresión no es absolutamente general.

17. En general, las variaciones de energía pueden ser debidas, además de al trabajo y al calor, a otros procesos como, por ejemplo, al intercambio de radiación y/o de materia.
18. La energía total (incluida la energía térmica) de un sistema aislado permanece constante.
19. Si bien la energía total de un sistema aislado permanece constante, siempre que dicho sistema experimente cambios, necesariamente se han de producir transferencias y/o transformaciones de energía en su interior, aunque la suma de estas variaciones sea cero.
20. Como resultado de las interacciones y consiguientes transformaciones de los sistemas, la energía se degrada o distribuye homogéneamente.
21. Más precisamente, deberíamos decir que la distribución de la energía (el crecimiento de la entropía) disminuye la posibilidad de transformaciones... macroscópicas de los sistemas aislados
22. La comprensión de los procesos de degradación u homogeneización de la energía (crecimiento de la entropía) permite explicar la aparente contradicción entre expresiones como *crisis energética* y el principio de conservación de la energía: cuando hablamos de *consumo de energía*, *crisis energética*, etc., no queremos decir que la energía desaparece, sino que se homogeneiza y deja de ser útil.
23. Dos son las condiciones que deben verificarse en los cambios que un sistema aislado puede experimentar: han de producirse necesariamente intercambios y transformaciones de energía entre partes del sistema (en forma de trabajo, calor o radiación), satisfaciéndose globalmente el principio de conservación de la energía, y para que ello sea posible, la energía no ha de estar distribuida, inicialmente, de manera uniforme, evolucionando el sistema hacia configuraciones globalmente más uniformes (de mayor entropía), aunque la entropía de algunas partes del sistema pueda disminuir.
24. La plena apropiación del campo de conocimientos de la energía exige la utilización reiterada de los conocimientos construidos en una variedad de situaciones, para hacer posible su profundización y afianzamiento, yendo más allá del simple manejo operativo de los conceptos y relaciones establecidas: Poniendo un énfasis especial

en las relaciones *Ciencia/ Tecnología/ Sociedad/ Ambiente*. Y esto supone potenciar la elaboración de productos científicos y tecnológicos, susceptible de romper con planteamientos excesivamente escolares y de reforzar el interés por la tarea (construcción y manejo de máquinas, generadores solares y eólicos...), así como mostrar la estrecha vinculación de la problemática de la energía (su papel en nuestras vidas, problemas asociados a la obtención y uso de los recursos energéticos...) con la actual situación de emergencia planetaria, preparando para la toma de decisiones a este respecto. Dirigiendo todo este tratamiento a mostrar el carácter de cuerpo coherente que tienen los conocimientos construidos, favoreciendo, para ello, las actividades de síntesis y de conexión de los mismos con otros ya conocidos (incluyendo la resolución de problemas por caminos alternativos). Propiciando la concepción de nuevos problemas, evitando cualquier impresión de cuerpo cerrado y dogmático y despertando interés por ulteriores desarrollos (estudio de la radiación, de los campos, de la relatividad...) que conducirán a nuevas profundizaciones y modificaciones de los conceptos.

Acerca de la mejor forma de definir el concepto de energía, Doménech *et al.* mencionan que algunos autores han propuesto empezar conceptualizando la energía como una especie de sustancia cuasi material que participa en todos los procesos que ocurren a nuestro alrededor. Otros prefieren seguir utilizando la definición de energía como la capacidad para realizar un trabajo. Otra definición más general, es la capacidad de un sistema para producir cambios. Hay quienes proponen basar la enseñanza de la energía en el principio de conservación, lo que supone dejar de lado consideraciones cualitativas (Doménech *et al.*, 2007).

Doménech y sus colaboradores concluyen con las palabras de Einstein: *los científicos sí recurren a las consideraciones cualitativas como aspecto esencial de sus estrategias tentativas de construcción de conocimientos*. Se puede recordar a este respecto la célebre frase de Einstein: *Ningún científico piensa con fórmulas. Antes de que el físico comience a calcular ha de tener en su mente el curso de los razonamientos. Estos últimos, en la mayoría de los casos, pueden expresarse con palabras sencillas. Los cálculos y las fórmulas constituyen el paso siguiente*. Al introducir directamente los tratamientos cuantitativos se transmite una visión distorsionada y empobrecida de la ciencia que bloquea

todo el proceso de construcción de conocimientos y suele generar actitudes de inhibición y rechazo. Y agregan que las consideraciones cualitativas iniciales no deben juzgarse a la luz del cuerpo de conocimientos ya desarrollado, sino a la luz de su capacidad para facilitar el proceso de su construcción, durante el cual, lógicamente, los planteamientos iniciales suelen evolucionar hacia concepciones más elaboradas. La cuestión no estriba en buscar una concepción correcta como punto de partida, sino en aceptar que los conocimientos son construcciones tentativas destinadas a evolucionar. Se trata, en definitiva, de plantear la construcción de significados como el fruto de aproximaciones sucesivas, sin renunciar a la exigencia básica de significatividad.

Karwasz *et al.* (2008) de la Universidad de Ostrava, plantean la pregunta: *¿Son los estudiantes de primaria más sabios que Aristóteles?* y muestran que, a través de experiencias interactivas, los estudiantes e incluso profesores universitarios, hacen sus propios descubrimientos y con un plano inclinado doble se hace intuitivo que los cuerpos poseen una cualidad especial: la energía.

Heron *et al.* (2008_b), reportan la formación del Grupo de Investigación en Física Educativa de la Universidad de Washington y de la Universidad de Udine. Su meta es producir secuencias instruccionales orientadas al cuestionamiento tanto para los estudiantes, como para sus profesores.

1.6.10 Enfoque del Sistema

Borgnolo *et al.* (2008), de la Universidad de Udine, Italia, diseñaron un currículum con una sección de energía, basada en la exploración y análisis de fenómenos simples, por medio de un laboratorio de experimentos en línea, incluyendo la transformación entre diferentes formas de energía. Para este fin, la caracterización de energía interna de un sistema constituye una herramienta fundamental para construir el concepto de energía. Lo que permite por medio del proceso de conversión de diferentes formas de energía a la energía interna, ligar unas con otras, tomando en cuenta el trabajo y el calor.

Papadouris y Constantinou (2008) de la Universidad de Chipre, reconocen que un importante objetivo de la enseñanza de la ciencia es aprender energía desde la educación elemental, y hacen una propuesta que se compromete con hacer simplificaciones a la naturaleza abstracta del concepto. En su investigación presentan los resultados de su intento

de desarrollar su enseñanza introduciendo energía como una entidad inventada en el contexto de un marco teórico para el análisis de los cambios encontrados en los sistemas físicos, elaborada de manera progresiva a través de la asignación de varias propiedades de la energía (transferencia, forma de conversión, conservación y degradación). Aunado a esto, guían a los estudiantes a desarrollar el modelo de cambio de energía como un medio de aplicar la teoría de energía en un sistema específico, así como derivar los mecanismos para los cambios que sufren, en términos de transferencia de energía y forma de conversión.

Gales y Baker, del Colegio William Jewell, en Liberty, Minesota, en un estudio llamado *Conservación de la energía mecánica usando proyectiles desplazándose sobre hielo seco*, mencionan que los conceptos sobre energía son fundamentalmente importantes para describir y analizar sistemas que van desde partículas subatómicas hasta galaxias espirales; que los estudiantes tienen encuentros con tales conceptos en cursos introductorios que se enfocan en formas de energía, transferencia de energía y leyes de conservación; que dentro de estos cursos, la conservación de la energía mecánica es particularmente útil para resolver problemas (ya que no requiere análisis vectorial). Sin embargo, estrictamente hablando, la conservación de la energía mecánica es válida sólo cuando no se transfiere energía a través de las fronteras del sistema en consideración (Gales y Baker, 2008).

1.6.11 Enfoque del Cambio Conceptual

Trna (2008), elaboró un estudio sobre ideas previas de niños de 7, 9 y 11 años. La metodología usada fue escribir los conceptos asociados con energía a través de un mapa conceptual; reporta que los resultados de las ideas previas de los niños fueron comparados con las concepciones de pre-profesores de física.

González (2002), analiza el concepto de energía, su relación con las mediciones y las magnitudes fundamentales, el carácter dual de su significado y cómo la pseudociencia aprovecha estas características para introducir sus falsas proposiciones. También menciona que *de hecho hoy día es prácticamente imposible encontrar en los libros de texto una definición generalizada de energía que no pueda ser impugnada por una razón u otra* (González, 2006). Posteriormente, en un trabajo titulado *¿Cómo definir la energía en los cursos básicos?* discute la definición de energía: *Capacidad de un cuerpo o sistema para*

ejercer fuerzas sobre otros cuerpos o sistemas o entre sus propios subsistemas (González, 2008).

1.6.12 Enfoque del Modelo Dinámico

Borsboom, del Instituto Amstel, en Holanda, y quienes con él colaboran (2008) describen la primera fase de su investigación PhD, la cual trata de responder a la pregunta: ¿de qué maneras puede ser usado el contexto para desarrollar una comprensión generalizada de energía, en estudiantes de los últimos grados de secundaria? analizando libros de texto, exámenes e ideas previas de los estudiantes. Entre sus resultados encontró problemas con conservación de energía y energía potencial, dificultades con el concepto de potencia y con la elección del sistema y sus fronteras. Reporta resultados de una búsqueda en la literatura sobre transferencia y el uso de los contextos.

El hecho de que los programas identificados bajo el enfoque del Nivel de Abstracción, basados en la estrategia Ciclos de Aprendizaje, aumentan la comprensión del estudiante de los conceptos básicos de física, lo que a su vez aumenta el aprendizaje conceptual y mejora las habilidades de razonamiento, los hace atractivos y por lo tanto son elegidos como sustento para ser integrados con las teorías de Ausubel y Vigotsky, y así desarrollar el prototipo didáctico de la presente tesis.



2. Marco Teórico

Para cumplir los objetivos planteados, en este capítulo se revisa el concepto de energía mecánica en sus dimensiones: epistemológica, cognitiva y didáctica, que son las que enmarcaron y dieron sustento al prototipo didáctico.

2.1 Dimensión Epistemológica del Concepto de Energía Mecánica

La dimensión epistemológica, además de hacer un análisis histórico de la construcción del concepto *energía*, identifica las claves de su desarrollo, lo que permitió en primer lugar, conocer en qué consiste, cómo se generó, y de qué fuentes ha manado; en segundo lugar, llegar a una completa comprensión del concepto; y en tercer lugar guiar el diseño de la estrategia didáctica con la que se abordó, en el aula, el concepto de *energía mecánica*. Por otro lado, ya que el concepto de energía ha tenido una importancia científica, social y cultural, la dimensión epistemológica sirvió para retomar la idea de Morin: *toda realidad antro-po-social depende, en cierta manera de la ciencia física, pero toda ciencia física depende, en cierta manera de la realidad antro-po-social* (Morin, 1997).

2.1.1 Teorías sobre la Formación de Conceptos

Según Kuhn (1983) existen dos paradigmas que explican la generación del conocimiento, el conductismo y el procesamiento de la información.

El conductismo se basa en los estudios del aprendizaje mediante condicionamiento; su núcleo central del conductismo está constituido por su concepción asociacionista del conocimiento y del aprendizaje. Algunos de sus rasgos fundamentales son: el conocimiento se alcanza mediante la asociación de ideas según los principios de semejanza, contigüidad espacial y temporal y causalidad; negación de los estados y procesos mentales; la mente de existir, es sólo una copia de la realidad; es anticonstructivista; toda conducta es reducible a una serie de asociaciones entre elementos simples, como estímulo-respuesta; las leyes del

aprendizaje son igualmente aplicables a todos los ambientes, especies e individuos; el aprendizaje siempre es iniciado y controlado por el ambiente (Pozo, 1997; Carretero, 1997).

El paradigma del procesamiento de la información se apoya en la metáfora del ordenador, y hace posible el estudio de los procesos mentales que el conductismo marginaba. Bajo este paradigma la acción del sujeto está determinada por sus representaciones; basándose en la analogía entre la mente humana y el funcionamiento de un computador se concibe al ser humano como procesador de información; hace hincapié en el papel de la atención, la memoria, la percepción las pautas de reconocimiento y el uso del lenguaje en el proceso del aprendizaje; considera el estudio de los procesos mentales superiores para la comprensión de la conducta humana (Pozo, 1997; Carretero, 1997).

El enfoque cognitivo ha insistido sobre como los individuos representan el mundo en que viven y cómo reciben información, actuando de acuerdo con ella. Se considera que los sujetos son elaboradores o procesadores de la información (Pozo, 1997; Carretero, 1997).

Para la corriente constructivista, el ser humano adquiere el conocimiento mediante un proceso de construcción individual y subjetiva, de manera que la percepción del mundo está determinada por las expectativas del sujeto (Pozo, 1997; Carretero, 1997).

El reduccionismo conductista es reemplazado por la aceptación de procesos cognitivos causales. En lugar de la posición ambientalista el procesamiento de información defiende la interacción de las variables del sujeto y las variables de la situación ambiental a la que está enfrentado el sujeto. El sujeto pasivo y receptivo del conductismo se transforma en un procesador activo de información (Pozo, 1997; Carretero, 1997).

Por oposición al conductismo, el procesamiento de información proporciona una concepción constructivista del ser humano (Pozo, 1997; Carretero, 1997).

Las teorías del aprendizaje tratan de explicar cómo se constituyen los significados y cómo se aprenden los nuevos conceptos (Pozo, 1997; Carretero, 1997).

Un concepto puede ser definido buscando el sentido y la referencia, ya sea desde arriba, en función de la intención del concepto, del lugar que el objeto ocupa en la red conceptual que el individuo posee; o desde abajo, haciendo alusión a sus atributos. Los conceptos nos sirven para limitar el aprendizaje, reduciendo la complejidad del entorno;

nos sirven para identificar objetos, para ordenar y clasificar la realidad, nos permiten predecir lo que va a ocurrir (Pozo, 1997; Carretero, 1997).

Los conceptos cotidianos no son entidades aisladas e independientes, están relacionados unos con otros. Sus límites están establecidos, en parte, por la taxonomía en que aparecen. Las relaciones más claras son las jerarquías generadas mediante la inclusión de un concepto dentro de otro (Pozo, 1997; Carretero, 1997).

Existen dos vías formadoras de conceptos: mediante el desarrollo de la asociación (empirista) y mediante la reconstrucción (corriente europea) (Pozo, 1997; Carretero, 1997).

Para la corriente asociacionista no hay nada en el intelecto que no haya pasado por los sentidos. Todos los estímulos son neutros. Los organismos son todos equivalentes. El aprendizaje se realiza a través del proceso recompensa-castigo (teoría del conductismo: se apoya en la psicología fisiológica de Pavlov). Es antimentalista. El recorte del objeto está dado por la conducta, por lo observable. El sujeto es pasivo y responde a las complejidades del medio (Pozo, 1997; Carretero, 1997).

Para las corrientes europeas, que están basadas en la acción y que tienen uno de sus apoyos en la teoría psicogenética de Piaget, el sujeto es activo. Los conceptos no se aprenden sino que se reconstruyen y se van internalizando. Lo importante es lo contextual, no lo social (Pozo, 1997; Carretero, 1997).

Las corrientes del procesamiento de la información tiene algo de ambas. El sujeto no es pasivo. Aparece un nuevo recorte del objeto: la mente y sus representaciones. Las representaciones guían la acción. Los estados mentales tienen intencionalidad. El programa, que tiene en su núcleo la metáfora del ordenador, es mentalista; privilegia la memoria (Pozo, 1997; Carretero, 1997).

2.1.2 Generación y Evolución del Concepto de Energía

La evolución del concepto de energía ha sido investigada por Karwasz (2008) y sus colaboradores quienes mencionan que el término *energía* se deriva del griego, *wergon* que significa *trabajo*; más tarde cambió a *en-erg-eia* y adquirió un significado abstracto. Aristóteles usó el término *energía* (*ἐνέργεια*) como el principio determinante del movimiento, pero confundió el significado con el de potencia (*potenza, dynamics, δύναμις*)

fuerza, y momentum. Estuvo lejos de usar *energeia* como la causa de que los objetos cayeran, para él los objetos pesados caen ya que su lugar natural es el centro de la Tierra.

El filósofo bizantino Joannes Philoponos (500-560 aC) supuso que la razón de que los cuerpos cayeran era la *fuerza cinética* adquirida de la mano humana. Durante la Edad Media se dio la separación de los conceptos de energía, fuerza y momentum por Santo Thomas de Aquino y Buridian, quienes, siguiendo las notas de Copérnico, creían que mantener el movimiento uniforme no requiere de una fuerza, fue así que se concibió el principio de inercia. Entre los siglos XVII-XIX se hicieron modernas formulaciones del principio de inercia y el principio de conservación del momento se derivó de Descartes y Newton, pero aún sin la identificación del concepto de *energía* (Karwasz *et al.*, 2008).

Karwasz (2008) menciona además, que el concepto de energía mecánica, incluye los trabajos de d'Alembert, Bernoulli, Kraft y más tarde de Lagrange y Laplace. En 1860 gracias al trabajo de Carnot, de Joule y de otros, Clausius formula el principio de conservación de la energía en el Universo. Al mismo tiempo, se establece la distinción entre calor y energía útil, establecida como el segundo principio de la termodinámica. El ingeniero escosés Rankine, definió la energía como *la capacidad de un objeto de realizar trabajo*, en 1855. En los siglos XIX y XX, gracias a los trabajos de Mach, la energía mecánica fue dividida en cinética y potencial. Einstein generaliza el concepto de energía en la fórmula $E=mc^2$ (Karwasz *et al.*, 2008).

2.1.3 Ideas Previas en el Aprendizaje

Los que se dedican a la docencia de las ciencias saben que hay diversos conocimientos previos que tienen los estudiantes, e incluso algunos profesores, y que son muy difíciles de erradicar, (Carretero, 1997; Gil-Pérez, 1991). Tales concepciones son ideas que están basadas en su experiencia cotidiana y su capacidad de observación. El término que habitualmente ha designado este tipo de ideas/concepciones es el de *ideas erróneas*. Sin embargo, son numerosos los autores que prefieren no denominarlas así, puesto que estas ideas son incorrectas desde el punto de vista científico, pero en realidad no lo son desde el punto de vista del estudiante, ya que indican la representación que el estudiante tiene del fenómeno en cuestión, así que les llaman *ideas previas* (Mora y Herrera, 2009).

Gil (1991) explica que la abundancia y la persistencia de tales errores conceptuales en numerosos dominios de las ciencias han apuntado básicamente a dos causas: Por una parte se ha barajado la hipótesis de que esos *errores* constituyen más bien ideas espontáneas o preconcepciones que los estudiantes ya tenían previamente al aprendizaje escolar. En segundo lugar, la atención se ha dirigido hacia el tipo de enseñanza habitual, poniendo en duda que la transmisión de conocimientos elaborados haga posible una recepción significativa de los mismos, es decir, haga posible que los estudiantes pasen a tener las ideas que les han transmitido.

Gil (1991) menciona las características de estos conocimientos previos:

- Parecen dotados de cierta coherencia interna,
- son comunes a estudiantes de diferentes medios y edades,
- presentan cierta semejanza con concepciones que estuvieron vigentes a lo largo de la historia del pensamiento y,
- son persistentes, es decir, no se modifican fácilmente mediante la enseñanza habitual, incluso reiterada.

Son esquemas conceptuales espontáneos que tienen en cierto modo la categoría de conocimientos pre-científicos, fruto de una epistemología del sentido común, próxima a la que explica la constitución de la física aristotélico-escolástica, vigente durante más de 20 siglos y cuyo desplazamiento por la física clásica no fue precisamente fácil (Gil, 1991).

Al respecto, Medín (2008) de la Universidad de Puerto Rico, hace los siguientes supuestos:

- El cambio de modelo mental del estudiante es igual a aprendizaje.
- La estrategia de enseñanza debe inducir cambio en el modelo conectando lo nuevo con el conocimiento existente.
- Aun los duchos en el manejo de fórmulas tienen *misconceptions*.
- Necesidad de mayor énfasis en entendimiento conceptual.
- Muchas *misconceptions* son preconcepciones, no son equivocaciones producto de destrezas o inteligencia limitada.
- Necesidad de activar preconcepciones al enseñar.
- Las preconcepciones tienen diversos grados de persistencia.
- Las estrategias deben ser diferentes según grados de persistencia.

- Los modelos mentales de los estudiantes son globalmente inconsistentes, desde el punto de vista científico.
- Existen posibilidades de aprovechar inconsistencias para rectificar concepciones falsas.

Y propone una solución: *Identificar y activar anclas: concepciones análogas compatibles con las teorías físicas aceptadas y promover la disonancia entre anclas y concepciones incorrectas*, esto es, un cambio de perspectiva de: *la fórmula es el mensaje, hacia el modelo es el mensaje*, a través de la estrategia (Medín, 2008):

- Activar la preconcepción errada mediante un problema que sirva de foco a la discusión.
- Construir un ancla modelo análogo que apele a la intuición válida del estudiante.
- De ser necesario presentar puentes modelos intermedios entre ancla y foco.
- Efectuar experimentos/simulaciones que reten la preconcepción errada del estudiante.
- Simular casos extremos.

Gil sugiere: *Analizar críticamente la enseñanza habitual con objeto de profundizar en la comprensión de su ineficacia para desplazar las concepciones pre-científicas por los conocimientos científicos* (Gil, 1991).

2.1.3.1 Ideas Previas sobre Energía

Las concepciones sobre energía que poseen los estudiantes vienen siendo objeto de análisis desde el comienzo del Movimiento de las Concepciones Alternativas en los años '80 del siglo XX. Existen algunas revisiones acerca de los trabajos sobre este tema (Pozo y Gómez Crespo 2001; Cordero 2003) quienes, en general, coinciden en sus conclusiones, en los siguientes puntos:

- Los estudiantes muestran la utilización de nociones de sentido común.
- Asociación de la energía con los seres vivos.
- Identificación fuerza-energía.
- La energía sinónimo de combustible.
- La energía como algo *casi* material almacenado.
- La energía asociada al movimiento y a la actividad.

- La energía puede “gastarse”.
- Confusión entre trabajo y esfuerzo.
- Confusión de las formas de energía con sus fuentes.
- Atribuir la energía potencial al cuerpo y no a la interacción entre los cuerpos.
- Ignorar la variación de la energía interna.
- Asignar un carácter sustancial al calor.
- Considerar al calor como una forma de energía.
- Confundir la cantidad de calor y la temperatura.

2.2 Dimensión Cognitiva

Ya que es imposible separar el desarrollo cognitivo del aprendizaje de contenidos, la dimensión cognitiva provee las bases para concebir a los estudiantes como seres activos, para identificar qué cambios en su comportamiento reflejarán los correspondientes cambios en su pensamiento durante el proceso de la enseñanza del concepto de energía mecánica. También sienta las bases para saber cómo los estudiantes adquieren el concepto y se enseña en consecuencia a estas bases; sobre todo, para saber las estructuras cognitivas requeridas para aprehender el concepto de energía mecánica.

Esta dimensión aportó las herramientas teóricas al tomar decisiones acerca del ambiente de aprendizaje que favorece el proceso constructivo interno y por lo tanto se dé el aprendizaje significativo del concepto de energía.

Así se pudo propiciar una relación entre el conocimiento intuitivo del estudiante (ideas previas) de la energía, y el conocimiento científico, a fin de enmarcar las sesiones en aula con un enfoque constructivista y así favorecer una reorganización conceptual. En síntesis ayudó a activar saberes previos y motivó la asimilación significativa.

2.2.1 Teorías Cognitivas del Aprendizaje

Las teorías del aprendizaje que se abordan en esta sección son las teorías de Ausubel, Piaget y Vigotsky, en virtud de que son muchos los investigadores que han obtenido resultados que muestran al nivel de desarrollo cognitivo como una variable que marca las posibilidades de aprendizaje (Ausubel, 1983; Coll *et al.*, 1990; Leahey y Harris, 1998; Luria *et al.*, 1986; Pozo, 1997).

2.2.1.1 Aprendizaje Significativo (Ausubel)

Ausubel *et al.* (1983) proporcionaron los fundamentos del aprendizaje en el salón de clases a lo largo de dos dimensiones independientes y mutuamente ortogonales (Ver fig. 2.1): la dimensión repetición-aprendizaje significativo (eje vertical) y la dimensión recepción-descubrimiento (eje horizontal). El tipo de aprendizaje que adquiere el estudiante puede ser por repetición, o significativo, y la estrategia que planifica el docente puede ser dirigida hacia un aprendizaje por recepción, por descubrimiento guiado o por descubrimiento autónomo. Más adelante, sección 3.4.3.4, se mostrarán las actividades que, a partir de este diagrama, fueron planeadas tanto para el grupo control como para el experimental.

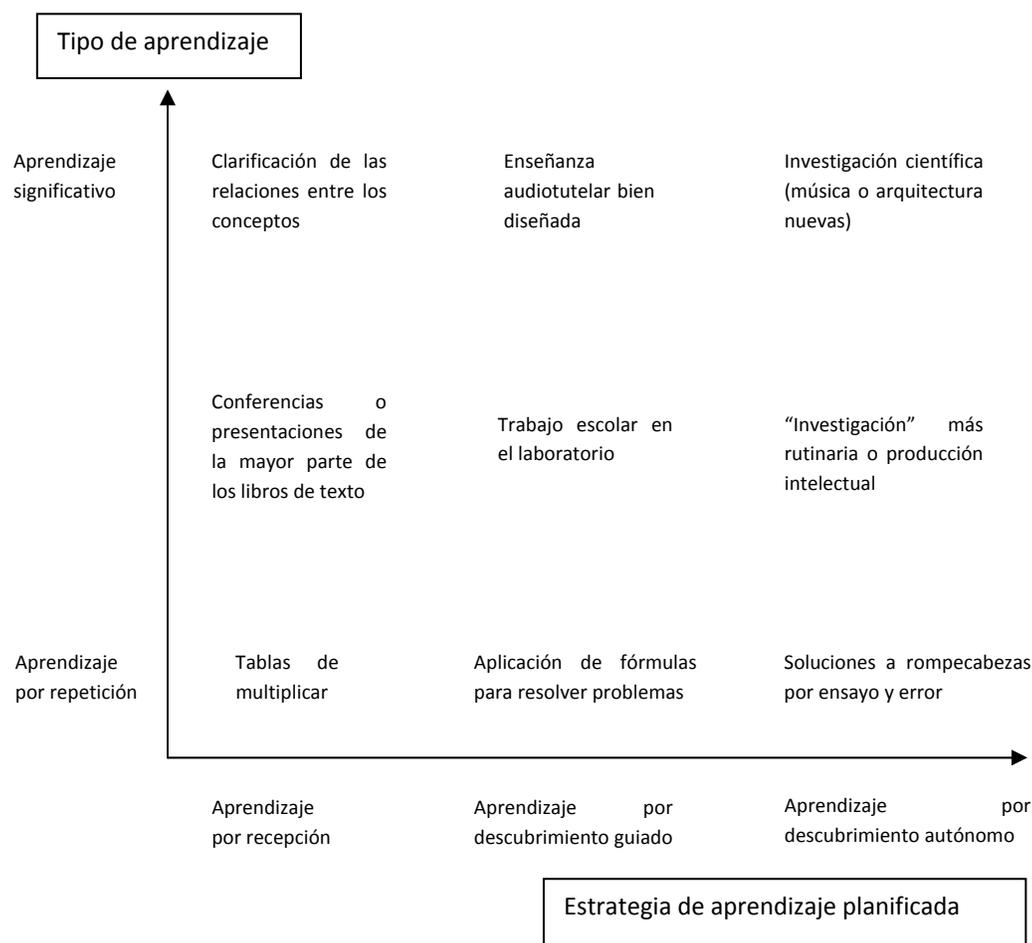


Figura 2.1. Tipo de aprendizaje versus Estrategia de aprendizaje planificada por el docente.

En el aprendizaje por recepción, el contenido principal de la tarea de aprendizaje simplemente se le presenta al estudiante; él únicamente necesita relacionarlo activa y significativamente con los aspectos relevantes de su estructura cognoscitiva y retenerlo para el recuerdo o reconocimiento posteriores, o como una base para el aprendizaje del nuevo material relacionado. En el aprendizaje por descubrimiento, el contenido principal de lo que ha de aprenderse, se debe descubrir de manera independiente antes de que se pueda asimilar dentro de la estructura cognoscitiva (Ausubel *et al.*, 1983).

Ausubel (1983) apunta que los dos tipos de aprendizaje pueden ser significativos, con dos condiciones: si el estudiante emplea una actitud de aprendizaje significativo (una disposición para relacionar de manera significativa el nuevo material de aprendizaje con su estructura existente de conocimiento), y si la tarea de aprendizaje en sí es potencialmente significativa (si consiste de un material razonable o sensible y si puede relacionarse de manera sustancial y no arbitraria con la estructura cognoscitiva del estudiante particular).

La implicación de lo anterior es que el profesor debe asumir el cargo de presentar a los estudiantes los materiales de aprendizaje que sean sustancialmente válidos y pedagógicamente apropiados, y de idear los materiales de aprendizaje y los métodos de enseñanza que estén apropiadamente situados en el continuo repetición-significativo y recepción-descubrimiento, sin embargo los estudiantes deben, en el análisis final, asumir la responsabilidad de su propio aprendizaje (Ausubel *et al.*, 1983).

Por otro lado, los principios del aprendizaje y la retención son muy diferentes para el aprendizaje por repetición y el significativo, por lo que los materiales aprendidos por repetición y los aprendidos significativamente se representan y organizan de modos muy diferentes dentro de la estructura cognoscitiva del estudiante. La mayoría de las nociones adquiridas por el estudiante, lo mismo dentro que fuera de la escuela, no las descubre por sí mismo, sino que le son dadas (Ausubel *et al.*, 1983).

El factor de que el material de aprendizaje sea o no potencialmente significativo varía exclusivamente en función de la estructura cognoscitiva del estudiante. Por consiguiente, para que ocurra realmente el aprendizaje significativo no basta con que el material nuevo sea intencionada y sustancialmente relacionable con las ideas correspondientes y pertinentes en el sentido abstracto del término (con las ideas correspondientes relevantes que algunos seres humanos podrían aprender en circunstancias

apropiadas); es necesario también que tal contenido ideativo pertinente exista en la estructura cognoscitiva del estudiante en particular. Por tanto, en lo concerniente a los resultados del aprendizaje significativo en el salón de clases, la disponibilidad, y otras propiedades importantes, de contenidos relevantes en las estructuras cognoscitivas de diferentes estudiantes constituyen las variables y determinantes más decisivos de la significatividad potencial de ahí que la significatividad potencial del material de aprendizaje varíe no sólo con los antecedentes educativos, sino con factores como la edad, el Coeficiente Intelectual, la ocupación y pertenencia a una clase social y cultura determinadas (Ausubel *et al.*, 1983).

Ausubel *et al.* (1983) hacen notar que las tareas de aprendizaje por repetición no se efectúan en el vacío cognoscitivo. También son relacionables con la estructura cognoscitiva pero solamente de modo arbitrario al pie de la letra, lo que no trae consigo la adquisición de ningún significado. Sin embargo, añade, la relacionabilidad arbitraria y literal con la estructura cognoscitiva hace a las tareas de aprendizaje por repetición muy vulnerables a la interferencia de los materiales semejantes aprendidos previamente y que se producen concurrentemente. Es en este tipo de relacionabilidad básicamente diferente con la estructura cognoscitiva (arbitraria y al pie de la letra a diferencia de la no arbitraria y sustancial) donde radica la diferencia fundamental de los procesos de aprendizaje por repetición y los del aprendizaje significativo.

i). El Aprendizaje por Recepción Contra el Aprendizaje por Descubrimiento

En el aprendizaje por recepción (por repetición o significativo), el contenido total de lo que se va a aprender se le presenta al estudiante en su forma final. En la tarea de aprendizaje el estudiante no tiene que hacer ningún descubrimiento independiente. Se le exige sólo que internalice o incorpore el material (la definición de energía mecánica; la fórmula de energía potencial; la ley de conservación de la energía mecánica, etc.) que se le presenta de modo que pueda recuperarlo o reproducirlo en fecha futura. En el aprendizaje por recepción significativo, la tarea o material potencialmente significativos son comprendidos o hechos significativos durante el proceso de internalización; en el aprendizaje por recepción y repetición, la tarea de aprendizaje no es ni potencialmente significativa ni tampoco convertida en tal durante el proceso de internalización (Ausubel *et al.*, 1983).

El rasgo esencial del aprendizaje por descubrimiento, sea de formación de conceptos o de solucionar problemas por repetición, es que el contenido principal de lo que va a ser aprendido no se da, sino que debe ser descubierto por el estudiante antes de que pueda incorporar lo significativo de la tarea a su estructura cognoscitiva. En otras palabras, la tarea de aprendizaje distintiva y previa consiste en descubrir algo: la naturaleza exacta de la relación entre Energía potencial de un balón y la compresión que ocasiona al golpear un resorte, por ejemplo. La primera fase del aprendizaje por descubrimiento involucra un proceso muy diferente al del aprendizaje por recepción: el estudiante debe reordenar la información, integrarla con la estructura cognoscitiva existente, y reorganizar o transformar la combinación integrada de manera que se produzca el producto final deseado. Después de realizado el aprendizaje por descubrimiento, el contenido descubierto se hace significativo, en gran parte, de la misma manera que el contenido presentado se hace significativo en el aprendizaje por recepción (Ausubel *et al.*, 1983).

Ausubel *et al.* (1983) hacen notar que los aprendizajes por recepción y por descubrimiento difieren en lo tocante a sus principales funciones en el desarrollo y el funcionamiento intelectuales. En su mayoría, los grandes volúmenes de material de estudio se adquieren en virtud del aprendizaje por recepción, mientras que los problemas cotidianos se resuelven gracias al aprendizaje por descubrimiento; pero ambas funciones coinciden en parte: el conocimiento que se adquiere a través del aprendizaje por recepción se usa también para resolver problemas de la vida diaria y el aprendizaje por descubrimiento se emplea comúnmente en el salón de clases para aplicar, extender, aclarar, integrar y evaluar el conocimiento de la materia de estudio y para poner a prueba la comprensión. En situaciones de laboratorio, el aprendizaje por descubrimiento ayuda a penetrar en el método científico y conduce también al redescubrimiento planeado de proposiciones conocidas; y cuando lo emplean personas dotadas puede generar conocimientos nuevos e importantes; sin embargo, en la situación más común de salón de clases, el descubrimiento de proposiciones originales a través de la actividad de resolver problemas no es un rasgo sobresaliente de la adquisición de conceptos o información nuevos.

Desde el punto de vista del proceso psicológico, el aprendizaje significativo por descubrimiento es más complejo que el significativo por recepción: involucra una etapa previa de resolución de problemas antes de que el significado emerja y sea internalizado.

Sin embargo, en términos generales, el aprendizaje por recepción, si bien fenomenológicamente más sencillo que el aprendizaje por descubrimiento, surge paradójicamente ya muy avanzado el desarrollo y, especialmente en sus formas verbales puras más logradas, implica un nivel mayor de madurez cognoscitiva, lo que lo posibilita a comprender, sin experiencia empírica ni concreta, conceptos y proposiciones expuestos verbalmente (hasta que comprende, por ejemplo el significado de masa, potencia, o de energía basándose en definiciones del diccionario). En otras palabras, la formación inductiva de conceptos basada en experiencias de resolución de problemas, de índole empírica, concreta y no verbal, ejemplifica las primeras fases del desarrollo del procesamiento de información, mientras que la asimilación de conceptos a través del aprendizaje por recepción verbal significativa ejemplifica las etapas ulteriores (Ausubel *et al.*, 1983).

En ambos casos hay aprendizaje significativo si la tarea de aprendizaje puede relacionarse, de modo no arbitrario y sustancial (no al pie de la letra), con lo que el estudiante ya sabe y si éste adopta la actitud de aprendizaje correspondiente para hacerlo así. El aprendizaje por repetición, por otra parte, se da cuando la tarea de aprendizaje consta de puras asociaciones arbitrarias; si el estudiante carece de conocimientos previos relevantes y necesarios para hacer que la tarea de aprendizaje sea potencialmente significativa, y también (independientemente de la cantidad de significado potencial que la tarea tenga), si el estudiante adopta la actitud simple de internalizarla de modo arbitrario y al pie de la letra (es decir, como una serie arbitraria de palabras) (Ausubel *et al.*, 1983).

Transfiriendo la teoría de Ausubel: *descubrir* las respuestas correctas a problemas de Energía Mecánica, por ejemplo, sin entender lo que realmente se está haciendo, agrega mucho al conocimiento o a la habilidad para resolver problemas. Los estudiantes logran esta última proeza aprendiéndose de memoria *problemas-tipo* y procedimientos mecánicos para manipular símbolos algebraicos. Sin embargo, debe reconocerse que el trabajo de laboratorio y el de resolución de problemas no son experiencias genuinamente significativas a menos que satisfagan dos condiciones: primera, deben fundarse en conceptos y principios claramente comprendidos; y segunda, las operaciones constitutivas deben ser significativas por sí mismas.

ii). Teoría de la Asimilación

El proceso de aprendizaje significativo, es el proceso más importante que se ha de realizar en el aprendizaje escolar (Ausubel *et al.*, 1983).

Los mecanismos internos de la mente. La psicología conductista es de naturaleza periférica, y determina que sólo los estímulos aplicados y la conducta observable resultante, constituyen los componentes legítimos que merecen estudiarse. En contraste, las psicologías cognoscitivas se ocupan de procesos como la formación de conceptos y de la naturaleza de la comprensión humana de la estructura y sintaxis del lenguaje. Las teorías psicológicas conductistas tienen sus orígenes principalmente de la investigación sobre la conducta animal o de estudios con humanos en los que las tareas de aprendizaje eran, ante todo, de naturaleza mecánica (Pozo, 1997).

Ausubel *et al.* (1983) hacen hincapié en que la adquisición de información nueva depende en alto grado de las ideas pertinentes que ya existen en la estructura cognoscitiva y que el aprendizaje significativo de los seres humanos ocurre a través de una interacción de la nueva información con las ideas pertinentes que existen en la estructura cognoscitiva. El resultado de la interacción que tiene lugar entre el nuevo material que se va a aprender y la estructura cognoscitiva existente constituye una asimilación de significados nuevos y antiguos para formar una estructura cognoscitiva más altamente diferenciada.

La nueva información es vinculada a los aspectos relevantes y preexistentes en la estructura cognoscitiva, y en el proceso se modifican la información recientemente adquirida y la estructura preexistente. En esencia, la mayor parte del aprendizaje significativo consiste en la asimilación de nueva información.

En términos de la teoría de la asimilación, todo lo que un niño necesita para comprender una oración nueva es que ésta pueda relacionarse intencionada y sustancialmente con los conceptos existentes y las proposiciones establecidas en su estructura cognoscitiva (Ausubel *et al.*, 1983).

Según Ausubel *et al.* (1983), el profesor debe generar el interés por la materia de estudio, inspirar el empeño por aprender, motivar a los estudiantes y ayudarlos a inducir aspiraciones realistas de logro educativo, y siempre que sea posible, fomentar el aprendizaje por descubrimiento y la capacidad para solucionar problemas.

iii). Afianzamiento de la Información Nueva con las Ideas Existentes

Ausubel *et al.* (1983) reconocen que el aprendizaje significativo no significa que la información nueva constituya un tipo de vínculo simple con los elementos preexistentes de la estructura cognoscitiva. Por lo contrario, únicamente en el aprendizaje por repetición existe un vínculo no sustancial y arbitrario sencillo con la estructura cognoscitiva preexistente. En el aprendizaje significativo, el mismo proceso de adquirir información produce una modificación tanto de la información recién adquirida como del aspecto específicamente pertinente de la estructura cognoscitiva con el que aquélla está vinculada. En algunos casos, la información nueva se relaciona con un concepto o proposición relevantes. Se refiere a los conceptos o a las proposiciones como ideas pertinentes de la estructura cognoscitiva. Para connotar que el aprendizaje significativo involucra una interacción entre la información nueva y las ideas preexistentes de la estructura cognoscitiva, emplea el término afianzamiento para sugerir la función de la idea preexistente. Por ejemplo, en la inclusión, las ideas preexistentes proporcionan afianzamiento para el aprendizaje significativo de información nueva.

iv). Inclusión

Ausubel *et al.* (1983) se refieren a la inclusión en el aprendizaje cuando la información nueva frecuentemente se vincula o afianza con los aspectos pertinentes de la estructura cognoscitiva existente en un individuo. Como la estructura cognoscitiva tiende a estar organizada jerárquicamente con respecto al nivel de abstracción, generalidad e inclusividad de las ideas, el surgimiento de nuevos significados refleja más comúnmente una relación subordinada del material nuevo con la estructura cognoscitiva. Esto implica la inclusión de proposiciones potencialmente significativas en ideas más amplias y generales de la estructura cognoscitiva existente, y esto, a su vez, produce la organización jerárquica de la estructura cognoscitiva. La eficacia del aprendizaje inclusivo probablemente se pueda atribuir al hecho de que una vez que las ideas inclusivas se establecen adecuadamente en la estructura cognoscitiva:

1. Tienen pertinencia directa y específica máxima para las ulteriores tareas de aprendizaje.

2. Poseen suficiente poder explicatorio para interpretar detalles factuales que de otro modo serían arbitrarios pero que son potencialmente significativos.
3. Tienen la estabilidad intrínseca suficiente como para proporcionar el tipo más firme de afianzamiento para los significados detallados recién aprendidos. La estabilidad superior inherente a las ideas superordinadas o inclusivas de la estructura cognoscitiva queda demostrada por su mayor resistencia al olvido durante periodos prolongados, lo que se comprueba por el análisis cualitativo del olvido de la materia de estudio.
4. Organizan nuevos hechos relacionados en torno de un tema común, con lo que se integran los elementos componentes del conocimiento nuevo tanto recíprocamente como con el conocimiento existente.

v). Aprendizajes Supra Ordenado y Combinatorio

El nuevo aprendizaje guarda una relación supra ordenada con la estructura cognoscitiva cuando uno aprende una nueva proposición inclusiva que puede abarcar varias ideas ya establecidas. El aprendizaje supra ordenado tiene lugar en el curso del razonamiento inductivo o cuando el material expuesto es organizado inductivamente o implica la síntesis de ideas componentes. La adquisición de significados supra ordenados ocurre más comúnmente en el aprendizaje conceptual que en el de proposiciones; por ejemplo, cuando los estudiantes aprenden que los conceptos de Energía cinética y energía potencial, pueden ser incluidos dentro del nuevo término *Energía*. Más aún, cuando el concepto de energía queda incluido dentro del nuevo concepto *Conservación*.

El aprendizaje significativo comprende la adquisición de nuevos significados y, a la inversa, éstos son producto del aprendizaje significativo. Esto es, el surgimiento de nuevos significados en el estudiante refleja la consumación de un proceso de aprendizaje significativo (Ausubel *et al.*, 1983).

La adquisición de significados como fenómeno natural ocurre en seres humanos específicos, y no en la humanidad en general. Por consiguiente, para que ocurra realmente el aprendizaje significativo no basta con que el material nuevo sea intencionado y sustancialmente relacionable con las ideas correspondientes y pertinentes en el sentido abstracto del término (con las ideas correspondientes relevantes que algunos seres humanos

podrían aprender en circunstancias apropiadas); es necesario también que tal contenido ideativo pertinente exista en la estructura cognoscitiva del estudiante en particular (Ausubel *et al.*, 1983).

vi). Importancia del Aprendizaje Significativo en la Adquisición del Conocimiento

Dada la importancia del conocimiento pertinente que existe en la estructura cognoscitiva para la facilitación del aprendizaje significativo, el conocimiento nuevo se vincula intencionada y sustancialmente con los conceptos y proposiciones existentes en la estructura cognoscitiva. Cuando, por otra parte, el material de aprendizaje se relaciona arbitrariamente con la estructura cognoscitiva, no puede hacerse empleo directo del conocimiento establecido para internalizar la tarea de aprendizaje. En el mejor de los casos, los componentes ya significativos de la tarea de aprendizaje pueden relacionarse a las ideas unitarias que existen en la estructura cognoscitiva (con lo que se facilita indirectamente el aprendizaje por repetición de la tarea en su conjunto); pero esto no hace de ninguna manera que las asociaciones arbitrarias recién internalizadas sean por sí mismas relacionables como un todo con el contenido establecido de la estructura cognoscitiva, ni tampoco las hace útiles para adquirir nuevos conocimientos. Y dado que la mente humana no está diseñada eficientemente para internalizar y almacenar asociaciones arbitrarias, este enfoque permite que se internalicen y retengan únicamente cantidades limitadas de material, y esto sólo después de muchos esfuerzos y repeticiones (Ausubel *et al.*, 1983).

2.2.1.2 Teoría del Desarrollo Cognitivo (Piaget)

A raíz de los descubrimientos de Pavlov, quien formuló la ley del reflejo condicionado, se desarrolla el modelo de la reflexología y el conductismo y el aprendizaje es considerado únicamente, como una respuesta a un estímulo, esto es, una conexión lineal pasiva en que la respuesta del individuo depende de estímulos que llegan secuencialmente del contexto, lo que queda esquematizado de la siguiente manera (Gilgard & Bower, 1976):

$$E-R$$

donde *E* es el estímulo y *R* es la respuesta

Posteriormente, Piaget (Pozo, 1997) construye el término operación mental y la define como *la acción interiorizada que modifica el objeto de conocimiento*, al considerar que el desarrollo cognitivo, esto es, la propensión al aprendizaje, no es algo estático, sino que evoluciona con la edad de la persona, así define cuatro etapas que constituyen la base del conocimiento. Una etapa de desarrollo intelectual se refiere a un período durante el cual las actividades y el razonamiento de una persona están caracterizadas por ciertos rasgos comunes, esto es, un período señalado por la capacidad de hacer determinadas cosas y no otras, y de habérselas con el mundo de maneras determinadas. Las etapas que Piaget distingue son i) sensorio-motriz, ii) pre-operacional, iii) de las operaciones concretas y iv), de las operaciones formales. De esta manera, entre el estímulo y la respuesta existe un proceso mental, lo cual queda esquematizado así:

E-O-R

donde *E* representa al estímulo, *O* a la operación mental (identificación, análisis, decodificación, razonamiento analógico, pensamiento hipotético deductivo, etc.) y *R* es la respuesta.

Que un individuo pase, de la etapa de las operaciones concretas a las operaciones formales, implica el paso del pensamiento empírico inductivo al pensamiento hipotético deductivo. La etapa del pensamiento formal está caracterizada por los patrones de razonamiento: aislamiento y control de variables, razonamiento proporcional, lógica combinatoria, razonamiento correlacional, y razonamiento hipotético-deductivo.

2.2.1.3 Teoría Sociocultural (Vigotsky)

Vigotsky pasa, con los mismos materiales de la reflexología y de Piaget, a construir un modelo en que el hombre (*M*) controla *E* y *R* activamente, imponiéndoles su voluntad y creando un sistema complejo. Así, el esquema de Piaget queda modificado de la siguiente manera (Álvarez y del Río, 1990):

E – M – O – M – R

En palabras de su autor (Vigotsky, 1988), *la mediación se produce por la interposición de un ser humano intencionado que media entre el mundo y el organismo, creando una propensión o tendencia al cambio por la interacción directa con los estímulos*. El esquema que representa esta definición es el siguiente:

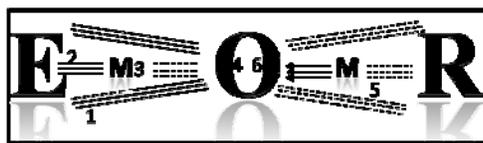


Figura 2.2. Esquema de mediación. Muestra las diferentes regiones de interacción mediador-estudiante.

E = estímulo

O = Organismo que es la estructura cognitiva del estudiante, está expuesto al ambiente todo el tiempo.

R = Respuesta.

M = Mediador, quien adapta y modela los estímulos al nivel y necesidades del estudiante.

Región 1: Exposición directa a los estímulos que lo modifican poco o nada.

Región 2: El mediador intercepta los estímulos.

Región 3: Los organiza y los planifica para interactuar.

Región 4: Con esta mediación se dan cambios en un área de la estructura cognitiva que posteriormente se expandirá; y también ayudará al desarrollo de habilidades y a aprender mejor.

Región 5: El mediador intercepta la respuesta y la realimenta.

Región 6: La estructura cognitiva del estudiante se beneficia nuevamente, ahora con la realimentación del mediador.

i). Aspectos relevantes de la Experiencia de Aprendizaje Mediado (EAM)

- El mediador se interpone entre el aprendizaje y selecciona los estímulos con herramientas mediadoras. Cuando media el estímulo afecta las funciones mentales que son requisitos para el aprendizaje.
- La Mediación busca dar las herramientas para que el estudiante pueda desarrollarse en todas las áreas, en la medida de que hay más experiencias mediadoras, el

estudiante tiene más armas para aprender de su propia experiencia. Equipa al estudiante para que aprenda a ser autónomo en su aprendizaje.

- Es la calidad de la mediación la que provoca cambios, no la cantidad. El cambio que haya en la estructura afectará el resto.
- El propósito de la EAM, es crear seres humanos que aprendan de manera autónoma
- Ayuda a desarrollar en el estudiante los prerrequisitos de aprendizaje.
- Prepara al individuo para llevar a cabo aprendizaje a través de experiencias directas a los estímulos ambientales (Vigotsky, 1988).

Se consideran interacciones mediadoras cuando:

- Existe alta calidad en la mediación.
- Se pueden ver los efectos significativos en los estudiantes.
- El mediador se observa así mismo para evaluar y modificar (ajustar a las necesidades del estudiante) su estilo de mediación (Vigotsky, 1988).

Las condiciones para el desarrollo de las habilidades del pensamiento y del aprendizaje, según Sasson (2005), son:

- Un potencial de aprendizaje.
- Un Mediador eficiente.
- Un ambiente de aprendizaje favorable.
- Un conjunto de contenidos apropiado y disponible.

La exposición directa a estímulos ciertamente produce cambios en el individuo, pero éstos no son de gran calidad ni suficientes para permitir en él un alto grado de modificabilidad. Según Sasson (2005), la experiencia de aprendizaje a través de un mediador favorece que el estudiante desarrolle sus habilidades cognitivas, la flexibilidad, la autoplaticidad y la modificabilidad.

El objetivo principal de la Experiencia del Aprendizaje Mediado es ofrecer al estudiante las herramientas adecuadas para enriquecerse de los estímulos; que el estudiante sea consciente de su desarrollo; la formación de una concepción del mundo propia en la solución de problemas relacionados con la vida práctica; desarrollar una actitud autónoma, activa y autodidacta, la cual garantice a los estudiantes la adquisición de conocimientos y hábitos que pueda aplicar no sólo en un contexto escolar, sino también en su vida diaria (Sasson, 2005).

Sasson considera que un buen mediador debe tener en su perfil cualidades que le permitan ser modelo de aquello que va a mediar. Debe tener conocimiento de todo aquello que facilite o dificulte el correcto funcionamiento de los sujetos mediados (Sasson, 2005).

En esta teoría no cualquier interacción entre el mediador y el sujeto es considerada una experiencia de aprendizaje mediado. Para que esto suceda, el mediador debe estar animado por la intención de hacer que otra persona perciba, registre, comprenda y experimente de modo cognitivo y emocional, determinados estímulos, hechos, relaciones o sentimientos (Sasson, 2005).

ii). La Zona de Desarrollo Próximo

La Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) es uno de los conceptos más importantes sobre los que Vigotsky trabajó, se refiere a la distancia entre el nivel actual de desarrollo, determinado por la capacidad de resolver independientemente un problema y el nivel de desarrollo potencial, determinado a través de la resolución de un problema bajo la guía de un adulto o en colaboración con otro compañero más capaz (Vigotsky, 1988), es decir, es la distancia que existe entre lo que un estudiante puede hacer por sí mismo y lo que es capaz de lograr bajo mediación.

De acuerdo con esta definición, las experiencias de aprendizaje no se diseñan exclusivamente con base en el nivel de desarrollo alcanzado por el estudiante, sino se incluyen también experiencias de aprendizaje que pueda resolver con un poco de ayuda. De ser una experiencia individual, el aprendizaje se convierte en un proceso social, donde los otros pueden ser agentes de desarrollo. El razonar juntos, el monitoreo en la ejecución de una tarea como estrategia de avance, implica que aquellas funciones, como pensamiento y lenguaje, que se pensaban como internas, ahora tienen un origen social, en donde no sólo los contenidos sino las estructuras mismas siguen una ley de formación: en el desarrollo cultural del estudiante, toda función aparece dos veces, primero a nivel social, y más tarde a nivel individual; primero entre personas y después en el interior del propio estudiante. Todas las funciones superiores se originan como relaciones entre seres humanos (Vigotsky, 1988).

A diferencia del enfoque piagetano, la dirección del desarrollo no podría seguir siendo atribuida a las fuerzas biológicas internas del organismo en evolución, ya que el

papel de lo social y de los instrumentos culturales como la educación vendrían a ser determinantes. La imitación y el juego se confirmaban de nuevo como poderosas herramientas para *jalar* el desarrollo actual a una zona potencial (Del Río Lugo, 2009).

El concepto de ZDP es importante para explicar los progresos en la construcción del conocimiento que las personas van realizando a partir de las interacciones con otras personas que poseen mayor experticia y de la ayuda adecuada de los profesores con relación a dichos progresos (Del Río Lugo, 2009).

Aunque la ZDP es una zona de interacción, los límites de posibilidad de actuar son distintos y están definidos desde distintos ángulos y perspectivas. El estudiante llega con un juego de posibilidades de movimiento y de acción (límites físicos, biológicos, cognitivos, culturales, familiares) a encontrarse con la zona del otro con quien actuará. El adulto también canalizará la actividad conjunta hacia metas previamente establecidas orientadas por valores culturales externos. En cada fase habrá que redefinir los nuevos valores, tanto de movimiento como de restricción, de los que estén involucrados en este proceso de interacción o socialización y los resultados no serán de ninguna manera lineales o acumulativos, sino sujetos a transformaciones (Del Río Lugo, 2009).

Del Río Lugo (2009) destaca tres elementos importantes de esta teoría:

1. Si las tareas propuestas son sociales, no son neutrales. Están cargadas de significación cultural y por tanto no podemos esperar que los tipos de interacción exitosos que se den en una cultura, funcionen en otro contexto donde los significados y reglas sean distintos.
2. No se puede hablar de una sola ruta de desarrollo. Habrá tantas como diversidad de significados y de valores pudiera haber. Y pudiera esperarse también que una misma tarea se resuelva de múltiples maneras, muchas de ellas inesperadas para el mismo experto, o bien que el estudiante muestre más limitaciones para realizar una tarea que para otra, aunque estén en el mismo dominio, por lo que esta Zona de Desarrollo Próximo no es necesariamente uniforme
3. El agente promotor del desarrollo no necesariamente tiene que ser una persona. El papel de las herramientas culturales es que pudieran funcionar en sí mismas como agentes de desarrollo (un libro, la computadora, un

programa de tv, la música o cualquier otra producción cultural). La apropiación de estas herramientas señalaría el paso de esta zona potencial a un nuevo estadio (poder escribir, hablar, hacer música, etcétera).

La noción de ZDP se ubica en el lugar de la enseñanza como un pivote que expande las posibilidades de aprendizaje del estudiante, al convertir sus experiencias en desarrollo (Del Río Lugo, 2009).

Como una zona de construcción del conocimiento, la ZDP es una zona de intersubjetividad: un lugar de encuentro de mentes, de negociación de significados y de clarificación progresiva a medida que avanza la interacción o el desarrollo de la tarea. La tarea en un inicio no es más que un plan, una ficción estratégica, un esquema utilizado para ponerlo en una puesta en común. No es necesario que haya una comprensión totalmente compartida de la actividad (Del Río Lugo, 2009).

2.2.1.4 El Aprendizaje por Descubrimiento (Brunner)

Brunner, un psicólogo norteamericano, difusor de las teorías constructivistas de Piaget y Vigotsky, se dedicó a trabajar sus ideas acoplándolas a la figura de *tutoría* en la educación (Del Río Lugo, 2009), así como al contexto de la interacción temprana madre-hijo como modelo para investigar el funcionamiento de la Zona de Desarrollo Próximo. Para explicar esta tarea, Vigotsky utilizó la metáfora: *guiamos al niño, construyéndole andamios para que pueda moverse con libertad en esta zona no consolidada* (Del Río Lugo, 2009). El andamiaje o ayuda consistiría en graduar finamente la dificultad de la tarea, así como el grado de ayuda, de tal manera que no fuera tan fácil que el estudiante perdiera interés por hacerla, ni tan difícil que renunciara a ella. Gradualmente se moverían los papeles, en la medida que el estudiante pudiera autorregularse, y en varias de estas actividades lúdicas una señal clara de ello se daría al intercambiar los papeles de interacción. El niño no sólo aprendía la actividad sino con ella se apropiaba de las reglas de interacción que gobernaban y regulaban la actividad a aprender. Estaba pues aprendiendo la gramática de la interacción. El acento por tanto no estaba en aprender nuevas destrezas mediante una instrucción programada a la manera de los conductistas, sino en incorporar y asimilar el significado social y cultural de la actividad.

El concepto de andamiaje, desde el marco referencial constructivista, implica la consideración de que no sólo la construcción del conocimiento es un proceso, sino también lo es la ayuda pedagógica. Estos progresos se dan en la Zona de Desarrollo Próximo (Del Río Lugo, 2009).

Las aplicaciones educativas que se desprenden de lo anterior se pueden concretar en los siguientes puntos (Del Río Lugo, 2009):

- a) Destacar la importancia de las actividades y contenidos cotidianos en el aprendizaje de los conceptos escolares.
- b) Desarrollar el aprendizaje significativo, lo cual significa que el profesor debe ir más allá del aula, porque el conocimiento escolar crece dentro del análisis de la vida diaria.
- c) Favorecer el uso de los conceptos de la vida diaria con los conceptos escolares o científicos; de esta manera los conceptos de la vida diaria llegan a formar parte de un sistema de conocimiento, adquiriendo conciencia y control.

No es necesariamente cierto que el único que se beneficie y pueda transformarse sea el aprendiz. El desarrollo es un proceso abierto, incierto, inacabado y siempre en construcción; el papel del maestro es llegar a ser un colega más en esa comunidad académica, cuya responsabilidad sea la de actuar como líder en la co-construcción del conocimiento (Del Río Lugo, 2009).

2.2.1.5 Mediación de Significados

La mediación del significado consiste en presentar las situaciones de aprendizaje de forma interesante y relevante para el estudiante, de manera que se implique activa y emocionalmente en la tarea o actividad (Sasson, 2005).

Se media el significado cuando el mediador despierta en el estudiante el interés por la tarea en sí; discute con él acerca de la importancia que tiene la tarea, y le explica la finalidad que se persigue con las actividades y con la aplicación de las mismas (Sasson, 2005).

El aprendizaje con significado es un proceso que consiste en relacionar la nueva información con la ya existente en la estructura cognitiva. Las cosas y las palabras poseen un significado que va más allá del que el estudiante da por su propia necesidad. Por ello la

mediación del significado se refiere, entre otras cosas, a despertar la conciencia y la necesidad de los diversos significados de las palabras y situaciones; a la adquisición de medios que ayuden a distinguir lo subjetivo-particular de lo objetivo-universal de los significados; y a atribuir valores sociales y culturales a diferentes fenómenos (Sasson, 2005).

Se presentan las situaciones de aprendizaje de forma interesante y relevante para el estudiante, que signifiquen algo para él, que penetren en su propio sistema de significados, posibilitando las relaciones entre los aprendizajes adquiridos (Sasson, 2005).

2.3 Dimensión Didáctica

La dimensión didáctica describe las características de los diferentes modelos de enseñanza que se han estructurado para configurar los currículos para enseñar física en las diferentes instituciones educativas del mundo, lo que da las herramientas metodológicas para transferir a las tareas del aula las herramientas teóricas abordadas en la dimensión cognitiva. Concretamente da fundamento a la estrategia Ciclos de Aprendizaje que se pone a prueba para la adquisición del concepto de energía mecánica.

Por otro lado, da la pauta en la definición de las variables de la investigación, así como de sus indicadores; ayuda en el planteamiento de la metodología de la investigación y provee de un marco de referencia en la interpretación de los resultados del presente estudio.

2.3.1 El Modelo Habitual de Enseñanza y Aprendizaje del Concepto de *Energía Mecánica*

En la enseñanza tradicional el contenido conceptual y las habilidades de investigación se abordan de manera separada: el contenido se enseña de manera expositiva y la práctica científica se enseña a través de experimentos de laboratorio (Ackoff y Greenberg, 2008).

La enseñanza tradicional conduce a la comprensión superficial ya que pone énfasis en la memorización y repetición de hechos. Los autores apuntan que ya desde hace 75 años, la focalización en la memorización conduce a *conocimiento inerte*, que no puede ser recuperado cuando se requiere (Ackoff y Greenberg, 2008).

Los cursos introductorios de física generalmente están considerados por estudiantes y profesores, como una colección de hechos, no se enseñan habilidades de razonamiento y

aprendizaje, sino que la mayoría de los estudiantes sólo memorizan (Ackoff y Greenberg, 2008).

2.3.2 Ciclos de Aprendizaje

Karplus (1980), de la Universidad de Nebraska, ha desarrollado una flexible estrategia para el aula, llamada *Ciclos de Aprendizaje*, dichos ciclos interconectan conceptos y habilidades de investigación a través de actividades que incorporan el auténtico método científico. (Abraham, 1998; Renner y Stafford, 1972, cit. por Turkmen y Usta, 2007; Zollman, 1990).

La estrategia *Ciclo de Aprendizaje* fue desarrollada desde 1972, sin embargo su implementación en las aulas es una tarea difícil (Marek y Cavallo, 1997). Pero ya que el estado del arte ha mostrado su productividad, ha sido elegido para desarrollar la presente tesis.

Por otro lado, ya que para corregir las ideas previas [concepciones que tienen las personas en torno a los conceptos científicos (Mora y Herrera, 2009)] se requiere tanto que los estudiantes tomen consciencia de su idea previa y se sientan insatisfechos con ella, como de reemplazarla con un concepto que esté disponible, que sea plausible y aplicable. El ciclo de aprendizaje identifica las ideas previas desde la primera fase del ciclo y por lo tanto, los profesores pueden fácilmente redirigir la actividad. Básicamente el ciclo de aprendizaje incide en la mejor comprensión del concepto, mejora de la solución del problema y mejores habilidades de laboratorio (Marek y Cavallo, 1997).

Los estudios han demostrado que la comprensión de los conceptos en ciencia está relacionada con el nivel de desempeño cognitivo de los estudiantes, en efecto, los estudiantes que se encuentran en el nivel concreto operacional, según Piaget, no pueden entender conceptos formales de la ciencia hasta que entran a la etapa formal de pensamiento, por lo que muchos estudiantes no se pueden beneficiar de los conocimientos de la ciencia y es cuando ocurren las ideas previas. Debido a que los conceptos concretos sólo pueden ser entendidos a través de la experiencia, los estudiantes no son capaces de entender conceptos abstractos (Lawson y McDermott, 1987).

Los profesores tienen que saber las ideas de los estudiantes antes de elegir las experiencias en aula, del concepto a presentar (Lawson y McDermott, 1987).

De acuerdo a Piaget, tres factores: experiencia directa, conflicto cognitivo, e interacción social ayudan a los estudiantes a construir su propio conocimiento a través de experiencias formales e informales, de aprendizaje (Karplus, 1980). Adicionalmente, el constructivismo social de Vigotsky establece que la interacción social es la forma en que los estudiantes construyen nuevo conocimiento (Vigotsky, 1988).

El *Ciclo de Aprendizaje* está constituido por tres fases: la fase de exploración, en la que las actividades van dirigidas exclusivamente a los estudiantes; la fase de invención, o formalización de conceptos, en donde el profesor tiene oportunidad de mediar los significados en los estudiantes; y la fase de aplicación, en donde se hacen generalizaciones y extensiones del concepto (Karplus, 1980).

En la fase de exploración, en la que los estudiantes exploran un concepto, está relacionada con la asimilación y el desequilibrio, ya que cuando la información se recibe del mundo exterior, la cual está muy alejada de su estructura mental, el estudiante no le encuentra sentido a lo que está rechazando su mente y estará en un estado de desequilibrio, o si la información adecua la realidad externa a su estructura cognitiva existente puede asimilarlo fácilmente en su mente. Durante la fase de exploración el estudiante interactúa con el ambiente de laboratorio mientras observa informalmente y experimenta o asimila la esencia del concepto. La experiencia es dirigida por el profesor, quien establece una meta general, el equipo de laboratorio a usar, y algunas ideas generales acerca del concepto a abordar. El mediador le pide al estudiante que explore el concepto experimentalmente, con tanto detalle como pueda, y que lo relacione con experiencias que haya tenido (Zollman, 1990). En esta fase hay que tener cuidado de no decirles a los estudiantes qué datos se usarán en el desarrollo del concepto deseado, mucho menos pedirles la interpretación de los datos prematuramente.

Durante la fase de invención o desarrollo del concepto, se espera que el estudiante formalice sus observaciones de la exploración. Puede ser una actividad experimental, o una exposición de conceptos y principios. El mediador toma un papel activo en la presentación del concepto; en este punto los estudiantes redefinen, cambian o inventan estructuras mentales, estarán en etapa de acomodación en esta fase del ciclo, porque le dan su propio significado a sus observaciones. Ya sea que ajusten el nuevo concepto en sus estructuras

mentales o que no construyan una nueva estructura mental y por lo tanto caigan nuevamente en fase de desequilibrio (Karplus, 1980).

Durante la fase de aplicación el estudiante continúa expandiendo el concepto, o lo aplica a nuevas situaciones (Karplus, 1980), a través de la realización de más actividades, así como a través del uso de fuentes adicionales para la investigación (Zollman 1990; Turkmen, 2007). La expansión de la idea puede involucrar experiencias adicionales de laboratorio, demostraciones, lecturas, preguntas y/o conjuntos de problemas para la aplicación del concepto y conduce a un entendimiento más profundo de las teorías y los modelos. Esta fase de aplicación coincide con la fase de organización en el funcionamiento mental, según Piaget. La intención de la fase es ayudar a la organización y generalización del conocimiento ajustando las estructuras mentales y transfiriendo de un contexto a otro.

A diferencia de la enseñanza tradicional, a través del *Ciclo de Aprendizaje* se adquiere un aprendizaje basado en investigación y su objetivo es mejorar el aprendizaje y proveer a los estudiantes con más experiencias auténticas, similares a las de los científicos reales, que además están en concordancia con la naturaleza de la ciencia y su rol es superar el conocimiento inerte describiendo cómo las actividades de aprendizaje pueden fomentar la comprensión conceptual útil que estará disponible para el estudiante cuando lo requiera (Karplus, 1980).

Afirma Zollman (1990), que el *Ciclo de Aprendizaje* es una forma de traducir el proceso de investigación científica utilizado por los científicos para mejorar la comprensión de un proceso en los estudiantes. Añade además, que permite superar las ideas previas en cuanto a comprensión del concepto, mejora de la resolución de problemas y mejora en las habilidades de laboratorio. Menciona finalmente, que las habilidades de laboratorio, que consisten en planear la investigación, coleccionar datos, probar hipótesis, interpretar resultados, y elaborar conclusiones, es otra forma de aprender acerca de un concepto.

Con el *Ciclo de Aprendizaje* los estudiantes son más activos y participantes en su aprendizaje, al hacer preguntas, experimentar, investigar, comunicarse con sus compañeros, y hacer conclusiones. Con el ciclo de aprendizaje los estudiantes son responsables de alguna parte de su aprendizaje durante la fase de exploración los estudiantes toman responsabilidades y ganan autoestima al ser capaces de tener logros al resolver problemas por sí mismos. Un ambiente de aprendizaje donde ocurre desequilibrio, seguido por

acomodación bajo la guía de un mediador, se requiere si se quieren superar ideas previas, que el ciclo de aprendizaje, que tiene sus bases en el modelo Piagetiano de inteligencia, debe elaborarse de tal manera que conduzca a los estudiantes a un desequilibrio; el mediador tiene que hacer la conexión entre el mundo real y el concepto de la ciencia, ya que si el estudiante está en desequilibrio, está en proceso de construir nuevo conocimiento e insertarlo en su esquema, el ciclo de aprendizaje ocasiona que los estudiantes hagan preguntas, y presenten nuevas ideas plausibles y útiles (Karplus, 1980).

El rol del mediador, en primer lugar es diagnosticar las ideas previas de los estudiantes, para luego encontrar la mejor solución para superarlas; enfocar en el nivel cognitivo del estudiante para eliminar las ideas previas, porque la mayor parte de los estudiantes se encuentran en el nivel concreto de pensamiento, por lo tanto para estos estudiantes lo mejor es enfocar la clase ligando concepto-experiencias concretas y posteriormente ligar experiencia concreta-conceptos abstractos. Cuando los estudiantes crean estos vínculos en su mente, corrigen sus ideas previas y desarrollan aprendizaje significativo del nuevo concepto. El *Ciclo de Aprendizaje* permite a los estudiantes hacer dichas ligas y por lo tanto eliminar las ideas previas. Lawson y McDermott (1987), hacen notar la sugerencia de diversos autores en que la prioridad principal de los profesores de ciencias es poner atención en el desarrollo cognitivo; que si se quiere disminuir las ideas previas, tenemos que incrementar la experiencia. Sólo las actividades de laboratorio (la fase de exploración del *Ciclo de Aprendizaje*) hacen recordar conceptos y clarificar las ideas, mejor que otros métodos.

Otra tarea del mediador es mejorar la capacidad de sus estudiantes considerando actividades de manos a la obra, porque los estudiantes con alto coeficiente intelectual, han adquirido mayores habilidades de experimentación que los estudiantes con bajo coeficiente intelectual, porque se ha demostrado que la enseñanza por experimentación incrementa los puntajes de coeficiente intelectual, es decir, estimula el desarrollo intelectual.



3. Metodología

Esta sección comprende la definición y fundamentación del diseño que se usó para la investigación; la descripción de los sujetos que se estudiaron; el prototipo didáctico y el procedimiento que se siguió tanto como para la aplicación del prototipo, como para conocer la incidencia de la mediación de significados en la aprehensión del concepto de Energía Mecánica y en las actitudes de estudiantes de Ingeniería.

Con el fin de probar la hipótesis propuesta *-Los estudiantes que bajo aprendizaje significativo, esto es, los que partiendo de sus preconcepciones de energía mecánica y experimentando un proceso de aprendizaje mediado, hasta formular el principio de conservación de la Energía Mecánica, tendrán mejor desempeño en la solución de problemas numéricos que involucran energía, que aquellos que estudian el concepto de energía mecánica de manera tradicional-* se siguió un diseño pre y post-test, con grupos control y experimental.

3.1 Variables Estadísticas:

Variable independiente: Tratamiento a través de diferentes niveles de mediación de significados (aprendizaje significativo).

Variable dependiente: Promedio del puntaje en el test *Inventario del Concepto de Energía Mecánica (ICEM)* y comentarios de estudiantes.

En el experimento se utilizó el nivel mínimo de manipulación de la variable independiente.

3.2 Diseño de la Investigación

Ya que el proceso de investigación se aplicó secuencialmente; se plantearon objetivos, preguntas de investigación y se estructuró un marco teórico, entonces el presente es un estudio cuantitativo con un componente cualitativo; esto es, con el fin de tomar en

consideración la conducta total de los sujetos, y no simplemente la forma que toman sus respuestas o sus argumentos, se hizo un análisis a través de la observación de los diálogos entre el estudiante y la profesora, tomando como base los criterios del aprendizaje significativo.

La finalidad de la tesis fue realizar una investigación experimental con un diseño correlacional, ya que se evaluó el grado de relación que existe entre las variables: independiente (aprendizaje significativo) y dependiente (desempeño al resolver problemas que involucran energía mecánica); los indicadores son el puntaje obtenido en el test ICEM y los procesos de cognición y metacognición de los estudiantes. Por otro lado, ya que se manipularon variables con el propósito de comprobar una hipótesis, el presente estudio corresponde a una investigación experimental, con un diseño multivariado, de la forma:

X	O_1	O_2	☀	O_3	O_4	O_5
Y	O_6	O_7		O_8	O_9	—

Figura 3.1. Diseño de la investigación

donde:

X representa al grupo experimental.

Y representa al grupo control.

O_1 , O_6 , O_3 y O_8 representan el test de Lawson de razonamiento científico (Lawson, 1978).

O_2 , O_7 , O_4 y O_9 representan el cuestionario de Energía Mecánica.

O_5 representa la entrevista.

☀ representa la aplicación del *Prototipo Didáctico* elaborado con base en la estrategia *Ciclos de Aprendizaje* de Karplus, el aprendizaje significativo de Ausubel y los criterios de mediación de Vigotsky.

3.2.1 Tipo de Estudio

Al tomar grupos previamente conformados el estudio fue un *cuasiexperimento*, ya que no se seleccionó la muestra al azar; fue de tipo explicativo ya que fue más allá de la descripción de las relaciones que se encontraron entre las variables experimentales, es decir, estuvo dirigido a explicar por qué dos o más variables están relacionadas. El *grupo experimental*, recibió las clases del tema Energía Mecánica, bajo el enfoque del aprendizaje

significativo y con la estrategia *Ciclos de Aprendizaje*, en el laboratorio de física; el *grupo control*, tomó las clases bajo el enfoque de la enseñanza tradicional y en el aula tradicional. Siguiendo la recomendación de los autores se trabajó con grupos de no menos de 15 estudiantes.

3.2.2 Sujetos

El experimento se realizó con una población formada por el total de los estudiantes que se encontraban cursando la asignatura de Física 2 de la carrera Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Apizaco, Tlaxcala, México. La muestra estuvo conformada por uno de dichos grupos, con 31 estudiantes, que oscilaban entre los 17 y 20 años de edad. De los 31 estudiantes de la muestra, se seleccionaron, al azar, 16 estudiantes, quienes conformaron el grupo Experimental, de los cuales seis fueron mujeres y 10 hombres. De la misma muestra se seleccionaron, también al azar, 15 estudiantes entre los cuales había tres mujeres y 12 hombres, quienes conformaron el grupo Control.

3.2.3 Instrumentos

Los instrumentos usados en la presente investigación fueron los siguientes:

El test de Lawson de razonamiento científico, el test de Raven y el Inventario del Concepto de Energía Mecánica (ICEM).

3.2.3.1 Test de Lawson de Razonamiento Científico

El test de Lawson (1978) fue diseñado de acuerdo a las propuestas de Piaget, para proporcionar un prueba válida y confiable de los niveles de desarrollo cognitivo, en particular el nivel de razonamiento formal. Fue diseñada para permitir a los profesores e investigadores, clasificar el desempeño de los estudiantes en niveles de desarrollo; consta de 24 preguntas de respuestas de opción múltiple que miden seis aspectos del razonamiento (Coletta y Phillips, 2005):

- (1) conservación de magnitudes física,
- (2) pensamiento de proporcionalidad,
- (3) identificación y control de variables,
- (4) pensamiento probabilístico,

(5) pensamiento combinatorio, y

(6) pensamiento correlacional.

Para obtener una respuesta correcta, el estudiante debe seleccionar, a la vez, la respuesta correcta y la explicación correcta. Si una o ambas son incorrectas, no se asignará puntaje, así que el máximo puntaje que puede ser obtenido es 12 puntos.

Los patrones de razonamiento evaluados por las preguntas son:

- Preguntas 1 y 2: Conservación del peso.
- Preguntas 3 y 4: Conservación del volumen desplazado.
- Preguntas 5 y 6: Pensamiento proporcional.
- Preguntas 7 y 8: Pensamiento proporcional avanzado.
- Preguntas 9 y 10: Identificación y control de variables.
- Preguntas 11, 12, 13 y 14: Identificación y control de variables y pensamiento probabilístico.
- Preguntas 15 y 16: Pensamiento probabilístico.
- Preguntas 17 y 18: Pensamiento probabilístico avanzado.
- Preguntas 19 y 20: Pensamiento correlacional (incluye proporciones y probabilidad).
- Preguntas 21 y 22: Pensamiento Hipotético-deductivo.
- Preguntas 23 y 24: Razonamiento Hipotético-deductivo.

Para determinar el nivel de razonamiento de los estudiantes se considera la siguiente escala:

- De 0-4 respuestas correctas: Concreto Operacional.
- De 5-8 respuestas correctas: En Transición.
- De 9-12 respuestas correctas: Formal Operacional.

3.2.3.2 Test de Raven

El test de Raven consiste de un conjunto de láminas en las que hay una pieza faltante; el individuo debe analizar la serie que se le presenta y que siguiendo la secuencia vertical y horizontal, escoja uno de ocho trazos para colocarlo en el lugar de la pieza faltante. Mide en el sujeto la habilidad de percepción, observación, comparación de formas, razonamiento analógico, razonamiento hipotético-deductivo (Clínica Psi, 2008; Test de Raven, 2009). Se

aplicó la escala general, que consiste de 12 elementos en cinco series, donde la complejidad va aumentando.

3.2.3.3 Inventario del Concepto de Energía Mecánica (ICEM)

El Inventario del Concepto de Energía Mecánica, ICEM, consta de cuatro cuestionarios: i) respuesta restringida (RR), con 26 reactivos; ii) preguntas de ensayo (PE), con 28 reactivos; iii) preguntas de opción múltiple (OM), con 19 reactivos y iv) problemas numéricos (PN), con 24 problemas. Fue elaborado a partir de reactivos del Energy Concept Inventory, elaborado por *The FITW Physics Study Group Gregg Swackhamer del Proyecto de Modelo Instruccional del Glenbrook North High School*; del libro Física Conceptual de Hewitt (1998), así como del Inventario del Concepto de Fuerza (FCI) (Hestenes *et al.*, 1992).

i). Confiabilidad del ICEM

Para determinar el grado en que los reactivos del examen contribuyen a la confiabilidad del instrumento ICEM, se analizaron los reactivos utilizando los métodos de índice de dificultad, poder de discriminación y confiabilidad, esto es, se buscó que fueran consistentes, estables y exactos.

El índice de dificultad de los reactivos se calculó con la expresión:

$$ID = (S+I)100/2n,$$

donde:

$ID \equiv$ índice de dificultad.

$S \equiv$ Número de estudiantes de grupo superior que respondieron correctamente al reactivo.

$I \equiv$ Número de estudiantes del grupo inferior que respondieron correctamente al reactivo.

$n = 16$, correspondiente al 27% del total de estudiantes a los que se les aplicó.

Se seleccionó el 27% de las puntuaciones más altas y el 27 % de las más bajas en el total de los estudiantes. El ID osciló entre 60 y 80%, por lo tanto, se concluye que son reactivos relativamente fáciles.

El poder de discriminación (PD) se calculó con la expresión:

$$PD = (S - I)/n$$

Obteniéndose un índice superior a 0.40 en todos, por lo que fueron considerados *buenos reactivos*.

El coeficiente de confiabilidad se determinó con el método de división por mitades, en el que se calificaron por separado los reactivos pares y nones, obteniendo dos calificaciones para cada estudiante; se correlacionaron ambas calificaciones con la expresión de Pearson:

$$r_{xy} = (x - x')(y - y')/n dx dy,$$

donde:

r_{xy} \equiv coeficiente de correlación de Pearson.

x, y \equiv puntajes individuales en los reactivos pares y nones, respectivamente.

x', y' \equiv medias de los puntajes pares y nones, respectivamente.

$n = 44$ (número de estudiantes a los que se les aplicó).

dx \equiv desviación estándar de los puntajes pares.

dy \equiv desviación estándar de los puntajes nones.

Se substituyó este coeficiente en la fórmula de Spearman–Brown:

$$r_{11} = 2r_{1/2} / (1 + r_{1/2})$$

r_{11} \equiv índice de confiabilidad del test.

$r_{1/2}$ \equiv coeficiente de correlación entre las dos mitades del test.

Se obtuvo un coeficiente de confiabilidad de 0.89, por lo que se concluyó que existe correspondencia entre las dos mitades del test y por lo tanto, que los resultados son confiables.

3.2.4 Prototipo Didáctico

Con el fin de evaluar el impacto de la mediación de significados en el aprendizaje del concepto de energía mecánica, se diseñó el *Prototipo Didáctico*, que consiste de tres instrumentos: el primero es un Inventario del Concepto de Energía Mecánica (ICEM) que se aplicó, a los dos grupos, antes y después del curso y dio la pauta a la profesora para guiar la construcción del concepto de energía con enfoque significativo; el segundo instrumento, es un cuaderno de trabajo (*Cuaderno de Mediación*) elaborado bajo el enfoque *Ciclos de Aprendizaje*, el aprendizaje significativo y la Experiencia de Aprendizaje Mediado, que conducen al estudiante a través de actividades que van de lo particular a lo general, de lo fácil a lo difícil, de lo concreto a lo abstracto, hasta, por aproximaciones sucesivas, inducir el principio de conservación de energía mecánica, y en segundo lugar, resolver problemas

que involucran energía mecánica y sus transformaciones; el tercer instrumento es el *Dispositivo para Experimentación*, para que los estudiantes exploraran, inventaran, aplicaran conocimientos y pusieran a prueba sus propias hipótesis.

Se aplicaron también el test de Lawson (Lawson, 1978) de razonamiento científico, así como el test de Raven (Test de Raven, 2008), con el fin de seguir las sugerencias de Coletta y Phillips (2005), acerca de la conveniencia de utilizar un cuestionario de habilidades cognitivas, paralelamente al cuestionario de conocimientos, al medir la eficacia de una estrategia alternativa en aula.

3.2.4.1 Cuaderno de Mediación

La elaboración del *Cuaderno de Mediación* inició con la selección del tipo de actividades, de acuerdo al diagrama de Ausubel (ver sección 2.2.1.1), y concluyó con el diseño y elaboración de las actividades para las tres fases del *Ciclo de Aprendizaje*, las cuales se describen en la sección 3.4.4 (*Operación de la estrategia*).

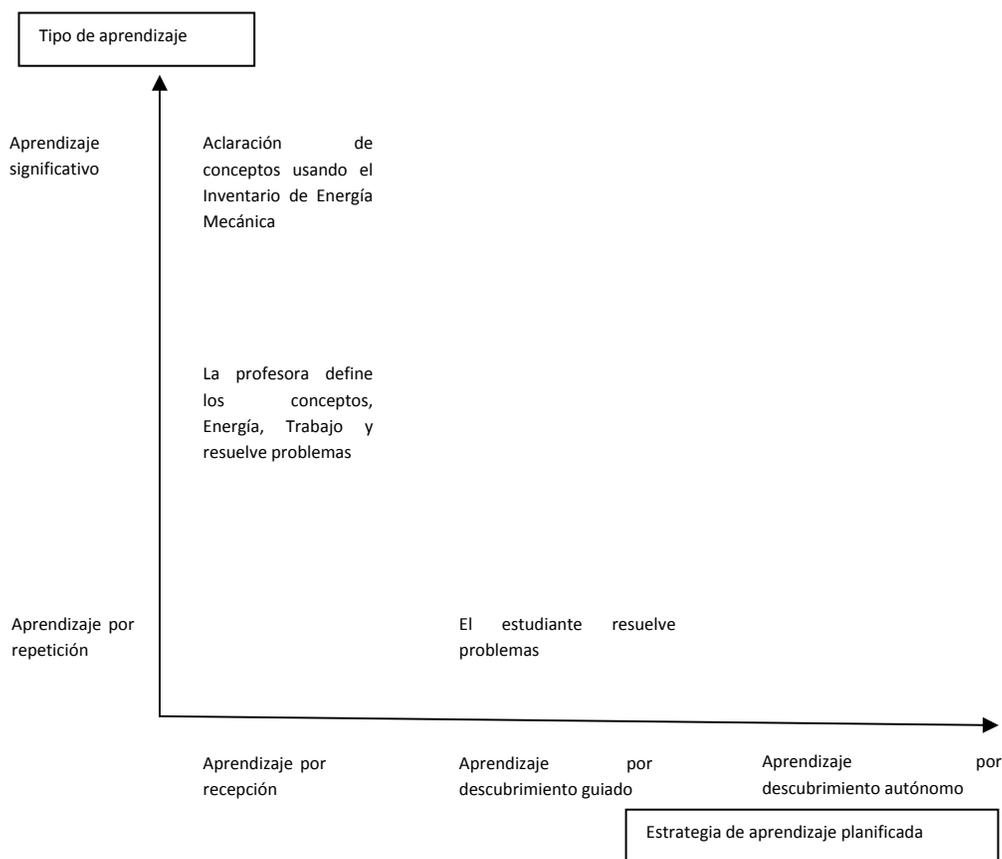


Figura. 3.2. Tipo de actividades del grupo control (actividades centradas en la enseñanza).

Con el fin de que se garantizara un aprendizaje con enfoque superficial (cumplimiento con los requisitos de la tarea y memorización de la información necesaria) para el grupo control, se eligieron los tipos de actividades que muestra la figura 3.2, en la que puede observarse que se eligieron tres tipos de actividades para este grupo: el primero enfocado en el aprendizaje significativo, por recepción; el segundo, enfocado, con mediana intensidad, en el aprendizaje significativo, también por recepción; el tercero enfocado en el aprendizaje por repetición, y por descubrimiento guiado.

Para garantizar un aprendizaje profundo (intención de comprensión por parte del estudiante, fuerte interacción con el contenido, relación de nuevas ideas con el conocimiento anterior y relación de conceptos con la experiencia cotidiana) para el grupo experimental, se seleccionó el tipo de actividades que se muestran en la fig 3.3.

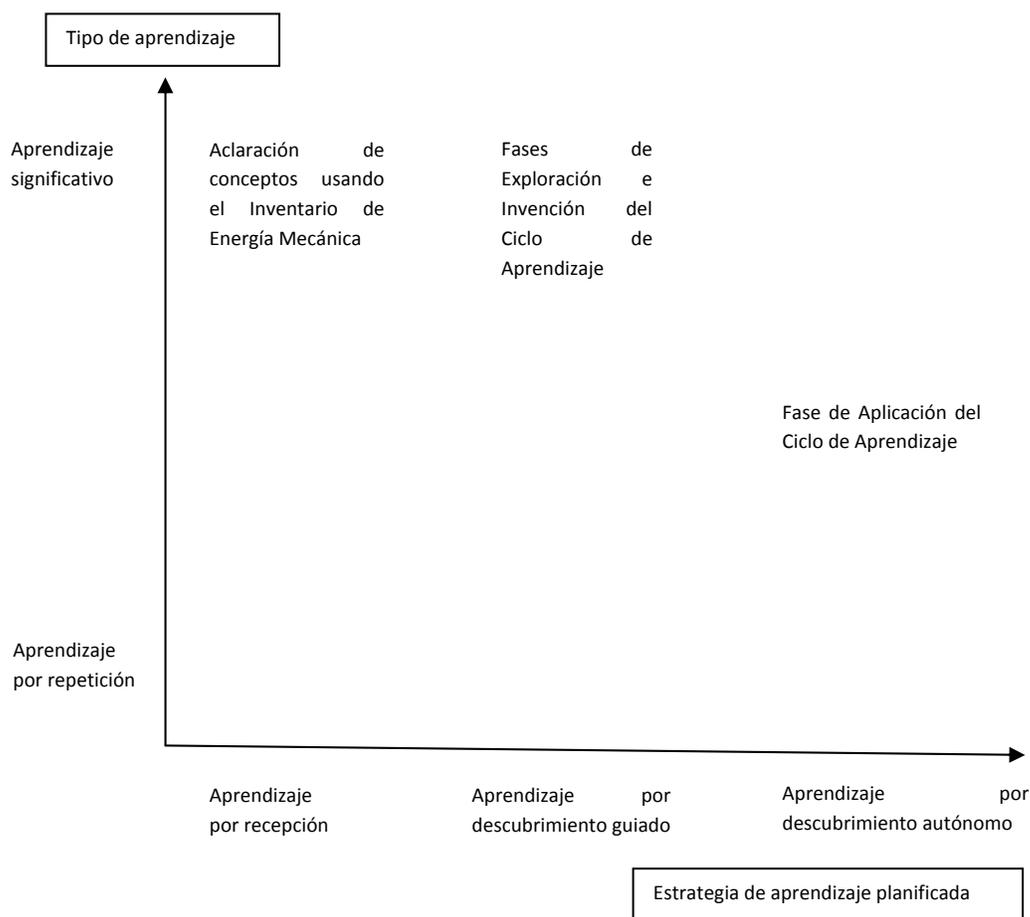


Figura. 3.3. Tipo de actividades para el grupo Experimental (actividades centradas en el aprendizaje).

Como puede observarse, también para el grupo experimental se eligieron tres tipos de actividades: el primer tipo enfocado en el aprendizaje significativo por recepción; el segundo enfocado en el aprendizaje significativo, por descubrimiento guiado; el tercero enfocado en el aprendizaje significativo, por descubrimiento autónomo.

3.2.4.2 Dispositivo para Experimentación

El material requerido para el dispositivo de experimentación fue: una rampa, juego de balines de diferentes tamaños y diferente masa, juego de resortes de diferentes coeficientes de elasticidad, juego de superficies de diferente rugosidad, regla graduada, hojas de papel carbón, hojas de papel blanco, cinta adhesiva, cronómetro, báscula digital y sensor de compresión. El dispositivo para experimentación consistió de una rampa por la que se dejaba rodar un balín (ver fig 3.4).



Figura. 3.4. Dispositivo para las actividades del *Ciclo de Aprendizaje*.

Al final de la rampa se encontraba un resorte que se comprimía al llegar dicho balín. La compresión del resorte se registraba en la computadora a través de un Sensor de Compresión (ver figura 3.5).

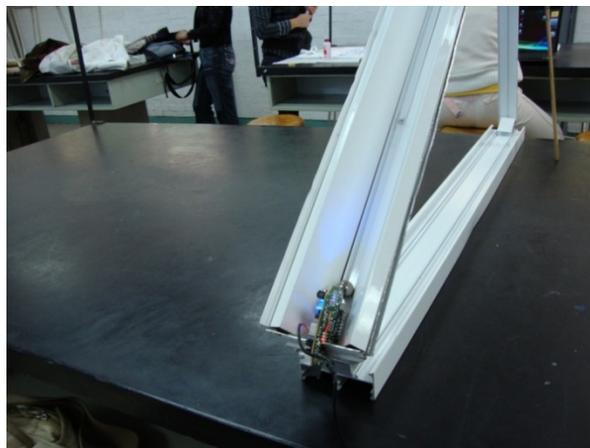


Figura. 3.5. Rampa con Sensor de Compresión

i) Sensor de Compresión

Ya que se dificultaba la observación visual de la compresión del resorte, se diseñó un sensor que permite realizar la medición de dicha compresión, así como enviar el conjunto de datos adquiridos a una computadora, por medio de un dispositivo inalámbrico, que posteriormente son tratados gráfica y estadísticamente.

El dispositivo está basado en la Ley de Hooke. Cuando un resorte se estira una distancia x , la fuerza de restitución ejercida para el resorte, para deformaciones pequeñas, está dada por

$$F = -kx$$

Donde k es la constante del resorte. El signo menos indica que la fuerza del resorte está en la dirección opuesta al desplazamiento.

Material requerido

- Mouse inalámbrico (con complementos).
- Recipiente de plástico (tóper) de 15 cm X 7.5 cm X 3.5 cm.
- Tubo de acero inoxidable de ½" X 20 cm con rosca (estándar o fina de un solo lado).
- Pieza de solera de aluminio 12.5 cm X 2 cm, con grosor de 3 mm.
- 17 tornillos de 1/16" X ¾", con tuercas y roldanas planas.
- Una segueta superflex.
- Pegamento Kola loka.

- Plastiloka
- 1 tapa rosca de envase de refresco.
- 8 rodamientos de hule tamaño pequeño.
- 2 remaches de 1/16" X ¼".
- Resorte para 290.90 dinas/cm, con límite de ruptura elástica de 5cm.
- Carbonato de sodio grano fino.
- 4 tornillos 1/16" X 2".

La parte más importante de este sistema es el sensor de movimiento lineal en este caso se usó una interface inalámbrica de bluetooth, la que tiene su funcionalidad en el scroll con un diámetro de 2.7 cm y con perímetro de 8.48232 cm, en este caso no tendrá un ciclo de 180° completos porque sólo se utilizarán 5 cm de los 8.48232 disponibles.

La construcción del cuerpo del sensor consiste en unir las partes de manera lineal.

Material

- Tubo de acero inoxidable.
- 5 tornillos de 1/16".
- Solera de aluminio.

Equipo

- Taladro con brocas de 1/16" y ½".

Se unieron el tóper y el tubo por medio de la solera, sujetos con los 5 tornillos a manera de copleé con un orificio de comunicación, por lo que se requiere perforar un orificio de ½" en una de las paredes más pequeñas, acoplado de manera que quede como se muestra en las siguientes figuras.

Se procedió a unir la segueta con el resorte, para ello, se requiere eliminar el filo de corte (dientes) de la segueta con el esmeril de abrasivo, la unión del resorte y la segueta se efectuó con un tornillo de 1/16" quedando de la siguiente manera.

Se pusieron las guías de la segueta dentro del tóper, para lo cual se requirieron los 8 rodamientos de hule, estos cuentan con una base plástica que es aprovechada para un fácil acoplamiento con el tóper, algunos de estos cuentan con orificios para el tornillo de 1/16", para los otros es necesario perforar su base y así poder ensamblar una guía, según el grueso

de la segueta se perfora el tóper a modo de que no tenga juego la segueta dentro de la guía, para evitar este efecto se colocaran 4 rodamientos en cada extremo del tóper como se muestra a continuación.

Al concluir el ensamble de los 8 rodamientos se procedió a insertar la segueta y a acoplar el resorte de manera fija a la base en el tubo por medio de la tapa rosca. Se sujetó el resorte, en este caso sólo se necesitó un tornillo de 1/16", pegamento kola loka y carbonato de sodio. Se requiere perforar con la broca 1/16" el centro de la base de la tapa rosca para unirse el tornillo, la tapa y el resorte.

Se inserta la segueta en sus respectivas guías y se aplica carbonato en el hueco que hay entre la tapa rosca y el tubo y se aplica pegamento hasta que se empape todo el carbonato formando una fibra de vidrio, que permitirá crear una rosca a la medida para poder manipular las piezas en algún momento dado.

Para evitar que el resorte llegue al punto de ruptura elástica, es necesario poner un tope posterior a los 5 cm, esto se logra atravesando un tornillo en el tubo de acero inoxidable, de manera que el tornillo que fija al resorte avance hacia el tornillo atravesado no continúe con su trayectoria y sólo pueda la segueta salir de la base (tóper) 5cm. Con ello es necesario poner unos ganchos en los extremos tanto en el tornillo de la tapa rosca y en el orificio sobrante de la segueta para su fácil manejo y pruebas posteriores.

ii) Adaptación del Dispositivo Inalámbrico

Se desarmó el mouse hasta que sólo quedó la placa de circuito impreso con sus componentes (porta pilas, cables para recarga). Después se fijó este circuito a la tapa del tóper de manera que la segueta fuera la base de la rueda del scroll y así cumpliera su funcionalidad como sensor, se fijó con dos tornillos de 1/16". Por lo regular la placa del circuito impreso tiene dos orificios para el tipo de tornillos mencionados anteriormente, para ello, se debió posicionar la parte central para que coincidiera con la segueta, se fijara a la tapa y se perforó de manera que el porta pilas quedara accesible al experimentador, para cuando sea necesario reemplazar las pilas (Ver figura 3.1)

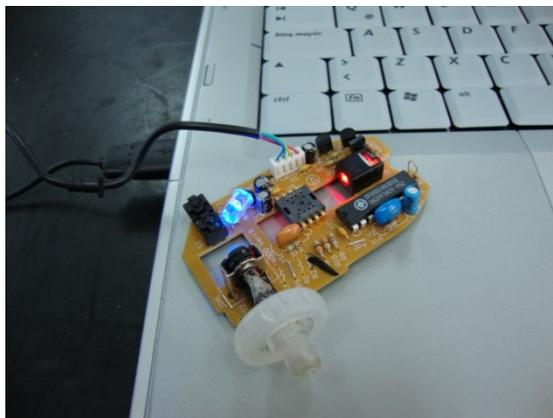


Figura 3.1. Dispositivo Inalámbrico Emisor.

Para calibrar el rozamiento entre la rueda del scroll y la segueta se utilizaron los tornillos de 1/16" X 2", atravesando todo el tóper y poniendo una contra tuerca como tope, después la tapa.

Para finalizar, se procedió a darle estética con la plastiloka, se taparon las imperfecciones o bordes excesivos y se le aplicó un baño de esmalte para proteger al sensor de daños como corrosión en la piezas de metal y afloje de tuercas.

iii) Desarrollo del Software

Para la lectura y adquisición de datos, se realizó el programa *sensomec* para computadora con sistema operativo Windows, en lenguaje *Visual Basic*, que permitió la interacción de la computadora y el sensor por medio de una unidad de *USB*. Se optó por programar en *Visual Basic*, porque es un lenguaje de programación orientado a objetos, por su gran disponibilidad para ser manejado por usuarios inexpertos, que permite crear herramientas de programación visual, además de la posibilidad de crear ambientes donde se tiene una interacción directa con el programa y el sensor. Pero principalmente por la posibilidad de usar las funciones del scroll y sus funciones inalámbricas (Visual Basic. 2008). La figura 3.2 muestra una foto de la pantalla de la computadora durante la recolección de datos.

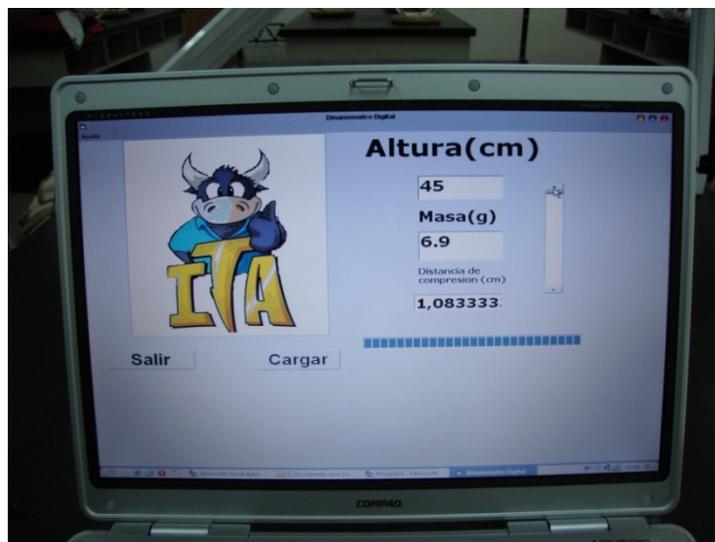


Figura 3.2. Pantalla durante la recolección de datos.

iv) Funcionamiento del Sensor de Compresión

Este programa contiene una barra vertical que permite por medio del scroll del mouse ser deslizado para realizar las lecturas, en tiempo de ejecución, del desplazamiento producido por el resorte, que por medio de una serie de instrucciones permite conocer la distancia de compresión del resorte en centímetros.

Otra funcionalidad de este programa es el de reproducir en voz viva el valor de la lectura tomada, esto se puede realizar gracias a las comparaciones de las cajas de texto con funciones ya determinadas que pueden ser escuchadas presionando un botón que ejecuta las subrutinas de programación necesarias para comparar el resultado de las cajas, y ser reproducido.

3.2.5 Operación de la Estrategia

Esta sección explica la forma en que la profesora aprovechó la experiencia de aprendizaje para construir significados, así como la explicación de las actividades en términos del diagrama SHOHR de Vigotsky, los patrones de razonamiento de Piaget y los conceptos de estructura cognitiva y afianzamiento de información nueva con la ya existente, de Ausubel.

3.2.5.1 Conocimientos esperados:

- i) Conceptuales:
 - Velocidad.
 - Aceleración.
 - Momento de una fuerza.
 - Fuerza.
 - Rozamiento.
 - Energía cinética (E_c).
 - Energía potencial (E_p)
 - Energía potencial elástica (E_δ)
- ii) Procedimentales:
 - Aislamiento y control de variables.
 - Razonamiento proporcional.
 - Razonamiento combinatorio.
 - Razonamiento probabilístico.
 - Reconocimiento de correlaciones.
 - Razonamiento hipotético-deductivo.
- iii) Actitudinales:
 - Precisión en la recopilación de la información.
 - Precisión en las respuestas.
 - Percepción clara.
 - Percepción integral de la realidad.
 - Control de las respuestas.

De acuerdo a la metodología elaborada por Karplus (1980), el ciclo *Energía Mecánica* está constituido por tres partes: i) exploración, ii) invención y iii), aplicación. Las tres fases incluyen 14 actividades, repartidas entre 4 y 6 sesiones, de 50 minutos cada una.

3.2.5.2 Actividades de la Fase de Exploración (dirigidas a los estudiantes)

Al inicio del ciclo, el material requerido ya estaba disponible en sus mesas de trabajo, así como un Cuaderno de Mediación por mesa; esta fase consistió de dos actividades dirigidas a los estudiantes y la profesora se limitó a observar.

1. La primera actividad consistió en que los estudiantes *jugaran* con el sistema, identificaran las variables importantes; encontraran las relaciones entre ellas y las anotaran en el cuaderno de mediación. Identificación de variables relevantes, de acuerdo a Piaget; región 1 del esquema de mediación (Fig. 2.2): *exposición directa a los estímulos; tarea potencialmente significativa*, según Ausubel. Los estudiantes sueltan los balines desde diferentes alturas para hacerlos rodar por el plano inclinado hasta comprimir el resorte que se encuentra al final de la rampa; algunos toman el tiempo, otros miden la distancia horizontal que se desplaza el balón después de que llega a la base de la rampa. Las variables que prueban aquí son masa y altura del balón.
2. La segunda actividad consistió en que identificaran los puntos importantes durante el trayecto del balón y las características de las variables en dichos puntos. Se les entregan las hojas 1 y 2 del cuaderno de mediación. Región 2 y 3 del esquema de mediación (Fig. 2.2): *el mediador intercepta los estímulos, los organiza y los planifica para interactuar*. Los estudiantes determinan cualitativamente la relación entre masa del balón y del resorte y/o, altura del balón y compresión del resorte.

Luego de completar la exploración, con cada equipo de trabajo se discutieron sus conclusiones, mediando con la intención de preparar la siguiente fase del ciclo. Mediación de las respuestas que plasmaron en su cuaderno, región 5 del esquema de mediación (Fig. 2.2): *el mediador intercepta la respuesta y la realimenta*. La mediación aquí ejercita la metacognición.

3.2.5.3 Actividades de la Fase de Invención (total interacción entre profesora y estudiantes)

Durante esta fase la profesora se limitó a dar respuestas cortas, hacer preguntas y sugerir alternativas; en esta interacción se medió para recuperar las definiciones de energía potencial gravitacional, energía potencial elástica, energía cinética, energía mecánica,

trabajo y conservación de energía. Esta fase consistió de nueve actividades que se dividieron en dos sesiones, de cinco y cuatro actividades, respectivamente.

i). Primera Sesión de la Fase de Invención

1. La primera actividad consistió en que hicieran variar sólo una cantidad mientras mantenían constantes las demás, elaboraran una tabla de datos y los graficaran; *aislamiento y control de variables*, según Piaget; *clarificación y organización de la información, ofrecer comparación visual*, de acuerdo a Ausubel.
2. La segunda actividad consistió en llenar las líneas vacías del párrafo para recuperar el concepto de energía potencial elástica, para mantener la atención, para dar énfasis a conceptos clave (Ausubel) y generar un puente cognitivo entre información nueva y la previa.
3. La tercera actividad consistió en que llenaran la misma tabla e hicieran las mismas gráficas ahora usando energías, se prueba su potencial de aprendizaje, se apunta a su Zona de Desarrollo Próximo, se activan conocimientos previos y se generan expectativas.
4. La cuarta actividad consistió en que hicieran una síntesis de las anteriores observaciones conduciéndolos a elaborar su propia definición de energía, y hacia el establecimiento del principio de conservación de la energía mecánica, a través de la mediación de significados, pidiendo explicación a sus observaciones; región 5 del esquema de mediación (Fig. 2.2): *el mediador intercepta la respuesta y la realimenta*.
5. La quinta actividad consistió en que elaboraran un mapa conceptual del concepto de energía mecánica y sus relaciones, para activar conceptos previos e identificar el nivel de comprensión de los nuevos conceptos (Ausubel); nuevamente se activa metacognición.

ii). Segunda Sesión de la Fase de Invención

1. La primera actividad de la segunda sesión consistió en que elaboraran una gráfica de comparación de curvas de energía usando diferentes rugosidades en la rampa, aquí infieren que se pierde energía al haber mayor rugosidad, lo que permite

introducir el concepto de trabajo mecánico, activación de pensamiento hipotético-deductivo, inferencia lógica, razonamiento combinatorio, (Piaget), activación de procesos afectivos (Ausubel), metacognitivos, activación de autonomía.

2. En la segunda actividad se les pidió completar un párrafo que tenía espacios en blanco, haciendo cálculos del trabajo de variadas fuerzas en el sistema, y posteriormente introduciendo la relación del trabajo con la energía mecánica.
3. La tercera actividad consistió en una reflexión sobre aspectos de la transferencia de energía entre balón y resorte.
4. La cuarta actividad consistió en una síntesis de las observaciones anteriores, con espacios en blanco, hasta formular el teorema trabajo-energía. En este punto se hace notar en que la energía del balón también se transforma en energía térmica a causa de la fricción entre el balón y la rampa y así se introduce el término degradación de la energía.

3.2.5.4 Actividades de la Fase de Aplicación (dirigidas a los estudiantes)

La fase de aplicación del ciclo consistió de cinco actividades, algunos estudiantes las llevaron a cabo en dos sesiones, pero hubo algunos que se tomaron tres sesiones.

1. La primera actividad consistió de calcular la energía cinética y potencial de casos reales.
2. La segunda actividad consistió en aplicar el principio de conservación de la energía.
3. La tercera consistió en repetir el experimento usando exclusivamente la energía cinética del balón.
4. La cuarta consistió en una reflexión sobre el experimento tomando el suelo como punto de energía potencial igual a cero.
5. La quinta actividad consistió en reflexiones usando una rampa con dos y tres jorobas, *generación y extensión de resultados*, según Piaget.

Aunque la estrategia *Ciclos de Aprendizaje*, elaborada a partir de la teoría de Piaget, da la pauta para el abordaje de un tema, fue necesario integrar específicamente los conceptos de aprendizaje significativo de Ausubel y el proceso de mediación de Vigotsky para el desarrollo exitoso de las fases. En esta sección se mencionan cómo, de acuerdo a Vigotsky, es decir, a través de relaciones de diálogo, se promovieron los procesos de

aprendizaje significativo, definidos por Ausubel. El diálogo no consistió en que la profesora hablara y el estudiante oyera, sino que se iniciaba cuando surgía algún problema; cuando se requería intercambiar información o percepciones de la realidad; o cuando se deseaba dar algo de sí; el diálogo fue más que el simple intercambio de palabras entre personas.

3.2.5.5 Transferencia de la teoría de Piaget

Mientras colectaban los datos se le enseñaba al estudiante a reconocer que por ejemplo, la temperatura es irrelevante para su experimento, y se orientaba su atención a buscar los factores relevantes.

Se les estimulaba a habituarse a agotar las variables presentes antes de empezar a tomar datos, como parte integral de la planificación de su experimento.

En cada actividad se conducía a los estudiantes a buscar hipótesis y a que diseñaran la forma de probarlas.

Se les formaba el hábito de elaborar suficientemente los datos colectados durante su experimento.

Mejoraron sus patrones de razonamiento al insistir en la precisión al transmitir o ejecutar las instrucciones de la correspondiente actividad del cuaderno de mediación.

Para llegar al pensamiento abstracto se favorecía la flexibilidad, o sea, la capacidad para utilizar diferentes fuentes de información, estableciendo entre ellas una coordinación y una combinación válidas.

Con el fin de sobrepasar los datos concretos, los ejemplos concretos, y llegar a conceptos y a principios abstractos, expresados en categorías cognitivas superiores, se insistía sobre el dominio progresivo del vocabulario y conceptos.

Para activar pensamiento hipotético-deductivo debían reflexionar, relacionar, comparar, comprobar las respuestas antes entregar el cuaderno.

La profesora nunca perdió de vista que la fase de invención implica un procedimiento inductivo. ¿Quieres decir que...? ¿Cuál es la principal diferencia entre...?

3.2.5.6 Transferencia de la Teoría de Ausubel

De acuerdo a Ausubel, se esperaba que los estudiantes tuvieran una aportación activa, esto es, que estuvieran atentos a lo que la profesora decía; que pidieran aclaración de conceptos,

que hicieran esfuerzo por comunicarse con precisión, en una palabra que mostraran actitud de aprender significativamente, así que la profesora organizaba las situaciones de enseñanza en el entendido de que la actitud apropiada del estudiante no es la pasividad y que los significados que se crean en cada situación son particulares de cada estudiante.

Se puso especial cuidado en la aseveración que hace Coll (2007) en cuanto a que cuando se habla de atribuir significado a contenidos concretos, se habla de un proceso que promueve la realización de un cambio estructural a nivel cognitivo, así que la profesora tanto los ayudaba a encontrar nuevas formas de relacionar las variables con lo ya conocido y concreto, como estimulaba su metacognición pidiendo en cada actividad la descripción de la actividad misma, los pasos necesarios para llevarla a cabo y el objetivo deseado.

Con las actividades del cuaderno de medicación se les estimulaba y habituaba a seguir una instrucción ya que el estudiante debería someterse al análisis operativo claro y preciso de la actividad. Del mismo modo, era importante que los estudiantes analizaran y detallaran un objetivo o proceso, para poder explicar a algún compañero qué hacer y cómo proceder.

En cada una de las actividades se exigía concentración y atención para evitar la superficialidad y la imprecisión.

Algunas tareas que son esencialmente similares, se aprovechaban para crear hábitos de observación, planteamiento de hipótesis y planeación de estrategias.

Se ofrecieron multitud de ocasiones para ejercitar la percepción más allá de las necesidades básicas, con el fin de que los estudiantes fueran capaces de hacerlo en situaciones incluso no importantes o menos conocidas, mediante la adquisición de hábitos, actitudes adecuadas y estrategias personales.

Para habituarlos a definir un problema se orientaba la atención del estudiante a través de pistas perceptivas *¿cuáles son las diferencias y semejanzas entre esta actividad y la anterior?*

Para habituarlos a utilizar la información adquirida previamente, se orientaba la mediación a conseguir que el estudiante definiera la meta que se debía conseguir y a aumentar su actividad de discriminar.

Para animarlos a aprender significativamente, cuando sólo había silencio al hacer una pregunta, se mediaba haciendo notar ante todos (cuando había risas o abucheos) que todas las respuestas eran valiosas y eran tomadas en cuenta.

De acuerdo a la metodología elaborada por Karplus (1980) como se señaló anteriormente, el *Ciclo de Aprendizaje* fue dividido en tres partes: i) exploración, ii) invención y iii), aplicación.

En la fase de exploración el punto de partida para el aprendizaje significativo de nuevos contenidos fueron los conocimientos previos, Coll (2007) aclara que esto implica poner atención tanto a los conocimientos que poseen respecto al contenido concreto que se propone aprender, como a la disposición y a las capacidades, instrumentos, habilidades y estrategias generales que son capaces de utilizar, para llevar a cabo el proceso de aprendizaje significativo.

En la fase de invención, la profesora ayudaba sin resolverles el trabajo, siguiendo los niveles de mediación: desde una simple llamada de atención, recordándoles el uso de estrategias para la resolución de las actividades, hasta simplificarles el problema; estimulando la flexibilidad de cambio ante posibles bloqueos y la metacognición al terminar la actividad.

Durante la parte de análisis y discusión metacognitiva se trataba de que los estudiantes en forma individual y colectiva, reflexionaran sobre sus procesos cognitivos, es decir, lo que habían hecho durante la actividad, acerca de las soluciones que dieron a los problemas que enfrentaron, estrategias, herramientas metacognitivas, y procedimientos que usaron; esto es, lo que pensaron, recordaron, imaginaron, etc., para llevar a cabo la actividad. En esta fase se elaboraban generalizaciones y aplicaciones de las relaciones encontradas a los distintos contextos de la vida diaria. Se enfocaba al análisis de los propios procesos del pensamiento, haciendo partícipe al estudiante del examen de sus preconcepciones y sus respuestas correctas, enseñándole a considerar cada una de las respuestas alternativas y a describir sus razones por las cuales su respuesta no fue la más adecuada.

Se estimulan procesos afectivos, metacognitivos y significativos cuando ven que existen otros caminos igualmente válidos para realizar una actividad.

3.2.5.7 Transferencia de la Teoría de Vigotsky

De acuerdo a Vigotsky, el primer paso para dialogar con los estudiantes fue poner atención y escuchar realmente lo que decían, es decir, la profesora estuvo receptiva, perceptiva y sensible para captar tanto las ideas como los sentimientos subyacentes a las palabras del estudiante. Antes de que se permitiera a cualquier participante, incluyendo a la profesora, responder a otro durante una actividad, se resumía lo que el otro dijo, lo que acarrea ventajas ya que se habituaba a los estudiantes a escuchar con más cuidado a los demás y a ser más claros en sus comunicaciones al conocer cómo interpretan los demás sus mensajes.

El primer paso para abrir el diálogo con los estudiantes fue conocer sus preconcepciones, esta información se tuvo de los pretest, así se sabía perfectamente si el estudiante con el que se dialogaba era concreto operacional, estaba en transición, más aun, se sabía si presentaban o no, los patrones de razonamiento como pensamiento hipotético-deductivo, etc.

Los intercambios comunicativos entre la profesora y los estudiantes en el salón de clases fueron estructurados para facilitar a los estudiantes el desarrollo cognitivo al mismo tiempo que se adquieren conceptos físicos.

La profesora no esperaba que los estudiantes se limitaran a obedecer reglas sino que crearan y cambiaran los contextos, por ello los diálogos forman parte de ellas y contribuyen a producirlas.

Se tuvo especial cuidado en: atender cuidadosamente tanto los mensajes verbales como no verbales; diferenciar entre los contenidos intelectual y emocional del mensaje y hacer inferencias con respecto a los sentimientos del estudiante

Los errores perceptuales se corregían, en primer lugar, orientando la percepción del estudiante mediante la definición precisa de los objetivos; en segundo lugar, invitándolo a analizar la tarea con detenimiento.

Para que adquirieran una percepción de sus respuestas de manera descentralizada, se motivaba a que fueran más explícitos pidiéndoles que justificaran sus respuestas.

Para activar metacognición, la profesora ponía interés en observar la conducta de los estudiantes para orientarla y para desarrollar la capacidad de organizar sistemáticamente toda la información necesaria para la correcta resolución de las actividades, e hizo a los estudiantes tomar conciencia de sus estrategias empleadas.

Para retroalimentar las respuestas (región 5 del esquema de mediación, fig. 2.2), se tuvo una constante preocupación por la verbalización, la coherencia, el uso de conceptos y vocabulario específicos; se repetían las situaciones en las que el estudiante se veía instado a ser exacto. Se tuvo mucho cuidado de referirse a cada concepto con su nombre, para mejorar los instrumentos verbales.

En los diálogos la secuencia que más se utilizó fue inicio-respuesta-retroalimentación, donde la profesora preguntaba, el estudiante contestaba y la profesora evaluaba o comentaba lo expresado por el estudiante.

Apuntar a la Zona de Desarrollo Próximo significaba imponer un lapso de tiempo entre el estímulo y la respuesta, es decir, haciendo que no empezaran a resolver la hoja de ejercicios, hasta que se hubiera hecho la adecuada planificación, que incluye el punto de partida, e indica los pasos que conducirán al objetivo. Se insistía en que no contestaran de manera precipitada, que pensaran durante un tiempo antes de iniciar la actividad; se les ayudaba además a desarrollar un plan sobre la información acumulada.

Durante las actividades se activaron los patrones de razonamiento de la siguiente manera:

1. En primer lugar, la profesora no perdió de vista su rol en cada fase del ciclo:
 - Identificar las preconcepciones de los estudiantes.
 - Ayudar a los estudiantes a descubrir relaciones y construir significados.
 - Ofrecer experiencias.
 - Promover un ambiente adecuado.
 - Orientar, modelar y acompañar el proceso de aprendizaje.
2. Identificar si el contenido es conceptual, procedimental o actitudinal
3. Siempre apuntar a la Zona de Desarrollo Próximo (no perder de vista a Vigotsky).

3.2.5 8 Diálogos Profesora-Estudiantes

La tabla 3.1 muestra algunos ejemplos de los diálogos profesora-estudiante, durante el proceso de construcción de significados al aplicar las fases del *Ciclo de Aprendizaje* y les da explicación en términos de la Dimensión Cognitiva (ver sección 2.2).

Tabla 3.1. Tabla de Aplicación de la Estrategia y Explicación en Términos de la Dimensión Cognitiva

Sesión	Páginas Del cuaderno	Duración	Diálogo		Explicación	Teórico
			Intervención de la Profesora	Estudiantes		
1	Sin cuaderno	10 min	Observa	<i>Juegan</i> con el sistema	Región 1 del diagrama SHOHR	Vigotsky
	1 y 2	30 min	Observa		Región 2 y 3 del diagrama SHOHR	Vigotsky
		10 min	Una variable física es todo lo que se puede medir		Región 5 del diagrama SHOHR	Vigotsky Ausubel
				<i>La compresión del resorte varía dependiendo del peso y el tamaño del balón</i>	Infiere antes de observar	
			Muy bien, quieres decir aceleración de la gravedad?	<i>Si</i>		Ausubel
			Si una aumenta o disminuye al aumentar otra	<i>Si, mientras más alto esté, va a llegar más lejos</i>	Reestructuración de la estructura cognitiva	Ausubel
			El desplazamiento del balón es directamente...	<i>Proporcional a la altura de la que se soltó</i>	Estimulación de razonamiento proporcional	Piaget
2	3, 4 y 5	10 min		<i>¿Qué va en las otras columnas profe?</i>	Carencia de pensamiento combinatorio	Piaget
			¿De qué factores	<i>Gravedad, peso, altura, resistencia</i>	La profesora hace que	Ausubel

			identificaron que depende la distancia de compresión del resorte?		retomen sus observaciones anteriores	
			¿Cómo supieron que...?	<i>Hicimos una analogía</i>	Metacognición con uso de herramienta cognitiva	Vigotsky
			Revisemos el mapa conceptual		Mediación de significados	Ausubel
					Nueva reestructuración de la estructura cognitiva	Ausubel
			Entonces, la energía potencial se usó en energía de movimiento	<i>Sí</i>	Significados	Ausubel
			¿Cómo le llaman a la energía de movimiento?	<i>Desplazamiento, ¿o qué?</i>	ZDP	Vigotsky
			¿Energía qué...?	<i>Ah, cinética</i>	ZDP	Vigotsky
			Entonces, ¿la energía potencial... qué?	<i>Pues... está almacenada, ¿no? o en reposo</i>	ZDP	Vigotsky
			La energía potencial se usó en energía de movimiento, ¿la energía potencial...	<i>Almacenada o...</i>	ZDP	Vigotsky

			qué?			
			La energía potencial en qué se transformó?	<i>En energía de movimiento</i>	ZDP	Vigotsky
			O sea, en energía... qué?	<i>Cinética</i>	ZDP	Vigotsky
1	1 y 2			<i>Resistencia del resorte, peso de balines, altura de donde se sostiene el balón</i>		
				<i>Energía cinética....., física</i>	Confunde tipos de energía con fuentes de energía	
				<i>Si partimos de que energía es la causa de cualquier movimiento y la corriente es movimiento de electrones, es lo mismo</i>	Energía como causa de movimiento	
1	1 y 2		¿Encuentras alguna relación Entre las variables?	<i>Sí, mientras más alto esté, va a llegar más lejos</i>	Razonamiento correlacional	Piaget
			Qué otras variables están presentes en el sistema?	<i>Rozamiento, peso del balón, g, h, rozamiento del viento, tiempo, energía cinética y energía potencial, el observador</i>	Identificación de variables	Piaget
			Dónde está presente la Ep y dónde la Ec?	Aquí la Ep y aquí la Ec (señalando la altura y la parábola)		
			Encuentras alguna relación entre ec y ep?	<i>Si, a mayor altura, mayor energía potencial y por consecuencia mayor ec</i>	Razonamiento proporcional	Piaget

				<i>o sea que es directamente proporcional una a la otra, bueno menos la fricción y menos las variables que estén afectándola</i>		
			Afectándola qué?	<i>El desplazamiento del balón</i>		
			Cómo se generó la energía potencial?	<i>Se generó porque subimos la canica a cierta altura, hubo una energía previa para subirla</i>		
			Dónde estuvo esa energía previa?	<i>No se, alguien la tenía almacenada y la usó para subir el balón</i>		
			Dónde se generó la energía cinética?	<i>Al liberar al balón y empezar a descender se generó esa energía cinética o de movimiento, ¿no?</i>		
			Cómo es la energía potencial cuando el balón ya llegó al suelo?	<i>Cero?</i>		
			Qué le pasó a la energía potencial?	<i>Se usó en el desplazamiento, ¿no?</i>		
			Cómo se usó?	<i>En movimiento... y en calor... y en, energía de movimiento y supongo calor por fricción y a lo mejor en ruido al caer... más</i>		

				<i>bien al golpear con el suelo</i>		
			Si tuvieras que elegir la más importante de las que mencionaste, cuál sería?	<i>La de movimiento creo yo</i>		
			Entonces la energía potencial se usó en energía de movimiento?	<i>Principalmente, sí</i>		
			Cómo lo concluirías?	<i>Que la energía almacenada se utilizó principalmente en el desplazamiento del balón a través de la rampa y por la superficie hasta llegar a una distancia mayor del borde de la mesa, dependiendo de la altura a la cual se colocó al inicio, a mayor altura se va a tener mayor distancia del borde de la mesa.</i>		
			Entonces la energía potencial se usó en energía de movimiento?	<i>Si</i>		
			Cómo le llamas a la energía de	<i>Desplazamiento, o qué</i>		

			movimiento?			
			Energía qué...?	<i>Ah, cinética</i>		
			Entonces, la energía potencial qué...?	<i>Pues está almacenada, ¿no? o en reposo</i>		
			La energía potencial se usó en energía de movimiento, la energía potencial qué...?	<i>Almacenada....¿o?</i>		
			La energía potencial en qué se transformó?	<i>En energía de movimiento</i>		
			O sea, en energía qué...?	<i>Cinética</i>		
			Puedes definir qué es energía?	<i>Energía es la capacidad de realizar un trabajo o movimiento</i>		
			Pero después de esta experiencia, tú cómo definirías energía?	<i>Energía es la... liberación de la..., de un potencial almacenado, para dar como producto algo distinto a lo que se tenía al inicio</i>		
			Cómo? Puedes decirlo con más precisión?	<i>Si, en este caso al... teníamos un balón en reposo, y por la energía liberada cambió de posición, se fue a otro lugar... a favor de... de la... pues de la trayectoria</i>	Estimulación de precisión con uso de palabra metacognitiva.	Vogotsky

				<i>marcada</i>		
			A favor de la trayectoria marcada?	<i>Si, y siempre hacia abajo, ¿no? 'porque la atracción de la Tierra lo movió hacia su centro</i>		
			Diseña un experimento para verificar tu aseveración	<i>Un experimento?, pues si, pondría yo una regla vertical y una horizontal, varío la altura y mido el alcance, para determinar la relación entre altura y distancia, podría cambiar diferentes tamaños de balón y de diferentes materiales, uno que rebotara también, distintos materiales y distintas alturas, incluso puedo poner un aparato que mida cuánto ruido hace el balón al caer para ver cuánta energía se está gastando y si no nada más queda ahí, sino que resbala, a qué distancia llega y si uso una pelota de hule, puede que llegue más lejos. Nada más.</i>		
			Si sólo tienes este fenómeno, inventa tu	<i>La energía es algo que permite cambiar la posición de un objeto</i>		

			propia definición de energía	<i>sin que la mano del experimentador intervenga</i>		
--	--	--	------------------------------------	--	--	--

3.2.6 Tratamiento de los Datos

Los datos que arrojó el test ICEM se analizaron calculando la estadística descriptiva de los grupos control y experimental antes y después del tratamiento; se analizó el puntaje ganancia de cada grupo (la diferencia entre la pretest y el postest), así como la diferencia de puntaje tanto en el pretest, en el postest, y la ganancia, para cada grupo partiendo del supuesto de que la población de la que se tomó la muestra está distribuida normalmente, y ya que se desconoce la desviación estándar poblacional, σ , la estadística de prueba que se utilizó es la distribución t de Student:

$$t = \frac{\bar{y} - \mu_0}{S/\sqrt{n}}$$

trabajándose con un nivel de confianza de 0.95

Para controlar el experimento y lograr la validez interna, es decir, para asegurar que no influyeron las fuentes de invalidación interna, se eliminó la influencia de variables extrañas en las variables dependientes, aplicando los instrumentos de medición simultáneamente y de la misma manera, a los dos grupos de comparación, control y experimental; esto es, se colectaron los datos tanto del grupo control como del experimental en un mismo ciclo escolar con el fin de conocer si las variables independientes tienen o no efecto en las dependientes. Por otro lado, se eligieron grupos que iniciaron juntos el curso de Física 2 y son similares en todo, excepto para que la selección no sea tendenciosa, es decir, para asegurar que los grupos, control y experimental, sean equiparables. Para conocer qué tan equivalentes son los grupos se compararon las puntuaciones de las prepuebas.



4. Análisis y Discusión de los Resultados

Este capítulo presenta un análisis descriptivo de los puntajes obtenidos por los estudiantes en cada uno de los instrumentos, aplicados en este estudio, correspondientes a las tres fases del experimento: diagnóstico (aplicación de los pretest), tratamiento (aplicación del *Cuaderno de Mediación*) y evaluación (aplicación de los postest).

4.1 Datos Cuantitativos

Los resultados cuantitativos arrojan las siguientes tablas: el test ICEM arroja la tabla 4.1, *Aprendizaje del Concepto de energía Mecánica*; la prueba *t* de Student arroja la tabla 4.2, *Parámetros estadísticos y su valor*; la tabla 4.3 corresponde a *Aprendizaje del Concepto de energía Mecánica por cuestionario*; el test de Lawson arroja las tablas 4.4 y 4.5, que corresponden a *Cambio de Patrones de Razonamiento* y *Nivel de Razonamiento*, respectivamente; el test de Raven arroja la tabla 4.6, *Cambio de Pensamiento Hipotético-Deductivo*; el porcentaje de asistencia a las sesiones del Ciclo de Aprendizaje arroja la tabla 4.7, *Asistencia a las sesiones del Ciclo de Aprendizaje y Aprendizaje del Concepto de energía Mecánica*.

4.1.1 Resultados del Inventario del Concepto de Energía Mecánica (ICEM)

Como puede observarse en la tabla 4.1 y en la Figura 4.1, el promedio del grupo control en el pretest de ICEM fue superior en 3.3 puntos al del grupo experimental, sin embargo este último rebasa a aquél en el postest, con una diferencia de 20.3, puntos; así mismo, la ganancia del grupo control fue de 34.5 puntos, contra 58.1 puntos del grupo experimental, por lo que la diferencia en las ganancias fue de 23.6 puntos a favor del grupo experimental.

Tabla 4.1. Aprendizaje del concepto de energía Mecánica (promedio).

Grupo	Pretest	Postest	Ganancia
Control	18.2	52.7	34.5
Experimental	14.9	73	58.1
Diferencia	3.3	20.3	23.6

Gráficas Inventario Energía

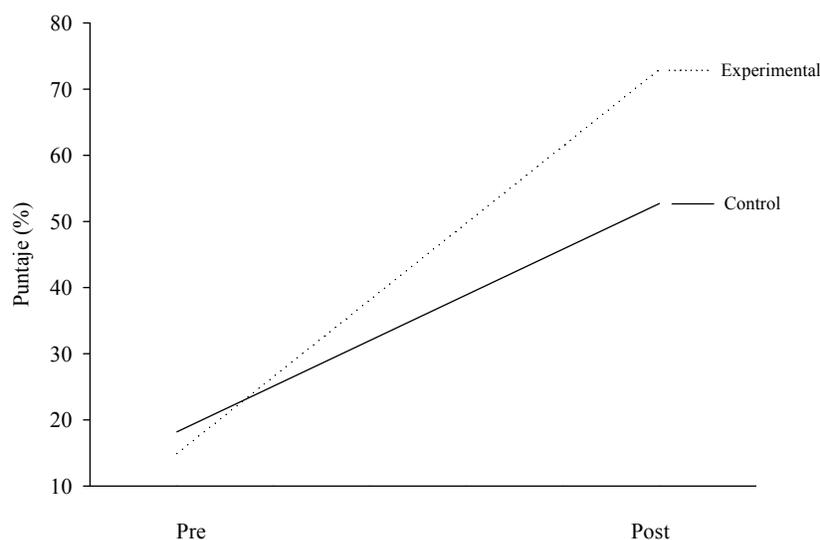


Figura 4.1. Gráfica que muestra los resultados globales del Inventario de Energía Mecánica (ICEM).

4.1.1.1 Aplicación de la Prueba *t* de Student

La tabla 4.2 muestra los resultados del análisis estadístico a través de la prueba *t* de Student. Como puede observarse, la diferencia de medias entre los grupos control y experimental fue de 20.35 puntos, que resulta ser significativo con un valor *p* de 0.0197, por lo que fue rechazada la hipótesis nula y aceptada la hipótesis alterna consistente en que la media del puntaje en el test ICEM del grupo que no recibiera tratamiento experimental (grupo control) sería menor a la media del puntaje obtenido por el grupo que sí fuera expuesto al tratamiento (grupo experimental).

Tabla 4.2. Parámetros y su valor.

<i>Parámetro</i>	<i>Valor</i>

α	0.05
<i>Diferencia de medias</i>	20.35
<i>Error estándar diferencial</i>	0.23
<i>gl</i>	29
<i>t Student crítico</i>	1.69
<i>t Student calculado</i>	4.21
<i>p (una cola)</i>	0.0197
<i>Intervalo 95% para la diferencia de medias</i>	10.5 a 30.2

La tabla 4.3 y la figura 4.2 muestran las medias de cada tipo de cuestionario, para ambos grupos, así como la diferencia entre éstos. RR representa el tipo de cuestionario Respuesta Restringida; OM, Opción Múltiple; E, Ensayo; SP, Solución de Problemas. La diferencia antes del tratamiento muestra la homogeneidad de los grupos antes de la aplicación de la estrategia. Por otro lado, puede observarse que la diferencia más importante, entre los resultados del grupo control y experimental, se tuvo en el tipo de cuestionario solución de problemas (SP), correspondiente a 42.4 puntos, la implicación de esto es que los estudiantes sometidos al tratamiento pudieron aplicar mejor el teorema Trabajo-Energía.

Tabla 4.3. Aprendizaje del Concepto de energía por Cuestionario (promedios).

Grupo	Antes del Tratamiento				Después del Tratamiento			
	RR	OM	E	SP	RR	OM	E	SP
Control	14.2	25.6	23.4	9.5	39.2	48.1	36.2	27.2
Experimental	14.0	26.3	21.8	11.5	72.8	81.7	67.9	69.6
Diferencia	0.2	0.7	1.6	2.0	33.6	33.6	31.7	42.4

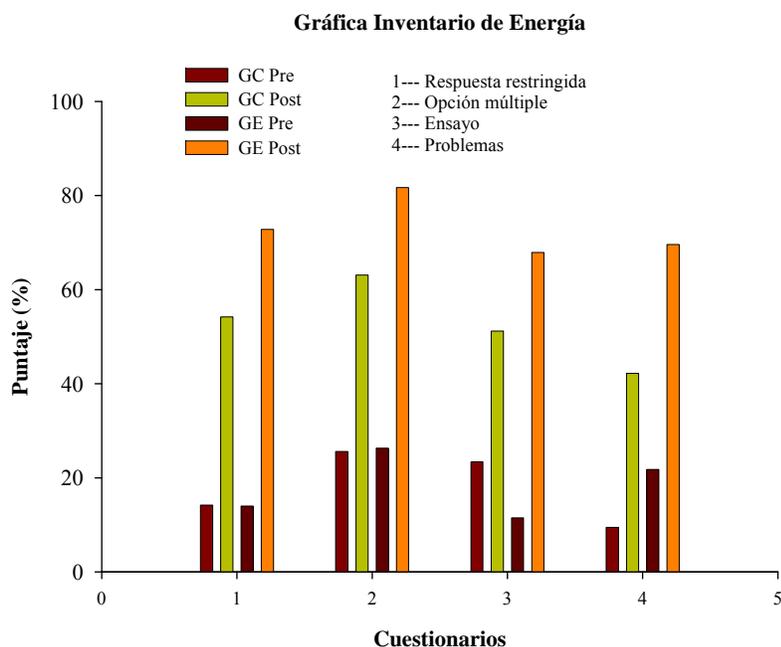


Figura 4.2. Gráfica que muestra los resultados del Inventario de Energía Mecánica, por tipo de cuestionario.

4.1.2 Resultados del Test de Lawson

Al codificar los resultados del test de Lawson, como lo instruyen sus autores, se asignaron puntajes entre 0 y 24 puntos; la tabla 4.4 y la gráfica 4.3 concentran dichos resultados, y como puede observarse, el grupo control tuvo una ganancia de 2.4 puntos con respecto al grupo Experimental que tuvo una ganancia de 4 puntos.

Tabla 4.4. Cambio de Patrones de Razonamiento (puntaje).

Grupo	Pretest	Postest	Ganancia
Control	3.5	5.9	2.4
Experimental	3.5	7.5	4.0
Diferencia	0	1.6	1.6

Gráficas test de Lawson

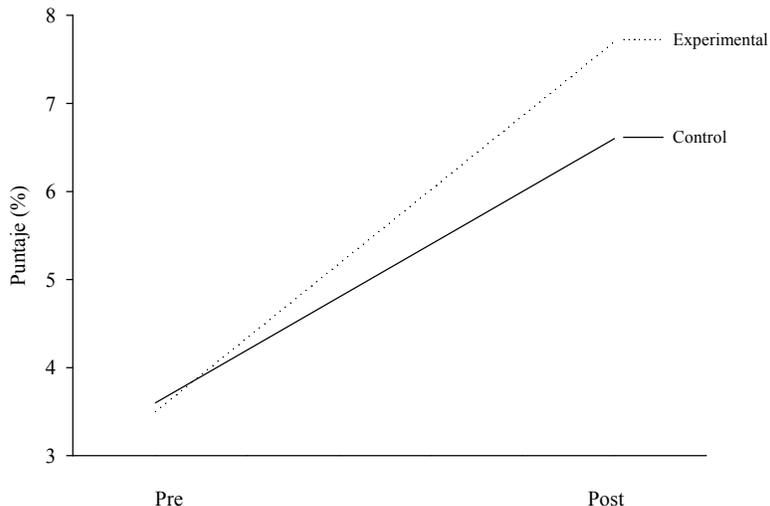


Figura 4.3. Gráfica que muestra la comparación entre los puntajes obtenidos en el test de Lawson, de razonamiento científico.

Un análisis más a fondo de los resultados del test de Lawson está registrado en la tabla 4.5, que muestra en qué consistió el cambio en la estructura cognitiva de los estudiantes, y como puede observarse, antes del tratamiento había mayor número de estudiantes con pensamiento concreto en el grupo Experimental; durante el tratamiento 46.6% de los estudiantes del grupo Control, respecto a 62.5% del grupo experimental. En estos resultados hay que hacer notar, en primer lugar, existe una gran diferencia entre el número de estudiantes que alcanzan el nivel de pensamiento formal (26.7% para el grupo Control, contra 43.8% para el grupo Experimental), pero más aun, la diferencia, en porcentajes, de los estudiantes que brincan desde el nivel concreto de pensamiento hasta el nivel formal, es de 30.8 a favor del grupo Experimental; en segundo lugar, no hay motivo aparente para que estudiantes del grupo Control transitaran entre los niveles de pensamiento, lo que concuerda con la afirmación de Mateos (2008), en que el test de Lawson no es un buen instrumento como prueba pre y post-test cuando es aplicada entre un período de tiempo tan corto (dos meses).

Tabla 4.5. Nivel de Razonamiento (número de estudiantes)

Grupo	Antes del Tratamiento			Después del Tratamiento			Ganancia			
	Concreto	En transición	Formal	Concreto	En transición	Formal	De Concreto a Transitorio	De Transitorio a Formal	De Concreto a Formal	Sin Ganancia
Control	11 73.3%	3 20%	1 6.7%	6 40%	5 33.3%	4 26.7%	4 26.7%	2 13.3%	1 6.7%	6 40%
Experimental	14 87.5%	1 6.3%	1 6.3%	4 25%	5 31.3%	7 43.8%	4 25%	0 0%	6 37.5%	6 37.5%
Diferencia	3	2	0	2	0	3	0	2	5	0

4.1.3 Resultados del Test de Raven

Los puntajes del test de Raven, como muestran la tabla 4.6 y la figura 4.4, se obtuvieron con respecto a 60 puntos, que corresponde a la puntuación máxima que otorga el test. Como puede observarse en estos gráficos, la ganancia del grupo control fue medio punto, contra 4.4 puntos del grupo experimental.

Tabla 4.6. Cambio de Pensamiento Hipotético-Deductivo, Test de Raven (puntaje).

Grupo	Pretest	Postest	Ganancia
Control	49.4	49.9	0.5
Experimental	49.9	54.3	4.4
Diferencia	0.5	4.4	3.5

Gráficas test de Raven

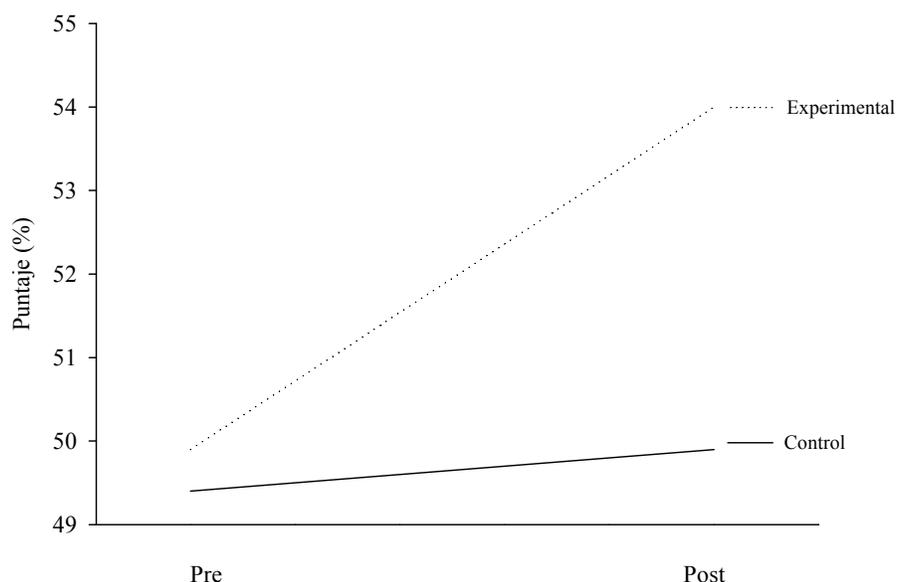


Figura 4.4. Gráfica que muestra los resultados del test de Matrices progresivas de Raven.

4.2. Análisis más Profundo de Resultados

Con el fin de efectuar un análisis más profundo se elaboraron la tabla 4.7 y las figuras 4.5a) a la 4.5e), que corresponden a las gráficas que muestran la relación entre las variables experimentales. Las primeras dos columnas representan la relación entre los resultados del test de Lawson y el cuestionario ICEM, que como puede observarse no existe correlación entre ellos; tampoco existe correlación entre el test de Raven y el cuestionario ICEM; tampoco se observa correlación entre el porcentaje de asistencia de los estudiantes a las sesiones del *Ciclo de Aprendizaje* y el test de Lawson, ni el test de Raven; pero llama la atención que sí existe una correlación positiva entre dicha asistencia y el puntaje obtenido en el test ICEM.

Tabla 4.7. Tabla de Correlación Entre Asistencia y Variables (% vs puntaje)

Lawson	ICEM	Raven	ICEM	Asistencia	Lawson	Raven	ICEM
4	66.9	50	58.3	64.2	4	57	54.6
4	65.9	51	83.3	72.5	11	59	65.7
4	54.6	51	57	78.3	11	54	56.8

4	81.1	53	66.9	80.8	4	53	66.9
6	76.2	53	70	80.8	6	50	58.3
6	58.3	53	81.1	89.2	6	54	76.2
8	83.3	54	76.2	89.2	4	54	65.9
8	70	54	80.7	89.2	8	53	70
8	80.2	54	65.9	89.2	9	54	95.1
9	80.7	54	56.8	89.2	9	51	57
9	95.1	54	95.1	89.2	8	58	80.2
9	57	54	82.6	89.2	9	54	82.6
9	82.6	57	54.6	89.2	4	53	81.1
10	93.3	58	80.2	97.5	9	54	80.7
11	56.8	59	65.7	97.5	8	51	83.3
11	65.7	59	93.3	97.5	10	59	93.3

Gráfica Lawson vs ICEM

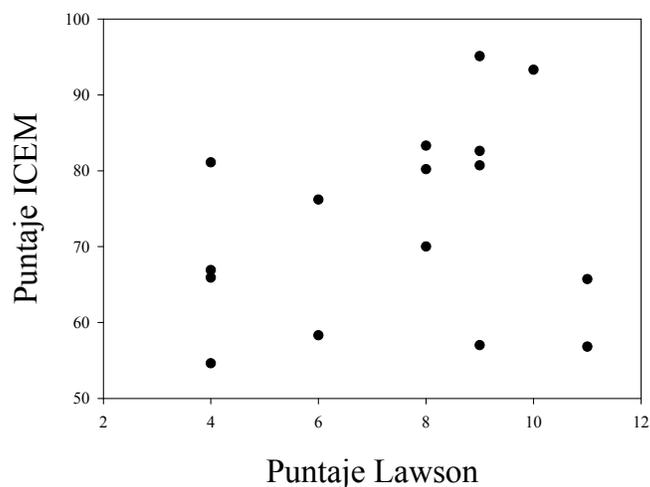


Figura 4.5. Gráfica que representa la relación entre el test de Lawson y el test ICEM

Gráfica Raven vs ICEM

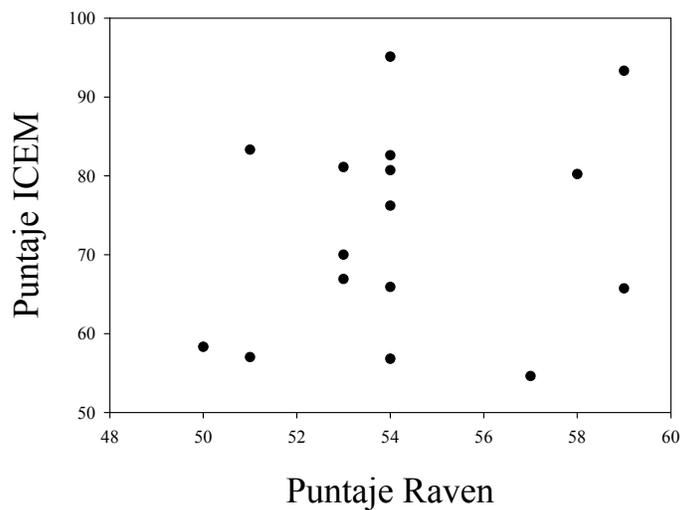


Figura 4.6. Gráfica que muestra la relación entre el test de Raven y el test ICEM.

Gráfica Asistencia vs Lawson

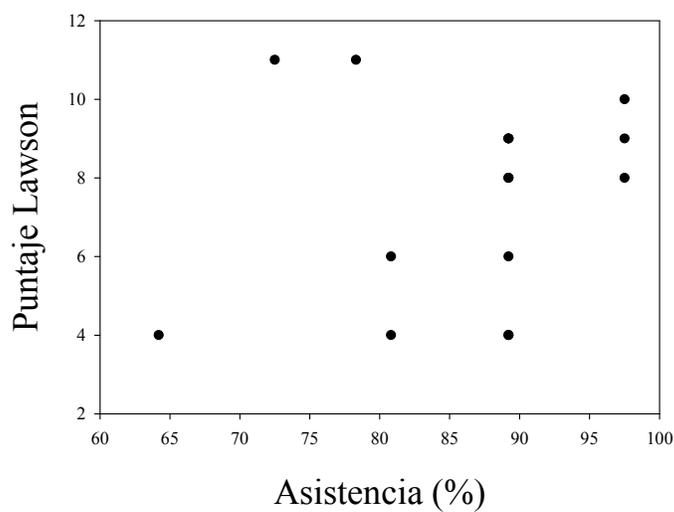


Figura 4.7. Gráfica que representa la relación entre asistencia a las sesiones del Ciclo de Aprendizaje y el puntaje en el test de Lawson.

Gráfica Asistencia vs Raven

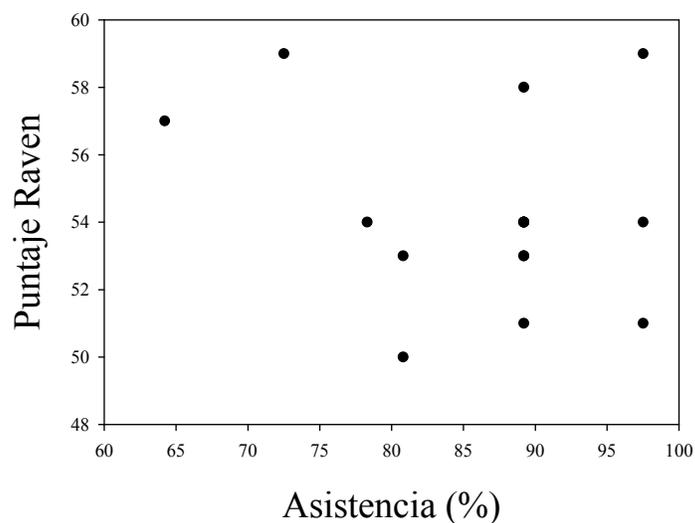


Figura 4.8. Gráfica que representa la relación entre asistencia a las sesiones del Ciclo de Aprendizaje y el puntaje en el test de Raven.

Gráfica Asistencia vs ICEM

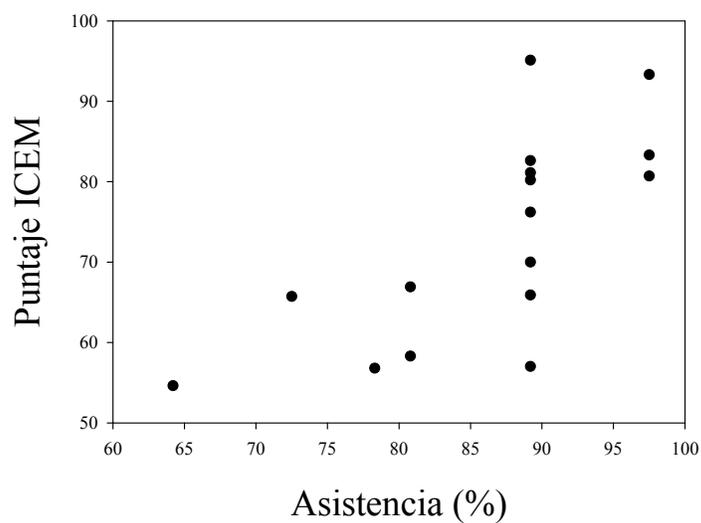


Figura 4.9. Gráfica que muestra la relación entre Asistencia al Ciclo y puntaje en el Cuestionario ICEM

4.3 Datos Cualitativos

La dinámica de las sesiones de aplicación de la estrategia y los datos colectados arrojan las tablas 4.8 y 4.9, correspondientes a los *Diálogos Profesora-Estudiantes*, durante el proceso y los *Parámetros Estimulados por la Profesora* (patrones de razonamiento y habilidades cognitivas y metacognitivas), respectivamente.

4.3.1 Parámetros Estimulados por la Profesora

Durante el proceso de aplicación del *Cuaderno de Mediación*, la profesora, al interactuar con los estudiantes, activaba en ellos las habilidades cognitivas que requería la tarea. La tabla 4.8 resume las veces que se activo cada una de dichas habilidades.

Tabla 4.8. Incidencia de Habilidades Cognitivas Estimulados por la Profesora.

Habilidad Cognitiva	Frecuencia	Explicación
		Los patrones de razonamiento son actividades del sistema nervioso que explican en parte, la capacidad del individuo para servirse de la experiencia previa en su adaptación a nuevas situaciones. Ver sección 2.2.1.2
Necesidad de precisión y exactitud	25	
Planeación y organización	5	
Percepción clara	15	
Percepción y definición del problema	6	
Pensamiento proporcional	13	
Identificación y control de variables	12	
Pensamiento probabilístico	5	
Pensamiento combinatorio	15	
Pensamiento correlacional	10	
Pensamiento hipotético	10	
Pensamiento inductivo	12	
Pensamiento deductivo	20	
Capacidad de análisis	41	
Capacidad de síntesis	26	
Metacognición	31	

4.3.2 Parámetros Manifestados por los Estudiantes

Resultados de la Actividad 3 de la fase de Exploración. Los estudiantes encuentran la relación cualitativa entre las variables relevantes que identificaron:

- *A mayor altura de la que se suelta el balón, mayor compresión del resorte.*
- *Mientras más alto cae el objeto mayor compresión logra.*
- *Dependiendo a la altura a la que se encuentra la canica es el tanto que se comprime el resorte.*
- *Tiene relación el peso del balón con la distancia de compresión del resorte.*
- *A mayor altura, mayor velocidad; a mayor peso es mayor la compresión del resorte; a mayor peso es mayor la velocidad.*
- *Se relacionan en que al tener mayor longitud y mayor altura en la rampa, el balón alcanza una mayor velocidad y aceleración, obteniendo un mayor impacto en el resorte.*
- *Entre más altura de la rampa, mayor será la compresión del resorte. Entre mayor sea el peso de la canica mayor será la compresión del resorte. Entre más velocidad alcance la canica mayor será la distancia que comprima al resorte.*
- *El peso de cada balón ejercido sobre el ángulo de la rampa genera una velocidad para poder ser comprimido el resorte.*
- *Cuando aumentamos el peso del balón la distancia de compresión es mayor; si aumentamos la velocidad la distancia de compresión aumenta; si disminuimos el ángulo de la rampa la altura de la misma, la velocidad del balón disminuye y por lo tanto la distancia de compresión del resorte también disminuirá; al dejar caer el balón éste pierde altura y gana velocidad.*

Resultados de la Actividad 3 de la fase de Invención. Los estudiantes encuentran la relación cualitativa entre las formas de energía presentes en el sistema: (sin mediación).

- *Antes de ser soltado el balón posee energía potencial ya que las variables que se encuentran presentes son la masa del balón, la gravedad y altura a la que soltamos; durante este recorrido la energía potencial va disminuyendo a medida que se va transformando en energía cinética donde encontramos las siguientes variables, la masa del balón y la velocidad que va adquiriendo. Justo antes de comprimir el*

resorte, la energía potencial del balón es cero y es transformada por completo en energía cinética, las variables importantes que encontramos en este momento son: velocidad, distancia, tiempo, masa ángulo gravedad y el peso del balón. Al final, en el momento de compresión del resorte, la energía cinética que posee el balón se transfiere al resorte como energía potencial elástica porque las variables que encontramos fueron distancia de compresión del resorte, coeficiente de elasticidad y peso del balón. Debido a la capacidad de elongación del resorte, éste reacciona con una fuerza que hace que el balón sea disparado adquiriendo durante su trayectoria energía cinética con sus respectivas variables.

- *En el punto más alto de la rampa hay un balón, el cual tiene una energía potencial, ya que en él influye la gravedad de la Tierra, la altura de la rampa y la masa del balón, además de que el balón se encuentra en reposo. Cuando va bajando por la rampa, adquiere energía mecánica porque el balón ya tiene un movimiento y porque en él sigue influyendo la altura y la gravedad de la Tierra, además de la masa del balón. Antes de que el balón choque con el resorte, el balón tiene una velocidad igual a cero, lo mismo ocurre con su energía cinética, pero su energía potencial seguirá teniendo un valor, ya que seguirá en términos de la gravedad, de la altura y de su masa. Cuando el balón choca con el resorte su energía potencial y cinética es cero. El balón transfiere su energía mecánica al resorte, entonces el resorte adquiere una energía elástica, la cual se calcula multiplicando $\frac{1}{2}$ por la constante de elasticidad por la compresión al cuadrado. Al chocar el balón con el resorte, el balón tiene un impulso adquiriendo una velocidad.*
- *La energía potencial en el punto más alto es mayor; conforme va bajando por la rampa va reduciendo su energía hasta llegar a cero. El resorte se comprime, baja la energía potencial del balón, luego regresa a su forma original expulsando al balón hasta cierta distancia.*
- *Podemos concluir que la canica, antes de soltarla cuenta con energía potencial ya que se encuentra en la parte más alta de la rampa, tomando en cuenta la altura, masa de la canica, gravedad y ángulo de inclinación de la rampa. Cuando la canica va descendiendo sobre la rampa, la energía potencial de la canica va disminuyendo al contrario de la energía cinética ya que ésta va aumentando, así*

como la velocidad, distancia, tiempo, etc. Un instante antes de golpear el resorte, la energía potencial desaparece casi en su totalidad, al igual que la energía cinética va ganando fuerza, pero sus variables siguen siendo las mismas que al de la segunda etapa. Cuando la canica choca contra el resorte, la energía potencial desaparece convirtiéndose en energía elástica, y apareciendo también el coeficiente de elasticidad. Cuando el resorte regresa a su forma normal la canica sale disparada a una velocidad “n” desapareciendo sus variables.

- *El balón se encuentra en una rampa a una altura, con un ángulo de inclinación de la rampa, con una masa, adquiriendo una energía potencial. Debido a la gravedad el balón cae sobre la rampa adquiriendo una cierta velocidad, recorriendo una cierta distancia en un determinado tiempo, adquiriendo energía cinética. Posteriormente antes de impactar con el resorte el balón pierde energía potencial. Al impactar el balón con el resorte el resorte adquiere una cierta energía elástica y el balón pierde velocidad y energía cinética. Después de haber impactado el balón con el resorte, el balón es rechazado y el resorte regresa a su estado normal.*
- *Al soltar el balón desde una altura, éste adquiere energía potencial y las variables observadas son la masa del balón, la gravedad y la altura de donde es soltado el mismo. Al momento que el balón avanza tiene energía potencial y adquiere energía cinética, por las siguientes variables: la velocidad que lleva el balón, la distancia recorrida, masa del balón, la aceleración del balón. Un instante antes de que el balón toque el resorte sólo posee energía cinética puesto que ha perdido altura y la energía potencial es igual a cero; en este momento todavía consta velocidad, aceleración, peso, tiempo y ángulo de inclinación. El balón transfiere su energía al resorte; es por esta razón que el resorte se comprime, adquiriendo la energía potencial elástica con las siguientes variables: coeficiente de elasticidad, distancia de compresión y el peso del balón. El resorte tiende a regresar a su estado normal convirtiendo todas las energías mencionadas en energía potencial elástica.*



5. Conclusiones

En este estudio se comparó la estrategia *Ciclos de Aprendizaje* (que incluyó el aprendizaje significativo y la experiencia de aprendizaje mediado), con la enseñanza convencional (en la que el profesor expone los conceptos), en el aprendizaje del concepto de Energía Mecánica. El *Cuaderno de Mediación*, elaborado con base en dicha estrategia, resultó ser adecuado para la mediación de significados.

Durante el proceso se propició la construcción de significados al elaborar estrategias tomadas de tres teóricos: Piaget, Ausubel y Vigotsky. Gracias a la organización de la información a la que nos guía el *Ciclo de Aprendizaje* los estudiantes adquirieron aprendizaje significativo del concepto de energía Mecánica, al encontrarle sentido a la información.

Se elaboraron estrategias de instrucción que desarrollaron habilidades cognitivas (patrones de razonamiento), y metacognitivas.

El papel del docente fue de mediador del proceso de construcción, al ayudar al estudiante a evocar información a través de preguntas que le daban pistas y a integrar y relacionar nueva información con sus conocimientos previos.

La mediación guió y orientó la actividad mental constructiva de los estudiantes, ya que la ayuda que se proporcionó siempre se ajustó a su nivel cognitivo.

Durante las dinámicas se atendió no sólo a sus comportamientos manifiestos y observables, sino también a las cogniciones asociadas a los mismos y se consideró al estudiante como un sujeto cognitivo aportante porque tiene esquemas con lo que aprende, además de que lo que aprende depende de sus conocimientos previos.

El análisis de resultados permite rechazar H_a y confirmar H_o , al encontrarse diferencias significativas en el cuestionario ICEM entre estudiantes sometidos a diferentes niveles de mediación. Se evidenció que el grupo de estudiantes sometidos a un proceso de mediación de significados obtuvo mayores puntajes en dicho cuestionario con respecto al

grupo de estudiantes no sometidos al proceso, probándose así que la estrategia *Ciclos de Aprendizaje* es útil para promover aprendizaje significativo.

Estos resultados son consistentes con los hallazgos de Zollman (1990), quien ha destacado la importancia de la estrategia *Ciclos de Aprendizaje* para desarrollar aprendizaje significativo.

Los resultados de la fase de aplicación del *Ciclo* muestran que los estudiantes se hicieron aprendices autónomos.

Como lo afirma Zabala (2002), el mapa conceptual solicitado en la pregunta E28 (ver Anexo 1), en las que se les pide elaborar un mapa conceptual, pone en evidencia la comprensión y las relaciones de los conceptos alrededor del concepto de energía Mecánica, por lo que fue útil tanto para conocer las ideas previas de los estudiantes como para la etapa de evaluación.

Por otro lado, Zabala (2002), hace notar que los análisis revelan que la habilidad de razonamiento de los estudiantes está relacionada con la comprensión conceptual. Así, aquellos estudiantes con razonamiento concreto tienen bajo nivel de comprensión de los conceptos físicos, mientras que razonadores formales obtienen un alto nivel de comprensión conceptual, lo cual consecuentemente, influye sobre las destrezas de resolución de problemas. Sin embargo los resultados del presente experimento no muestran correlación entre dichas variables, (Ver gráficas *Lawson vs Cuestionario* y *Raven vs Cuestionario*), lo que concuerda con Mateo (2008) en cuanto a que los test Lawson y Raven no son adecuados para ser aplicados en un estudio pre y post.

Por último, como afirman Marek y Cavallo (1997), elaborar un *Ciclo de Aprendizaje* para la enseñanza de un concepto no es tarea fácil, menos aun integrar el concepto aprendizaje significativo de Ausubel, el Ciclo de Aprendizaje basado en Piaget y la Experiencia de Aprendizaje Mediado de Vigotsky, por lo que la presente investigación apoya a la comunidad de enseñanza de la Física a cómo aplicar el constructivismo en aula, a través de una serie de estrategias, de conceptos y principios tomados de la psicología cognitiva y del enfoque constructivista, así como algunas ideas para el manejo del grupo. El *Cuaderno de Mediación* se dio a conocer en un curso a profesores de Física del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos, en México, quienes lo aceptaron muy bien y se mostraron muy interesados en entenderlo a fondo y aplicarlo con sus estudiantes; lo que

indica que el presente trabajo tiene algo muy importante que aportar a los profesores de Física. Así que los profesores de física que deseen que sus estudiantes desarrollen habilidades cognitivas al mismo tiempo que adquieren conocimientos se verán muy beneficiados con el presente trabajo.



Referencias

- Ackoff, R. L. & Greenberg, D. (2008). *Turning learning right side up: Putting education back on track*. USA: Wharton School Publishing.
- Águeda-Capa, B.; Portela-Lozano, A. & Rodríguez-Jiménez, R. (2006). Análisis de la enseñanza de la Física en Europa: el fomento de competencias generales en estudiantes universitarios. *Revista Iberoamericana de Educación*, 7(38).
- Álvarez, A. & del Río, P. (1990). Educación y desarrollo: la teoría de Vigotsky y la zona de desarrollo próximo. En Coll, C. *et al.* (1990). *Desarrollo y educación II. Psicología de la educación*. Madrid: Alianza.
- Ausubel, D. P., Novak, J. D. & Hanesian, H. (1983). *Psicología educativa: Un punto de vista cognoscitivo*. México: Trillas.
- Borgnolo, A.; Colombo, M.; Michelini, M. & Santi, L. (2008). Exploring energy transformations for a curricular proposal in secondary school. (*Resúmenes de la XIII Conferencia Internacional GIREP*. Nicosia, Chipre, 96.
- Borsboom, J.; Kaper, W. & Ellermeijer, T. (2008). The relation between context and concept in case of forming an energy concept. *Resúmenes de la XIII Conferencia Internacional GIREP*. Nicosia, Chipre, 96-97.
- Carretero, M. (1997). *Construir y Enseñar las Ciencias Experimentales*. Argentina: Aique.
- Cepic, M. (2007). Work and Energy. Cartas al editor. *The Physics Teacher*. 45(7), 404.
- Clínica Psi.com. Recuperado el 12 de Enero de 2008 de <http://www.clinicapsi.com/test%20de%20raven.html>.
- Coll, C.; Palacios, J. & Marchesi (Comp). (1990). *Un Punto de Vista Cognoscitivo*. México: Trillas.
- Coll, C. (2007). *El constructivismo en el aula*. Barcelona: Graó.
- Coletta, V. & Phillips, J. (2005). Interpreting FCI scores: Normalized gains, preinstruction scores and scientific reasoning ability. *American Journal of Physics*, 73(12).

- Cordero, S., Dumrauf, A. & Ocampo, O. (2003) “Sabemos que gracias a ella ocurre casi todo en el universo...”: Ideas de estudiantes y propuestas de enseñanza sobre la energía. *Atas Eletrônicas do 4º ENPEC*.
- Del Río Lugo, N. Bordando sobre la zona de desarrollo próximo. Recuperado el 3 de Abril de 2007, de <http://www.educacion.jalisco.gob.mx/consulta/educar/09/9riolugo.html>
- Doménech, J. L., Gil-perez, D., Gras-marti, A., Guisasola, J., Torregrosa, J.M., Salinas, J., Trumper, R., Valdes, P. & Vilches, A. (2007). Teaching of energy issues: A debate proposal for a global reorientation. *Science & Education*, 16, 43-64.
- Gales, J. & Baker, B. (2008). Conservation of Mechanical Energy using dry ice slider-proyectiles. *The Physics Teacher*, 46(6), 341-342.
- Gil-Pérez, D.; Carrascosa J.; Furió, C. & Martínez-Torregrosa, J. (1991). *La enseñanza de las ciencias en la educación secundaria*. Barcelona: Horsori.
- Gonczy, A. (2002). Citado en *Diseño, implementación y evaluación de programas por competencias profesionales integradas*, de González, M. et al., UG, México, 23.
- González Árias, A. (2002). Falsas Energías, Pseudociencia y Medios de Comunicación Masiva, *Revista Cubana de Física*, 19(1), 68.
- González Árias, A. (2006). El Concepto de energía en la Enseñanza de las Ciencias. *Revista Iberoamericana de Educación*, 38(2).
- González, A. (2007), El concepto “energía” en la enseñanza de las ciencias. Recuperado el 12 de Enero de 2008, de <http://www.rieoei.org/1184.htm>.
- González Árias, A. (2008). ¿Cómo Definir la Energía en los Cursos Básicos?. *Latin American Journal of Physics Education*. 2(3), 275-276.
- Hecht, E. (2008). Energy conservation simplified. *The Physics Teacher*, 46(2), 77-80.
- Heron, P. (2008_a) Towards a vertical curriculum about energy starting from primary school and teacher education. *Resúmenes de la XIII Conferencia Internacional GIREP. Nicosia, Chipre*, 96.
- Heron, P.; Michelini, M. & Stefanel, A. (2008_b). Teaching and learning the concept of energy in primary school. *Resúmenes de la XIII Conferencia Internacional GIREP. Nicosia, Chipre*, 96.
- Hestenes, D., Wells, M. & Swackhamer, G. (1992). Force Concept Inventory, *The Physics Teacher* 30, 141–158.

- Hewitt, P. G. (1998). *Física conceptual*. (9a ed.). MA: Addison-Wesley.
- Hilgard, E. & Bower, G. (1976). *Teorías del Aprendizaje*. México: Trillas.
- Hobson, A. (2004). Energy and Work. Notas al editor. *The Physics Teacher*, 42.
- Jewett, J. (2008). Energy and the confused student I: Work. *The Physics Teacher* 46(1), 38-43.
- Karplus, R. (1980). Teaching for the development of the reasoning. *Research in Science Education*, 10(1), 1-9.
- Karwasz, G; Karbowski, A. & Turło J. (2008). Energy-Historical, Interactive and Pedagogical Paths. *Resúmenes de la XIII Conferencia Internacional GIREP*. Nicosia, Chipre, 98.
- Kuhn, T. S. (1983). *La tensión esencial*. México: FCE.
- Laws, P. (2004). *Workshop Physics Activity Guide*. Wiley: USA.
- Lawson, R. A. & McDermott, L. C. (1987). Student understanding of the work-energy and impulse-momentum theorems. *American Journal of Physics*, 55, 811-817.
- Lawson A. E. (1978). The Development and Validation of a Classroom Test of Formal Reasoning. *Journal of Research of Science Teaching*. 15(1), 11-24.
- Leahey, T. H. & Harris, R. J. (1998). *Aprendizaje y Cognición*. Madrid: McGraw-Hill.
- Luria, A.R., Leontiev, A.N. & Vigotsky, L.S. (1986). *Psicología y Pedagogía*. Madrid: Akal.
- Marek, E. A. & Cavallo, A. M. L. (1997). *The learning cycle: Elementary school and beyond*. USA: Heinemann.
- Medín Molina, J. (2008). Rectificando preconcepciones Modelando Sistemas Físicos Dinámicos. Recuperado el 6 de Febrero de 2008 de <http://136.145.236.36/isdweb/pagina%20web/presentaciones/Preconcepciones.pdf>
- McDermott, L. C. (1993). Cómo enseñamos y cómo aprenden los estudiantes. ¿Un desajuste? (Primera parte). *Revista de Enseñanza de la Física*, 6(1), 19-32.
- Mora, C. & Herrera, D. (2009). Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza. *Latin American Journal of Physics Education*. 3(1), 72-86.
- Morin, E. (1997). *El método. La naturaleza de la naturaleza*. Madrid: Cátedra.
- Nickerson, R., Perkins, D. & Smith, E. (1994). *Enseñar a pensar: Aspectos de la aptitud intelectual*. México: Paidós.
- Núñez, G; Maturano, C. I.; Pereira, R. & Mazzitelli, C. (2004). ¿Por qué persisten las dificultades en el aprendizaje del concepto de energía?. *Didáctica de las ciencias experimentales y sociales*, 18.

- Papadouris, N. & Constantinou, C. (2008). A teaching proposal about energy for students aged 11-15. *Resúmenes de la XIII Conferencia Internacional GIREP. Nicosia, Chipre, 96-97.*
- Pérez-Landazábal, M.; Favieres, A. Manrique, M & Varela, P. (1995). La energía como núcleo en el diseño curricular de la física. *Enseñanza de las Ciencias*, 13(1), 55-56.
- Piaget, J. & Inhelder, B. (1958). The Growth of Logical Thinking from Childhood to adolescence. New York: Basic Books.
- Pozo, J. (1997). *Teorías cognitivas del aprendizaje.* Madrid: Morata.
- Pozo, J. I. & Gómez Crespo, M. A. (2001). *Aprender y enseñar ciencia.* Madrid: Morata.
- Prieto Hernández, A. (2005). Aplicación de la tecnología en la educación básica. *Conferencia magistral en el XII Simposio de Educación, ITESO, México.*
- Richoux, H. & Beaufils, D. (2003). La planificación de las actividades de los estudiantes en los trabajos prácticos de física: análisis de prácticas de profesores. *Enseñanza de las Ciencias. Bellaterra. Servei de Publicacions de la Universitat Autònoma de Barcelona, V 21(1).*
- Rosen, R. (2008). Critical thinking: Error sources and energy in a conservation of momentum lab. *The Physics teacher*, 46(4), 235-236.
- Quintana, A. & Llovera-González, J. J. (2009). La construcción del conocimiento como proceso activo en la enseñanza. *Latin American Journal of Physics Education*. 3(1), 153-157.
- Saglam-Arslan, A. & Kurnas, M. (2009). Prospective physics teachers' level of understanding energy, power and force concepts. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 10 (1).
- Sasson, D. (2005). Aprendizaje mediado y educación integral: desarrollo de habilidades a través del arte, Conferencia impartida el 1º. de abril de 2005, en Papalote Museo del Niño, organizada por La Vaca Independiente, Fomento Cultural Banamex y Papalote, Museo del Niño.
- Schewe, P. (2009). APS publishes energy efficiency study: Energy = Future: Thing Efficiency. *The Physics Teacher*, 47(1), 60-60.
- Sokoloff, D. (2006). *Active Learning in Optics and Photonics.* París: UNESCO.
- Test de Raven. Recuperado el 1 de Agosto de 2009, de <http://www.avlisad.com.ar/test/>.
- Turkmen, H. & Usta, E. (2007). The role of learning cycle approach overcoming misconceptions in science. Recuperado el 23 Noviembre de 2007, de <http://www.ksef.gazi.edu.tr/dergi/pdf/Cilt-15-No2-2007Ekim/hturkmen.pdf>

- Trejo, L.M. (2000). Recomendaciones recientes sobre la enseñanza del tema energía. *Memorias del XV Congreso Nacional de Termodinámica*. México, D. F.
- Trna, J. (2008). Energy concept in primary science. *Resúmenes de la XIII Conferencia Internacional GIREP*. Nicosia, Chipre, 96-97.
- Vigotsky, L. S. (1988). *El desarrollo de los procesos psicológicos superiores*. Barcelona: Grijalbo.
- Visual Basic (2008). Recuperado el 5 de Septiembre de 2008 de <http://microsoft-visual-basic-2008-express.softonic.com/>
- Zabala-Álvarez, J; & González-Romero, M. (2002). Nivel de Desarrollo Mental, Habilidad Verbal y Nivel de Desempeño en la Elaboración de Mapas de Conceptos: Su Influencia Sobre la Resolución de Problemas de Química. *Informe de Investigaciones Educativas*, 15(1 y 2).
- Zollman, D, (1990). Learning cycles for a large-enrollment class, *The Physics Teacher*. 28, 20-25.



Anexo 1

(Cuestionario ICEM)

NOMBRE: _____ FECHA: _____

PARTE I (PREGUNTAS DE RESPUESTA RESTRINGIDA)

R1.- ¿Qué es la energía?

R2.- ¿Con qué cantidades físicas está relacionada la energía mecánica?

R3.- ¿Cuántos tipos de energía conoces?

R4.- ¿Cómo se puede medir la energía?

R5.- ¿Cuáles son las unidades de la energía en el SI?

R6.- ¿Cuáles son las unidades de la energía en otro sistema de unidades?

R7.- ¿Qué es energía cinética?

R8.- Exprésala matemáticamente

R9.- ¿Qué es energía potencial?

R10.- Exprésala matemáticamente

R11.- ¿Qué es energía mecánica?

R12.- Exprésala matemáticamente

R13.- ¿Qué es trabajo mecánico?

R14.- Exprésalo matemáticamente

R15.- ¿Qué dice la ley de conservación de la energía mecánica?

R16.- Exprésala matemáticamente

R17.- ¿Qué significa que la energía no se conserve?

R18.- ¿Cuál es la equivalencia entre Joules y Kilocalorías?

R19.- De qué formas se realiza el intercambio de energía entre dos sistemas?

R20.- De acuerdo a la definición dada para el concepto de trabajo, ¿puedes mencionar de qué variables depende el trabajo? ¿De qué tipo es la dependencia? *se realiza mayor trabajo cuanto mayor sea la fuerza ejercida, se realiza mayor trabajo cuanto mayor sea la distancia recorrida*

R21.- Se requiere trabajo para levantar una caja. ¿Cuánto más trabajo se realiza para levantarla a una altura tres veces mayor?

R22.- ¿Qué ocurre con la energía de un cuerpo cuando sobre éste se ejerce trabajo?

R23.- ¿Qué ocurre con la energía si se ejerce un trabajo negativo? Da un ejemplo real

R24.- ¿De qué variables depende la energía potencial gravitatoria?

R25.- ¿De qué variables depende la energía cinética?

R26.- ¿Tiene energía un globo de feria, quieto en el aire, a una altura de 8 m? De qué tipo?

NOMBRE: _____ FECHA: _____

PARTE II (PREGUNTAS DE OPCIÓN MÚLTIPLE)

En las siguientes preguntas elige la opción que consideres que mejor contesta a la pregunta

O1.- ¿Qué es la energía?

- a) Todo lo que realiza un trabajo
- b) La cantidad de potencia para realizar un trabajo
- c) Lo que se necesita para realizar un trabajo
- d) La potencia para realizar un trabajo

O2.- ¿Qué es lo que no es energía?

- a) Ausencia de trabajo
- b) Ausencia de movimiento
- c) Ausencia de capacidad
- d) Ausencia de potencia

O3.- Un coche tiene más energía cuando:

- a) Se encuentra en el elevador del taller mecánico a una altura de 3 m
- b) Se encuentra moviéndose a una velocidad de 6 m/s
- c) Se encuentra moviéndose a una velocidad de 3 m/s
- d) Se encuentra moviéndose a una velocidad de 2 m/s?

O4.- La fuerza gravitacional ejercida por el Sol sobre la Tierra mantiene a ésta en órbita alrededor de aquel. Supongamos la órbita perfectamente circular. El trabajo realizado por la fuerza gravitacional en un periodo de tiempo en el que la Tierra se desplaza una trayectoria orbital es:

- a) Cero
- b) Siempre positivo
- c) Siempre negativo
- d) No se puede determinar.

O5.- El trabajo realizado por una fuerza para trasladar una partícula desde el punto A, al B:

- a) Es un vector tangente a la trayectoria en cada punto
- b) Es tangente a la fuerza aplicada
- c) Es nulo
- d) Es igual al área bajo la curva de A a B

O6.- El trabajo realizado por una fuerza, para trasladar una partícula desde un punto A, al B, sólo depende de la masa, y del modulo de la velocidad de la partícula en A y B:

- a) Cuando la fuerza es variable
- b) Cuando la fuerza es conservativa
- c) En todos los casos

O7.- El trabajo realizado por una fuerza conservativa, para trasladar una partícula es independiente:

- a) De la fuerza
- b) De la trayectoria de la partícula
- c) De la propia partícula

O8.- Cuando un cuerpo con velocidad v choca contra un muelle va perdiendo velocidad hasta que se detiene, su energía cinética:

- a) Se ha transformado íntegramente en energía potencial elástica
- b) Una parte ha pasado al muelle que se comprime
- c) Únicamente podemos asegurar que es cero
- d) Únicamente podemos asegurar que es diferente de cero

O9.- Una bola unida a un muelle suspendido verticalmente oscila hacia arriba y abajo. Considerando el sistema tierra, bola y muelle, las formas de energía durante el movimiento son:

- a) Cinética y potencial gravitatoria
- b) Potencial elástica y cinética
- c) Potencial elástica, potencial gravitatoria y cinética
- d) Cinética y potencial

O10.- En el caso anterior la energía potencial gravitatoria:

- a) Es nula en la parte más baja de la oscilación
- b) Debemos tomar un valor de referencia para la energía potencial
- c) La energía potencial gravitatoria nunca es nula

O11.- Una pelota unida a una cuerda, da vueltas circulares en el plano vertical. La energía cinética de la pelota en la parte más alta de la trayectoria:

- a) Es nula, ya que toda la energía es potencial
- b) Es máxima
- c) Tiene el mínimo valor de toda la trayectoria

O12.- En el caso anterior, la tensión de la cuerda durante el movimiento:

- a) Puede anularse en la parte superior de la trayectoria
- b) En ningún caso puede anularse, ya que no daría vueltas
- c) En toda la trayectoria es constante e igual al peso
- d) En la parte más alta se suma al peso y en la baja se le resta el peso

O13.- Supongamos que sostenemos un lápiz de 10 g a 10 cm por encima de una mesa cuya superficie está 1 m por encima del suelo, dentro de una habitación en el 4to. Piso de un edificio. La verdadera energía potencial del lápiz es:

- a) La calculada en relación con la mesa
- b) La calculada en relación con el piso de la habitación
- c) La calculada al ras del suelo del edificio
- d) No existe algo denominado *verdadera* energía potencial del lápiz

O14.- Una partícula que es proyectada hacia arriba por un plano inclinado sin rozamiento se mueve hasta pararse y posteriormente se desliza hacia abajo hasta alcanzar su punto de partida:

- a) La energía en el punto más alto es la mitad del valor de la energía cinética en el punto más bajo.
- b) La energía potencial en el punto más alto es distinta a la potencial del punto más bajo.
- c) La energía potencial en el punto más alto es igual a la energía cinética en el punto más bajo.
- d) La energía potencial en el punto más alto es la mitad del valor de la del punto más bajo.

O15.- Analiza las siguientes situaciones y determina en qué caso se realiza trabajo mecánico:

- a) Un levantador de pesas sostiene con sus brazos extendidos una barra sobre su cabeza
- b) Una patinadora después de adquirir movimiento, se deja deslizar sobre sus patines
- c) Un señor sube cuatro pisos de una escalera con una caja en los brazos.
- d) El mismo señor, una vez que llega al cuarto piso entra en el departamento con la caja en los brazos

O16.- Una pelota de acero rueda sobre una superficie lisa y dura con una determinada velocidad. Luego rueda sin problemas hacia arriba de una colina lisa que se muestra más abajo. ¿Cómo será su velocidad después de subir la colina con su velocidad antes de subir la colina?

- a) Significativamente menor a la de antes de subir
- b) Es casi la misma

- c) Ligeramente mayor
- d) Mucho mayor

O17.- Un hombre que sostiene un peso m en una posición fija, el cual está suspendido por una cuerda a una altura h sobre el suelo:

- a) Realiza un trabajo mayor cuanto mayor es m y mayor es h
- b) Realiza un trabajo mayor cuanto mayor es m y menor es h
- c) Realiza un trabajo mayor cuanto menor es m y mayor es h
- d) No realiza ningún trabajo.

O18.- Dos alpinistas de igual masa, escalan una montaña siguiendo caminos diferentes; el primero recorre un camino corto y empinado y el segundo un trayecto largo y menos empinado. Los puntos inicial y final son los mismos para ambos alpinistas. Comparar el trabajo realizado contra la fuerza de la gravedad en los dos caminos:

- a) $W_1 > W_2$
- b) $W_1 < W_2$
- c) $W_1 = W_2 \neq 0$
- d) $W_1 = W_2 = 0$

O19.- Desde una terraza situada a 10 m de altura se lanzan dos pelotas verticalmente, una hacia arriba y otra hacia abajo, con igual velocidad inicial. Podemos asegurar:

- a) Llega al suelo de la calle con más velocidad la pelota que se lanzó hacia abajo.
- b) Llegan las dos al suelo al mismo tiempo.
- c) Las dos llegan al suelo de la calle con igual velocidad.
- d) La que se lanzó hacia arriba tarda el triple de tiempo en llegar al suelo independientemente de la velocidad inicial.

NOMBRE: _____ FECHA: _____

PARTE III (PREGUNTAS DE ENSAYO)

E1.- Di la diferencia entre fuentes de energía y tipos de energía

E2.- Da ejemplos de cada uno

E3.- Menciona un ejemplo para cada uno de los siguientes casos:

- i. Un cuerpo cuyas energías cinéticas y gravitatorias aumenten
- ii. Un cuerpo que posea energía elástica y gravitatoria, pero no posea energía cinética
- iii. Un cuerpo cuya energía gravitatoria se transforme en calor

E4.- Determina si las siguientes afirmaciones son falsas o verdaderas y explica tu respuesta:

- i. Sólo cuando un cuerpo realiza trabajo tiene energía
- ii. Un cuerpo ubicado a un metro de altura en la Luna tiene menos energía gravitatoria que el mismo cuerpo ubicado a un metro de altura sobre la superficie terrestre
- iii. Cuando un cuerpo cae, aumenta al mismo tiempo su energía gravitatoria y su energía cinética
- iv. Si un cuerpo duplica su velocidad, su energía cinética también se duplica
- v. La energía cinética de una partícula cambia sólo si el trabajo sobre la partícula lo hace una fuerza externa
- vi. El trabajo es una propiedad de un sistema
- vii. La energía es una propiedad de un sistema
- viii. El teorema de trabajo y energía es el equivalente escalar de la segunda Ley de Newton
- ix. El teorema TE es un caso especial de conservación de la energía

E5.- Una pelotita no rebota indefinidamente, ¿por qué?

E6.- ¿Por qué, antes de lanzarse a una piletta desde un trampolín, los atletas que realizan saltos ornamentales dan varios saltos sobre la tabla?

E7.- Cuando disminuye la energía de un cuerpo, ¿cómo es el trabajo efectuado sobre el cuerpo? Explica tu respuesta

E8.- ¿Aumenta o disminuye la energía de un cuerpo si sobre él se realiza un trabajo negativo?

E9.- Explica la siguiente frase: Las lámparas comunes tienen una eficiencia del 5%, esto significa que pierden mucha energía.

E10.- Describe todas las conversiones de energía que ocurren desde una caída de agua, donde hay instalada una central hidroeléctrica hasta la cocción de un alimento en un horno microondas abastecido por esa central.

E11.- Comparar las energías cinéticas de dos objetos A y B, idénticos en todo, salvo en los aspectos mencionados en cada caso:

- i. A se mueve en el mismo sentido que B, con el doble de velocidad
- ii. A se desplaza hacia la derecha, mientras que B lo hace hacia la izquierda, con velocidades de igual intensidad
- iii. A describe una circunferencia, y B sigue una trayectoria rectilínea, con velocidad de igual intensidad

- iv. A cae verticalmente, mientras que B desliza por un plano inclinado, en un instante en que sus velocidades son iguales
- v. Se mueven con velocidades iguales pero la masa de A es el doble de la masa de B
- vi. A tiene velocidad doble que B, pero B tiene el doble de la masa de A

E12.- Describe similitudes y diferencias entre las energías mecánicas de A y B en los siguientes casos:

- i. A describe una circunferencia, y B sigue una trayectoria rectilínea, con velocidad de igual intensidad.
- ii. A cae verticalmente, mientras que B desliza por un plano inclinado, en un instante en que sus velocidades son iguales.
- iii. Se mueven con velocidades iguales pero la masa de A es el doble de la masa de B.
- iv. A tiene velocidad doble que B, pero B tiene el doble de la masa de A.

E13.- La mayor parte de los satélites terrestres describen una trayectoria ovalada (elíptica) y no circular alrededor de la Tierra. ¿Cómo varían la energía cinética y potencial cuando el satélite gira alrededor de la Tierra?

E14.- Un martillo cae desde el tejado de una casa y llega a la Tierra con cierta energía cinética.

- i. ¿Cuál sería su energía cinética en el momento del impacto, comparada con la anterior si cayese desde una altura cuatro veces mayor?
- ii. ¿Cómo sería la comparación de la rapidez al momento del impacto? Desprecia los efectos debidos al rozamiento.

E15.- ¿En qué situaciones de la vida cotidiana puedes decir que se realiza trabajo?

E16.- ¿Qué requiere más trabajo: levantar una carga a cierta altura, o, levantar la mitad de carga hasta el doble de altura ¿Por qué?

E17.- ¿Es posible que un cuerpo o un sistema realice trabajo negativo? Explica tu respuesta

E18.- El camionero de un camión que circula a mucha velocidad por una avenida hace una maniobra brusca al observar delante de él a un perro y se sube a la acera. Rompe una planta, y un cartel que se encontraba apoyado sobre la acera, sale disparado. ¿Cómo es posible que se deforme la planta? ¿De dónde proviene el movimiento del cartel?

E19.- Cae una maceta del balcón de un quinto piso y rompe una baldosa de la acera. ¿Cómo explicas que se rompa la baldosa?

E20.- Encuentra las unidades SI de la energía, haciendo un análisis dimensional

E21.- ¿Qué significa *degradación* de la energía?

E22.- Contesta a las siguientes preguntas:

- i. Qué tiene más energía, un globo de feria a 6 m de altura, o el mismo globo a 8 m de altura?
- ii. Qué le pasa a la energía del globo cuando se *poncha*?
- iii. Cuando se poncha el globo, y va cayendo a la tierra, su velocidad aumenta o disminuye?
- iv. Al ir cayendo, va ganando, o perdiendo energía?
- v. Qué tipo de energía gana y qué tipo de energía pierde?
- vi. ¿Qué ocurre con el valor combinado de las energías potencial y cinética?

E23.-¿Dónde posee más energía potencial un cuerpo, en la superficie de la Tierra o en la superficie de la Luna?

E24.- ¿Dónde posee más energía potencial un cuerpo, a una altura de un metro en la Tierra o a una altura de un metro en la Luna?

E25.- Da ejemplos cotidianos de todo lo que puede realizar trabajo

E26. ¿Qué energías lleva un cuerpo que va cayendo?

E27.- ¿Cuál aumenta y cuál disminuye?

E28.- Realiza un mapa conceptual del concepto de energía

NOMBRE: _____ FECHA: _____

PARTE IV (PROBLEMAS NUMÉRICOS)

P1.- ¿Cuándo tiene más energía un coche, cuando se encuentra quieto, en el elevador del taller mecánico a una altura de 3 m, o cuando se encuentra moviéndose a una velocidad de 6.3 m/s?

P2.- ¿Cuándo proporcionas más energía, cuando subes un saco de 50 kg a una altura de 2 m o cuando lo subes a una altura de 4 m?

P3.- ¿Cuándo proporcionas más energía, cuando subes un saco de 50 kg a una altura de 2 m o cuando subes un saco de 25 kg a la misma altura?

P4.- ¿Cuándo proporcionas más energía, cuando subes un saco de 50 kg a una altura de 2 m o cuando subes un saco de 25 kg a una altura de 4 m?

P5.- Un balde de 15 kg es levantado 4 m, aplicándole una fuerza vertical F cuyo módulo constante es 18 Kgf. Determina:

- i. El trabajo que realiza la fuerza F
- ii. El trabajo que realiza la fuerza peso

P6.- Se usa una cuerda para bajar verticalmente un bloque de masa m , a una distancia d con una aceleración constante hacia abajo de $g/4$.

- i. Halla el trabajo efectuado por la cuerda sobre el bloque.
- ii. Halla el trabajo efectuado por la fuerza de gravedad.

P7.- ¿Cuál es el trabajo que realiza una persona sobre una valija de 100 N cuando:

- i. La sostiene durante 3 minutos mientras espera el colectivo?
- ii. Corre con ella una distancia horizontal de 10 metros a velocidad constante para alcanzarlo?
- iii. La levanta 60 centímetros para subir al colectivo?
- iv. La mantiene en el piso del colectivo mientras recorre 3 km con aceleraciones, frenadas, tramos curvos, etc?
- v. La baja del colectivo por la puerta trasera?

P8.- Una roca de 80 kg cae por una pendiente que está a 8 metros de altura. Sabiendo que la roca llega a la base de la pendiente con una rapidez de 12 m/s, calcula la cantidad de energía disipada, en todo el proceso en forma de calor.

P9.- Un bloque que se desliza por un plano inclinado sin roce, llega a la parte más baja con una velocidad de 6 m/s. Si partió del reposo, calcula la altura desde la que se deslizó

P10.- Un cuerpo cae desde 3 metros de altura, cuál es la velocidad justo en el instante en el que toca el suelo.

P11.- Se lanza hacia arriba un objeto con una velocidad de 3 m/s, ¿hasta qué altura llegará?

P12.- Supón que un automóvil tiene una energía cinética de 2000 J.

i. ¿Cuál será su energía cinética si se duplica la velocidad?

ii. ¿Cuál será su energía cinética si se triplica la velocidad?

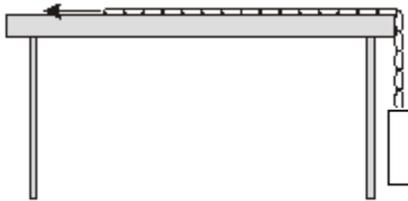
P13.- Un tanque de agua posee 50000 J de energía cuando se encuentra a cierta altura. ¿Cuál sería la energía si estuviera a la mitad de altura?

P14.- ¿Cuál sería la energía cinética de una flecha proveniente de un arco con una energía potencial de 50 J?

P15.- ¿Cuánto trabajo es necesario realizar sobre una bandera de 1 kg de masa para izarla de modo que su altura aumente en 8 metros? (Se desprecian las *pérdidas* de energía en forma de calor)

P16.- La bala de un cañón, de masa 0,20 Kg, se lanza con una velocidad de 200 m/s en una dirección que forma 60° con respecto a la horizontal. Despreciando la resistencia con el aire, ¿cuál es la energía cinética de la bala en el punto más alto de la trayectoria?

P17.- Se construye una columna cilíndrica con discos iguales de 1 m de altura y 50 kg de masa, colocados unos encima de otros. Hallar el trabajo necesario para construir dicha columna si finalmente, tiene una altura de 10 m. (toma $g = 10 \text{ m/s}^2$).



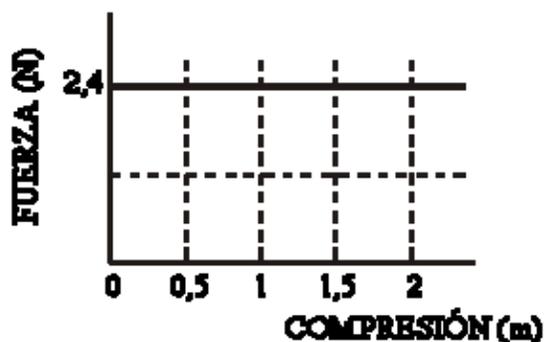
P18. Un hilo está colocado estirado sobre una mesa, de su extremo cuelga un bloque de masa $m = 200 \text{ g}$. Halla el trabajo que es necesario realizar para subir el bloque a la mesa, jalando horizontalmente del extremo superior que descansa sobre la mesa.

P19.- Una partícula de 5 g de masa, incide horizontalmente, con una velocidad de 40 m/s , sobre el tronco de un árbol y penetra 10 cm . La fuerza media que opone el árbol es:

P20.- Un muelle tiene una constante de elasticidad de 10 N/m y 10 cm de longitud. Para alargarlo de $L_1 = 12 \text{ cm}$ hasta $L_2 = 14 \text{ cm}$, hay que hacer un trabajo de:

P21.- Un cuerpo con una masa de 10 g cae desde una altura de 3 m en una superficie con arena. El cuerpo penetra 3 cm en la arena hasta detenerse. Tómese $g=9,8 \text{ m/s}^2$. ¿Qué fuerza ha ejercido la arena sobre el cuerpo?

P22.- Un balón de masa 200 g choca contra un resorte al que comprime 3 cm . El calibrado del resorte indica que para comprimirlo 1 cm es necesaria una fuerza de 1 N . ¿Cuál era la velocidad inicial del balón?



P23.- La figura muestra la relación fuerza-compresión de un parachoques. Una masa de $4,8 \text{ Kg}$ choca frontalmente con el parachoques a una velocidad de 1 m/s . Suponiendo que las pérdidas energéticas debidas al rozamiento son nulas. ¿Qué longitud se comprimirá el parachoques antes de que comience a expandirse?

P24.- Una bala de un cañón, de masa $0,20 \text{ Kg}$, se lanza con una velocidad de 200 m/s en una dirección que forma 60° con respecto a la horizontal. Despreciando la resistencia con el aire:

i) ¿cuál es la energía cinética de la bala en el punto más alto de la trayectoria?

ii) ¿cuál es su energía potencial en el punto más alto de la trayectoria?

Anexo 2

(Test de Lawson de Razonamiento Científico, Versión Opción Múltiple)

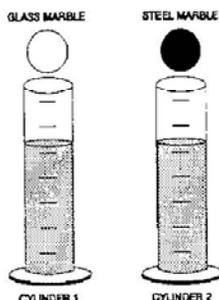
Indicaciones: Esta es una prueba de tu habilidad para aplicar aspectos de razonamiento científico y matemático al analizar una situación para hacer una predicción o resolver un problema. En tu hoja de respuestas, haz una marca en la mejor respuesta a cada reactivo. Si no comprendes lo que se te pregunta, pregúntale al administrador de la prueba para que te aclare.

1.- Supón que te dan dos pelotas de arcilla de igual tamaño y forma. Las dos pelotas pesan lo mismo. Una pelota se aplasta en forma de pizza. *¿Cuál de las siguientes afirmaciones es correcta?*

- a) La pieza en forma de pizza pesa más que la pelota
- b) Las dos piezas pesan lo mismo
- c) La pelota pesa más que la que tiene forma de pizza

2.- porque

- a) La pieza aplanada tiene mayor área
- b) La pelota presiona más en un punto
- c) Cuando algo es aplastado pierde peso
- d) No se ha agregado o quitado arcilla
- e) Cuando algo es aplastado gana peso



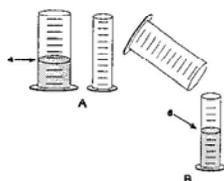
3.- La figura muestra los dibujos de dos cilindros llenos al mismo nivel con agua. Los cilindros son idénticos en tamaño y forma. También se muestran dos canicas, una de vidrio y otra de acero. Las canicas son del mismo tamaño pero la de acero es mucho más pesada que la de vidrio.

Cuando la canica de vidrio se pone dentro del cilindro 1 se hunde hasta el fondo y el nivel de agua sube a la 6ª marca. Si ponemos la canica de acero dentro del cilindro 2, el agua llegará:

- a) Al mismo nivel que lo hizo en el cilindro 1
- b) A un nivel más alto de lo que lo hizo en el cilindro 1
- c) A un nivel más bajo de lo que lo hizo en el cilindro 1

4.- porque

- a) La canica de acero se hundirá más rápidamente
- b) Las canicas están hechas de diferente material
- c) La canica de acero pesa más que la de vidrio
- d) La canica de vidrio genera menos presión
- e) Las canicas son del mismo tamaño



5.- La figura anterior muestra el dibujo de un cilindro ancho y uno estrecho. Los cilindros tienen marcas igualmente espaciadas. El agua se vierte en el cilindro ancho hasta la 4ª marca (véase A). Esta agua se eleva a la 6ª marca cuando se vierte en el cilindro estrecho (véase B).

Ambos cilindros se vacían (no se muestra) y toda el agua se vierte en el cilindro ancho hasta la 6ª marca. *¿Qué tan alto llegaría esta agua si fuera vertida en el cilindro estrecho vacío?*

- a) A la 8ª marca
- b) A la 9ª marca
- c) A la 10ª marca
- d) A la 12ª marca
- e) Ninguna de las anteriores

6.- porque

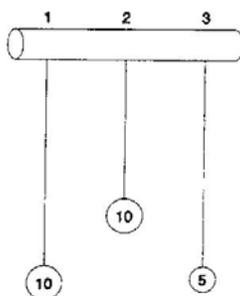
- a) La respuesta no puede ser determinada con la información suministrada
- b) Antes aumento en 2 más, por lo que subirá 2 más nuevamente.
- c) Sube 3 en el estrecho por cada 2 en el ancho
- d) El segundo cilindro es más estrecho
- e) Hay que verter el agua y averiguarlo

7.- El agua es ahora vertida en el cilindro estrecho (como se describe en el reactivo 5) hasta la 11ª marca. *¿Qué tan alto llegaría esta agua si fuera vertida en el cilindro ancho?*

- a) Hasta $7 \frac{1}{2}$
- b) Hasta 9
- c) Hasta 8
- d) Hasta $7 \frac{1}{3}$
- e) Ninguna de las anteriores

8.- porque

- a) Las relaciones deben mantenerse igual
- b) Hay que verter el agua y averiguarlo
- c) La respuesta no puede ser determinada con la información dada
- d) Fue 2 menos que antes por lo que serán 2 menos nuevamente
- e) Restas 2 del ancho por cada 3 del estrecho



9.- El dibujo muestra tres cuerdas que cuelgan de una barra. Las cuerdas tienen pesos de metal en sus extremos. La cuerda 1 y la cuerda 3 son de la misma longitud. La cuerda 2 es más corta. Al final de la cuerda 1 se cuelga un peso de 10 unidades. De la cuerda 2 también se cuelga un peso de 10 unidades. Al final de la cuerda 3 se cuelga un peso de 5 unidades. Las cuerdas (y sus pesos) pueden hacerse oscilar hacia atrás y hacia adelante y se puede medir el tiempo que toma una ida y venida.

Supón que quieres averiguar de qué manera la longitud de la cuerda tiene efecto en el tiempo que toma una ida y venida. *¿Cuál cuerda usarías para saberlo?*

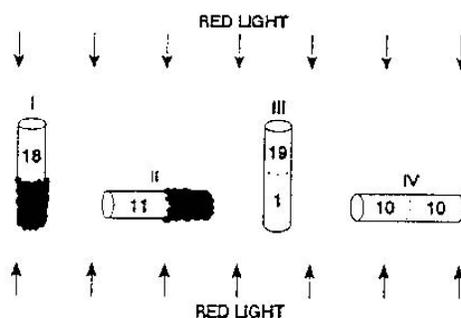
- a) Sólo una cuerda

- b) Las tres cuerdas
- c) La 2 y la 3
- d) La 1 y la 3
- e) La 1 y la 2

10.- porque

- a) Debes usar la cuerda más larga
- b) Debes comparar las cuerdas con ambos cuerpos: ligero y pesado
- c) Sólo se deben usar las longitudes diferentes
- d) Para hacer todas las posibles comparaciones
- e) Sólo se deben usar los pesos diferentes

11.- Veinte moscas de fruta se colocan en cada uno de cuatro tubos de vidrio. Los tubos están sellados. Los tubos I y II están parcialmente cubiertos con papel negro. Los tubos III y IV no están cubiertos. Los tubos se colocan como se muestra en la figura. Se exponen a luz roja durante cinco minutos. El número de moscas en la parte descubierta de cada tubo se muestra en la figura.



Este experimento muestra que las moscas responden a (responden significa que se mueven)

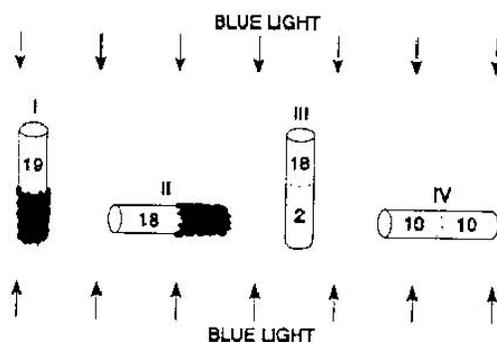
- a) La luz roja pero no a la aceleración de la gravedad
- b) A la aceleración de la gravedad pero no a la luz roja
- c) Ambas: la luz roja y la aceleración de la gravedad
- d) Ni a la luz roja ni a la aceleración de la gravedad

12.- porque

- a) La mayoría de las moscas están en el extremo superior del tubo III pero uniformemente en el tubo II.
- b) La mayoría de las moscas no van a la parte inferior de los tubos I y III.
- c) Las moscas necesitan luz para ver y deben volar en contra de la aceleración de la gravedad.

- d) La mayoría de las moscas están en los extremos superiores y en los extremos iluminados de los tubos
- e) Algunas moscas están en ambos extremos de cada tubo.

13.- En un segundo experimento, se ha utilizado un tipo diferente de moscas y luz azul. El resultado se muestra en la figura:



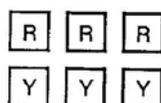
Estos datos muestran que las moscas responden a (responden significa que se mueven)

- a) A la luz azul pero no a la aceleración de la gravedad
- b) A la aceleración de la gravedad pero no a la luz azul
- c) Ambas: a la luz azul y a la aceleración de la gravedad
- d) Ni a la luz azul ni a la aceleración de la gravedad

14.- porque

- a) Algunas moscas están en ambos extremos de cada tubo
- b) Las moscas necesitan luz para ver y deben volar en contra de la gravedad
- c) Las moscas se distribuyen uniformemente en el tubo IV y en el extremo superior del tubo III
- d) La mayoría de las moscas están en el extremo del tubo iluminado II pero no pasarán a los tubos I y III
- e) La mayoría de las moscas están en el extremo superior del tubo I y en el extremo iluminado del tubo II

15.- Se ponen seis piezas cuadradas de madera en una bolsa de tela y se mezclan. Las seis piezas son idénticas en tamaño y forma, sin embargo, tres piezas son rojas y tres son amarillas. Supón que alguien mete la mano a la bolsa (sin mirar) y saca una pieza. *¿Cuál es la probabilidad de que la pieza sea roja?*

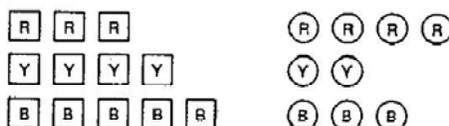


- a) 1 de 6
- b) 1 de 3
- c) 1 de 2
- d) 1 de 1
- e) No puede ser determinada

16.- porque

- a) 3 de las 6 piezas son rojas
- b) No hay forma de saber qué pieza se sacará
- c) Sólo 1 pieza de las 6 se puede sacar
- d) Las 6 piezas son idénticas en forma y tamaño
- e) Sólo 1 de las 3 rojas puede ser sacada

17.- Tres piezas cuadradas de madera roja, cuatro piezas cuadradas amarillas y cinco piezas cuadradas azules se ponen en una bolsa de tela. Además cuatro piezas redondas rojas, dos piezas redondas amarillas, y tres piezas redondas azules se ponen en la bolsa. Todas las piezas se mezclan. Supón que alguien mete la mano dentro de la bolsa (sin mirar sin sentir la forma de las piezas) y toma una pieza.



¿Cuál es la probabilidad de que la pieza sea redonda de color rojo o redonda de color azul?

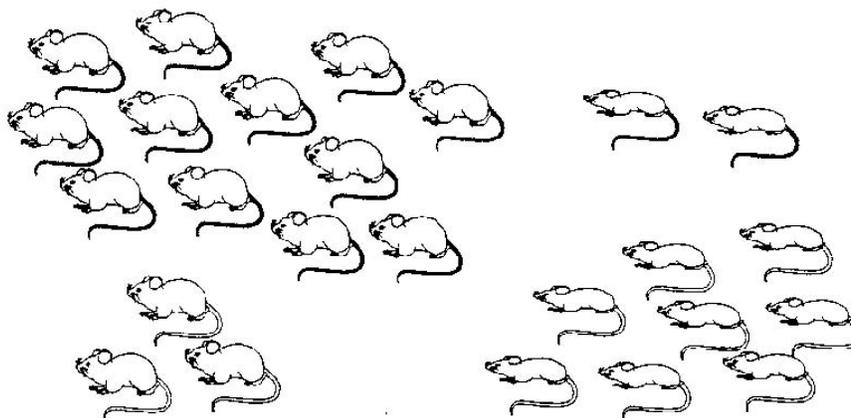
- a) No puede ser determinada
- b) 1 de 3
- c) 1 de 21
- d) 15 de 21
- e) 1 de 2

18.- porque

- a) 1 de las 2 formas es redonda
- b) 15 de las 21 piezas son rojas o azules
- c) No hay manera de decir cuál pieza será sacada
- d) Sólo 1 de las 21 piezas se saca de la bolsa
- e) 1 de cada 3 piezas es redonda de color rojo o azul

19.- El granjero Pérez ha observado a los ratones que viven en su campo. Descubrió que todos ellos eran o flacos o gordos. Además, todos ellos tenían cola blanca o negra. Este

hecho le hizo preguntarse si podría haber un vínculo entre el tamaño de los ratones y el color de su cola. Así que capturó todos los ratones de una parte de su campo y los observó. Abajo están los ratones capturados.



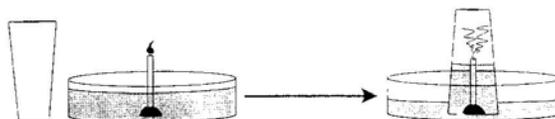
¿Crees que exista una relación entre el tamaño del ratón y el color de su cola?

- a) Parece haber una relación
- b) Parece no haber relación
- c) No se puede hacer una suposición razonable

20.- porque

- a) Hay algunos de cada tipo de ratón
- b) Puede haber una relación genética entre el tamaño del ratón y el color de su cola
- c) No hubo suficientes ratones capturados
- d) La mayoría de los ratones gordos tienen colas negras la mayoría de los ratones delgados tienen colas blancas
- e) Como los más gordos crecieron, sus colas se hicieron oscuras

21.- La figura de abajo a la izquierda muestra un vaso y una vela de pastel encendida incrustada de pie en una pequeña pieza de barro en una cacerola con agua. Cuando se tapa la vela con el vaso, y se mete en el agua, la vela rápidamente se apaga y el agua corre hacia arriba del vaso (como se muestra abajo).



Esta observación plantea una interesante cuestión: ¿Por qué el agua sube dentro del vaso?

Aquí hay una posible explicación: La flama convierte el oxígeno en bióxido de carbono. Dado que el oxígeno no se disuelve rápidamente dentro del agua pero el bióxido de carbono sí, el bióxido de carbono recién formado se disuelve rápidamente dentro del agua, disminuyendo la presión de aire dentro del vaso.

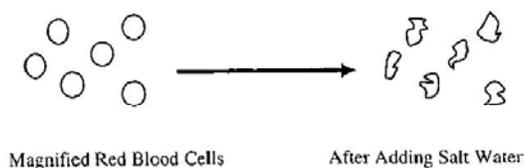
Supón que tienes los materiales antes mencionados además de algunos cerillos y algo de hielo seco (el hielo seco es bióxido de carbono congelado). *Usando algunos o todos los materiales, cómo podrías probar la explicación anterior?*

- Saturando el agua con bióxido de carbono y repitiendo el experimento, tomando nota de la cantidad de agua que aumenta.
- El agua sube porque el oxígeno se consume, entonces repitiendo el experimento en exactamente de la misma manera para mostrar que el aumento de agua se debe a la pérdida de oxígeno.
- Llevando a cabo un experimento variando el número de velas para ver si esto hace alguna diferencia.
- La succión es la responsable de que el agua suba, entonces poniendo un globo en la parte superior de un cilindro abierto y colocando el cilindro sobre la vela encendida.
- Repitiendo el experimento, pero asegurándose de que está controlado manteniendo todas las variables independientes constantes; luego midiendo la cantidad de agua que aumentó.

22.- *¿Qué resultado de tus pruebas (las mencionadas en el reactivo # 21) demostrarían que tu explicación probablemente esté equivocada?*

- El agua se eleva lo mismo que lo hizo anteriormente
- El agua se eleva menos de lo que se elevó anteriormente
- El globo se expande
- El globo se desinfla

23.- Un estudiante puso una gota de sangre sobre un portaobjetos de un microscopio y luego observó la sangre en el microscopio. Como puedes ver en el diagrama de abajo, los glóbulos rojos amplificados parecen pequeñas bolas rojas. Después de agregarle unas cuantas gotas de agua salada a las gotas de sangre, el estudiante notó que los glóbulos aparecen más pequeños.



Esta observación plantea una cuestión interesante: ¿Por qué los glóbulos rojos aparecen más pequeños?

Aquí hay dos posibles explicaciones: I. Los iones de sal (Na^+ y Cl^-) presionan la membrana del glóbulo y lo hacen ver más pequeño. II. Las moléculas de agua son atraídas por los iones de la sal, así que las moléculas de agua se salen de los glóbulos y éstos quedan más pequeños.

Para poner a prueba estas explicaciones, el estudiante usó un poco de agua salada, un dispositivo de gran precisión para pesar, y algunas bolsas de plástico llenas de agua, y supuso que el plástico se comportaba justo como la membrana de los glóbulos rojos. El experimento implicó pesar cuidadosamente una bolsa llena de agua, colocarla en una solución de sal durante diez minutos y luego volverla a pesar.

¿Qué resultado de la experiencia muestra que la explicación I probablemente esté equivocada?

- a) La bolsa pierde peso
- b) El peso de la bolsa es el mismo
- c) La bolsa aparece más pequeña

24.- *¿Qué resultado del experimento mostraría que la explicación II está probablemente errónea?*

- a) La bolsa pierde peso
- b) El peso de la bolsa es el mismo
- c) La bolsa aparece más pequeña



Anexo 3

(Cuaderno de Mediación)

FASE DE EXPLORACIÓN

NÚMERO DE EQUIPO: _____

NOMBRE DE LOS INTEGRANTES:

- _____
- _____
- _____

La noción de conservación en física alude a la inmutabilidad, a la constancia; que alguna cantidad física permanezca constante mientras el sistema relacionado con ella sufre un cambio, indica que dicha cantidad tiene un carácter fundamental profundo. Los físicos buscan siempre leyes de conservación como si fueran las llaves mismas del mecanismo interno del Universo. La conservación de la energía mecánica es una de esas leyes y con las siguientes actividades tendrás oportunidad de redescubrirla, de la misma manera que los científicos de antaño.

MATERIAL

- Una rampa.
- Juego de balines $\neq m$.
- Juego de resortes $\neq k$.
- Juego de rugosidades (vidrio, lija, papel).
- Juego de pesas.
- Regla graduada.
- Hojas de papel carbón.
- Hojas de papel blanco.
- Cinta adhesiva.
- Cronómetro.
- Báscula digital.
- Sensor de compresión.

Actividad E1.

Mientras *juegas* con el sistema observa y contesta las siguientes preguntas:

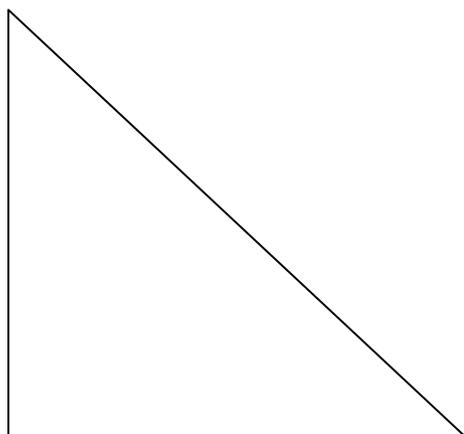
- a) ¿Cuáles son las variables físicas presentes en el sistema? _____

b) ¿Cuáles son las variables importantes? _____

c) ¿Qué relaciones observas entre las variables? _____

d) ¿De qué variables depende la distancia de compresión del resorte? _____

Actividad 2. a) Identifica los momentos importantes durante el trayecto del balón:



i)	_____
ii)	_____
iii)	_____
iv)	_____
v)	_____

b). Anota las características de las variables, para cada momento:

i)	_____
ii)	_____
iii)	_____
iv)	_____
v)	_____

FASE DE CONCEPTUALIZACIÓN PARTE I

Actividad C1.

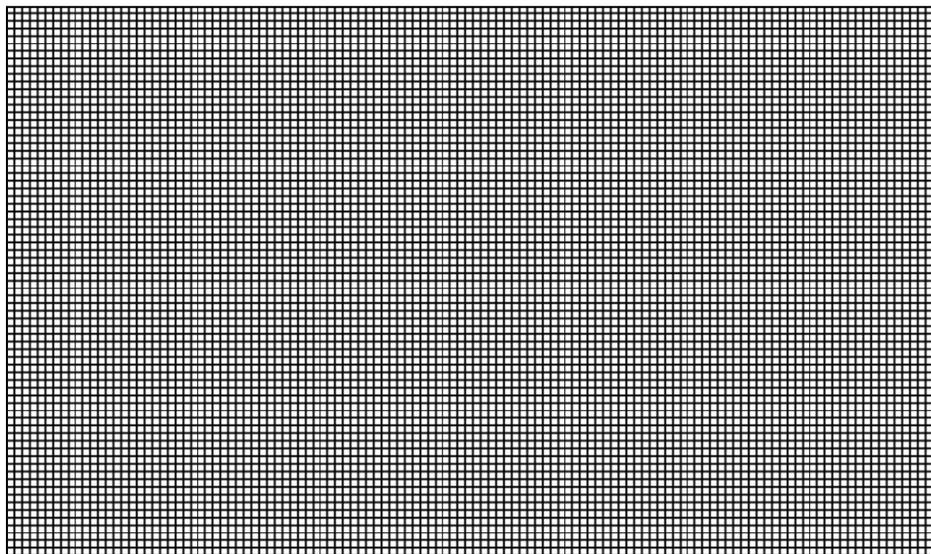
- a) Diseña un experimento para coleccionar los datos que creas necesarios para conocer la relación entre las variables que observaste en la fase de exploración.

Tabla

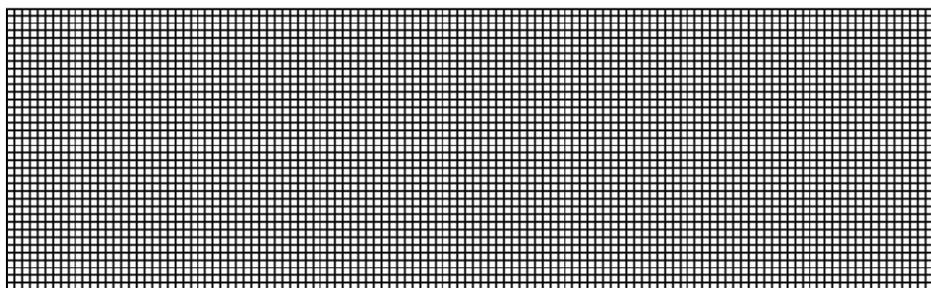
_____ ()	Distancia de compresión ()	_____ ()	Distancia de compresión ()	_____ ()	Distancia de compresión ()

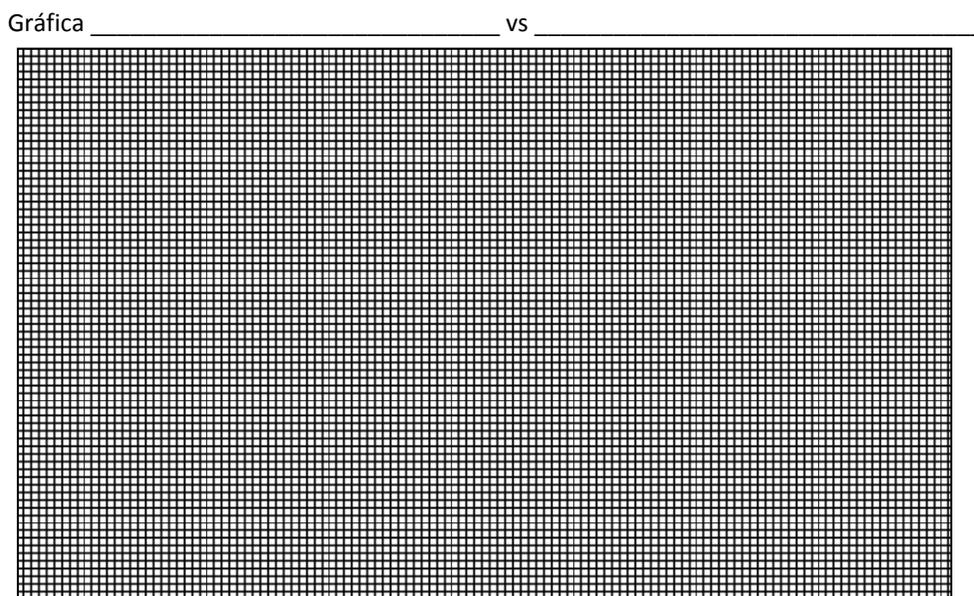
- b) Grafica tus datos

Gráfica _____ vs _____



Gráfica _____ vs _____





Actividad C2.

Llena los espacios en blanco en los siguientes párrafos:

Todo resorte presenta una constante de _____ que depende de varios factores: forma del resorte, material del que está hecho. Esta constante determina el valor de la fuerza de recuperación del resorte cuando lo estiramos o lo contraemos. Es decir, al sacarlo de su posición de equilibrio, el resorte tiende a recuperarla y, al actuar la fuerza recuperadora (la que trata de llevarlo a la posición de equilibrio), entra en una dinámica

de movimiento armónico simple. Cuando el resorte se estira o se contrae, va acumulando una energía, que llamamos _____ elástica, que es la que utilizará para volver a la posición inicial. Esta energía potencial elástica depende de la elongación, pues cuanto más lejos esté del punto de equilibrio, _____ energía acumula. Podemos calcularla a partir de la ecuación:

$$E_p = \frac{1}{2} k x^2$$

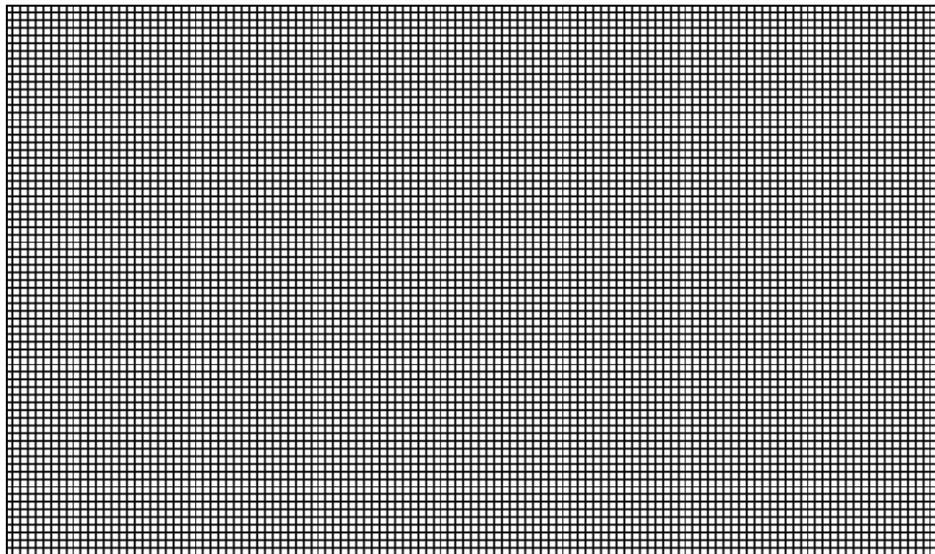
Actividad C3.

a) Con los datos colectados llena una tabla de energías (considera todos los factores).

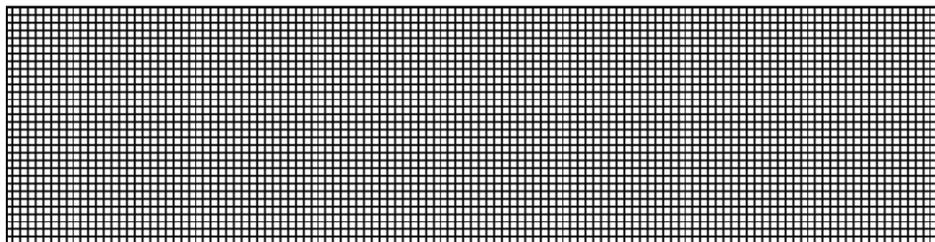
E ()	E ()	E ()	E ()	E ()	E ()

b) Realiza ahora las gráficas correspondientes:

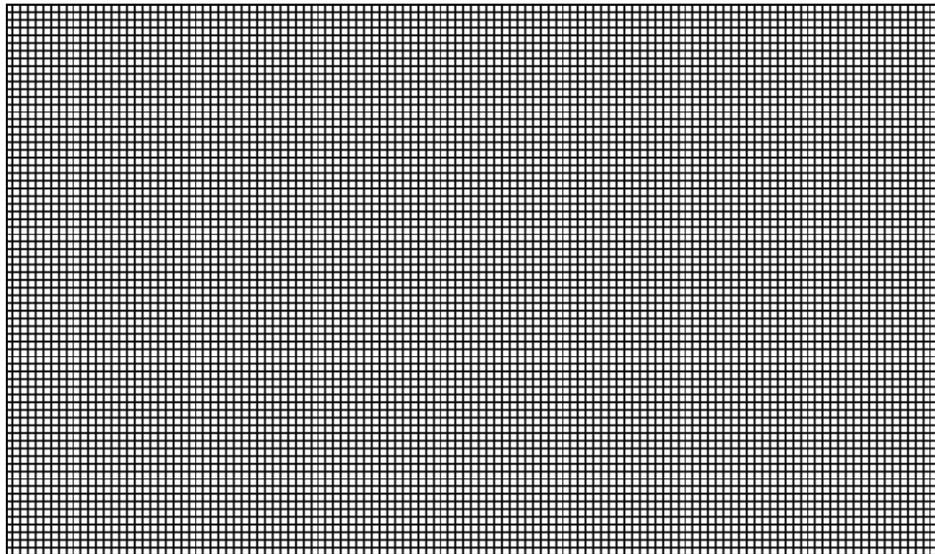
Gráfica _____ vs _____



Gráfica _____ vs _____



Gráfica _____ vs _____



Actividad C4.

- a) Para cada uno de los momentos importantes, observa y anota las características de las energías:
- i) Altura máxima _____
 - ii) Durante el recorrido del balón _____
 - iii) En el instante de contacto balón-resorte _____
 - iv) Durante la compresión del resorte _____
 - v) En la compresión máxima del resorte _____

b) Sintetiza lo anterior: _____

c) Anota el valor de la suma $E_p + E_c$ en cada uno de los momentos importantes:

i) $E_p + E_c =$ _____

ii) $E_p + E_c =$ _____

iii) $E_p + E_c =$ _____

iv) $E_p + E_c =$ _____

v) $E_p + E_c =$ _____

d) ¿Cómo se mantiene la suma $E_p + E_c$? _____,
es decir, la suma $E_p + E_c$ se _____

e) Matemáticamente: _____

f) La suma $E_p + E_c$ es llamada energía _____ y se representa por _____

g) Define:

i) E_p

ii) E_c

iii) E_δ

iv) E_m

v) E

h) Compara tus definiciones con las de la bibliografía.

i) El cambio de Energía potencial del balón en la primera etapa es: $\Delta E_p =$ _____

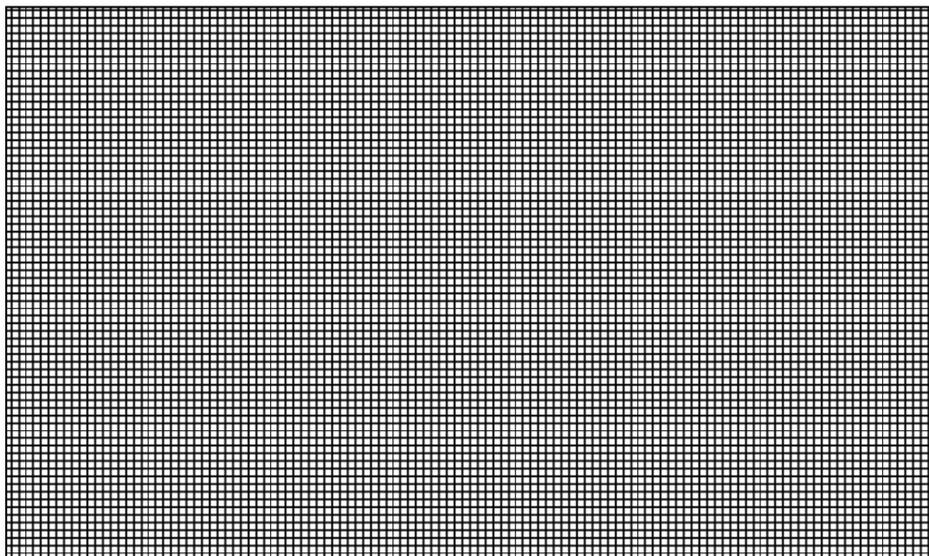
j) El cambio de Energía cinética del balón en la primera etapa es: $\Delta E_c =$ _____

k) El cambio de Energía potencial elástica del resorte en la segunda etapa es: $\Delta E_\delta =$ _____

l) El cambio de energía mecánica del sistema es: $\Delta E_c + \Delta E_p =$ _____

Actividad C5.

- a) Repite el experimento anterior para hacer la gráfica $E\delta$ vs E_p , usando ahora diferentes rugosidades de la rampa.



- b) A qué se debe la diferencia entre las gráficas: _____

- c) ¿Qué representaría una recta a 45° ? _____

- d) Si se perdió _____, se dice que se _____ al medio.

- e) ¿Cuánta energía se transfirió en cada rugosidad?

Vidrio _____

aluminio _____

Lija de agua _____

Lija de madera _____

Actividad C6.

- a) Realiza los siguientes cálculos y compara tus resultados con los casos anteriores (fi es la fuerza de fricción entre el balón y la superficie, L es la distancia recorrida por el balón del punto i al punto f):

$$f_1L \underline{\hspace{10em}}$$

$$f_2L \underline{\hspace{10em}}$$

$$f_3L \underline{\hspace{10em}}$$

$$f_4L \underline{\hspace{10em}}$$

- b) Al producto fL se le llama $\underline{\hspace{10em}}$ ejercido por la fuerza de fricción sobre el balón.
- c) La pérdida de energía es igual al $\underline{\hspace{10em}}$ realizado sobre el balón.
- d) La energía transferida al ambiente es igual al $\underline{\hspace{10em}}$ realizado por la fuerza de fricción sobre el balón.
- e) Completa la siguiente igualdad: $E_p + E_c \underline{\hspace{10em}} = Cte$
- f) El balón le $\underline{\hspace{10em}}$ energía al resorte. Compara la energía transferida con el producto de la fuerza que imprime el balón al resorte (W) y la distancia de compresión del resorte: $Wx = \underline{\hspace{10em}}$
- g) Al producto Wx se le llama $\underline{\hspace{10em}}$ ejercido por el peso del balón sobre el resorte.
- h) La energía transferida por el balón al resorte es igual al $\underline{\hspace{10em}}$ realizado por el balón sobre el resorte.
- i) El cambio en energía potencial del balón, del punto i al punto f es: $\Delta E_p = \underline{\hspace{10em}}$
- j) El cambio de Energía cinética del balón en la primera etapa es: $\Delta E_c = \underline{\hspace{10em}}$
- k) El cambio ΔE_m del balón es: $\underline{\hspace{10em}}$
- l) El cambio de Energía potencial elástica del resorte en la segunda etapa es: $\Delta E_\delta = \underline{\hspace{10em}}$
- m) El cambio de energía mecánica del sistema es: $\Delta E_c + \Delta E_p = \underline{\hspace{10em}}$
- n) $\Delta E_c + \Delta E_p - W = \Delta E_\delta$

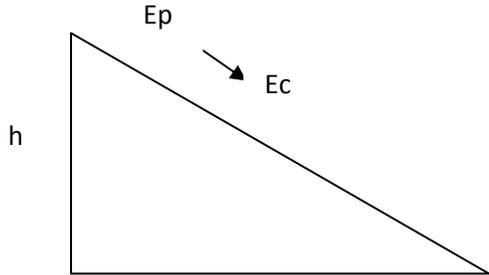
Actividad C7.

Piensa en cada una de las siguientes preguntas: ¿Cómo se transfiere la energía? ¿Cómo se transforma, en su recorrido, la E_p del balón en E_c ? ¿Cómo le transfiere el balón, su energía al resorte? ¿Cómo se transfiere energía al medio, en forma de calor?

Actividad C8.

Llena los espacios en blanco del siguiente párrafo:

El trabajo es la forma de _____ energía

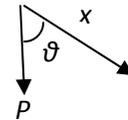


Cuando no había fricción:

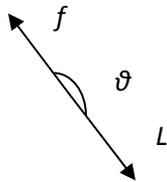
La gravedad ejerce _____ sobre el balón: $W = Ph = Ec$, donde P y h están en la misma dirección, si están en diferente dirección, se calcula la _____ de una en dirección de la otra.

El balón ejerció trabajo sobre el resorte: $W = Px \cos \vartheta = E_{\delta}$.

$$W = Px \cos \vartheta$$



Cuando hubo fricción:



$$W = fL \cos \text{_____}^\circ$$

$$W = -fL$$

Por eso se dice que el cambio de energía en un cuerpo es igual al trabajo realizado sobre el cuerpo.

$$\Delta E_c = W$$

$$\Delta E_p = W$$

$$\Delta E_\delta = W$$

$$= P x \cos \vartheta$$

$$\Delta(E_p + E_c) = W$$

$$\Delta E_p + \Delta E_c = W$$

$$\Delta E_p + \Delta E_c - \text{_____} = 0$$

TEOREMA TRABAJO-ENERGÍA

FASE DE APLICACIÓN

Actividad A1.

- a) Encuentra tu energía cinética mientras caminas de un lugar a otro, de tu elección.
- b) Encuentra tu cambio de energía potencial gravitacional al subir al piso de arriba.
- c) Calcula el trabajo realizado por el balón sobre el resorte.

Actividad A2.

- a) Aplica el principio de conservación de energía para predecir la velocidad del balón justo antes de golpear al resorte
- b) En la montaña rusa de dos jorobas, ¿desde qué altura debe ser liberado el balón para rodar sobre la joroba más baja?

Actividad A3.

- a) Repite el experimento, controlando en el balón únicamente su energía cinética.

Actividad A4.

- a) Cómo cambiarían tus resultados si mides la altura del balón desde el suelo

