

01070



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE FILOSOFIA Y LETRAS
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ESTRATEGIA DE ENSEÑANZA Y ANALISIS DE LA ORGANIZACION LOGICO-CONCEPTUAL EN ESTUDIANTES DE FISICA DE NIVEL MEDIO SUPERIOR SOBRE EL CONCEPTO DE ENERGIA

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE

MAESTRIA EN PEDAGOGIA

P R E S E N T A

RENE CISNEROS SANDOVAL

TUTOR:

DR. MIGUEL ANGEL CAMPOS HERNANDEZ



MEXICO, D. F.

FAB. DE FILOSOFIA Y LETRAS



DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

2005

m345023

Envío a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e Impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: RENÉ CISNEROS SANDOVAL

FECHA: 03 JUNIO DE 2005

FIRMA: [Firma manuscrita]

Dedicatorias

A mi esposa Angélica, por su amor y alegría para caminar juntos.

A mi hijo Omar, por ser un apoyo de mis cambios como padre y amigo.

A mi madre Sarah, por darme la vida y sus oportunidades para crecer.

*Y, a todos mis demás seres queridos
aunque algunos ya no estén físicamente
conmigo.*

René Cisneros Sandoval

Junio de 2005

Agradecimientos

*Al Dr. Miguel Ángel Campos Hernández
Investigador del Centro de estudios sobre la Universidad
(CESU)*

*Por su paciente, laboriosa y excelente dirección
en el desarrollo de esta investigación.*

*A mí estimada compañera del Seminario de Procesos Cognoscitivos
Lic. Guadalupe López Islas
Por su gran colaboración y apoyo en el avance de este trabajo.*

René Cisneros Sandoval

Junio de 2005

ÍNDICE

1.	Introducción	1
2.	Justificación	2
3.	Problema de investigación	5
4.	Contextualización	7
5.	Consideraciones teóricas	10
5.1.	Conocimiento científico	10
5.2.	Conocimiento sobre la energía	13
5.3.	Construcción del conocimiento	19
5.4.	Conocimiento informal y conocimiento formal	23
5.5.	Aprendizaje significativo	25
5.6.	Organización conceptual	27
5.7.	Interacción social y discurso	28
5.8.	Discurso y análisis proposicional	29
6.	Metodología	31
6.1.	La población	31
6.2.	Instrumentos de registro de la organización conceptual	31
6.3.	El Modelo de Análisis Proposicional (MAP)	32
6.3.1	Análisis de componentes	33
6.3.2	Análisis de correspondencia lógico/conceptual	33
6.3.2.1	Análisis cualitativo de la correspondencia	33
6.3.2.2	Análisis cuantitativo de la correspondencia conceptual	34
6.3.3	Clasificación de la organización conceptual	35
6.3.4	Resumen de actividades desarrolladas	38
6.4.	Intervención didáctica en el grupo A	39
6.5.	Estrategia Didáctica para la Construcción de Conocimiento Científico (EDCC)	40
6.5.1	Determinación de la Base Lógico-Conceptual (BLC) o respuesta criterio sobre energía	41
6.5.2	Elaboración de la Matriz de Relaciones Epistemológicas y Estratégicas (MREE)	42
6.5.3	Plan de desarrollo del tema sobre la energía	43
7.	Análisis de resultados y discusión	44
7.1	La respuesta criterio sobre energía	44
7.2	Casos	46
7.3	Análisis grupal: Familias de proposiciones	64
7.3.1	Preprueba	65
7.3.2	Estrategia didáctica (EDCC) y estrategia tradicional	72
7.3.3	Posprueba	76
7.3.4	Conocimiento científico de los estudiantes sin correspondencia con el referente-criterio	83
7.3.5	Análisis cuantitativo comparativo	84
7.3.5.1	Análisis cuantitativo de las tablas de índices de las prepruebas de los grupos A y B	84
7.3.5.2	Análisis cuantitativo de las tablas de índices de la preprueba y de la posprueba del grupo A	85
7.3.5.3	Análisis cuantitativo de las tablas de índices del preprueba	

	y de la posprueba para el grupo B	86
7.3.5.4	Comparativo de resultados y análisis de los índices de las pospruebas de los grupos A y B	88
7.3.5.5	Resumen del análisis cuantitativo	90
7.4	Descripción y análisis de la dinámica de cambio de la organización conceptual	91
7.4.1	Descripción y análisis de la dinámica de cambio de la organización conceptual de AMLF y del grupo A ante la aplicación de la estrategia didáctica EDCC	91
7.4.2	Descripción y análisis de la dinámica de cambio de la organización conceptual de GMJ y del grupo B ante la aplicación de la estrategia tradicional	97
7.5	Discusión teórica	100
8.	Conclusiones y consideraciones	104
9.	Bibliografía	111
Anexo 1.	Respuesta criterio o Base Lógico-Conceptual	115
Anexo 2.	Análisis de componentes de la respuesta criterio	116
Anexo 3.	Mapa proposicional de la respuesta criterio	118
Anexo 4.	Análisis de componentes de alumnos del grupo A de la preprueba y de la posprueba	121
Anexo 5.	Análisis de componentes de alumnos del grupo B de la preprueba y de la posprueba	124
Anexo 6.	Mapas de correspondencia del grupo A de la preprueba y de la posprueba	127
Anexo 7.	Mapas de correspondencia del grupo B de la preprueba y de la posprueba	129
Anexo 8.	Tablas de índices del grupo A de la preprueba y de la posprueba	131
Anexo 9.	Tablas de índices del grupo B de la preprueba y de la posprueba	134
Anexo 10.	Guión de la dinámica de conversación, argumentación sobre energía en el grupo 456. Grupo experimental	137
Anexo 11.	Guión de las clases sobre energía en el grupo B, utilizando el método tradicional expositivo y de pizarrón en el grupo 469. Grupo de control	147
Anexo 12.	Matriz de Relaciones Epistemológicas y Estratégicas (MREE)	168
Anexo 13.	Plan de desarrollo del tema sobre energía	169
Anexo 14.	Simbología	171
Anexo 15.	Pruebas de hipótesis y significancia estadística	172

1. Introducción.

La necesidad de una profunda transformación de la enseñanza de la ciencia y en particular de la física, ha propiciado en los últimos años, un aumento del interés e investigación en la didáctica de la física. Una de las críticas más frecuentes respecto de la enseñanza, en la Escuela Nacional Preparatoria (ENP) de la UNAM, es la fragmentación artificial en bloques, propiciada por el diseño de nuestros programas y que nuestro estilo tradicional de enseñanza apuntalaba. Además, desde 1988 los profesores precisaban los aprendizajes alcanzados por los alumnos de física (Espinosa et al, 1987): memorización de enunciados y principios, simple mecanización en la aplicación de fórmulas para resolver problemas que no entienden y una deficiente comprensión de los conceptos físicos. Resultados que definían como enseñanza tradicional, o sea la impartición de clases de tipo expositivo, en donde todas las actividades, incluidos los experimentos, se hacían, muchos de ellos, con base a gis y pizarrón.

Esta percepción relativa a los resultados obtenidos fue confirmada en el tema de Mecánica. A partir de 1993, un grupo de profesores de secundaria, de bachillerato y de la Facultad de Ciencias (UNAM) inició una investigación (Bravo et al, 1993), destinada a diagnosticar el grado de dominio de las ideas newtonianas sobre fuerza y movimiento - al mismo tiempo que permitió detectar las creencias del sentido común, que sobre esos temas tienen los alumnos de estos niveles educativos -. Los resultados mostraron que con la enseñanza tradicional, se consiguen avances mínimos en cuanto a la comprensión del modelo newtoniano.

A partir de los contenidos programáticos de 1964, las precisiones de 1987 y los resultados de 1993, en 1996, se diseñó un nuevo curso de Física III en la Escuela Nacional Preparatoria. Este curso es de carácter cultural y persigue proporcionar al alumno una visión global, pero no exhaustiva de física, está estructurada alrededor de dos ejes conceptuales: uno es el de interacción y el otro es el de energía, de tal manera que se pretende conseguir un aprendizaje significativo de estos conceptos centrales y de cómo influyen en la vida diaria.

Una tarea importante de nuestra labor docente, en la implementación del nuevo curso de Física III es: buscar, diseñar y probar estrategias constructivistas para el aprendizaje del conocimiento científico. En esta investigación se analiza la aplicación de una propuesta (estrategia) didáctica, consistente epistemológicamente en construir el conocimiento formal (EDCC) sobre la energía en alumnos de 4º año de Bachillerato. La organización conceptual de los alumnos antes y después de la intervención didáctica, se estudia con el Modelo de Análisis Proposicional (MAP); que implica, el análisis de componentes (60) y la elaboración de mapas de correspondencia lógico-conceptual (60) de los resultados de pruebas aplicadas a dos grupos de alumnos de bachillerato.

2. Justificación.

En el periodo 1987-1989 tuvo lugar un proceso intenso de consulta, diagnóstico, análisis, propuestas de nuevos programas, talleres de discusión y ensayo de contenidos y enfoques que involucró a más de 60 profesores del Colegio de Física de la ENP. En particular se hicieron señalamientos, comentarios y observaciones sobre la asignatura de Física III (cursada en el 1er año de la ENP), aunque los mismos pueden extenderse a los otros cursos de física (Espinosa et al, 1987). La docencia en física a ese nivel se apoyó, y en la actualidad en muchos cursos se sigue haciendo, fundamentalmente en la trasmisión de conocimientos ya elaborados con los que se intenta conocer hechos y fenómenos científicos; mediante el desarrollo de ejercicios y prácticas de laboratorio se pretendió iniciar en el diseño o simplemente verificación de experiencias científicas. El papel del alumno en clase se redujo a ser un mero receptor de nuevos conocimientos; y en el laboratorio, en el mejor de los casos, sólo desarrolla habilidades manuales. La ciencia, pues, se presentó como un campo de conocimientos acabado.

En los últimos años se ha propiciado el desarrollo de propuestas que están basadas en la teoría del aprendizaje significativo (Ausubel, 1976; Novak y Gowin, 1988) de los conocimientos científicos; en contraposición con el aprendizaje memorístico, los conocimientos se integran de forma sustancial y no arbitraria en las estructuras conceptuales de los estudiantes. Esto ha supuesto la aparición de una nueva orientación constructivista del aprendizaje de la física, que ha impulsado el aproximar las actividades de aprendizaje a las de la construcción de conocimientos científicos, apoyándonos en una mejor comprensión de la naturaleza y dinámica de la ciencia y en una mejor fundamentación teórica.

En 1996 se elaboró el nuevo programa de Física III (F-III) para la ENP, en el cual se buscó evitar la "enseñanza tradicional" propiciando la participación activa de los alumnos y tomando en cuenta sus intereses y conocimientos previos; con el fin de que se modificaran los esquemas conceptuales de los alumnos, por medio de actividades de aprendizaje sugeridas, tal que estructurasen una visión global y coherente, no exhaustiva ni especializada, de la física. El nuevo curso persigue hacer más significativo el aprendizaje de la física.

Sin lugar a dudas F-III es la asignatura de mayor importancia en esta disciplina, no sólo por su carácter obligatorio sino porque este curso es el último contacto formal que la gran mayoría de futuros ciudadanos, profesionistas o no, egresados del Bachillerato, van a tener con esta disciplina. Es importante brindarles los elementos básicos para que puedan formarse una opinión bien fundamentada de la Física. Sin embargo, a más de 6 años de su implementación, el actual programa y curso de Física III, padece de diversos problemas; entre ellos tenemos los siguientes:

Primeramente, el concepto de energía es sumamente importante para entender los fenómenos físicos a nuestro alrededor y no se ha desarrollado en el programa ni en el curso con la claridad, consistencia y presencia necesarias. El tema de energía en el programa de Física III corresponde a la tercera unidad del programa que lleva por título "interacciones térmicas, procesos termodinámicos y máquinas térmicas". EL objetivo que se persigue es que el "alumno explique la transmisión y transformación de la energía mecánicas en otras formas de energía" (Allier et al, 1996). Se trata de caracterizar no la energía en general sino los conceptos de trabajo mecánico como una medida de la transferencia de energía, energía potencial (gravitatoria y elástica), energía cinética (trasnacional y rotacional) y su interconversión, transferencia y conservación en procesos disipativos (no conservativos) o no disipativos. Los procedimientos propuestos, en el programa para desarrollar el tema, plantean la discusión a partir de experiencias y actividades que implican el uso de la energía. Además de ilustrar, por el profesor, por medio de la presentación de diversas situaciones experimentales y aparatos la trasmisión e interconversion de energía así como su conservación y disipación. Posteriormente y dentro de la misma unidad 2, en la parte de temperatura y calor, se definen el concepto de trabajo adiabático y su relación con el cambio de temperatura y se estudian someramente otras formas de energía, su medición y transformación (energía solar, energía química, nuclear).

En el programa se encuentra definido con relativa precisión el propósito, la temática y las actividades de aprendizaje. Sin embargo en la practica cotidiana la mayoría de los profesores de Física III, del plantel desarrollan el tema sin tener en cuenta los conocimientos previos del alumno sobre el mismo; de manera expositiva, centrada en el profesor, de manera teórica en la parte de la energía mecánica; con base en la resolución de problemas numéricos y sin distinguir entre los diferentes niveles epistemológicos de construir ciencia. A esta manera de enseñar física la hemos denominado método tradicional (ver apartado 7.3.2.2).

Los resultados de esta manera de enseñar física, y en particular energía, se pueden determinar a partir de los resultados obtenidos en el examen departamental del tema, en los dos últimos años. Dichos resultados señalan que no hay diferencia notoria entre el desarrollo de esa temática y el resto de las unidades. Los resultados numéricos no establecen diferencias significativas entre unos y otros (Cisneros, 2002, 2003). Por lo cual considero que no sólo la unidad 2 sino todas las unidades del programa requieren de un cambio, por lo menos, en cuanto a la propuesta didáctica real a implementar, evaluar y darle seguimiento, basada en los resultados de la presente investigación.

Por otra parte, en diversas aportaciones teóricas y de investigaciones sobre la adquisición y construcción de conocimiento "se ha observado sistemáticamente la dificultad que tienen los estudiantes para construir conocimiento científico en el nivel explicativo, que es el nivel epistemológico y metodológico más importante de hacer ciencia y del propio conocimiento científico, en diversos campos de conocimiento y niveles escolares" (Campos, Gaspar, y Cortés, 2003, pp. 93): tanto en ciencias naturales de educación básica y media básica, como en ciencias sociales de nivel universitario y en el campo de la biología; en secundaria y preparatoria y en matemáticas preuniversitarias. En el campo de la física existen estudios de nivel secundaria media básica, superior y universitaria que tocan con diferente grado de incidencia esta problemática (Puey, et al, 1993), (Forteza, et al 1993; Salinas et al, 1993; Ramírez et al, 1994; Alonso y Finn, 1996; Macias et al, 1997 Resnick et al, 1993; Solbes y Tarín, 2003).

Por todo ello, se requiere de una propuesta didáctica en la que resulta esencial tomar en cuenta: los aspectos lógicos y epistemológicos del conocimiento científico, los conocimientos previos de los estudiantes, el mejorar la actitud de los estudiantes hacia la Física y el aprendizaje significativo del conocimiento sobre energía.

Para Ausubel (1978), los alumnos sólo asimilarán una parte de todos los conocimientos nuevos presentados en clase, siempre y cuando el alumno disponga de conceptos mas inclusivos y apropiados para el anclaje conceptual. De esa manera, siguiendo a Ausubel, si la estructura de conocimiento existente posee estabilidad, claridad y organización, los estudiantes producirán significados precisos, de otra manera los significados serán confusos cancelando el aprendizaje significativo del concepto de energía.

En el proceso de organización del conocimiento, además de la estructura de conocimiento existente en los alumnos, también influyen otros factores como son: el lenguaje, la interacción entre maestros y alumnos, la forma de presentación del conocimiento. Por lo tanto las diferencias entre las organizaciones conceptuales de los alumnos sobre el concepto de energía, antes y después de la presentación del profesor, dependerán principalmente de los conocimientos previos de los alumnos y de la manera de presentar el contenido sobre la energía, por parte del profesor. Cabría esperar un mayor o menor aprendizaje significativo en el alumno, dependiendo de la estrategia didáctica utilizada por el profesor en el desarrollo del concepto de energía en clase. Esta suposición tendrá que ser confirmada o rechazada en el transcurso de nuestra investigación y constituye nuestra hipótesis principal

3. Problema de investigación

La presente investigación consiste en poner en práctica y evaluar una estrategia didáctica específica, consistente lógicamente y epistemológicamente desarrollada por Campos y Gaspar (2004), para la construcción formal del conocimiento, denominada EDCC (Estrategia Didáctica para la Construcción de Conocimiento Científico), y que se encuentra explicitada en Campos, Gaspar y Cortés (2003). La EDCC tiene características lógico-conceptuales y epistemológicas del tipo de conocimiento a enseñar y se basa en teorías epistemológicas, cognitivas y sociolingüísticas sobre la adquisición de conocimiento. Dicha estrategia la utilicé en el curso de Física III, particularmente en la enseñanza-aprendizaje significativa de la energía. La estrategia anclada en el nivel explicativo posibilita el paso del conocimiento informal al formal (científico), por medio de la interacción en el aula, basada en plantear preguntas y problemas, discusión argumentada, realizar actividades y desarrollar explicaciones científicas.

La pregunta central de esta investigación y que al mismo tiempo establece nuestra **hipótesis de trabajo** es:

- El conocimiento formal sobre la energía que los estudiantes construyen ¿mejora con una estrategia didáctica, consistente, lógica y epistemológicamente con dicho modo de conocimiento?

Consecuentemente, un elemento fundamental en la investigación fue determinar la organización conceptual que presentan los alumnos sobre el concepto de energía, antes y después de que el profesor de cada grupo desarrolló el tema. La organización conceptual se estudió mediante el Modelo de Análisis Proposicional (MAP de Campos y Gaspar, 1996). El MAP permite el estudio de las estructuras lógico-conceptuales del discurso, es un método para analizar el aprendizaje del conocimiento que se presenta de manera discursiva (en la modalidad de texto científico, en el presente estudio), desde una perspectiva constructivista, interactiva e interpretativa. El MAP se aplicó a los resultados obtenidos de un examen realizado antes y después del trabajo pedagógico basado en la EDCC y en la estrategia didáctica tradicional. El proceso en el aula se estudió por medio del análisis de la dinámica del curso y del contenido de enseñanza incluido. Para ello se realizaron grabaciones de las sesiones de clases.

Según Campos y Gaspar (1999, p. 32) "el conocimiento científico es sólo una de las modalidades del conocer, se exige que las representaciones estén cargadas de conceptualización o relacionamiento lógico, que tengan coherencia y evidencia empírica... Metodológicamente el aprendizaje de conocimiento científico es un proceso activo de construcción representacional en la intersección

entre el conocimiento previo y el conocimiento nuevo, que en el presente caso se trabaja en clase, lleno de conocimiento científico, articulándose de diversas formas". Es decir, nuestra relación con la realidad, como es el caso de los investigadores que estudian los fenómenos de la materia, el movimiento y la energía, produce conocimiento y si dicho conocimiento cumple con las condiciones de tener coherencia interna (no tener contradicciones) y congruencia (comprobación empírica) entre la teoría y la realidad, entonces producimos conocimiento formal o conocimiento científico. Dicho conocimiento formal se pone al alcance de la sociedad, en este caso, por medio de la escuela a los alumnos.

Pero el conocimiento no es algo que se descubre sino algo que se construye. Los conceptos desempeñan un papel importante en dicha producción de conocimiento. Los conceptos y proposiciones que forman los conceptos son elementos centrales en la estructura del conocimiento y en la construcción del significado. La teoría del aprendizaje de Ausubel (1973) relaciona los conceptos y el aprendizaje significativo. Para Ausubel, aprender significativamente implica tomar en cuenta y utilizar un conjunto de requisitos o condiciones en el conocimiento que se enseña y en el proceso mismo de construcción de dicho conocimiento.

El producto y el proceso de construcción significativa del conocimiento sobre la energía constituyen la parte medular de la presente investigación. El producto es una mejor construcción formal en los estudiantes del conocimiento sobre la energía y el proceso de construcción esta concretado en la EDCC que esta anclada en el nivel explicativo y diseñada para posibilitar el paso del conocimiento informal al formal (científico) por medio de la interacción y las explicaciones científicas. Es decir, el proceso es causal del producto y tanto el producto como el proceso tienen los requisitos y condiciones para el aprendizaje significativo de la energía.

4. Contextualización.

Los estudios de nivel medio superior en México constan de dos ciclos, cada uno de tres años. El primer ciclo corresponde a los estudios denominados de *secundaria* o de nivel medio básico y el segundo ciclo, denominado de nivel medio superior, corresponde a los estudios llamados de *preparatoria* o de Bachillerato. Éste último es el ciclo de estudios necesario para ingresar a la educación profesional que imparte la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

La Escuela Nacional Preparatoria (ENP) es una de las instituciones a través de la cual la UNAM, realiza uno de sus sistemas de educación a nivel bachillerato. En este nivel se imparten dos cursos de física, el primero (Física III) obligatorio para todos los alumnos y ubicado en el año de inicio (cuarto año del ciclo de educación medio), y otro (Física IV), impartido en el tercer año de bachillerato (sexto año del ciclo de educación medio), con dos versiones, una para estudiantes que se dirigen a estudios de licenciatura sobre física, matemáticas e ingeniería y otra versión para alumnos de estudios superiores relacionados con ciencias de la salud, biología y química.

El curso de Física III tiene como antecedentes los cursos de Física I y Física II del ciclo medio básico (secundaria), en donde se cubre la temática sobre energía integrada por: los conceptos de trabajo y energía, los distintos tipos de energía, el principio de conservación y ejemplos cotidianos de diversos tipos de energía.

Física III es un curso de carácter general, obligatorio y teórico-práctico (tres horas deben dedicarse a la teoría y una a la realización de experiencias de laboratorio); su duración es de 120 horas anuales con cuatro de clase a la semana, donde cada hora de clase consta de 50 minutos. Física III pertenece al núcleo básico de asignaturas y al área de formación de físico-matemáticas. El contenido está estructurado en cinco unidades, cuatro de ellas temáticas, que son: interacciones mecánicas, fuerza y movimiento; interacciones térmicas y procesos termodinámicos; interacciones eléctricas y magnéticas y estructura de la materia. A lo largo de las cuatro unidades se manejan dos conceptos estructurantes y centrales: uno es el de **interacción** y el otro es el de **energía**. El concepto de interacción está explícitamente desarrollado, pero el de energía no, a pesar de que ambos conceptos son sumamente importantes para el conocimiento científico.

El curso de Física III no se apoya significativamente en conocimientos previos de Física. Se refuerza mutuamente con asignaturas de cuarto año como Matemáticas IV, en aspectos de propiedades de las ecuaciones lineales (proporciones directas). Se relaciona con asignaturas de quinto año como Química III y Biología IV, a las que apoya con conceptos como energía, calor, temperatura. Está

seriado en sexto año con Física IV, en el área I (físico-matemáticas) y en el área II (químico-biológicas).

Los estudiantes, en general, son alumnos recién ingresados a este ciclo escolar, proveniente de la escuela secundaria. Son alumnos de entre 15 y 16 años de edad, de ambos sexos, que traen conocimientos deficientes en algunas áreas. Particularmente su bajo nivel en el manejo de la aritmética, álgebra y trigonometría afecta el ritmo del curso de Física III.

En el Plantel 8 de la ENP, el número de grupos de Física III es de 44 en ambos turnos, con una población promedio de entre 30 y 40 alumnos por grupo. Actualmente (2004) se cuenta con 14 profesores con una antigüedad docente en física que va desde 3 hasta 37 años. Once de los profesores son de asignatura y 3 tienen plaza de carrera. Los docentes son profesionistas, con licenciatura o maestría en Ingeniería o Ciencias Físicas. La mayoría de ellos son egresados de la UNAM o del Instituto Politécnico Nacional (IPN).

El programa actual de Física III, tiene una vigencia de 6 años. La metodología propuesta es constructivista pero la extensión del programa y la poca o nula formación docente en el constructivismo hace que, en nuestro plantel, los profesores cubran la temática pero optan por utilizar una metodología de enseñanza, que en algunos subtemas es constructivista pero en su mayor parte es tradicional, basada en la exposición oral, el uso del pizarrón, la resolución numérica de ejercicios y la realización de experimentos.

Al ser una materia teórico-práctica, los maestros diseñan su curso de tal manera que deben cubrir los contenidos temáticos y experimentales. Se realizan en cada grupo y curso, de 10 a 11, experimentos a lo largo del año académico. Su propósito es el de probar o elaborar modelos de leyes que describen algún fenómeno físico; el desarrollo de habilidades vinculadas al manejo de equipos diversos de física (según los experimentos realizados), aparatos de medición (termómetros, dinamómetros, balanzas, calorímetros, multímetros) y la introducción al uso y manejo del proceso de investigación científico. Los experimentos pueden ser realizados por el profesor (como experimentos de cátedra) o realizados en equipo por los alumnos. El profesor selecciona los experimentos, principalmente, del Manual de Experimentos de Física III (Allier et al, 2001), que es una publicación de la ENP. El porcentaje de calificación de las prácticas frente a los trabajos extraclases y los exámenes parciales durante el año, varía de profesor a profesor y en promedio se estimaría de un 20%. El índice de aprovechamiento anual en el curso ordinario de Física III en la ENP 8 es de 40% (Cisneros; 2002, 2003). Este resultado es el índice de aprobación obtenido

durante los últimos 3 periodos escolares a partir de la aplicación de exámenes colegiados de 30 reactivos de opción múltiple a la mayoría de los alumnos ordinarios de Física III.

La bibliografía oficial para el curso consta de los siguientes libros:

1. Alvarenga B., Máximo A., (1995). Física. México, Harla.
2. Beltrán, V., y Braun, E., (1984). Principios de Física. México, Trillas.
3. Bravo Silvia., (1990). ¿Usted también es aristotélico? Instituto de Geofísica, UNAM.
4. Cetto, A. M., et al., (1984). El Mundo de la Física. México, Trillas.
5. Félix, A., Oyarzabal, J., y Velasco, M., (1990). Lecciones de Física. México. Continental.
6. Hewitt, P. G., (1995). Física Conceptual. Adisson-Wesley Iberoamericana.
7. Tippens, Paul, (1987). Física Conceptos y Aplicaciones. México, Mc Graw-Hill.
8. White, H. E., (1990). Física Moderna. México, UTEHA.
9. Zitzewitz, P., et al, (1995). Física 1 y 2 Principios y Problemas. México, Mc Graw-Hill.
10. Allier et al, (2001). Manual de experimentos de Física III. ENP-UNAM, México.

La bibliografía esta a disposición de los alumnos y maestros en la biblioteca del Colegio de Física y en la del plantel.

En cuanto a las instalaciones se cuenta con aulas y laboratorios que se pueden utilizar como salones de clase o de trabajo teórico-práctico. Son áreas ventiladas, con buena luminosidad y con espacio para albergar a 70 alumnos como máximo.

5. Consideraciones teóricas.

Se ha observado sistemáticamente la dificultad que tienen los estudiantes para construir conocimiento científico en el nivel explicativo, que es el nivel epistemológico y metodológico más importante del hacer ciencia y del propio conocimiento científico, en diversos campos de conocimiento y niveles escolares (Campos et al, 2003, p.93). Una de las razones de esto la podemos encontrar también en Campos y Gaspar (1996) que señalan "...con frecuencia el aprendizaje no se logra plenamente porque diversos factores institucionales o extra-escolares lo impide... no necesariamente se enseña lo que el curriculum plantea ni se aprende lo que se enseña". Conocer con mas detalle muchos de los aspectos que en interacción dinámica actúan en el aula cuando se imparte el tema de energía y cómo se traducen en la conformación de la organización conceptual correspondiente en los alumnos arrojará mas luz sobre dicho proceso y permitirá, en un futuro próximo, delinear mejoras significativas tanto en el programa cómo en el curso de Física III con relación al tema de energía.

5.1 Conocimiento científico

La imagen de la ciencia, como un proceso de descubrimiento de leyes que subyacen en la realidad, permanece en nuestras aulas. Se considera que la aplicación estricta del "método científico" es la base de la producción del conocimiento científico que inicia con la observación de los hechos y termina con el descubrimiento de leyes y principios. Esta concepción de enseñanza de la ciencia corresponde al positivismo científico, y una gran cantidad de profesores, la siguen usando para enseñar ciencia en nuestras aulas de bachillerato.

La nueva mirada se sustenta en la obtención del conocimiento científico, no de la realidad sino de la mente de los científicos, que al elaborar modelos y teorías sobre el comportamiento de aquella, le dan sentido. Teorías y modelos científicos, ya no de saberes absolutos, sino relativos, sociales y no individuales, que en lugar de descubrir o encontrar, construyen o modelan el conocimiento. Muchos de nosotros confundimos los modelos con la realidad. Los conceptos y leyes no están en la realidad sino que son parte de esas mismas teorías o modelos que persiguen describir esa realidad.

Enseñar y aprender ciencia debe ser una tarea de comparar, diferenciar, construir y probar modelos, no de transmitir y adquirir saberes absolutos y verdaderos sobre la realidad. Al ser la ciencia un proceso social y dinámico de generación de modelos y conocimiento, hace que estos saberes científicos sean históricos y cambiantes.

El conocimiento científico, también llamado conocimiento formal (LeCompte y Preissle, 1992), se diferencia del no científico por su explícito y amplio contenido categorial, su compleja red de conexiones lógicas, sus referencias factuales y sus formas de elaboración, lo cual establece criterios de validez. Este conocimiento, nos dicen Campos y Gaspar (1997), está estructurado y es dependiente de una teoría. Esa estructura de conocimientos tiene características propias en los planos: paradigmático (por depender de una teoría), lógico (tiene coherencia entre categorías), empírico (hay congruencia entre categorías y procesos), metodológico (formas específicas de producir el conocimiento).

El contexto sociocultural enmarca y afecta la construcción del conocimiento y el desarrollo de habilidades, dándole sentido y valor particulares a las experiencias de aprendizaje. La escuela es el ámbito contextual en el que los diversos elementos que la integran determinan el sentido y relevancia de las experiencias de aprendizaje, sin olvidar los conocimientos previos y los ámbitos extraescolares que influyen en la estructura cognitiva de cada alumno. La escuela es el contexto ideal, que posibilita la construcción formal de conocimientos tanto en las ciencias naturales como en las sociales.

Desde el plano epistemológico, la construcción del conocimiento científico en el aula, tiene sentido siempre y cuando se base en procedimientos que deben ser descriptivos, explicativos y ejemplificativos. "Estos niveles epistemológicos tienen una importante base cognitiva (pensamiento estratégico) y procedimental del hacer ciencia (metodología: por ejemplo, observación, análisis, comparación, inferencia, reflexión, interpretación)... La referencia al objeto es primariamente descriptiva: qué es, de qué se trata, a qué se refiere. A partir de dicha descripción se puede establecer su dinámica y desarrollo en forma explicativa, cuya coherencia está limitada por la dinámica de los propios procesos que se estudian. La explicación será causalista y temporal en ciencias naturales... Cada disciplina y cada conjunto categorial dentro de ella mantiene estas características, por lo que cada tema curricular también lo involucra, lo que establece exigencias teóricas y un nivel de demanda cognitiva para su comprensión, adecuadas al grado escolar correspondiente" (Campos et al, 2003, p. 97).

Jiménez y Sanmarti (1997) establecen exigencias teóricas y demandas cognitivas (finalidades) de la educación científica para la enseñanza media básica y media superior que Pozo y Gómez Crespo (1998) traducen en contenidos concretos de la enseñanza de la ciencia, por medio de los cuales los alumnos desarrollaran las capacidades correspondientes a esas finalidades. A saber:

Contenidos

1. Verbales o declarativos (hechos, datos, conceptos, principios)
2. Procedimentales (técnicas, estrategias)
3. Actitudinales (actitudes, normas, valores)

Fines de la educación científica

1. El aprendizaje de conceptos y la construcción de modelos
2. El desarrollo de destrezas cognitivas y de razonamiento científico
3. El desarrollo de destrezas experimentales y resolución de problemas
4. El desarrollo de actitudes y valores
5. La construcción de una imagen de la ciencia

La finalidad de lograr el aprendizaje de conceptos y la construcción de modelos requerirá superar las dificultades de comprensión lo que implicará trabajar los contenidos verbales, desde los más específicos y simples (los hechos y datos) pasando a los conceptos disciplinares específicos, hasta alcanzar los principios estructurantes de las ciencias. En el contenido verbal, también llamado contenido o conocimiento declarativo (porque es un saber que se dice o declara por medio del lenguaje), es importante distinguir, por sus consecuencias pedagógicas, el conocimiento factual del conocimiento conceptual pues los mecanismos para aprender unos y otros son cualitativamente diferentes. El aprendizaje factual, se logra por una asimilación literal en la que poco importan los conocimientos previos de los alumnos en ese aprendizaje; por su parte, en el caso del aprendizaje conceptual ocurre una asimilación de información nueva, que depende de los conocimientos previos del alumno.

El desarrollo de un saber procedimental (o de un saber hacer, es decir, a la ejecución de procedimientos, estrategias, técnicas, métodos y destrezas: cognitivas, de razonamiento científico, experimentales y de resolución de problemas) requerirá que los contenidos procedimentales ocupen un lugar relevante en la enseñanza de las ciencias, que tendrá por objeto no sólo transmitir a los alumnos saberes científicos, sino también hacerles partícipes de los propios procesos de construcción y apropiación del conocimiento científico. Lo cual implicará también superar limitaciones específicas en el aprendizaje tanto de técnicas o destrezas como, sobre todo, de estrategias de pensamiento y aprendizaje. En la psicología cognoscitiva actual ha surgido una tendencia a considerar que el conocimiento no es sólo conceptual ni sólo procedimental, sino ambas cosas, que se interrelacionan, acabando por ser un conocimiento de naturaleza dual (conceptual-procedimental).

El desarrollo de actitudes y valores en la enseñanza de las ciencias, se refiere a contenidos poco atendidos en todos los niveles educativos. Requieren de ser explicitados y promovidos para que los alumnos interioricen formas científicas de comportarse y de acercarse al conocimiento. Es decir, construir una imagen de la ciencia requiere no sólo de aprender significativamente los hechos, conceptos y principios que caracterizan la ciencia o la forma en que el discurso científico analiza la realidad, la estudia e interroga (procedimientos), sino también adoptar una actitud y valores científicos en su análisis y práctica. Lo cual permitirá, a los alumnos, identificar y valorar el conocimiento científico y diferenciarlo de otras formas de discurso y conocimiento social.

Coincido con Cortés (2000), respecto de que "la comprensión de la naturaleza del conocimiento (científico), y cómo aprenden los estudiantes esos conocimientos son aspectos importantes en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias".

5.2 Conocimiento sobre la energía.

La energía es un término fundamental de toda la ciencia y quizá el más conocido, es un concepto que enlaza todas las ramas de la física. Su conocimiento resulta muy importante en la enseñanza de las ciencias en el bachillerato, tanto por su capacidad de explicación de gran cantidad de fenómenos que tienen lugar en la naturaleza, como por sus implicaciones en el contexto de la relación entre ciencia, tecnología y la sociedad actual y del futuro. Con todo, es uno de los más difíciles de definir. Es frecuente el uso del término de energía en la vida diaria relacionado con diversos aspectos personales, coloquiales, técnicos, económicos, políticos y sociales. Este uso constante, con significados en muchas ocasiones distantes del conocimiento científico genera problemas de aprendizaje, al tratar de diferenciar el concepto físico, que se utiliza cotidianamente, del que se aprende en la escuela. Dado que es un concepto fuertemente abstracto provoca dificultades en su asimilación y construcción entre los estudiantes. Pozo et al (1998), Solbes y Tarín (1998) y Fernando et al (2003) resumen algunas ideas y dificultades encontradas en torno al concepto de energía y su conservación.

Utilización errónea del concepto de energía. La definición formal la usan poco y el concepto cuando lo usan va acompañado de ideas equivocadas y dificultades como las que siguen:

- Asociación inadecuada de la energía con los seres vivos y el movimiento (el cuerpo crea energía al moverse rápidamente).
- Consideran que las cosas inanimadas no tienen energía.
- Indiferenciación entre los conceptos de energía y fuerza.
- Identificar trabajo y energía.

- Consideración de la energía como algo material semejante a un combustible que puede almacenarse, gastarse o incluso recargarse.
- Dificultades en la utilización del principio de conservación de la energía, pues sus aplicaciones para explicar diversos fenómenos están guiadas por la pérdida o ganancia de algo "material". O considerar situaciones donde se viola el principio de conservación (es posible conseguir más energía a la salida de una maquina que la que se introduce en ella).
- Considerar que la energía puede gastarse o almacenarse, pues el lenguaje cotidiano está impregnado de expresiones como "consumo de energía", "crisis energética".
- Confundir las formas de energía con sus fuentes.
- Atribuir la energía potencial al cuerpo y no a la interacción de cuerpos.
- Ignorar la variación de la energía interna.
- Utilización errónea de los términos producción y consumo. Utilizados como sinónimos de creación y desaparición de la energía (cuando un automóvil viaja quema energía; cuando la gasolina se acaba se detiene).
- Considerar al calor como algo material o substancial (al quemar algunos materiales se crea energía) y opuesto al frío.
- Considerar al calor como una forma de energía.
- Dificultades para distinguir entre calor y temperatura y considerarlos una misma cosa.
- No activar los esquemas de transformación, conservación, transferencia y degradación de la energía sin los cuales no se puede comprender dicho concepto ni el principio de conservación.
- Se muestra el principio de conservación de la energía solo de la mecánica o de la mecánica y la termodinámica y no de toda la física (la energía se conserva solo bajo ciertas condiciones).

Las dificultades de aprendizaje y comprensión señalados tienen que ver, tanto con los principios conceptuales sobre los que los alumnos construyen sus teorías; como con el aprendizaje del concepto de energía desde una educación científica basada en el conocimiento y de cómo se construye (epistemología).

Comprender diversos fenómenos físicos desde un punto de vista energético, aunque sea de manera cualitativa, implica interpretarlos en términos de interacción, conservación y equilibrio, y epistemológicamente construirlos con base en la descripción, explicación y ejemplificación de dicho conocimiento.

La elaboración del concepto de energía hasta llegar a su comprensión mediante el principio de conservación, fue un proceso que duró más de dos siglos. En una primera etapa, se establece la conservación de la energía en la mecánica. A partir del estudio de los choques elásticos (Huygens, Leibnitz), se formula una ley de conservación en la que sólo aparece la energía cinética. En poco tiempo se conocen las limitaciones de dicha ley. La conservación de la energía mecánica, no formulada claramente, es utilizada por Huygens para resolver el problema del péndulo y por Daniel Bernoulli en el estudio de los fluidos en movimiento. Hay que esperar casi medio siglo para que la conservación de la energía de un sistema mecánico sea presentada por Lagrange en su "Mecánica analítica" en 1788. En una segunda parte, se plantea la conservación de la energía en termodinámica. Se conceptualizan el calor, la cantidad de calor, la temperatura, la energía interna y el trabajo. Estos conceptos, unidos a una gran cantidad de experimentos (sobre procesos de conversión de energía, transformaciones de calor en trabajo, estudio de máquinas térmicas) dan lugar a la formulación de los dos principios de la termodinámica. El primer principio resuelve las limitaciones de la conservación de la energía en mecánica, mientras que el segundo aporta la degradación de la energía como un nuevo aspecto de la misma. Este principio de conservación fue introducido por Mayer, Joule y Helmholtz con intención de ser un principio de toda la física.

La física ha evolucionado mucho desde 1847 hasta la actualidad y es necesario tener en cuenta desarrollos históricos ulteriores. En primer lugar, el establecimiento de la teoría electromagnética da lugar a considerar la energía de los campos y a la radiación como un nuevo proceso de transferencia de energía. En segundo lugar, la energía en la física moderna. La teoría de la relatividad introduce la equivalencia de la masa y la energía, y la energía de la masa en reposo, que es necesario incluir en el principio de conservación. La física cuántica muestra la cuantificación de la energía y su indeterminación (relación de Heisenberg energía-tiempo). La desintegración puso en duda la conservación de la energía desde el punto de vista microscópico y el posterior descubrimiento del neutrino supuso su confirmación. Por último, el teorema de Noether plantea una visión más profunda y abstracta del sentido de la conservación de la energía al relacionarla con una invarianza de las leyes naturales bajo las traslaciones temporales (Solbes y Tarín, 1998) que corresponde a un aprendizaje de la energía a nivel de licenciatura y posgrado.

En esta investigación, la cuestión no es buscar la concepción de energía más correcta como punto de partida, sino en aceptar que los conocimientos son construcciones tentativas destinadas a evolucionar. Es decir, se plantea que la construcción de significados es fruto de aproximaciones sucesivas, sin renunciar a la exigencia básica de significatividad. En la literatura de investigación sobre el tema (Resnick et al, 1993; Alonso y Finn, 1996; Solbes y Tarín, 2003) podemos distinguir tres definiciones diferentes sobre lo que es la energía. La primera, conceptualizó en el pasado a la

energía como una especie de sustancia o fluido (i.e. calórico) que participa en todos los procesos que ocurren en nuestro alrededor, pero la física ha abandonado desde hace tiempo esa concepción. La segunda, que utilizamos en el presente estudio, considera utilizar la energía como la "capacidad de realizar trabajo". Definición válida en mecánica, que es incompleta, que no es muy útil en termodinámica pues la energía térmica interna no puede convertirse totalmente en trabajo y que en el futuro quizá se deje de utilizar, pero que se sigue utilizando por muchos autores, particularmente en el bachillerato. La tercera definición que persigue superar esas limitaciones haciendo un planteamiento más general, define la energía como la capacidad de un sistema de producir cambios o transformaciones en la materia. Esas transformaciones en la configuración de sistemas pueden asociarse a variaciones de energía en dichos sistemas o en parte de los mismos. Sin embargo, esta concepción también tiene sus inconvenientes, pues hace tiempo se abandonó la idea de la energía en general como causa de los fenómenos; pues aquello que hace que un proceso ocurra no podemos relacionarlo solamente con las variaciones de la energía, sino también con el aumento de la entropía (Resnick, Halliday y Krane, 1993). Lo que no se pone en tela de juicio en estas definiciones es el principio de la conservación de la energía, lo que es correcto y que se mantendrá en esta investigación.

El tema de ahondar en una mejor definición sobre que es la energía es por demás interesante, pero se dejará para investigaciones posteriores.

En varios de los libros que se proponen en la bibliografía básica del programa de la asignatura de Física III (Hewitt, 1998; Pérez, 2001; Tippens, 2001) se plantea que hay energía en las personas, los lugares y las cosas, pero únicamente observamos sus efectos cuando algo está sucediendo, solo cuando se transfiere energía de un lugar a otro, de un cuerpo a otro o cuando se convierte de una forma en otra. **La energía es la capacidad de un sistema físico para realizar trabajo sobre un cuerpo** (la energía es algo que los objetos tienen, mientras que el trabajo es algo que se realiza sobre los objetos). El trabajo realizado sobre un cuerpo es una transferencia de energía de un cuerpo (sistema físico) a otro cuerpo (sistema físico).

Trabajo.

En todos los casos en los que se realiza trabajo intervienen dos factores: 1) la aplicación de una fuerza y 2) el movimiento de algo por la acción de dicha fuerza.

$$\text{Trabajo} = \text{fuerza} \times \text{desplazamiento}$$

Trabajo es el producto de una fuerza por el desplazamiento del cuerpo en la dirección de la fuerza.

El trabajo se puede dividir en dos categorías, una de ellas es el trabajo que se hace contra una fuerza, el otro tipo es la clase de trabajo que se realiza para aumentar o disminuir la rapidez de un automóvil. Cuando una fuerza constante mueve un objeto en la dirección de la fuerza, el trabajo realizado es igual al producto de la fuerza por la distancia recorrida por el objeto. Ese algo que le permite a un objeto realizar trabajo es la energía, por ello es que se considera al trabajo como una forma de intercambiar o transmitir energía entre dos cuerpos o sistemas. La energía al igual que el trabajo se mide en joules.

La energía se da en muchas formas, la energía asociada al movimiento se conoce como energía cinética y la relacionada con la posición es la energía potencial. Existen otras formas de energía además de la energía mecánica (potencial y cinética), la e. térmica, la e. electromagnética, radiante, la e. atómica e incluso la propia masa.

Energía potencial.

Un objeto puede almacenar energía en virtud de su posición, la energía que se almacena en espera de ser utilizada se llama energía potencial (EP), porque en ese estado tiene el potencial para realizar trabajo, por ejemplo: un resorte comprimido, un arco, una liga estirada; una sustancia química (capaz de realizar trabajo, posee energía potencial), la cantidad de energía potencial que posee un objeto elevado es igual al trabajo realizado contra la gravedad, para levantarlo a cierta altura.

$$\text{Energía potencial gravitacional} = \text{peso} \times \text{altura}$$

Energía cinética.

La energía cinética de un objeto en movimiento es igual al trabajo necesario para impartirle esa rapidez desde una posición de reposo o el trabajo que el objeto puede realizar cuando se le detiene.

$$\text{Energía cinética} = \text{Fuerza resultante} \times \text{distancia} = \frac{1}{2} \text{ masa} \times \text{velocidad}^2$$

Conservación de la energía.

Más importante que saber qué es la energía es entender su comportamiento, cómo se transforma. Podemos entender mejor casi cualquier proceso o cambio que ocurre en la naturaleza, si lo analizamos en términos de la transformación de la energía, de una forma en otra.

La conservación de la energía establece que la energía no se crea ni se destruye, es decir:

- La energía se puede transformar de una forma en otra.
- La cantidad total de energía no cambia jamás.
- La energía puede cambiar de forma o transferirse de un lugar a otro, pero el balance total de energía permanece constante.

El que la energía se transforme y/o se transfiera y no se pueda crear ni destruir manteniéndose constante, se le conoce como el principio de conservación de la energía; al igual que el principio de conservación de la masa, sólo se cumple en fenómenos que implican velocidades bajas en comparación con la velocidad de la luz. Cuando las velocidades se aproximan a la de la luz como sucede en las reacciones nucleares, la masa puede transformarse en energía y viceversa, en física moderna se unifican ambos conceptos en el principio de la conservación de la materia y la energía.

La materia posee energía como tal o como resultado de su movimiento o de su posición en relación con las fuerzas que actúan sobre ella. La radiación electromagnética posee energía que depende de su frecuencia y, por tanto, de su longitud de onda. Esta energía se comunica a la materia cuando absorbe radiación y se recibe de la materia cuando emite radiación. También, la materia en condiciones extremas: de velocidades cercanas a la de la luz, en presencia de fuerzas gravitatorias o de temperaturas muy elevadas puede transformarse en energía y viceversa.

Energía térmica interna y calor.

Todas las formas de energía tienden a transformarse por medio del calor (que es una forma de transmisión de la energía y no un tipo de energía) en energía térmica interna de los cuerpos, en los dispositivos mecánicos la energía no empleada para realizar trabajo útil se disipa vía el calor, producido por el rozamiento, en energía interna y las pérdidas de los circuitos eléctricos se producen fundamentalmente, por el calor. Es decir, el calor no es ni una sustancia (calórico) ni tampoco una forma de energía, como a menudo se afirma. Un objeto o sistema no tiene calor, del mismo modo que no tiene trabajo. El calor, al igual que el trabajo, no son una forma de energía, sino un mecanismo de intercambio de energía. Por ello cuando hablamos de energía térmica o calorífica nos estamos refiriendo a un tipo de energía térmica interna del sistema, la transferencia de energía llamada calor implica una multitud de intercambios microscópicos de energía debidos a colisiones elásticas e inelásticas de partículas externas con partículas del sistema, resultando un cambio en las energías de las partículas. A la energía de ese conjunto de partículas se le define como energía térmica interna.

Ejemplos.

La energía asociada a un péndulo que oscila tiene una energía potencial máxima en los extremos de su recorrido, en todas las posiciones intermedias tiene energía cinética y potencial en proporciones diversas. Un peso suspendido de una cuerda tiene energía potencial debido a su posición, puesto que puede realizar trabajo al caer, una batería eléctrica tiene energía potencial en forma química, un trozo de magnesio también tiene energía potencial en forma química, que se transforma en energía térmica interna por medio del calor y luz si se inflama. Al disparar un fusil, la energía potencial química de la pólvora se transforma en la energía cinética del proyectil. La energía cinética del rotor de una dinamo o alternador se convierte en energía eléctrica mediante la inducción electromagnética. Esta energía eléctrica puede, a su vez, almacenarse como energía potencial de las cargas eléctricas en un condensador o una batería, disiparse vía calor en energía térmica interna del medio circundante o emplearse para realizar trabajo en un dispositivo eléctrico.

En general, las variaciones de energía pueden ser debidas, además de al trabajo y al calor, a otros procesos, como el intercambio de radiación y/o materia. Como resultado de las interacciones y transformaciones la energía se degrada, lo que va acompañado del crecimiento del desorden del sistema (entropía) y este crecimiento disminuye la posibilidad de subsiguientes transformaciones. Es decir, que mientras la energía mecánica se puede transformar totalmente en energía térmica, el proceso inverso (transformar energía térmica totalmente en energía mecánica) no se logra en su totalidad (100 %) pues no es posible la transformación completa del movimiento desordenado de una infinidad de partículas en movimiento ordenado, pero la energía total del sistema (aislado) incluida la energía térmica permanece constante.

En el actual curso de Física III de la ENP, se plantea que los alumnos aprendan significativamente los conceptos de energía e interacción y de cómo estos influyen en la vida diaria. Pero los bajos niveles de aprovechamiento (40%) en la asignatura, convierten la tarea docente en un reto: el de buscar, elaborar y probar estrategias de aprendizaje del conocimiento científico que mejoren dicha situación. De ahí, la relevancia y justificación de investigar si la EDCC permite mejorar la construcción formal del conocimiento sobre la energía.

5.3 Construcción del conocimiento.

En la actualidad no hay un modelo constructivista dominante. Para Luque et al (1997) el constructivismo no es un invento reciente, es una elaboración que inicia con la filosofía kantiana y a la que han contribuido diversos autores en los dos últimos siglos. La perspectiva constructivista ha ido incorporándose lentamente a la cultura escolar en las últimas décadas. Hernández (1997) considera que el desarrollo actual del constructivismo además de ser fruto de la expansión de la

teoría piagetiana, del desarrollo de teorías cognitivas del procesamiento de información, es consecuencia de los avances de la tecnología educativa, especialmente de los sistemas interactivos. Para Delval (1997), el constructivismo es antes que nada, una posición epistemológica que se refiere a como se origina y modifica el conocimiento. El constructivismo establece que el sujeto cognoscente construye el conocimiento.

En términos generales, el constructivismo es una opción epistemológica que permite abordar de un modo creíble la generación del conocimiento humano como un proceso de construcción cognitiva llevado a cabo por los individuos en un contexto social, que tratan de comprender el mundo que les rodea. Es una herramienta de conocimiento presente en disciplinas como la pedagogía, psicología, sociología, antropología, lingüística, epistemología entre otras. Y puede inspirarnos para formular modelos y teorías, o para idear métodos de investigación; pero no puede reducirse a una teoría o a una metodología concreta. Las tesis principales de esta concepción constructivista acerca del aprendizaje y la enseñanza en el aula, son las siguientes (Delval, 1997; Hernández, 1997; Luque et al, 1997):

El alumno no descubre sino construye sus propios conocimientos; el conocimiento construido esta determinado por las propiedades del sujeto y de la realidad; los instrumentos del individuo determinan como conoce la realidad, lo que equivale a decir como la construye. Sin embargo, la interacción con sus iguales puede facilitar la construcción del conocimiento y de hecho no será posible sin su existencia. El conocimiento es un producto de la vida social y el desarrollo de los instrumentos de conocimiento (memoria, razón, lenguaje) no puede realizarse sin la interacción y dinámica social.

El punto de partida de la actividad del alumno, y por lo tanto el origen del conocimiento, hay que situarlo en las capacidades con las que viene al mundo, que son lo que puede denominarse los reflejos. Los reflejos son innatos a diferencia de los esquemas de conocimiento que son adquiridos. Los primeros esquemas cognoscitivos son productos de la aplicación de algunos reflejos a los objetos (realidad). Esos esquemas están relacionados entre sí y son unidades en continuo cambio. Se modifican para poder enfrentarse con las resistencias de la realidad o de los objetos lo cual hace posible la construcción de nuevos esquemas.

Encontrando resistencia en la realidad es como progresa el conocimiento. Así, el conocimiento generado y asimilado al interior del alumno estará representado y organizado en esquemas de conocimiento conectados entre sí. Las formas fundamentales de generación de nuevos esquemas de conocimiento se realizan por medio de diferenciación y combinación que darán pie a que los

esquemas se estructuren y organicen jerárquicamente. Para conocer la realidad y actuar eficazmente sobre ella, el alumno debe aplicar sus esquemas y tomar nota de sus resistencias.

Esa construcción al interior del alumno, sólo puede ser realizada por él mismo y dará origen a una estructura u organización cognoscitiva compuesta de esquemas de conocimiento interrelacionados y que tienen contenidos verbales o declarativos, procedimentales y actitudinales.

Así, el alumno establece (construye) representaciones que se atribuyen a la realidad, pero que son construcciones suyas, no formales y formales. Para el cambio conceptual existen resistencias debido a las creencias de sentido común solidamente arraigadas. Todo cambio en la organización cognitiva es una construcción personal del alumno a partir de experiencias de aprendizaje en las cuales pone en juegos sus capacidades y las amplía. Lo que se construye a través de la educación escolar son capacidades relacionadas con el conocimiento y el uso de contenidos culturales. Aprender es asimilar, transformando en entidades psicológicas subjetivas los conocimientos y las prácticas convencionales, generadas en la vida social y construidas, y acumuladas a través de la historia.

Actuar eficazmente sobre la realidad quiere decir alcanzar las metas que el alumno se propone. A lo largo del desarrollo el alumno tiene que construir no solo su inteligencia sino también las representaciones de la realidad. Ambas construcciones son indisolubles y se benefician mutuamente. Las representaciones nos permiten pensar y hablar sobre la realidad, y actuar sobre ella: decir qué es la realidad, qué objetos o entidades le pertenecen, cómo se relacionan éstos entre sí y cómo nos relacionamos con ellos. En cuanto significado de un objeto, y no en cuanto él mismo, la representación es un sustituto del objeto y esta constituida de imágenes, conceptos y formas de relacionamiento. Se construye a partir de tres dimensiones que operan simultáneamente: la mediación de la acción entre sujeto y objeto, la interacción social como condición y contexto de la acción y el relacionamiento categorial como efecto de la interacción. Así, la representación es un proceso y siempre es dinámica. El uso de la representación para responder preguntas y problemas coadyuva al desarrollo de habilidades intelectuales o simbólicas, las cuales cambian a partir de las condiciones sociales específicas y su uso puede generar nuevas representaciones. Con ello se puede obtener significado descriptivo, explicativo o ejemplificativo de objetos a los que se hace referencia. Así, la representación está en la base del conocimiento y se expresa mediante el lenguaje y cuando se le establecen restricciones lógicas y se utiliza un lenguaje técnico y abstracto el conocimiento representado se convierte en conocimiento científico. De esta manera la representación es un instrumento de relación con el mundo y del propio proceso de construcción

del conocimiento. Es un proceso social continuo, interminable y de carácter cognitivo (Campos y Gaspar, 1999).

Para Carretero (1993, p. 21) el constructivismo es una idea que mantiene al individuo, en lo cognitivo, afectivo y social, como una construcción propia que se produce cotidianamente como resultado de la interacción de dichos factores. Consecuentemente en el constructivismo, el conocimiento no es una copia de la realidad, sino una construcción del sujeto, utilizando como instrumentos cognitivos los esquemas que ya posee y genera en su relación con el medio que lo rodea. Es decir, un residuo de la actividad cognitiva sobre el material de aprendizaje. Dicho proceso de construcción depende (primero) de los conocimientos previos o representaciones que se tenga de la nueva información y (segundo) de las actividades de enseñanza-aprendizaje que el alumno realice al respecto más las disposiciones y conciencia del alumno del conocimiento propio.

La concepción constructivista del aprendizaje escolar se sustenta en la finalidad de promover los procesos de crecimiento y desarrollo del alumno que se persigue en la escuela, en el contexto cultural correspondiente. Estos aprendizajes se lograrán con la condición necesaria de que las actividades de enseñanza y el aprendizaje sean intencionales, planificadas y sistemáticas tal que propicien cognitivamente la construcción del conocimiento en la escuela y siempre y cuando se exploren las ideas previas de los alumnos. Para ello son importantes tanto los procesos psicológicos implicados en el aprendizaje como los mecanismos de influencia educativa susceptibles de guiar y orientar la enseñanza y el aprendizaje (ver más adelante, potencial significatividad de los contenidos de aprendizaje en Aprendizaje Significativo, sección 5.5).

Diversos autores como Ausubel (1973) y Novak et al (1999) plantean que el alumno puede construir los significados y su conocimiento del mundo mediante la realización de aprendizajes significativos, debido a lo cual la "finalidad última de la intervención pedagógica es desarrollar en el alumno la capacidad de realizar aprendizajes significativos en una amplia gama de situaciones y circunstancias, es decir aprender a aprender" (Coll, citado por Díaz Barriga F, 1998).

Para Coll, la concepción constructivista en educación se basa en que:

1. El alumno es responsable de su propio proceso de aprendizaje.
2. La actividad mental constructiva del alumno se aplica a contenidos que poseen ya un grado considerable de elaboración.
3. La función del docente es "unir" los procesos de construcción del alumno con el saber colectivo organizado. La función del profesor es, además de crear ambientes óptimos para

la construcción mental del alumno, orientar y guiar intencionalmente dicha actividad (ver inciso 6.5).

Días Barriga, (1998) resume algunos de los principios más importantes asociados a una concepción constructivista del aprendizaje, a saber:

1. El punto de partida de todo aprendizaje son los conocimientos previos.
2. El aprendizaje se produce cuando entra en conflicto lo que el alumno ya sabe con lo que debería saber.
3. El aprendizaje implica un proceso de reorganización interna de esquemas.
4. El aprendizaje es un proceso constructivo interno, autoestructurante.
5. El aprendizaje es un proceso de (re) construcción de saberes culturales.
6. El grado de aprendizaje depende del nivel del desarrollo cognitivo del sujeto.
7. El aprendizaje se facilita por la mediación o interacción con los otros (sociedad).

En resumen, la postura constructivista se alimenta de aportaciones de diversas corrientes psicológicas asociadas a la psicología cognitiva: el enfoque psicogenético piagetiano, la teoría de los esquemas cognitivos, la teoría ausbeliana de asimilación y aprendizaje significativo, la psicología sociocultural vigotskiana, entre otras. Aunque se parte de enfoques teóricos un tanto diferentes en todas ellas, se comparte la importancia de la actividad constructiva del alumno en la adquisición y generación del conocimiento (Díaz Barriga et al, 1998).

El constructivismo postula la existencia y prevalencia de procesos activos de construcción del conocimiento: habla de un sujeto activo que opera e interactúa cognitivamente sobre y con la realidad, construyendo conocimiento y desarrollando habilidades y actitudes.

En el ámbito educativo los alumnos aprenden significativamente cuando construyen de forma activa sus propios conocimientos y para ello hay que tomar en cuenta el estado de los conocimientos previos pues determinan o condicionan los aprendizajes posteriores. En la enseñanza de la ciencia, el profesor en su planeación e implementación de actividades debe considerar esta importante orientación: en el aprendizaje el alumno debe participar activamente construyendo los conocimientos científicos (conocimiento formal) partiendo de sus conocimientos previos (que pueden ser de tipo informal, tácito o de sentido común).

5.4 Conocimiento informal y conocimiento formal.

Campos (2000) afirma que aprender es un proceso de construcción de significados en el que se

activa conocimiento previo y se involucran sistemas racionales y de creencias en contextos sociales específicos. Dichos significados configuran conocimiento de diversos segmentos de la realidad. Antes de formalizar dicho significado, se construyen redes de conceptos informales.

El conocimiento informal, tácito, de sentido común o cotidiano es el conocimiento personal que se aprende a través de las experiencias de la vida por las vías sensorial y verbal. Tiene bajos niveles de coherencia lógica, congruencia empírica y metodológica. Corresponde a las percepciones e información que requiere cualquier individuo sobre su entorno y realidad, que le posibilita describir, interpretar y tomar decisiones; estas últimas pueden ser racionales pero no necesariamente científicas. Para Campos y Gaspar (1999) el conocimiento informal se convierte en conocimiento científico o formal cuando (1) gana en capacidad de explicar fenómenos (plano paradigmático), (2) se vuelve coherente entre categorías (plano lógico) y (3) congruente entre categorías y fenómenos a los que se refiere (plano empírico), y (4) con formas específicas de producirlo (plano metodológico) acorde todo ello con criterios definidos por la comunidad científica.

Pasar del conocimiento cotidiano o informal al conocimiento científico o formal es lo que se denomina cambio conceptual, en la literatura respectiva. Para Cortés (2000), el modelo de cambio conceptual describe el aprendizaje como la interacción que tiene lugar entre la experiencia del sujeto y sus concepciones e ideas actuales. Es decir, el cambio depende en gran medida de la integración de las concepciones del individuo con la nueva información, propiciando no sólo la adición de concepciones nuevas sino también el abandono o revisión de las ya existentes.

En forma general el modelo del cambio conceptual consta de tres aspectos, que son:

1. **La exploración de las ideas de los alumnos.** Con el propósito de hacer emerger sus representaciones (conocimientos previos o alternativos) relativas al tema a tratar, tanto para el conocimiento del profesor como para que los propios estudiantes tomen conciencia de sus creencias (ver nota 1) y puntos de vista relativos al fenómeno en estudio.
2. **La confrontación de ideas.** Que se refiere a contrastar las ideas expuestas, ya sea por medio de experiencias que generen conflictos cognitivos o debatiendo y poniendo en práctica las ideas expuestas y gradualmente ir creando la necesidad de interpretaciones más complejas, coherentes y congruentes, es decir científicas. En esta parte se introducen las nuevas ideas (formales o científicas) vía el profesor o a través de materiales de instrucción, de forma que el estudiante las considere como alternativas de descripción y explicación del fenómeno estudiado frente a sus concepciones previas.
3. **La acomodación y aplicación de las nuevas ideas.** Habiendo reestructurado sus ideas en el punto anterior se le presentan, al estudiante, oportunidades de utilizar las nuevas

ideas en diferentes contextos, explorando su mayor capacidad explicativa, evaluando sus resultados y logrando al mismo tiempo confianza en las mismas.

En suma, aprender conocimiento científico es un proceso de cambio conceptual lento y gradual y requiere de estrategias adecuadas de enseñanza-aprendizaje. También "es un proceso activo de construcción en la intersección entre conocimiento previo (lleno de conocimientos informales y formales combinados) y conocimiento nuevo que se ofrece en clase (supuestamente lleno de conocimiento formal), articulándose de diversas formas y que puede resultar en aprendizaje significativo" (Campos, 2000).

Nota 1. Prawat (1992), plantea que las posturas constructivistas sobre el aprendizaje pueden estar muy bien desarrolladas, mientras que no sucede lo mismo con las teorías constructivistas sobre la enseñanza, lo que puede impedir que los maestros, aún cuando estén convencidos de la explicación constructivista sobre la forma en que los alumnos construyen su conocimiento, no puedan hacer realidad esta explicación, mediante prácticas concretas de enseñanza.

5.5 Aprendizaje significativo.

Hablar de aprendizaje significativo equivale, sobre todo, a poner de relieve el proceso de construcción de significados como elemento central del proceso de enseñanza-aprendizaje. La mayoría de las veces, lo que sucede es que el alumno es capaz de atribuir únicamente significados parciales a lo que aprende. Es decir, la significatividad del aprendizaje no es una cuestión de todo o nada, sino más bien de grado. De ahí la importancia que tiene, en la construcción del conocimiento, que los alumnos profundicen y amplíen significados mediante su participación consciente en las actividades de aprendizaje.

Ausubel (1983) plantea que el aprendizaje significativo ocurre solo si se satisfacen las siguientes condiciones:

1. Que el alumno sea capaz de relacionar de manera no arbitraria y sustantiva la nueva información con los conocimientos y experiencias previas que posee en su estructura de conocimientos.
2. Que los contenidos de aprendizaje posean significado potencial o lógico.
3. Que el alumno posea la disposición de aprender significativamente.

Explicitando estas condiciones tenemos:

1. La construcción de significados, siguiendo a Ausubel, Novak y Hanesian (1983), se da cada vez que somos capaces de **establecer relaciones "no arbitrarias y sustantivas" entre lo que**

aprendemos y lo que conocemos. Si el contenido de aprendizaje no es azaroso ni arbitrario, y tiene la suficiente intencionalidad, habrá manera de relacionarlo con las ideas que el alumno es capaz de aprender y si el material es sustancial (no literal), significa que un mismo concepto o proposición puede expresarse de manera sinónima y seguir transmitiendo el mismo significado. Así la riqueza de significados, producto del aprendizaje, dependerá de la riqueza y complejidad de las relaciones que seamos capaces de establecer.

En términos de Piaget (1980), el objeto sólo es conocido en la medida en que el sujeto llega a actuar sobre él; ese *actuar* sólo es posible gracias a la intervención de actividades coordinadas propias del sujeto, que constituyen el origen más profundo de las estructuras lógicas. Entonces, lo que da un significado al conocimiento aprendido es su asimilación, su inserción, a los esquemas previos. Podríamos decir, en pocas palabras, que construimos significados asimilando o integrando el nuevo material de aprendizaje a los esquemas que ya poseemos de comprensión de la realidad.

2. **La potencial significatividad de los contenidos,** dependerá tanto de la estructura interna del contenido como de la manera en que este le sea presentado al alumno. Para ello se deben cumplir con dos requisitos. El primero es que el contenido posea cierta estructura interna, cierta lógica intrínseca, un significado. Es decir, que sea potencialmente significativo desde el punto de vista lógico. Y, segundo, para que un alumno construya significativamente un contenido, es necesario que pueda ponerlo en relación de forma no arbitraria con lo que ya conoce (ideas previas), es decir, que pueda asimilarlo, que pueda insertarlo en las redes significativas ya construidas de su estructura psicológica de conocimiento, convirtiéndose en un contenido nuevo. Esta potencial significatividad explica la importancia asignada al conocimiento previo como antecedente y factor decisivo en el momento de afrontar la adquisición de nuevos conocimientos.

3. **Que el alumno tenga una disposición o actitud favorable para aprender significativamente** es una consecuencia de la intencionalidad y motivación del alumno para relacionar los contenidos nuevos con los previos que ya conoce. La mayor motivación le posibilitará establecer más y mejores relaciones entre lo nuevo y lo que ya conoce.

Por otra parte, la participación del profesor es un factor de suma importancia en el diseño e implementación del proceso de enseñanza-aprendizaje significativo. Conocer los contenidos previos del alumno y los nuevos que espera que aprenda, le permitirá planear dicho proceso, implementarlo en clase, coordinando y guiando las actividades de enseñanza-aprendizaje y motivar adecuadamente a los alumnos.

Se consideran experiencias de aprendizaje significativo aquellas que enriquecen y diversifican la organización cognitiva; éste es el factor principal que influye sobre la asimilación y la retención del nuevo material significativo. Dada una estructura cognitiva, el aprendizaje de conceptos y su retención dependerán de la inclusividad, las propiedades integrativas, los métodos de presentación y los tipos de materiales (organizadores) de aprendizaje relevantes e inclusivos (Ausubel, 1973).

En la escuela los estudiantes construyen conocimiento a partir de elementos formales y no formales. "La comprensión de conceptos parte del conocimiento previo, así cada estudiante produce su propia versión del conocimiento, una organización conceptual específica con base en diversos conceptos y conexiones lógicas y otras representaciones" (Campos et al, 2003).

5.6 Organización conceptual.

El cambio en la organización cognitiva del sujeto está en función de su actividad. La organización cognitiva de los seres humanos no es innata. La actividad cognitiva del sujeto, en su interacción con el medio físico y social, le proporciona experiencias que revierten en su misma organización cognitiva promoviendo su reorganización en un nivel cualitativamente distinto. Se trata de una arquitectura mental que permite, por una parte, procesar y almacenar la información y, por otra, ajustar y controlar la actividad del propio sujeto. Gracias a su organización cognitiva, el sujeto es activo en sus intercambios con el medio físico y social (Luque, 1997).

Se trata de que el alumno desarrolle gradualmente conocimiento y capacidades sobre ciencia (física), tal que, su estructura de conocimientos u organización conceptual corresponda cada vez más, aunque menos sistematizada, a la estructura lógica del conocimiento de aquella. Es decir, el aprendizaje gradual del conocimiento científico modifica la organización conceptual anterior. Adquiriendo sus características lógico-conceptuales en por lo menos tres niveles epistemológicos: descripción, explicación y ejemplificación. Dicha caracterización en cada nivel determina la validez científica de la organización conceptual (Campos y Cortés, 2002).

Cada concepto nombra o define un objeto, un evento o un proceso y generalmente es representado en el discurso por el sustantivo. Una relación lógica se define como un conjunto de palabras que generalmente describen una acción y una estructura lógica del conocimiento. Los conceptos se encuentran organizados en forma de redes interrelacionados entre sí de varias formas lógicas, tanto descriptivas como explicativas y por medio de ejemplos relacionados con el concepto o fenómeno explicado. Es decir la organización conceptual tiene estas tres características y la persona en el proceso de construcción de la organización conceptual las integra jerárquicamente con base en su conocimiento previo, su dominio del tema, las relaciones con otras categorías, las

interacciones de las personas con objetos relativos a dichos conceptos y al contexto temático situacional en condiciones histórico-sociales (Campos et al, 2003).

No obstante las diferencias semánticas y relacionales que se dan entre las organizaciones conceptuales construidas por diferentes personas sobre un mismo concepto, existen similitudes producidas por la interacción social que permiten la comunicación. Según Campos y Gaspar (1996, 1997), esas diferencias producen grupos de enunciados y proposiciones con significados comunes y niveles de precisión diferente sobre una estructura de conocimiento. En el contexto del aula, el profesor incide sobre el aprendizaje como puente entre el conocimiento, el contexto histórico, el contexto científico y la experiencia cognoscitiva de los alumnos, al comunicarse en clase utilizando una conceptualización científica. Así, el estudiante, adquiere gradualmente dicho conocimiento científico.

Las organizaciones conceptuales de los estudiantes son estructura de información y relaciones lógicas jerarquizadas, y cambiantes por interacción; con la realidad inmediata sensorial, con el nuevo conocimiento y con la sociedad. Permiten recuperar y transformar la información y la comunicación discursiva. Dichas organizaciones conceptuales pueden ser estudiadas mediante el discurso. Éste es un producto de procesos de pensamiento y estructuras de conocimiento coherentes.

5.7 Interacción social y discurso.

El aprendizaje es esencialmente un proceso de interacción social. Ejemplos de ello, son las interacciones entre maestro y alumnos y entre sus pares, que se dan en el aula y que, mediante diferentes actividades, modulan el conocimiento previo de los participantes y el que se va generando entre ellos. La forma principal de interacción social en el aula, es la comunicación del conocimiento escolar por medio del discurso. El discurso capta, organiza y expresa la realidad y sus representaciones, y a través de él se muestran la estructura de conocimiento y los procesos de pensamiento respectivos del individuo. (Frederiksen, citado por Cortés, 2000)

Mediante el discurso no sólo se trasmite, sino que se crea el conocimiento. Si el aprendizaje es concebido como un proceso de construcción del conocimiento que cada persona realiza interaccionando con los demás sujetos, resulta fundamental analizar el discurso para conocer la calidad conceptual en el proceso de construcción del conocimiento que se da en el aula (Cortés, 2000). El discurso se expresa por medio del lenguaje en forma de proposiciones que tienen funciones semánticas y sintácticas específicas, relativas a un tema particular (Campos, Gaspar y Cortés, 2003).

El discurso usa del lenguaje para comunicar. Como este último está constituido por conceptos y relaciones entre ellos, constituye un elemento esencial para la representación, trasmisión y construcción de conocimiento. Muchas actividades mentales (pensamiento) no son posibles sin él. El lenguaje facilita extraordinariamente la categorización. El lenguaje es un sistema complejo, lleva implícitos conocimientos del mundo, tiene lógica, es flexible para adaptarse al pensamiento y ser su vehículo de expresión. "El lenguaje verbal es referencial, representacional y contextual porque expresa ideas, objetos, y procesos contextualizables; se relaciona con los procesos cognitivos de producción lingüística, y se produce en complejos eventos comunicativos. De hecho, la conversación es la base social de intercambio comunicativo que a su vez constituye la base del abordaje del conocimiento científico" (Campos et al, 2003, p.99).

En lo general y de acuerdo con Campos y Cortés (2002), la construcción de conocimiento se puede estudiar como proceso y como producto, ya que al aprender significativamente se modifica la cantidad de información que se tiene sobre un tema, su calidad, la capacidad de usarlo en diversos contextos teóricos y empíricos, y las posibilidades de seguir aprendiendo. Es un proceso de interacción social, entre contenido científico y la organización conceptual del alumno mediadas por el profesor, que facilita la construcción de conocimiento significativo y la internalización de funciones cognitivas respectivas.

En lo concreto, el discurso emitido sobre un tema en particular y producido a partir de organizaciones conceptuales es construido en un contexto específico (social-histórico-científico) y puede analizarse en sus dimensiones semántica y sintáctica. Al tratar un tema determinado se logra una reorganización conceptual que se reflejará en su contenido conceptual y lógico (Campos y Gaspar, 1996).

5.8 Discurso y análisis proposicional.

Mediante el discurso no solo se trasmite, sino que se crea el conocimiento. Si el aprendizaje es un proceso de construcción del conocimiento que cada persona realiza interaccionando con los demás sujetos, resulta fundamental analizar el discurso para conocer la calidad conceptual en el proceso de construcción del conocimiento que se dan en el aula (Cortés, 2000).

Campos y Cortés (2002) plantean que existen diversas modalidades sociolingüísticas de análisis del discurso pero solo unas cuantas abordan contenidos científicos. Las organizaciones conceptuales se pueden estudiar mediante una variedad de métodos basados en medidas de proximidad semántica o el análisis de redes de conceptos y relaciones lógicas; métodos que se conocen como mapeo

conceptual (Campos y Gaspar, 1996). El mapeo permite la representación gráfica de relaciones significativas entre conceptos en forma de proposiciones que pueden reflejar la estructura psicológica del conocimiento (Cortés 2000). Este procedimiento posibilita examinar la estructura proposicional de la organización conceptual de los alumnos y las transformaciones de la misma. Es decir, la organización conceptual que comunica un discurso hablado o escrito se puede estudiar mediante el análisis proposicional (Campos y Cortés, 2002).

Campos y Gaspar (1996) proponen abordar el análisis proposicional del discurso en sus dimensiones lógica y epistemológica utilizando el Modelo de Análisis Proposicional, método que permite identificar las ideas principales de una organización conceptual y la organización misma por medio de sus estructuras proposicionales y componentes.

6. Metodología.

6.1 Población.

El estudio se llevó a cabo durante el periodo escolar 2001-2002 en los meses de abril y mayo del 2002, en dos grupos de alumnos de la asignatura de Física III (4to. Año) de la ENP-8, ubicada en la Ciudad de México. Tanto el grupo A (grupo 456) como el grupo B (grupo 469) estuvieron integrados por veinte alumnos(as) cada uno. Ambos grupos del turno vespertino. Los profesores fueron para el grupo B un colaborador, el Ing. Faustino Lozano I., para el grupo A el autor.

Los resultados que se muestran corresponden a la selección de un conjunto de 15 alumnos por cada grupo, que participaron en ambos exámenes (preprueba y posprueba). Los cinco alumnos restantes de cada grupo hasta completar los veinte, no se tomaron en cuenta por no haberse presentado a alguna de las sesiones donde se aplicaron la preprueba y la posprueba.

6.2 Instrumentos de registro de la organización conceptual.

La obtención de la información para el análisis de la organización conceptual fue a través de un examen escrito con preguntas que requieren que el alumno dé explicaciones, no sólo definiciones, sobre el concepto de energía de acuerdo con los componentes lógicos en los niveles: descriptivo (qué es...), explicativo (por qué....) y ejemplificativo (dar un ejemplo...).

Elaboración y aplicación del examen. Se elaboró una sola prueba, con 3 ítems, que se utilizó antes y después de desarrollar el tema de energía por cada profesor y para cada grupo. Las preguntas fueron las siguientes:

1. ¿Qué es la energía?
2. Explica con detalle cómo se produce la energía.
3. Da un ejemplo, de un tipo de energía, con todo detalle que ilustre lo que acabas de explicar, indica en que consiste y cómo se produce ese tipo de energía.

Dos semanas antes de iniciar el tema se aplicó la preprueba para determinar las ideas previas de los alumnos en ambos grupos (A y B). Dos semanas después de tratar el tema se aplicó la posprueba para evaluar el grado de transformación conceptual.

En las dos ocasiones de aplicación del examen sólo se les indicó a los alumnos (a) que disponían de no más de 20 minutos para responder y (b) que antes de contestar cada pregunta pensarán su respuesta.

Con las respuestas de los alumnos a la preprueba y a la posprueba sobre el tema de energía se realizó la fase de análisis de componentes establecida en el MAP (Campos y Gaspar, 1996, 1997).

6.3 El Modelo de Análisis Proposicional (MAP).

En este trabajo de investigación se persigue conocer la organización conceptual de los alumnos de preparatoria sobre el concepto de energía por medio del Modelo de Análisis Proposicional o MAP (Campos y Gaspar, 1996, 1997). El MAP es un método de análisis de discurso para estudiar la estructura de cualquier texto hablado o escrito; lo utilizamos para estudiar la estructura proposicional del campo temático sobre energía producido por cada estudiante en los exámenes aplicados y en el contenido presentado y discutido durante el proceso de intervención didáctico (**sección 6.5**).

En el MAP las proposiciones son estructuras gramaticales constituidas de sujeto y predicado que comunican significados específicos y contextuales, están compuestas al menos por dos conceptos y por una relación lógica. Si un concepto se encuentra en dos o más proposiciones se convierte en un núcleo conceptual, dado que es un referente cognitivo que permite organizar zonas de conocimiento; estos núcleos conceptuales representan los conceptos fundamentales de una temática y permiten articular su discurso. Por otra parte, se puede analizar una organización conceptual desde tres dimensiones: la dimensión lógica (componentes descriptivos, componentes explicativos y componentes ejemplificativos), la epistemológico-temática (validez del conocimiento) y la contextual (significado, sus fuentes, su asimilación, su interacción cultural, su valoración social y epistemológica). De esta manera, toda organización conceptual formal transmitida en las escuelas está ligada a estructuras conceptuales aceptadas por la comunidad científica y lo aprendido corresponde a conocimiento científico. El análisis de correspondencia proposicional permite comprobar la calidad del conocimiento construido, comparando el texto del alumno y el del criterio, generado a partir de conocimiento científico válido y adecuado al nivel, en este caso de bachillerato (ver inciso 6.5.1).

De acuerdo con el problema de investigación planteado se analiza el grado en el cual los alumnos de preparatoria logran aprender el concepto de energía, construyendo una organización conceptual más científica o no. Dicha organización conceptual esta siempre en proceso y no es definitiva; en esta investigación sólo intentamos determinar un momento particular, de dicho proceso, que sigue el alumno, en su devenir de formación y construcción de organizaciones conceptuales cada vez más científicas, a lo largo de su formación educativa. A continuación se explicitan los elementos del MAP.

6.3.1 Análisis de componentes.

Identificación de proposiciones y componentes. El análisis del discurso parte del análisis proposicional identificando, tanto para la respuesta criterio como para las respuestas de los alumnos, las proposiciones y sus componentes: conceptos, relaciones lógicas y otros (conectores gramaticales, modificadores y otros).

Cálculo de la densidad. A continuación se calcula la **densidad (d)** que representa el índice de coherencia semántico-sintáctico o equilibrio sintáctico del discurso y se define como la relación del número de conceptos \textcircled{C} entre el número de relaciones lógicas \textcircled{R} . Es decir: $d = C / R$

Dado que por definición la proposición está integrada de 2 conceptos y 1 relación lógica. Cuando el texto se llena de más argumentos el número de conceptos y relaciones generalmente crece, especialmente el de estas últimas y el valor de la densidad disminuye.

Identificación del núcleo conceptual. La intersección de al menos 2 proposiciones en un concepto se llama **núcleo conceptual**; con el cual se establece que las proposiciones, organizaciones conceptuales y los discursos respectivos tienen componentes conceptuales comunes en su argumentación

6.3.2 Análisis de correspondencia lógico/conceptual.

Cuando se estudia la organización conceptual de los estudiantes sobre un tema dado se estudia en el contexto de su validez científica. Para ello se compara su estructura proposicional con la estructura científica y se establece la validez de aquella. Dicha organización conceptual puede ubicarse en comparación con un continuum de validez epistemológica en organizaciones conceptuales: en el extremo no válido, contiene conocimiento tácito y se denominan marcos alternativos, preconcepciones o conceptos erróneos hasta, en el otro extremo, organizaciones conceptuales científicas coherentes, fuertes y densas significativamente, pasando por organizaciones parcialmente válidas según el estándar del conocimiento científico actual sobre la temática tratada en una investigación particular.

Específicamente la correspondencia se trabaja en sus dimensiones cualitativa y cuantitativa.

6.3.2.1 Análisis cualitativo de la correspondencia.

El análisis de correspondencia se refiere a la comparación de los discursos u organizaciones conceptuales del alumno con el referente llamado criterio: que es una síntesis de conocimiento

científicamente valido que se desea enseñar, que se espera que los alumnos aprendan y que se elabora con base en los niveles epistemológicos descriptivo, explicativo y ejemplificativo. La correspondencia entre las organizaciones puede ser en: conceptos, relaciones lógicas y en el núcleo conceptual. Una vez que se ha identificado la estructura básica del discurso de cada alumno y su correspondencia con el criterio elegido, se puede analizar la precisión, el potencial y los problemas respecto a las siguientes dimensiones, en particular del conjunto lógico-conceptual en correspondencia:

- a) semántica, incluyendo el nivel de precisión;
- b) lógica y de razonamiento, incluyendo demanda cognoscitiva;
- c) temática, y su relación con la del criterio;
- d) géneros discursivos, incluyendo el factor coherencia;
- e) enfoque teórico y epistemológico, de acuerdo con categorías específicas de análisis provenientes de la teoría a la que pertenece el tema que se estudia.

Así, cada dimensión de la correspondencia se analiza en tres niveles: idéntica, equivalente o alusiva. Idéntica, cuando el alumno usa el mismo concepto o forma gramatical que presenta el criterio; equivalente, el alumno usa un concepto o relación sinónimo al criterio; y alusiva cuando los conceptos o relaciones utilizados por el alumno aluden vagamente a los correspondientes en el criterio. Para visualizar el grado de correspondencia logrado entre las organizaciones conceptuales del alumno y del criterio, se dibuja un mapa de la correspondencia lógico-conceptual utilizando diversos tipos de líneas (continuas gruesas, continuas delgadas, discontinuas) dependiendo de si los conceptos o las relaciones tienen correspondencia idéntica, equivalente o alusiva

6.3.2.2 Análisis cuantitativo de la correspondencia conceptual.

Para el análisis de la correspondencia conceptual cuantitativa utilizamos los siguientes índices:

La correspondencia conceptual (cc) es igual al número de conceptos del alumno que se corresponden con los del criterio (C_{TS}) entre el total de conceptos del criterio (C_T), es decir:

$cc = C_{TS} / C_T$. Es la zona de correspondencia.

Correspondencia en relaciones lógicas. La correspondencia en relaciones lógicas (cr) esta vinculada con la precisión en la asimilación de relaciones lógicas y se calcula dividiendo el número de relaciones lógicas que el alumno usa (R_{STC}) que se corresponden con las requeridas en el criterio (R_{TC}), a saber: $cr = R_{STC} / R_{TC}$, en la zona de correspondencia.

Correspondencia con el núcleo conceptual. Su índice es (c) y denota la asimilación de lo central de un conjunto temático y discursivo de conocimientos, lo que significa que uno o mas conceptos en el núcleo conceptual del criterio han sido asimilados por los alumnos. El índice se obtiene al dividir el total de núcleos conceptuales del alumno en correspondencia (C_{STC}) entre el numero de núcleos conceptuales del discurso criterio (C_{TC}), es decir: $c = C_{STC} / C_{TC}$

Índice de calidad en conceptos y relaciones lógicas (q). De acuerdo al MAP, este índice denota la zona de intersección de dos diferentes organizaciones conceptuales (la del alumno y la del criterio). En el Modelo la relación entre la correspondencia conceptual (cc) y la lógica (cr) se puede representar por el índice de correspondencia q , que se obtiene multiplicando ambas correspondencias: $q = (cc)(cr)$

Índice de calidad de la correspondencia (q_{corr}). Este índice define la integración de la calidad lógica conceptual (q) y la correspondencia con el núcleo (c), a saber: $q_{corr} = q + c$

6.3.3 Clasificación de la organización conceptual.

Campos y Gaspar (1996) plantean en el MAP una forma de clasificar la organización conceptual adquirida por los alumnos partiendo de las hipótesis de valores mínimos de correspondencia y densidad. "La correspondencia varia entre ($cc = cr = c = 0$) y ($cc = cr = c = 1$), mientras que la densidad puede ser muy fuerte ($d \sim 0$) o muy débil ($d > 2$), que representa una compleja combinación de niveles de asimilación en precisión en masa informativa, relacional básica, y la forma de expresarla, de un zona determinada de conocimiento".

De acuerdo con las definiciones anteriores, se plantean las siguientes hipótesis sobre los valores de variación de los índices mencionados para la clasificación de organizaciones conceptuales (*idem*).

Hipótesis de precisión en asimilación de conceptos. "El estudiante asimila sólo una porción de los componentes conceptuales de una zona de conocimiento en condiciones regulares de aula, es decir $C_{TS} < C_T$. Por lo tanto, se plantea que esta porción es igual o menor a la mitad de esa zona en esas condiciones, es decir." (*id.*) $C_{TS} < 0.6 C_T$.

Hipótesis de precisión en asimilación de relaciones lógicas que conectan conceptos en correspondencia. "La asimilación relacional implica un nivel de precisión alto en la masa conceptual en correspondencia; debido a ésta puede ser equivalente o alusiva, se puede reducir la precisión en las conexiones lógicas entre conceptos. Por ello, lo más probable es que se asimile solo

una parte de las relaciones lógicas entre conceptos en correspondencia ($R_{STC} \leq R_{TC}$)" (*íd.*). Se tiene que: $R_{STC} \leq 0.5 R_{TC}$.

Hipótesis de precisión en asimilación de los conceptos centrales en una zona determinada de conocimiento. "Dado que no se asimila toda una zona de conocimiento, interesa saber si sus componentes fundamentales se asimilan. Se podría suponer que existe una situación similar a las anteriores. De ser así, se asimila el núcleo conceptual en forma parcial ($C_{STC} < C_{TC}$)" (*íd.*). Por lo tanto: $C_{STC} \leq 0.5 C_{TC}$.

Hipótesis de necesidad lingüística en la generación de discurso. "Un nivel dado de coherencia en un discurso amplio es difícil de mantener, por lo que la densidad varía. De acuerdo con las definiciones y discusión anteriores, se plantea que la densidad varía en el rango: $1 \leq d \leq 2$, sin requerir componentes redundantes o no pertinentes" (*íd.*).

La noción de marco dentro de las teorías cognoscitivas de la comprensión es definida como una estructura cognoscitiva que impone limitantes contextuales a la interpretación y producción de un discurso. Por lo tanto, el concepto de marco puede utilizarse para evaluar la calidad de los componentes que estructuran un discurso (Cortés, 2000).

En el MAP se utilizan rangos y criterios con fines analíticos y de clasificación de las organizaciones conceptuales en tres tipos de estructuras o marcos de conocimiento, a saber: marcos nocionales, marcos referenciales y marcos conceptuales, correspondientes a organizaciones débiles, intermedias y fuertes, desde la perspectiva cognitiva nocional científica actual.

Índices/Marcos	Marco Conceptual	Marco Referencial	Marco Nocional
Correspondencia conceptual (cc)	$0.5 \leq cc \leq 1$	$0.25 \leq cc < 0.5$	$0 \leq cc < 0.25$
Correspondencia relacional (cr)	$0.5 \leq cr \leq 1$	$0.25 \leq cr < 0.5$	$0 \leq cr < 0.25$
Correspondencia en el núcleo (c)	$0.5 \leq n \leq 1$	$0.25 \leq n < 0.5$	$0 \leq n < 0.25$
Densidad (d)	$0 < d \leq 1.38^*$	$1.38 < d \leq 2$	$d > 2$
Índice de calidad (q)	$0.25 \leq q \leq 1$	$0.0625 \leq q < 0.25$	$0 \leq q < 0.0625$
Índice de calidad combinado (qcorr)	$0.75 \leq qcorr \leq 2$	$0.3125 \leq qcorr < 0.75$	$0 \leq qcorr < 0.3125$

* El valor de densidad no puede ser 0 por definición de proposición que está formada por dos conceptos y una relación. La densidad mayor a 2 indica un alto número de conceptos sin relaciones ni implícitas ni explícitas, como en una clasificación o listado.

Criterios de clasificación de la organización conceptual (tomado de Campos y Gaspar, 1996).

En la tabla anexa se encuentran los rangos de clasificación de las organizaciones conceptuales (tomada de Campos, Ruiz y Alucema, 1996). De acuerdo a los valores de los índices de correspondencia, densidad y calidad se ubicará al discurso en un marco de conocimiento específico.

1. **De la densidad fuera de rango proposicional.** Debido a que la densidad depende de la proporción entre los conceptos y relaciones lógicas, y a que la sintaxis generalmente se descuida o se desconoce, probablemente se incluyen relaciones innecesarias, especialmente si se analiza el texto desde el punto de vista formal. Esta revisión ajusta el valor de densidad a su dimensión lógica, y no sintáctica como aparece en el texto. Por tanto es necesario revisar las relaciones y determinar su necesidad para comunicar el significado. En especial, conviene revisar los casos en que la densidad es menor que 1 o mayor que 2, de acuerdo con la definición de proposición y los valores esperados de **d**.
2. **De la homogeneidad de rangos en correspondencia y densidad.** Cuando todos los valores de correspondencia (**cc**, **cr** y **c**) y el de densidad (**d**) de una organización conceptual se encuentran dentro de un rango determinado, la organización se ubica en ese rango.
3. **De la heterogeneidad de rangos en alguna correspondencia o en densidad.** Cuando alguno de los valores de correspondencia o el de densidad no se encuentra en el rango de los demás, o si todos son diferentes, es necesario considerar los siguientes aspectos. Primero, nótese que para que haya correspondencia en el núcleo se requiere que haya correspondencia conceptual (de hecho, $c \leq cc$). Segundo, para que el estudiante organice conceptos (**R**), se requiere que los tenga (**C**). Tercero, para que haya correspondencia relacional (**cr**) se requiere que haya correspondencia conceptual (**cc**). Finalmente, $C, R > 0$ para que exista densidad. Por tanto **cr**, **c** y **d** se subordinan a **cc**. Por ello, deberán tomarse los siguientes criterios:

Cuando **cc** y **c** se encuentran en el mismo rango, la organización conceptual se clasifica en ese rango directamente.

Cuando **cc** y **c** se encuentran en rangos diferentes pero próximos, la organización conceptual se ubica en el rango más bajo de los dos, ya que una organización con alguna de las dos correspondencias en un nivel determinado no puede ubicarse en esa clase si no se asimiló con el mismo nivel en la otra.

Cuando **cc** y **c** se encuentran en rangos diferentes pero no próximos, es decir que alguno de los dos se encuentra dentro de los valores que lo ubican en Marco Conceptual y el otro en Marco Nocial, la organización se clasifica como Marco Referencial sólo si **cr** es de nivel de Marco Conceptual o Referencial. Si **cr** no es de uno de estos niveles, es decir, si es de Marco Nocial,

entonces la organización se ubica en el nivel más bajo de **cc** o **c**, es decir, en Marco Nocial. Esto se debe a que, si una organización está representada por correspondencia conceptual alta pero al más bajo nivel en correspondencia con el núcleo, o viceversa, no puede considerarse siquiera Marco Referencial a menos que la organización lógica sea fuerte, en los niveles de Marco Conceptual o Referencial.

6.3.4 Resumen de actividades desarrolladas.

De acuerdo con los elementos anteriores se realizó lo siguiente:

- Elaboración de la respuesta o referente criterio sobre el tema de energía (secciones 6.5.1, 7.1 y **anexo 1**).
- Identificación de proposiciones, analizando sus componentes para obtener los conceptos, relaciones, densidad y núcleos conceptuales de la respuesta criterio sobre energía (**anexo 2**).
- Elaboración del mapa proposicional de la respuesta criterio (**anexo 3**).
- Elaboración y aplicación de la preprueba y posprueba a ambos grupos (A y B).
- Identificación de proposiciones, analizando sus componentes y así obtener los conceptos, relaciones, densidad y núcleos conceptuales de las respuestas de cada estudiante, en ambos grupos (en total 30, 15 alumnos por grupo), tanto en la preprueba como en la posprueba (en total 60, 30 pruebas por grupo). Por razones de espacio, del total de 60 análisis de componentes realizados, sólo presentamos los cuatro análisis de componentes correspondientes a los dos casos estudiados (**anexos 4 y 5**).
- Se estableció la correspondencia entre el contenido semántico de cada estudiante y los conceptos y relaciones lógicas del criterio, para ambos exámenes. Se elaboró el mapa de correspondencia conceptual y relacional, tanto del examen previo como del examen posterior al desarrollo del tema, para cada alumno de cada grupo (en total 60), con la identificación del nivel semántico de conceptos y relaciones en correspondencia: idéntica, equivalente y alusiva, respecto al criterio Por razones de espacio, del total de 60 de mapas de correspondencia realizados, sólo presentamos los 4 correspondientes a los dos casos de alumnos estudiados (**anexos 6 y 7**).
- Se determinaron los índices del MAP: número de conceptos, número de relaciones lógicas, densidad, correspondencia conceptual, correspondencia relacional, calidad y calidad de la correspondencia. Se determinó el marco de clasificación de cada organización conceptual para cada alumno, grupo y examen.
- Con los resultados anteriores se integraron las tablas de datos (1 a 4), que muestran los resultados numéricos de los índices del MAP por alumno y por grupo, tanto en la preprueba como en la posprueba (**anexos 8 y 9**).

- Se agruparon las familias de proposiciones por grupo, tipo de prueba (preprueba y posprueba) y respuesta para analizar su correspondencia con las proposiciones del criterio y determinar los distintos niveles de precisión, referidos a subzonas específicas de conocimiento.
- Se realizaron observaciones y grabaciones durante la presentación del tema de energía en clase (**anexos 10 y 11**).

6.4 Intervención didáctica en el grupo A.

En cuanto a la propuesta o estrategia didáctica (EDCC) la metodología a utilizar fue de naturaleza didáctico-interactiva a partir del interrogatorio y el discurso argumentativo. Para el análisis de resultados, de las respuestas de los alumnos a los exámenes sobre energía, la metodología que se utilizó fue la del MAP (Modelo de Análisis Proposicional).

En el grupo 456 (grupo A) se aplicó la propuesta didáctica y en el grupo 469 (grupo B) el profesor respectivo, trabajó en forma regular, sin indicaciones didácticas especiales de ningún tipo.

Niveles de operación para el grupo A.

- Nivel lógico-conceptual para el manejo temático, siguiendo el modelo del MAP (Campos y Gaspar, 1996) se abordó el conocimiento siguiendo la secuencia de descripción, explicación, ejemplificación.
- Nivel estratégico-didáctico para el desarrollo de actividades, conversación, argumentación, explicación en un proceso de reflexión permanente en el salón de clases propiciado por el profesor en interacción con los alumnos, correspondió a la entrada vertical de la Matriz de Relaciones Epistemológicas y Estratégicas (MREE, ver sección 6.5.2 y **anexo 12**; Campos y Gaspar, 2004; Campos, Cortés y Gaspar, 2003), la cual es una matriz de doble entrada (horizontal y vertical) que integra los niveles epistemológicos descriptivo, explicativo y ejemplificativo con las modalidades de operación estratégico-didácticos de conversación, argumentación y explicación.

Secuencia general de actividades para el grupo A.

- Detección de conocimiento previo mediante la aplicación de una preprueba y
- Conversación sobre aspectos descriptivos del tema, admitiendo de los alumnos argumentos y explicaciones sobre aspectos teóricos.
- Continuar la discusión en el nivel de argumentaciones científicas, discriminando las no científicas, todas ellas de los estudiantes.
- Continuar la discusión en el plano explicativo admitiendo argumentaciones y ejemplificaciones pero concentrados en la explicación formal de la energía.

El panorama general de actividades, planeadas y llevadas a cabo, para abordar el concepto de energía en el grupo A se encuentra en el **anexo 13**.

6.5 Estrategia Didáctica para la Construcción de Conocimiento Científico (EDCC).

La problemática de la construcción formal del conocimiento se ha enfrentado con diversos modelos o estrategias que consideran importantes aspectos cognitivos y habilidades científicas, pero no integran formal ni explícitamente los aspectos lógicos y epistemológicos del conocimiento, ni consideran el conocimiento previo, con excepción de algunos modelos como los de Novak-Gowin y Gagnon-Collway. Estos modelos citados y descritos brevemente en Campos et al, 2003, son:

1. El diagrama V y el mapeo conceptual de Novak y Gowin.
2. Las conversaciones evaluativas de Dusch.
3. El pensamiento estratégico de Pressley y colaboradores.
4. El aprendizaje cognitivo de Collins y Brown.
5. Las comunidades constructoras de conocimiento de Scardamalia y Bereiter.
6. El ciclo de aprendizaje de Karplus y Thier.
7. El diseño para el aprendizaje de Gagnon y Collay.
8. El conocimiento, cognición y aprendizaje de Dufresne, Leonard y Gerace .
9. La estrategia de demostración, discusión, explicación y actividades prácticas de Pinkerton.

Con la finalidad de abordar didácticamente el conocimiento conceptual desde un enfoque teórico y por medio de un procedimiento estratégico explícito anclado en el nivel explicativo y que pasa de conocimiento informal a formal o científico en los aspectos cognitivo, epistemológico e interactivo, se diseñó la estrategia para la construcción de conocimiento científico (Campos et al, 2003).

Algunas de las experiencias de la aplicación exitosa de la EDCC en ciencias naturales, se encuentran listadas también en Campos et al, 2003. A saber: a) en 7º grado, ver Campos y Cortés, 2002a; b) Campos, Cortés y Rossi. 2002^a. Y en ciencias sociales, c) 11º grado, Campos y Salazar, 2002. Como se puede ver la EDCC se puede aplicar en todas las disciplinas siempre y cuando requieran de abordaje categorial (lógico-conceptual) y en todos los niveles escolares.

La EDCC es una estrategia didáctica que persigue mejorar la construcción del conocimiento científico sobre energía, en estudiantes de Bachillerato, por medio de la interacción social en el aula como base material, en el contexto social determinado por la escuela. Se trata de construir

conocimiento formal o científico acorde con las exigencias epistemológicas de la ciencia (Campos et al, 2003).

La EDCC tiene en forma específica la finalidad de proporcionar a los alumnos: 1) condiciones adecuadas para la construcción del conocimiento científico, 2) el anclaje al desarrollo de habilidades analítico-categoriales y estratégico-metodológicas, 3) el anclaje al desarrollo de una noción de ciencia y 4) un ambiente de aprendizaje activo, reflexivo y crítico (*íd.*).

Implementar la EDCC en clase implica desarrollar y operar un proceso multinivel e integral de recursos y actividades. Multinivel debido al manejo en paralelo, durante el proceso estratégico, de los niveles epistemológico, cognitivo, interactivo y temático; e integral por intentar sintetizar dos modalidades de operación: la lógico-conceptual y la estratégico-didáctica. El proceso en forma global esta integrado por tres fases todas ellas siguiendo un *guión* que se especifica de manera general en la matriz epistemológico-didáctica.

En cuanto al diseño y planeación, los elementos mas importantes de la EDCC son: 1) una Base Lógico-Conceptual (BLC) o referente (respuesta) criterio sobre la energía, 2) una Matriz de Relaciones Epistemológicas y Estratégicas (MREE) o matriz epistemológica-didáctica y 3) Unidades Didácticas (UDs.). La BLC corresponde a la síntesis de conocimiento sobre la energía y contiene los niveles epistemológicos descriptivo, explicativo y ejemplificativo que se desea enseñar y que se espera que los estudiantes logren en su aprendizaje (demanda cognitiva). La MREE integra los niveles epistemológicos mencionados con los elementos de operación de la estrategia de interacción didáctica, a saber: conversación, argumentación y explicación. Las UD corresponden a subconjuntos de proposiciones de la BLC ubicadas en cada celda de la MREE; están constituidas por unidades temáticas de conocimiento, preguntas, actividades, recursos didácticos y tiempos.

6.5.1 Determinación de la Base Lógico-Conceptual (BLC) o respuesta criterio sobre energía.

Es una síntesis de conocimiento científico sobre el tema de energía y sirve como un organizador del contenido en clase al nivel de los primeros años de bachillerato. La síntesis fue producida con la información sobre el tema encontrada en libros de texto de Física III utilizados en ese nivel educativo. En el medio del bachillerato se reconoce a dichos libros como adecuados en nivel y calidad de la información de sus contenidos para el curso de Física III.

A continuación se detallan estos elementos. De manera explícita, en el presente estudio se preparó la propuesta del criterio en forma de proposiciones de información sobre la energía analizando por

componentes semánticos (Pi, C, R, O), ver **anexos 1 y 2**, en respuesta a las siguientes preguntas: ¿Que es la energía?, Explica con detalle cómo se produce la energía? Da un ejemplo, un tipo de energía, con todo detalle que ilustre lo que acabas de explicar, indica en que consiste y cómo se produce ese tipo de energía. Este criterio contiene los tres niveles epistemológicos: descriptivo (proposiciones: P1;P4,P5,P6), en el que se establece la definición de energía; explicativo (P2,P3) en el que se explica como se obtienen los diversos tipos de energía a partir del principio de conservación de la misma; y ejemplos (P4,P5,P6,P7,P8,P9,P10), en que se ilustra lo anterior. Sus conceptos núcleo son: energía (P1,P2,P3), forma de energía (P2,P4), suma total (P3,P10), movimiento (P5,P7), energía potencial (P4,P6,P7,P8,P9), energía cinética (P4,P6,P7,P8,P9) y péndulo (P8,P9).

La exigencia epistemológica de la adquisición de conocimiento se satisface por la demanda de que el alumno construya significativamente el conocimiento sobre energía en los niveles descriptivo, explicativo y de ejemplos. A partir de la Base Lógico-Conceptual se elaboró la Matriz de relaciones Epistemológicas y Estratégicas (ver **anexo 12**).

6.5.2 Elaboración de la Matriz de Relaciones Epistemológicas y Estratégicas (MREE).

En esta matriz se establece la presentación de las proposiciones en dos dimensiones, una la epistemológica y, otra, la didáctica. La epistemológica, que corresponde a la dimensión vertical (entrada horizontal) está caracterizada por sus niveles de descripción, explicación y ejemplificación. La dimensión horizontal (entrada vertical) corresponde al dominio de la didáctica constructivista que esta integrada por los niveles de conversación, argumentación y explicación. En cada celda se encuentran las proposiciones del BLC o respuesta criterio (ver **anexo 12**).

En la modalidad lógico-conceptual, las fases de conversación y argumentación se basan en análisis conceptual mediante identificación y clasificación de componentes a partir de lo cual se realiza el análisis constructivo complejo (Dufresne et al, citado en Campos et al, 2003).

La modalidad estratégico-didáctica, en cuanto estrategia interactivo-comunicativa, es una propuesta operativa consistente en interactuar por medio del lenguaje y conversación aunado a preguntas, actividades grupales, experimentales, recursos didácticos con el alumno. La finalidad es llevar al alumno del conocimiento informal al conocimiento científico.

En forma general, las celdas de esta matriz permitieron planear la secuencia en que se abordarían las proposiciones en clase (plan de desarrollo **a priori** del tema de energía, **anexo 13a**), a saber: a) iniciar con la celda superior izquierda (correspondiente a las coordenadas conversación-descrip-

ción y a la proposición 1 de criterio), en ella el profesor con base en preguntas guía y con el propósito de abrir el diálogo les pregunta a los alumnos ¿qué es la energía? Los alumnos expresan sus ideas al nivel de complejidad y formalidad que se tenga y de esta manera se determina su conocimiento previo; b) a continuación se pasa a un nivel argumentativo (celda superior intermedia, coordenadas argumentación-descripción) sobre las descripciones presentadas con la idea de detectar conocimiento formal o informal a nivel de explicación, utilizado por los estudiantes respecto de su propio conocimiento; c) se continúa (celda intermedia izquierda, coordenadas conversación-explicación y proposiciones P1 y P2), iniciando informalmente y preguntando sus razones (celda intermedia central, coordenadas argumentación-explicación); d) después, el profesor pasa a las explicaciones científicas (celda intermedia derecha, coordenadas explicación-explicación). El nivel epistemológico de ejemplificación puede ser empleado en todo momento, pues es un elemento didáctico que es sustento de toda la experiencia. En este proceso los alumnos participan libremente, en cada una de las actividades estratégico-didácticas mencionadas, pero coordinados por la intención del profesor de ayudarlos a transitar: del conocimiento informal al formal, del pensamiento concreto al pensamiento abstracto, auspiciando la participación y la reflexión crítica y organizada, con el fin de lograr la construcción formal del conocimiento (ver secciones 7.3.2.1 y 7.4.1 para una descripción ejemplificada de aplicación de la EDCC y su vinculación con la MREE).

6.5.3 Plan de desarrollo del tema sobre energía.

En forma sintética se plasmaron las actividades reseñadas en el inciso anterior, en un plan de desarrollo del tema **a priori (anexo 13a)**, que integró: contenidos, conjuntos de proposiciones (UDs), preguntas, conversación, actividades en clase, recursos de apoyo, diversas tareas, etc., en una secuencia de actividades planeadas que sirvieron para desarrollar el tema de energía en el grupo A. El material y equipo didáctico fue múltiple y variado pero no se explicitó con más detalle por considerarlo irrelevante.

7. Análisis de resultados y discusión.

Los resultados y el análisis respectivo de la información recabada se presentan a continuación:

7.1 La respuesta criterio sobre energía.

Se elaboró el criterio en la forma ya mencionada (inciso 6.5.1). Las respuestas que conforman el criterio son:

1. La energía es la capacidad de un sistema físico para realizar trabajo.
2. Se produce energía cuando se convierte una forma de energía en otra (forma de energía), pero no se puede crear ni destruir (la energía). De esta forma la suma total de la energía permanece constante.
3. La energía mecánica puede estar en la forma de energía potencial o de energía cinética o de ambas formas (de energía). La energía asociada al movimiento se conoce como energía cinética. La energía relacionada con la posición es la energía potencial. En el movimiento oscilatorio del péndulo se está transformando continuamente energía potencial en energía cinética y viceversa (se transforma energía cinética en energía potencial). El péndulo tiene energía potencial máxima en los extremos de su recorrido (trayectoria), en todas las posiciones intermedias tiene energía potencial y (energía) cinética en proporciones diversas, manteniéndose la suma de ambas energías siempre constante.

A continuación se analiza el discurso de la respuesta-criterio por proposiciones (P_i), conceptos C (**negritas**), relaciones lógicas R (*cursivas*) y otros (O) elementos con el nivel epistemológico que presentan (D = Descriptivo, E = Explicativo y Ej = Ejemplificativo).

Las proposiciones son:

P1. La **energía** es la **capacidad** de un **sistema físico** para realizar trabajo. D

P2. Se produce **energía** cuando se convierte (= al convertirse) una **forma de energía** en otra (**forma de energía**), pero no se puede crear ni destruir (**la energía**). E

P3. De esta forma la **suma total** de la **energía** permanece constante. E

P4. La **energía mecánica** puede estar en la forma de (= como...) **energía potencial**, de (...o) **energía cinética** o de ambas formas (de energía). D

P5. La **energía** asociada al **movimiento** se conoce como **energía cinética**. D, Ej

P6. La **energía** relacionada con la **posición** es la **energía potencial**. D, Ej

P7. En el **movimiento oscilatorio** del **péndulo** se está transformando continuamente **energía potencial** en **energía cinética** y viceversa (se transforma **energía cinética** en **energía potencial**) Ej

- P8.** El péndulo *tiene energía potencial máxima en los extremos de su recorrido (trayectoria)*, EJ
- P9.** (El péndulo)...*en todas las posiciones intermedias tiene energía potencial y (energía) cinética en proporciones diversas*, EJ
- P10.** (En el péndulo) *manteniéndose (= se mantiene) la suma de ambas energías siempre constante*. EJ

En el **anexo 2** se encuentra el análisis de componentes con Cs y Rs numeradas.

El discurso criterio consta de 10 proposiciones, con 16 conceptos y 46 relaciones lógicas. Este criterio contiene los tres niveles epistemológicos: **descriptivo** (Proposición 1), en la que se establece la definición de energía en términos del trabajo, como medio de transmitir la energía de un cuerpo a otro; **explicativo** (Proposiciones 2 y 3), en las que se explica la producción de energía, por medio de la transformación de un tipo de energía en otro tipo (transformación cualitativa), pero manteniendo su cantidad total constante (ley de conservación); y **ejemplificativo** (7 proposiciones, de la 4 a la 10), que contiene ejemplos específicos de energía y su descripción.

Si tomamos en cuenta que en las proposiciones de la parte descriptiva y explicativa (total 3), se encuentra la razón epistemológica del concepto de energía y de cómo se produce ésta, optamos por trabajar con estas tres primeras proposiciones, para elaborar los índices y mapas de correspondencia conceptual, relacional, del núcleo conceptual y de ambas calidades (q y q_{corr}). Concretamente, para el criterio específico se utilizaron sólo las proposiciones 1, 2 y 3. Los núcleos conceptuales (ver figura 2 del **anexo 3**, óvalos sombreados) son: energía, forma de energía y suma total. El número de conceptos es de 6 y el de relaciones lógicas es de 16, les corresponde una densidad $d = C/R$ de 0.375. En el **anexo 3** se encuentran los mapas proposicionales, tanto del criterio amplio como del específico. Éste último representa el nivel de demanda cognitiva que se espera que cumplan los alumnos.

Configuración temática del referente criterio. Los núcleos conceptuales de la figura del **anexo 3** (globos en oscuro), son:

Energía (en proposiciones 1,2 y 3).

Forma de energía (proposiciones 3 y 4).

Suma total (proposiciones 3 y 10).

Por lo tanto, la configuración temática de esta zona de conocimiento, con base en esos conceptos

y las relaciones lógicas, es:

Se produce energía al convertirse una forma de energía en otra forma de energía (cambio cualitativo) pero no se puede crear ni destruir la energía, de esta forma la suma total de las energías permanece constante (conservación).

Esta es la idea principal del tema, ubicada netamente en el nivel epistemológico explicativo. Posee un alto potencial de abstracción, de aprendizaje y aplicación.

7.2 Casos.

A continuación, presentaremos el análisis de dos casos de estudiantes que corresponden; el primero, al grupo A; el segundo, al grupo B, para ilustrar los resultados obtenidos así como el propio análisis que se practicó en la respuesta de cada estudiante. Dichos alumnos fueron escogidos por presentar resultados cercanos al promedio en los índices de C, R cc, cr, q y qcorr de su prueba respectiva.

7.2.1 Caso 1: Estudiante AMLF, grupo A.

PREPRUEBA. Análisis de componentes del discurso del estudiante AMLF del grupo A.

A continuación se presenta el análisis del discurso y la correspondencia del estudiante AMLF. Asimismo, se analizan algunos aspectos lógico-conceptuales y epistemológicos. Se finaliza con la descripción de los resultados cuantitativos.

El texto completo de la respuesta del estudiante es:

1. (La) (energía) es la resistencia de un cuerpo.
2. (La) (energía) se produce por medio de la resultante de una fuerza aplicada sobre un cuerpo.
3. La energía eléctrica consiste en la iluminación y ésta (iluminación) es producida por el movimiento de iones positivos y (iones) negativos.

A continuación se analiza las respuestas, separando el texto en proposiciones (P_i), conceptos C (**negritas**), relaciones lógicas R (*cursivas*) y otros elementos (O). Las proposiciones son:

P1: (La) (**energía**) es la **resistencia** de un cuerpo.

P2: (La) (**energía**) se produce por medio de la **resultante** de una **fuerza** aplicada sobre un **cuerpo**.

P3: La **energía eléctrica** consiste en la **iluminación** y ésta (iluminación) es producida por el **movimiento** de **iones positivos** y (iones) **negativos**.

El análisis de componentes más detallado del texto anterior se encuentra en el **anexo 4** (alumno número 2). El texto consta de tres proposiciones las cuales contienen 10 conceptos con 13 relaciones lógicas y una densidad, $d = C/R = 10/13$, de 0.769.

Análisis de los componentes del discurso.

Como se puede observar, los núcleos conceptuales son 2:

Energía (en las proposiciones 1 y 2).

Cuerpo (en las proposiciones 1 y 2).

Por lo tanto, la configuración temática de esta zona de conocimiento, con base en esos conceptos y las relaciones lógicas que los conectan, es:

La energía es de un cuerpo, o:

La energía se produce sobre un cuerpo.

Esta configuración es incompleta tanto en la parte descriptiva, pues en la definición de energía no contiene el concepto de trabajo, como en la parte explicativa, pues no dice cómo se produce.

La idea principal de la configuración se refiere a que *la energía es de un cuerpo*, es decir, hay energía en los cuerpos, pues la energía es algo que los objetos o cuerpos tienen. Esta idea está vinculada, a la definición de *energía* en el criterio, como *la capacidad de un sistema físico de realizar trabajo*, es decir, implícitamente el *sistema físico* o *cuerpo* que va a *realizar el trabajo* tiene ya esa *capacidad*, esa energía. Sin embargo, al no haber en la configuración temática la definición de *energía* como *la capacidad de realizar trabajo*, queda incompleta. La referencia a que *se produce sobre un cuerpo* está aludiendo a que únicamente observamos sus efectos cuando algo está sucediendo, sólo cuando se transfiere energía de un lugar a otro o cuando se convierte de una forma en otra, pero no dice cómo se produce. Por lo tanto, dicha configuración es incompleta pero no opuesta a la definición y explicación científicas de qué es y cómo se produce la energía.

Análisis de correspondencia.

Con la información ya organizada se establece el análisis de correspondencia entre la respuesta del alumno en la preprueba y el referente criterio.

Correspondencia conceptual. Ambos discursos contienen los siguientes componentes conceptuales:

Energía.

Cuerpo.

El nivel de correspondencia conceptual en este caso se considera parcialmente idéntico, de acuerdo con el Modelo de Análisis Proposicional, dado el contexto temático en que se producen.

En el análisis que se presenta a continuación, la primera proposición proviene del criterio, la segunda del estudiante:

Criterio: La **energía** es la **capacidad** de un **sistema físico (cuerpo)** para realizar **trabajo**.

Estudiante: (La) **(energía)** es la **resistencia** de un **cuerpo**.

Los conceptos de energía y de sistema físico o cuerpo aparecen en las dos proposiciones. En el primer caso, la relación entre *energía* y *sistema físico* se da a través del concepto de *capacidad* que se detalla en la última parte de la proposición (*para realizar trabajo*). En el texto del estudiante la relación entre *energía* y *cuerpo (sistema físico)* se da a través del concepto de *resistencia*, que en física la podemos entender como una fuerza negativa u opuesta a otra o, al movimiento; en forma más general, la resistencia es una capacidad de oponerse. Por lo cual, los conceptos de *capacidad*, en el criterio y de *resistencia* en la respuesta del estudiante los podemos considerar alusivos y por ello clasificamos dicha correspondencia entre ambos conceptos como alusiva. Pero mientras en el criterio se precisa que esa *capacidad* se refiere a algo muy definido: *realizar trabajo*, en el estudiante no se precisa nada al respecto, lo cual la hace incompleta.

En la parte explicativa la única correspondencia conceptual es sobre *energía* y esto es obvio, porque pregunta y respuesta contienen dicho concepto en ambos textos. Es decir, no hay correspondencia conceptual explicativa.

Correspondencia en relaciones lógicas. Con base en la correspondencia conceptual identificada, es decir, la zona de correspondencia, se analiza a continuación la correspondencia en relaciones lógicas. En dicho análisis utilizaremos la letra (r) para señalar las relaciones lógicas del estudiante y la letra (R) para significar las relaciones lógicas del criterio, relaciones (r o R) que serán acompañadas de un número progresivo (r1, r2, R1, r2...) para diferenciarlas (**anexo 14**).

En la proposición 1 del criterio, se afirma que: *la energía es la capacidad...* y el estudiante en su proposición 1 se refiere al concepto alusivo de *resistencia* empleando la misma relación lógica de identidad ($r1 = R1 = es$), por lo que la correspondencia en este caso es idéntica. En la misma

proposición 1 del estudiante y en la proposición 1 del criterio, se establece también el nivel de identidad de la segunda relación lógica del estudiante ($r_2 = de$) con la tercera relación lógica del referente ($R_2 = de$).

Criterio: La ENERGÍA *es* la CAPACIDAD *de* un SISTEMA FÍSICO *para realizar* TRABAJO.
Estudiante: La ENERGÍA *es* la RESISTENCIA *de* un CUERPO (SISTEMA FÍSICO)

En la proposición 2 del estudiante con la proposición 2 del referente, se establece nuevamente el nivel de identidad entre las relaciones lógicas ($r_3 = se produce$) con ($R_5 = se produce$).

Criterio: *Se produce* ENERGÍA ...
Estudiante: La ENERGÍA *se produce* ...

En la proposición 2 del estudiante ($r_4 = por medio de$) con la proposición 2 del criterio ($R_6 = se convierte = al convertirse$) se establece el nivel equivalente en relaciones lógicas, sin embargo, los conceptos: *resultante* en el estudiante y *forma de energía* del criterio no tienen relación. Hasta ese punto llega la correspondencia lógica en ambos textos.

Criterio: ... *se convierte (= al convertirse)* una FORMA DE ENERGÍA...
Estudiante: ... *por medio de* la RESULTANTE...

Correspondencia con el núcleo conceptual. El discurso del estudiante contiene 2 de los 3 núcleos conceptuales del criterio: *energía y cuerpo (sistema físico)*, los dos conceptos en correspondencia idéntica.

El análisis de la organización lógico-conceptual del estudiante AMLF del tema energía muestra que:

1.- La organización lógico-conceptual del estudiante es incompleta, pues no incluye el concepto de trabajo; de hecho, en la proposición 2 lo hace de manera alusiva al referirse a *la resultante de una fuerza* (recordando que el trabajo tiene que ver con el producto de una fuerza por el desplazamiento del cuerpo). Por otra parte su explicación de cómo se produce la energía es errónea. Los conceptos y relaciones lógicas presentes se refieren a los siguientes componentes:

1.1 Descriptivo. El estudiante en la preprueba manifiesta que la energía es la resistencia de un cuerpo, con lo que describe qué es la energía de manera incompleta y alusiva.

1.2 Explicativo. La idea principal del texto del estudiante se refiere a que se produce por medio de *la resultante de una fuerza aplicada sobre un cuerpo*, lo que alude al concepto de trabajo, ya que éste es el producto de la fuerza aplicada por el desplazamiento del cuerpo. Y en este sentido, si bien el concepto de trabajo forma parte del concepto de energía, no son lo mismo, por lo que encontramos un error conceptual.

1.3 Ejemplificativo. *La energía eléctrica* constituye un tipo de energía, por lo que el estudiante la identifica de manera correcta.

2.- El discurso tiene cierta estructuración con algunos conceptos fundamentales. Podemos concluir que, el estudiante poseía un conocimiento previo de la energía, incipiente e incompleto a nivel descriptivo, erróneo a nivel explicativo y bueno a nivel ejemplificativo.

POSPRUEBA. Análisis de componentes del discurso del estudiante AMLF, (grupo A).

El texto completo de la respuesta del estudiante es la siguiente:

1. (La) (energía) es la capacidad para realizar un trabajo.
2. (La) (energía) se produce transformando una energía en otra (energía) por medio de aplicar una fuerza a un cuerpo y desplazándolo.
3. La energía mecánica que se presenta en el péndulo al moverse.

A continuación, se analizan las respuestas, separando el texto en proposiciones (P_i), conceptos C (**negritas**), relaciones lógicas R (*cursivas*) y otros elementos (O). Las proposiciones son:

P1. (La) (energía) *es* la **capacidad para realizar un trabajo**.

P2. (La) (energía) *se produce transformando* una **energía** *en otra* (energía) *por medio de aplicar* una **fuerza** a un **cuerpo** *y desplazándolo*.

P3. La **energía mecánica** que *se presenta en* el **péndulo** *al moverse*.

El texto consta de tres proposiciones, las cuales contienen 7 conceptos con 14 relaciones lógicas y una densidad, $d = C/R = 7/14$, de 0.500.

Análisis de los componentes del discurso.

POSPRUEBA.

Como se puede observar, en la posprueba sólo existe un núcleo conceptual: energía (en las proposiciones 1 y 2), por tanto, **no podemos elaborar la configuración temática** de esta zona de conocimiento.

Análisis de correspondencia.

Con la información ya organizada, se realiza el análisis de correspondencia entre la respuesta del alumno en la posprueba y el referente criterio.

Correspondencia conceptual. Ambos discursos contienen los siguientes componentes conceptuales:

Energía, capacidad, cuerpo, trabajo, energía mecánica.

El nivel de correspondencia conceptual en este caso se considera idéntico, de acuerdo con el Modelo de Análisis Proposicional, dado el contexto temático en que se producen.

En cuanto a la definición de energía (proposición 1) tenemos:

Criterio: La **energía** es la **capacidad** de un **sistema físico** para realizar **trabajo**.

Alumno: La **energía** es la **capacidad** para realizar **trabajo**.

En cuanto a cómo se produce la energía (proposición 2), las respuestas son:

Criterio: Se produce **energía** cuando se convierte (= al convertirse) una **forma de energía** en **otra (forma de energía)**...

Alumno: La **energía** se produce transformando una **energía** en otra **energía**.

En ambas comparaciones los conceptos del alumno y del criterio son idénticos, solamente en la primera comparación el alumno no menciona el concepto *sistema físico*, que es quien tiene la capacidad de realizar el trabajo.

Correspondencia en relaciones lógicas. Con base en la correspondencia conceptual identificada, se analiza a continuación la correspondencia en relaciones lógicas:

En la proposición 1 del criterio se afirma que: *la energía es la capacidad...* y el estudiante en su proposición 1 se refiere a la misma idea empleando la misma relación lógica de identidad ($r_1 = R_2 = \text{es}$), por lo que la correspondencia en este caso es idéntica. En la misma proposición 1 del criterio y en la proposición 1 del estudiante, se establece también el nivel de identidad, de la segunda y tercera relaciones lógicas del estudiante ($r_2 + r_3 = \text{para realizar}$) con la tercera y cuarta relaciones del referente ($R_3 + R_4 = \text{para realizar}$).

Criterio: La ENERGÍA *es... para realizar* TRABAJO.

Estudiante: La ENERGÍA *es... para realizar...* TRABAJO.

En la proposición 2 del estudiante se establece nuevamente un nivel de identidad en relaciones lógicas ($r4 = se produce$) con la proposición 2 del referente ($R5 = se produce$).

Criterio: *Se produce* ENERGÍA ...

Estudiante: La ENERGÍA *se produce* ...

En la proposición 2 del estudiante ($r4 = transformando$) con ($R6 = se convierte = al convertirse$) de la proposición 2 del criterio, establecen el nivel de equivalencia en relaciones lógicas.

Criterio: ... *se convierte (= al convertirse)* una FORMA DE ENERGÍA...

Estudiante: ... *transformando* una ENERGÍA...

En la proposición 2 del estudiante ($r6 = en$) con ($R7 = en$) de la proposición 2 del referente, establecen el nivel de identidad en relaciones lógicas.

Criterio: ... una FORMA DE ENERGÍA *en* otra (FORMA DE ENERGÍA)...

Estudiante: ... una ENERGÍA *en* otra (ENERGÍA)...

Correspondencia con el núcleo conceptual. El discurso del estudiante contiene 2 de los 3 núcleos conceptuales del criterio: *energía, tipo de energía* (energía mecánica), los dos conceptos en correspondencia idéntica.

A continuación se analiza la organización lógico-conceptual del estudiante AMLF del tema energía.

1.- La organización lógico-conceptual está prácticamente completa, aunque sólo le faltó incluir el concepto de *sistema físico* en la respuesta 1, en la proposición 2 sí lo hace. Asimismo, le faltó señalar, en la proposición 2, que *la energía no se puede crear, ni destruir*. Sin embargo, contiene la mayor parte de los conceptos fundamentales. Por otra parte, en cuanto a las relaciones lógicas entre los conceptos de ambas respuestas, respecto a qué es y cómo se produce la energía, contienen identidad y equivalencia cómo se requiere en la mayoría de ellas. Los conceptos y relaciones lógicas presentes se refieren a los siguientes componentes:

- 1.1 Descriptivo. El estudiante en la posprueba expresa que *la energía es la capacidad para realizar un trabajo*, con lo que describe qué es la energía, aunque no dice quien tiene esa capacidad (sistema físico).
- 1.2 Explicativo. Este componente se encuentra presente en buena parte, al señalar que *la energía se produce transformando una energía en otra energía*, pero incompleta, pues no se incluye que *la energía no se crea ni se destruye, permaneciendo la suma total constante* (ley de conservación de la energía).
- 1.3 Ejemplificativo: Este componente en el discurso del estudiante es correcto en tanto menciona a *la energía mecánica que se presenta en el péndulo al moverse*, aunque incompleto en cuanto a la explicación cabal de cómo se produce.

2.- La información es válida y prácticamente idéntica a la del referente criterio. El discurso presenta una buena estructuración (relaciones lógicas) y presencia de conceptos fundamentales. Podemos concluir que el estudiante comprendió la conceptualización requerida de energía, quedándose con una conceptualización elevada a nivel descriptivo, explicativo y ejemplificativo.

Análisis cuantitativo de los índices de la preprueba y de la posprueba del alumno AMLF.
 ¿Cuál es el grado de cambio conceptual logrado en el alumno AMLF (preprueba vs. posprueba)?
 AMLF es parte del grupo A, al cual se le aplicó la propuesta didáctica EDCC (Campos y Gaspar, 2004).

TABLA 5

AMLF	GRUPO A			
	Prepba (A1)	Pospba (A2)	(A2-A1)	(A2-A1)/A1X100%
Conceptos (C)	10	7	-3.0	-30
Relaciones (R)	13	14	1.0	8
Densidad (d)	0.769	0.500	-0.269	-35
Corr. conceptual (cc)	0.666	0.833	0.167	25
Corr. relacional (cr)	0.187	0.375	0.188	101
Corr. en el núcleo conceptual (c)	0.666	0.666	0.000	0
Calidad conceptual (q)	0.125	0.312	0.187	150
Calidad corr (q_{corr})	0.791	0.978	0.187	24
Tipo de Marco	M C	M C		

A partir de los resultados de la preprueba y posprueba para AMLF del grupo A en los diferentes índices del MAP (**anexos 8 y 9**) se integró la tabla anterior, en la cual establecimos, las dife-

rencias simples y porcentuales de los índices mencionados, en dos momentos (preprueba y posprueba).

Los resultados señalan claramente un aumento en la correspondencia conceptual, relacional y en la calidad del discurso adquirido por el alumno AMLF, consecuencia de la propuesta didáctica EDCC seguida en clase.

Con base en los rangos de valores definidos previamente, para la clasificación de las organizaciones conceptuales y de acuerdo con los valores de cc, cr y c, tanto de la preprueba (0.666, 0.187, 0.666), como de la posprueba (0.833, 0.375, 0.666), el marco, al cual corresponde la organización conceptual de AMLF se ubica en Marco Conceptual. Es decir, que AMLF tenía en la preprueba un discurso bueno con conceptos básicos y relaciones sobre energía apropiadas. Esta organización y conceptos mejoraron en la posprueba, lo que devino en una organización conceptual mayor y de más calidad comprobada por el aumento de los índices de correspondencia. Es decir, AMLF ha asimilado un buen número de conceptos científicos con una fuerte conexión entre ellos. El discurso respectivo es coherente, sin ambigüedades y muy cercano al conocimiento científico formal, lo cual corrobora el resultado del análisis cualitativo del discurso de la posprueba con referencia al texto de la preprueba.

7.2.2 Caso 2: Estudiante GMJ, grupo B.

PREPRUEBA. Análisis de componentes del discurso del estudiante GMJ, del grupo B.

A continuación se presenta el análisis del discurso y la correspondencia del estudiante GMJ, quien obtuvo valores muy cercanos al promedio de su grupo, en la preprueba. Asimismo, se analizan algunos aspectos lógico-conceptuales y epistemológicos.

El texto completo de la respuesta del estudiante es:

1. (La) (energía) es un tipo de trabajo mecánico.
2. (La) (energía) se produce por la fuerza acumulada en los cuerpos, (la) (cual), al liberarse, genera trabajo en los cuerpos.
3. La energía calorífica se produce por fricción de dos o más cuerpos, éstos al rozar ejercen una fuerza de un cuerpo con otro (cuerpo) produciendo un trabajo mecánico.

A continuación se analiza las respuestas, separando el texto en proposiciones (P_i), conceptos C (**negritas**), relaciones lógicas R (*cursivas*) y otros elementos (O). Las proposiciones son:

P1. (La) (**energía**) es un **tipo de trabajo mecánico**.

P2. (La) (**energía**) *se produce por la fuerza acumulada en los cuerpos*, (la) (cual) al *liberarse genera trabajo en los cuerpos*.

P3. La **energía calorífica** *se produce por fricción de dos o más cuerpos, éstos al rozar ejercen una fuerza de un cuerpo con otro (cuerpo) produciendo un trabajo mecánico*.

El texto consta de tres proposiciones las cuales contienen 7 conceptos con 19 relaciones lógicas y una densidad, $d = C/R = 7/19$, de 0.368.

Análisis de los componentes del discurso.

PREPRUEBA.

Como se puede observar, los núcleos conceptuales son 4:

Energía (en las proposiciones 1 y 2).

Trabajo (en las proposiciones 1, 2 y 3).

Fuerza (en las proposiciones 2 y 3).

Cuerpo (en las proposiciones 2 y 3).

Por lo tanto, la configuración temática de esta zona de conocimiento, con base en esos conceptos y las relaciones lógicas que los conectan, es:

La energía se produce por la fuerza acumulada en los cuerpos, (la) (cual) al liberarse genera trabajo en los cuerpos.

La idea principal del texto del estudiante se circunscribe a mencionar que *la energía se produce por la fuerza acumulada en los cuerpos, la cual, al liberarse, genera trabajo en ellos*. Esta formulación contiene un error conceptual debido a que *la fuerza acumulada* que se menciona no es tal, sino que es energía potencial, ya que un cuerpo puede almacenar energía en espera de ser utilizada porque en ese estado tiene el potencial para realizar trabajo. Por ejemplo: un resorte comprimido, una liga estirada tendrán energía potencial elástica; por la altura o posición de un cuerpo se tendrá energía potencial gravitacional y en el caso de una sustancia química se tendrá energía potencial química. En este sentido, el estudiante tiene una idea alusiva de los conceptos que forman parte del concepto de energía. Por otra parte, en el primer enunciado omite el concepto de cuerpo, pero en las proposiciones 2 y 3 lo menciona y establece, que son los cuerpos quienes realizan trabajo, lo que es correcto.

Análisis de correspondencia.

Con la información ya organizada, se realizó el análisis de correspondencia entre la respuesta del

alumno en la preprueba y el referente criterio.

Correspondencia conceptual. En los discursos del estudiante y el del criterio aparecen los siguientes componentes conceptuales:

Energía, cuerpo, trabajo, energía calorífica (forma de energía).

El nivel de correspondencia conceptual, en este caso, se considera parcialmente equivalente, de acuerdo con el Modelo de Análisis Proposicional, dado el contexto temático en que se producen.

En cuanto a la definición de energía (proposición 1) en las siguientes proposiciones tenemos en la primera, la del criterio y en la segunda, la del estudiante:

Criterio: La **energía** es la **capacidad** de un **sistema físico (cuerpo)** para realizar **trabajo**.

Estudiante: (La) (**energía**) es un **tipo** de **trabajo mecánico**.

En cuanto a la definición de energía, al comparar ambas respuestas, encontramos que el concepto de *energía* y el de *trabajo* se encuentran en las dos; en la primera, la relación entre *energía* y *trabajo* está mediada por *la capacidad de un sistema físico para realizarlo*, es decir, requerimos de otros dos conceptos que son: *capacidad* y *sistema físico*, para establecer la identidad conceptual total. En la respuesta del estudiante los conceptos de *energía* y *trabajo (mecánico)* están mediados por el concepto *tipo*, es decir, requerimos en este caso de ese término. Dicho concepto, no tiene ninguna correlación con el de capacidad y sistema físico. De esta manera, la correspondencia conceptual, a nivel descriptivo, es parcialmente idéntica y errónea.

En la parte explicativa, referente a como se produce la energía, tenemos las respuestas:

Criterio: Se produce **energía** cuando se convierte (= al convertirse) una **forma de energía** en **otra (forma de energía)**, pero no se puede crear ni destruir (**la energía**).

Estudiante: (La) (**energía**) se produce por la **fuerza** acumulada en los **cuerpos**, (la) (cual) al liberarse genera **trabajo** en los **cuerpos**.

En la parte explicativa, la única correspondencia conceptual idéntica entre la respuesta de estudiante y la del criterio, es el concepto de *energía* y esto es de esperarse porque pregunta y respuesta contienen dicho concepto, en ambos textos. El resto de la respuesta es confuso y prácticamente con mínima relación conceptual con la respuesta criterio respectiva. Es decir, *la*

energía se produce por la transformación de un tipo en otro, transformación que es cualitativa manteniendo su cantidad constante, *pues no se puede crear ni destruir*. En la respuesta del estudiante, *la energía genera trabajo en los cuerpos, al liberarse*. Debido a lo cual, podemos decir que existe una correlación alusiva e incompleta en esta parte, entre: *trabajo* en los cuerpos, de la respuesta del estudiante y *forma de energía* producida, del criterio.

Correspondencia en relaciones lógicas. Con base en la correspondencia conceptual identificada, se analiza a continuación la correspondencia en relaciones lógicas.

En la proposición 1 del criterio se afirma que *la energía es la... trabajo* y en el estudiante, la proposición 1 se refiere al que *la energía es... un tipo...* empleando la misma relación lógica de identidad (*es*), por lo que la correspondencia en este caso es idéntica entre r1 y R1.

Criterio: La ENERGÍA *es...*la CAPACIDAD *de* un SISTEMA FÍSICO *para realizar...* TRABAJO.

Estudiante: La ENERGÍA *es...* un TIPO *de...* TRABAJO MECÁNICO.

En la proposición 2 del estudiante se tiene la relación lógica (r3 = *se produce*) que establece nuevamente un nivel de identidad, con la relación (R5 = *se produce*) de la proposición 2 del referente.

Criterio: *Se produce* ENERGÍA...

Estudiante: La ENERGÍA *se produce* ...

Entre la proposición 2 del estudiante (r7 + r8 = *al liberarse + genera = se convierte en*) y la proposición 2 del criterio (R6 + ... R7 = *se convierte + en*) se establece el nivel alusivo en relaciones lógicas. Consideramos que los conceptos: *forma de energía*, en el criterio y *trabajo*, del estudiante, tienen una correspondencia alusiva lejana, pues el trabajo trasmite la energía entre cuerpos e implícitamente está relacionado con la energía; es decir, en el límite conceptual, podría considerarse al trabajo como cierta forma de energía en tránsito. Hasta ese punto llega la correspondencia lógica relacional entre textos.

Criterio: ... *se convierte (= al convertirse)...*una FORMA DE ENERGÍA... *en* OTRA

Estudiante: ... *al liberarse genera (= se convierte en)...*TRABAJO

Correspondencia con el núcleo conceptual. El discurso del estudiante contiene 2 de los 3

núcleos conceptuales del criterio: energía y cuerpo (sistema físico), los dos conceptos en correspondencia idéntica.

A continuación se analiza la organización lógico–conceptual del estudiante GMJ del tema energía.

1.- La organización lógico–conceptual del estudiante es incompleta, pues a pesar de que incluye en su definición de *energía* el concepto de *trabajo* (el trabajo como cierta clase de energía), lo hace de manera alusiva al referirse a *la energía* como *un tipo o clase de trabajo* en lugar de *la capacidad de realizarlo* (el trabajo como un medio de transmitir energía). Asimismo, su explicación de cómo se produce la energía es en general errónea e incompleta. Los conceptos y relaciones lógicas presentes se refieren a los siguientes componentes:

- 1.1 Descriptivo. El estudiante en la preprueba expresa que *la energía es un tipo de trabajo*, con lo que describe qué es la energía de manera alusiva e incompleta.
- 1.2 Explicativo. La idea, en el texto del estudiante, que se refiere a que *la energía se produce por la fuerza acumulada....*, alude al concepto de *trabajo*, ya que éste es el producto de la fuerza por el desplazamiento del cuerpo. En ese sentido, si bien el concepto de trabajo forma parte del concepto de energía, estos conceptos no significan lo mismo, por lo que encontramos un error conceptual.
- 1.3 Ejemplificativo. La *energía calorífica* constituye un tipo de energía, por lo que el estudiante lo identifica de manera correcta.

2.- A pesar de que el discurso del estudiante cuenta con algunos conceptos fundamentales, consideramos que poseía un conocimiento previo de la energía incompleto a nivel descriptivo, erróneo a nivel explicativo y bueno a nivel ejemplificativo.

POSPRUEBA. Análisis de componentes del discurso del estudiante GMJ, del grupo B.

El texto completo de la respuesta del estudiante es:

1. (La) (energía) es lo (aquello) que produce un trabajo.
2. La energía se produce al desplazarse un cuerpo contra la fuerza gravitacional ya que se realiza un trabajo.
3. La energía potencial de un objeto que se obtiene al realizar un trabajo contra la gravedad.

A continuación se analizan las respuestas, separando el texto en proposiciones (P), conceptos C (**negritas**), relaciones lógicas R (*cursivas*) y otros elementos (O). Las proposiciones son:

P1. (La) (**energía**) *es* lo (**aquello**) que *produce* un **trabajo**.

P2. La **energía** *se produce* al *desplazarse* un **cuerpo** *contra* la **fuerza gravitacional** *ya que se realiza* un **trabajo**.

P3. La **energía potencial** *de* un **objeto** que *se obtiene* al *realizar* un **trabajo** *contra* la **gravedad**.

El texto consta de tres proposiciones, las cuales contienen 6 conceptos con 11 relaciones lógicas y una densidad, $d = C/R = 6/11$, de 0.545.

Análisis de los componentes del discurso.

POSPRUEBA.

Como se puede observar, en la posprueba los núcleos conceptuales son 4:

Energía (en las proposiciones 1 y 2).

Trabajo (en las proposiciones 1, 2 y 3).

Gravedad (en las proposiciones 2 y 3).

Cuerpo - objeto (en las proposiciones 2 y 3).

Por lo tanto, la configuración temática de esta zona de conocimiento, con base en esos conceptos y las relaciones lógicas que los conectan, es:

La energía es lo (aquello) que produce y realiza un trabajo desplazando un cuerpo contra la fuerza gravitacional.

Esta configuración, en su parte descriptiva, utiliza alusivamente el término *lo (aquello)* refiriéndose a *la capacidad de un sistema físico de realizar trabajo*, como lo señala el criterio. En la parte explicativa es nula su aportación, sin embargo en la parte ejemplificativa señala el caso concreto de *realizar un trabajo desplazando (elevando) un cuerpo contra la fuerza gravitacional*, describiendo el ejemplo pero sin mencionar el nombre del tipo de energía correspondiente que se va adquiriendo al elevar un cuerpo a cierta altura del suelo (energía potencial). En síntesis, la configuración temática es correcta pero incompleta a nivel descriptivo, alusiva a nivel ejemplificativo, y sin contenido temático a nivel explicativo.

Análisis de correspondencia.

Con la información ya organizada, se establece el análisis de correspondencia entre la respuesta del alumno en la posprueba y el referente criterio.

Correspondencia conceptual. Ambos discursos contienen los siguientes componentes conceptuales:

Energía, cuerpo, trabajo, energía potencial (tipo de energía).

El nivel de correspondencia conceptual en este caso se considera idéntico, de acuerdo con el Modelo de Análisis Proposicional, dado el contexto temático en que se produce.

En las primeras proposiciones tenemos las siguientes respuestas:

Estudiante: La **energía** es **lo (aquello)** que produce un **trabajo**.

Criterio: La **energía** es la **capacidad** de un **sistema físico** para realizar **trabajo**.

La correspondencia del concepto **lo (aquello)** con **capacidad** se considera alusiva.

En la segunda proposición tenemos:

Criterio: Se produce **energía** cuando se convierte (= al convertirse) una **forma de energía** en **otra (forma de energía)**...

Estudiante: La **energía** se produce al desplazarse un **cuerpo** contra la **fuerza gravitacional**, ya que se realiza un **trabajo**.

Dejando de lado el concepto de *energía* al inicio de las expresiones del criterio y del estudiante en el resto de las mismas no se encuentra ninguna correspondencia conceptual, debido a que la expresión del estudiante: *...al desplazar-se un cuerpo contra la fuerza de gravedad, ya que se realiza trabajo*, significa que para que se dé ese movimiento, se debe realizar un trabajo contra la fuerza de gravedad. Es decir, la pregunta que se está contestando con esta expresión es la de qué es energía y no se está diciendo cómo se produce. El criterio nos dice que *la energía se produce cuando se convierte (= al convertirse) una forma de energía en otra (forma de energía)*... Consecuentemente la respuesta dada por el estudiante es errónea y pues no hay correspondencia conceptual.

Correspondencia en relaciones lógicas. Con base en la correspondencia conceptual identificada, se analiza a continuación la correspondencia en relaciones lógicas.

En la proposición 1 del criterio, se afirma que *la energía es la capacidad*, y el estudiante, en la proposición 1 establece que *la energía es lo (aquello)*, empleando la misma relación lógica de identidad ($r1 = R1 = es$), por lo que la correspondencia en este caso es idéntica.

Criterio: La ENERGÍA *es* la CAPACIDAD...

Estudiante: La ENERGÍA *es* lo (AQUELLO)...

También en la proposición 1 del estudiante, se establece el nivel alusivo en la relación ($r2 = produce$) con la relación lógica del criterio ($R4 = realizar$).

Criterio: ... *realizar* TRABAJO.

Estudiante: ... que *produce* ... TRABAJO.

Además en la proposición 3 del estudiante tenemos a ($r8 = de$) que establece nuevamente un nivel de identidad en relaciones lógicas con la ($R2 = de$) de la proposición 1 del referente.

Criterio: ... la CAPACIDAD *de* un SISTEMA FÍSICO...

Estudiante: ... *de* un OBJETO...

En la proposición 2 del estudiante ($r7 = se realiza$) se establece el nivel equivalente en relaciones lógicas con ($R4 = realizar$) de la proposición 1 del criterio.

Criterio: ... un SISTEMA FÍSICO *realizar* TRABAJO.

Estudiante: ... CUERPO ... *se realiza* ... TRABAJO,

En la proposición 2 del estudiante ($r3 = se produce$) nuevamente se establece un nivel de identidad en relaciones lógicas con ($R5 = se produce$) de la proposición 2 del referente.

Criterio: *Se produce* ENERGÍA...

Estudiante: La ENERGÍA *se produce* ...

Hay equivalencia de las relaciones ($r4 = al desplazarse$) del estudiante en su proposición 2 y ($R6 = cuando se convierte = al convertirse$) en la proposición 2 del criterio. Hasta ese punto llega la correlación de relaciones lógicas explícitas de ambos textos.

Criterio: ...cuando se convierte (= al convertirse)... una FORMA DE ENERGÍA en OTRA (FORMA DE ENERGÍA)...

Estudiante: ...al desplazarse.... un CUERPO contra la FUERZA GRAVITACIONAL... ya que se realiza un TRABAJO.

Correspondencia con el núcleo conceptual. El discurso del estudiante contiene 2 de los 3 núcleos conceptuales del criterio: energía, tipo de energía (energía potencial), los dos conceptos en correspondencia idéntica.

A continuación **se analiza la organización lógico-conceptual** del estudiante GMJ del tema energía.

1.- La organización lógico-conceptual del estudiante es incompleta y parcialmente errónea, pues aunque a niveles descriptivo y ejemplificativo la información es incompleta pero correcta (alusiva). En el nivel de explicación de cómo se produce no señala que *la energía no se puede crear ni destruir, solo puede transformarse...* Es decir, su estructura conceptual contiene algunos conceptos y relaciones fundamentales, pero adolece de los relativos a la explicación de cómo se produce la energía (transformación cualitativa y conservación). Los conceptos y relaciones lógicas presentes se refieren a los siguientes componentes:

1.1 Descriptivo: El estudiante en la posprueba expresa que *la energía es lo (aquello) que produce un trabajo*, con lo que describe de manera alusiva y correcta qué es la energía.

1.2 Explicativo: El estudiante a la pregunta de cómo se produce la energía contesta con la definición de energía (criterio: *e. es la capacidad de un sistema físico de realizar trabajo con $T = Fxd$*) al decir que se produce energía *al desplazarse (d) un cuerpo contra la fuerza de gravedad (F), ya que se realiza trabajo (T)*. El criterio nos dice que *la energía se produce cuando se convierte una forma de energía en otra*. Es decir, el conocimiento sobre energía del estudiante a nivel explicativo es erróneo.

1.3 Ejemplificativo: Este componente, en el discurso del estudiante, es correcto, en tanto menciona a la *energía potencial* como un tipo de energía.

2.- La información es válida. El discurso presenta una parte de los conceptos fundamentales, pero deja afuera aspectos importantes. Podemos concluir que el estudiante no aprendió cabalmente la conceptualización requerida de energía, quedándose con una conceptualización de regular a buena; a niveles descriptivo y ejemplificativo, y mínima (casi nula) a nivel explicativo.

Análisis cuantitativo de los índices de la preprueba y de la posprueba del alumno GMJ.

¿Cuál es el grado de cambio conceptual logrado en el alumno GMJ entre pruebas? GMJ es parte del grupo testigo o de control, al cuál se le aplicó una estrategia tradicional de enseñanza de energía.

A partir de los resultados para GMJ del grupo B en los diferentes índices del MAP se integró la tabla siguiente, en la cual establecimos las diferencias simples y porcentuales de los índices mencionados, en dos momentos (preprueba y posprueba).

TABLA 6

GMJ	GRUPO B			
	Prepba (B1)	Pospba (B2)	(B2-B1)	(B2-B1)/B1X100%
Conceptos (C)	7	6	-1.0	-14
Relaciones (R)	19	11	-8.0	-42
Densidad (d)	0.368	0.545	0.177	48
Corr. conceptual (cc)	0.666	0.833	0.167	25
Corr. relacional (cr)	0.187	0.250	0.063	34
Corr. en el núcleo conceptual (c)	0.666	0.666	0.000	0
Calidad conceptual (q)	0.125	0.208	0.083	66
Calidad corr (q_{corr})	0.791	0.874	0.083	10
Tipo de Marco	MC	MC		

En esta tabla se puede observar el cambio cuantitativo que siguieron la mayoría de los índices, a saber: se pasó de un número de conceptos en la preprueba de 7 a 6 en la posprueba, la disminución fue del 14%; en relaciones lógicas se pasó de 19 a 11, la disminución fue del 42%. Consecuentemente el valor de la densidad aumentó, pues pasó de 0.368 a 0.545, que corresponde a una aumento del 48%. Es decir, la cantidad de relaciones disminuyó fuertemente. Esta disminución, tanto de conceptos y sobre todo de relaciones, con el consiguiente aumento del valor de la densidad, entre la preprueba y la posprueba denota una pérdida de la capacidad de explicación de la nueva organización conceptual.

En el índice de correspondencia conceptual, en la preprueba, se obtuvo el valor de 0.666 y en la posprueba fue de 0.833, el aumento fue de un 25%. En el índice de correspondencia relacional, se pasó de 0.187, en la preprueba a 0.250, en la posprueba, el aumento fue de 34%. La correspondencia en el núcleo conceptual fue de 0.666 en la preprueba y de 0.666, en la posprueba, que corresponde a un aumento de 0 % de la información básica.

En cuanto a la calidad combinada de conceptos y relaciones lógicas, en la preprueba fue de 0.125, y en la posprueba fue de 0.208, aumentó un 66%; en el índice de calidad de la correspondencia, en la preprueba se obtuvo 0.791 y en la posprueba el valor alcanzado fue de 0.874, 10% más.

Al pasar de la preprueba a la posprueba, en el estudiante GMJ del grupo B, se logró que los índices cc, cr, q y qcorr aumentaran en 25, 34, 66 y 10 por ciento. Aumento que se tradujo en una leve mejoría en la correspondencia conceptual, relacional y en la calidad del discurso adquirido, por el estudiante, como consecuencia de la estrategia tradicional seguida en clase.

De acuerdo con los rangos de valores definidos previamente, para la clasificación de las organizaciones conceptuales cc y c, tanto de la preprueba como de la posprueba, el marco al cual corresponde la organización conceptual previa y posterior de los alumnos, se ubica en el Marco Conceptual, que corresponde a una organización conceptual de una calidad un poco mejor en la posprueba.

Análisis cuantitativo comparativo de las diferencias de índices de la preprueba y de la posprueba, de los alumnos AMLF y GMJ.

A continuación se presentan las diferencias y su comparación con los valores obtenidos para los índices cc, cr, c, q y qcorr de los alumnos AMLF y GMJ, el primero, del grupo A (experimental); el segundo alumno, del grupo B (control).

TABLA 7

AMLF VS GMJ	Grupo A		Grupo B	
	DA	DB	DA-DB	(DA-DB)/A1X100%
Corr. conceptual (cc)	25	25	0	0
Corr. relacional (cr)	101	34	67	197
Corr. en el núcleo conceptual (c)	0	0	0	0
Calidad conceptual (q)	150	66	84	127
Calidad corr (q _{corr})	24	10	14	140

Las diferencias notables son a favor del alumno AMLF en 197, 127 y 140 de porcentaje, en los índices cr, q y qcorr, lo que corrobora cuantitativamente que el alumno AMLF logró una mejoría en su organización conceptual, de mayor calidad, que la del alumno GMH.

7.3 Análisis grupal. Familias de proposiciones.

Las organizaciones conceptuales producidas en los alumnos respecto al tema de energía tienen diferencias y similitudes semánticas y relacionales, diferencias debido a las distintas experiencias

personales y similitudes por la interacción social en el aula que permiten la comunicación. Las similitudes en las organizaciones conceptuales generan lo que Campos y Gaspar (1997) denominan **familias de proposiciones** en correspondencia que tienen significados en común respecto a una zona de conocimiento; son los agrupamientos de las respuestas de los alumnos respecto de cada proposición del criterio, organizadas por grupo, tipo de examen y pregunta. Este tipo de correspondencia, representa las diferentes formas discursivas de los alumnos de cada uno de los dos grupos, permitiendo observar sus niveles de cambio y precisión de las organizaciones conceptuales, individuales y por grupo, ante las diferentes estrategias de enseñanza-aprendizaje.

En primer lugar presentaremos el análisis grupal de las proposiciones de la preprueba de los grupos A y B, en seguida, abordaremos la estrategia didáctica en cada grupo, lo que permitirá explicar los cambios individuales y grupales (estos últimos) explicitados para el caso, en el tercer momento de esta presentación, el análisis grupal de las proposiciones de la posprueba de los grupos A y B.

7.3.1 Preprueba.

7.3.1.1 Grupo A. Es el grupo de estudiantes sobre el que se trabajó la propuesta didáctica, es el grupo experimental. Las respuestas de los estudiantes de dicho grupo para la preprueba fueron las siguientes:

PREPRUEBA. Grupo A.

Pregunta 1. ¿Qué es la energía?

Respuesta criterio: La **energía** es la **capacidad** de un **sistema físico** para realizar **trabajo**.

Respuesta de cada uno de los alumnos:

1. (La) (**energía**) es la **fuerza** que alimenta a (los) **aparatos (eléctricos)** para que funcionen.
2. (La) (**energía**) es la **resistencia** de un **cuerpo**.
3. (La) (**energía**) es una **fuerza** de la **materia** y no se crea ni se destruye y su **magnitud** (de la energía) es **infinita**.
4. (La) (**energía**) es una parte de la **física** que se compone de **iones**.
5. (La) (**energía**) es la **capacidad** con que se realiza una **acción (fuerza)**.
6. (La) (**energía**) es lo (aquello) que se obtiene de un **trabajo**.
7. (La) (**energía**) es un **impulso** o (una) **fuerza**.
8. (La) (**energía**) es una **fuerza** que ejerce un **cuerpo**.
9. (La) (**energía**) es lo (**aquello**) que permite mover muchas **cosas**.

10. (La) **(energía)** es la **capacidad** de un **cuerpo** para realizar **trabajo**.
11. (La) **(energía)** es **aquello** que produce **movimiento**.
12. (La) **(energía)** es la **fuerza** del **individuo** acumulada y que puede utilizarse en cualquier **lugar**.
13. (La) **(energía)** es con lo **(aquello)** que un **cuerpo** realiza una **actividad**.
14. (La) **(energía)** es el **producto** de diferentes **mecanismos** y la **energía** nos permite desarrollar diferentes **actividades**.
15. La **energía** es (un) campo de **fuerza** que produce **electricidad**.

Análisis epistemológico. Siete de los quince alumnos (46.6%) intentan definir el concepto de energía en términos de la fuerza, 3 de los 15 alumnos (20%) vinculan la energía con la electricidad o los iones, 2 alumnos de 15 (13.3%) relacionan el concepto de movimiento con la energía y 2 alumnos de 15 (13.3%) vinculan el concepto de energía con el de trabajo; en particular, uno de estos dos últimos alumnos (el número 10) da la definición correcta de energía. También se dan respuestas, las menos, que no tienen nada que ver con el concepto de energía, i.e. la respuesta del alumno número 2. En general, se puede considerar que la mayoría de los alumnos tienen una noción alusiva del concepto de energía, pues lo asocian con fuerza (recordar que el concepto de trabajo como el producto de la fuerza por el desplazamiento, involucra a la fuerza), o con movimiento o con electricidad y particularmente, con actividad y capacidad de realizar trabajo. Sólo en las respuestas 8, 10 y 13 se menciona que un cuerpo realiza el trabajo o la actividad. Este grupo tenía una noción previa un tanto incipiente, pero encaminada hacia el concepto formal descriptivo de qué es la energía.

Pregunta 2: Explica con detalle cómo se produce la energía.

Respuesta criterio: Se produce **energía** cuando se convierte una **forma de energía** en **otra (forma de energía)** pero no se puede crear ni destruir (la **energía**). De esta forma la **suma total** de la **energía** permanece constante.

Respuesta de los alumnos:

1. (La) **(energía)** se produce por medio del **agua** de una **cascada** que cae a un **generador** que convierte la **energía** del **agua** en **electricidad**.
2. (La) **(energía)** se produce por medio de la **resultante** de una **fuerza** aplicada sobre un **cuerpo**.
3. (La) **(energía)** se produce por medio de la **interacción** de dos **fuerzas**.
4. (La) **(energía)** se produce por medio de **iones** y debe de haber tanto **(iones) positivos**

como **(iones) negativos** para que se produzca la **energía**.

5. (La) **(energía)** se produce por medio de **fuerzas** que actúan sobre un **cuerpo (sistema físico)**.
6. (La) **(energía)** se produce por medio de un **trabajo**: (es decir) se aplica una **fuerza** sobre **algo** (objeto físico) para producir otra **energía**.
7. (La) **(energía)** se produce por (medio de) (un) proceso o por **desarrollo**.
8. La **energía** se produce por medio de los **movimientos** de un **cuerpo** o en (= por medio de) una **acción**.
9. La **energía** se produce de diferentes **maneras**, (= ya sea) por medio del **agua**, del **sol** o del **aire**.
10. La **energía** se produce de diferentes **formas**.
11. (La) **(energía)** se produce cuando se acumulan (=al acumularse) muchas **fuerzas**, que se liberan en **forma de energía**
12. (La) **(energía)** se produce mediante una **fuerza** que llega al **objetivo** y se transforma, creando una **reacción**.
13. La **energía** se produce cuando se unen **fuerzas** para realizar una **actividad**.
14. La **energía mecánica** se produce al desarrollar diferentes **movimientos**.
15. La **energía** se produce por medio de los **rayos del sol**, el **agua** y otros **componentes** que se han hecho varios **campos** para la **energía**.

Análisis epistemológico. Excepto en el caso de la respuesta del alumno 1, la cual se acerca a la explicación sobre cómo se produce energía en términos de la transformación de una energía en otra, aunque no menciona que la totalidad de la energía debe mantenerse constante. La gran mayoría, 14 alumnos de 15 (93.3%), no tenía una noción formal previa sobre cómo se produce. Se responde en muchos casos con ideas equivocadas y algunas de ellas, carentes de sentido.

Pregunta 3. Da un ejemplo, un tipo de energía, con todo detalle que ilustre lo que acabas de explicar, indica en qué consiste y cómo se produce ese tipo de energía.

Respuesta de los alumnos:

1. (La) **energía hidroeléctrica**.
2. La **energía eléctrica** consiste en la **iluminación** y **esta (iluminación)** es producida por el **movimiento** de **iones positivos** y **(iones) negativos**.
3. La **energía mecánica** producida por la **combustión** en un **motor**.
4. La **energía hidroeléctrica** se da (produce) por medio del **agua** usando la fuerza y los **iones**.
5. La **energía eléctrica** consiste en **moléculas** que actúan sobre un **cuerpo (sistema físico)**

produciendo una acción(fuerza).

6. La **energía eléctrica** se obtiene por medio de **Plantas** (generadoras) o por el **agua** de un **río** (es decir) la **fuerza natural** del **agua del río** o del **viento** en los **molinos** produce **energía**.
7. La **energía mecánica** puede producirse por medio de un **combustible** en un **motor** que produce **movimiento**.
8. La **energía cinética** se manifiesta mediante los **movimientos** de un **cuerpo**.
9. La **energía (eléctrica)** se produce por medio de un **tipo de hélice** movida por el **aire** y conectada a un **generador** que entre más **vuelatas** da mas **energía** produce.
10. La **energía eléctrica** se produce por el **movimiento** de **electrones** en un **conductor**.
11. La **energía solar** se produce por el **calor** que libera el **sol** hacia los **cuerpos**.
12. La **energía eólica** que se produce mediante el **aire** en los **molinos de viento**.
13. La **energía corporal** utilizada al **nadar**; (= es decir) el **cuerpo** realiza una **actividad** al mover **brazos y piernas** y ocupa (=utiliza) **energía**.
14. La **energía mecánica** utilizada por medio de un **polín** para aplicar una **fuerza** y poder levantar **algo** (objeto físico) pesado.
15. La **energía eléctrica** se produce mediante los **rayos del sol**, el **agua** y otros **componentes**.

Análisis epistemológico. La totalidad de las respuestas de los alumnos mencionan algún tipo de energía. Sin embargo, en la gran mayoría de los casos, 13 alumnos de 15 (86.6%), no hay una explicación formal de cómo se produce la energía. Las respuestas más cercanas al criterio, por el contenido en las proposiciones 2 y 3 principalmente, sobre cómo se produce la energía, son las respuestas 6 y 9 donde se hace alusión implícita a la transformación de un tipo de energía en otro.

7.3.1.2 Grupo B. Es el grupo de estudiantes cuyo profesor trabajó el tema de energía de manera tradicional y para esta investigación fue denominado el grupo testigo. Las respuestas de los estudiantes de dicho grupo para la preprueba se enlistan a continuación.

PREPRUEBA. Grupo B (testigo) vs. Criterio. Concepto: Energía.

Pregunta 1. ¿Qué es la energía?

Respuesta criterio: La **energía** es la **capacidad** de un **sistema físico** para realizar **trabajo**.

Respuesta de los alumnos:

1. (La) **(energía)** es una **fuerza motriz** que la **materia** tiene.
2. (La) **(energía)** es una **fuerza**.
3. (La) **(energía)** es una **fuerza**.
4. (La) **(energía)** es un **tipo de trabajo mecánico**.
5. (La) **(energía)** es la **fuerza** que se transforma en **movimiento**.
6. (La) **(energía)** es la **fuerza** que se aplica a un **cuerpo**.
7. (La) **(energía)** es la **forma** en que se produce **trabajo**.
8. (La) **(energía)** es una **fuerza** como la **fuerza de gravedad** que hace que se atraigan el **sol** y la **tierra**.
9. (La) **(energía)** es una **fuerza** que produce el **movimiento** de los **cuerpos**.
10. (La) **(energía)** se manifiesta como **fuerza** y como **electricidad**.
11. (La) **(energía)** es la **acción** con la que trabaja un **cuerpo (sistema físico)** o hace trabajar a diferentes **cosas (sistema físico)**.
12. (La) **(energía)** es una **fuerza** que se aplica a un **objeto** para que tenga **movimiento**.
13. (La) **(energía)** es la **fuerza** para realizar **trabajo** sobre un **cuerpo**.
14. (La) **energía** es la **capacidad** de producir todo **tipo de movimientos**.
15. (La) **(energía)** es el **esfuerzo** que se produce al hacer un **trabajo**.

Análisis epistemológico. El estudio de las respuestas de la preprueba de los alumnos del grupo B, para la primera pregunta sobre que es la energía indica que: de las 15 respuestas, 10 (66.6%) identifican a la energía con el concepto de fuerza (acción), 5 (33.3%) respuestas relacionan la energía con el concepto de trabajo, 4 (26.6%) relacionan la energía con la capacidad de producir movimientos y 6 (40%) respuestas aluden explícitamente a que dicha energía, en forma de fuerza, trabajo, etc., se aplica, actúa, etc. sobre un cuerpo, objeto o sistema físico. Si recordamos que *la energía es la capacidad de un sistema físico para realizar trabajo* y, que *trabajo* se define como *el producto de la fuerza por el desplazamiento*, implica que 10 de los alumnos (66.6%) están aludiendo implícita y parcialmente a los conceptos de energía y trabajo, al vincular la energía con la fuerza. Sólo en las respuestas 9 y 11 se menciona el causante (un cuerpo) del movimiento o trabajo; y en las respuestas: 6, 11, 12 y 13 se menciona sobre quién se realiza la actividad, fuerza o trabajo (otro cuerpo, objeto o sistema físico), lo cual es cierto pero no aparece en el criterio. En general, se puede considerar que la mayoría de los alumnos tenían una noción previa alusiva del concepto de energía, pues lo asocian con fuerza (acción, esfuerzo), con movimiento o con realizar trabajo. Este grupo tiene conocimientos previos alusivos del concepto de energía.

Pregunta 2: Explica con detalle cómo se produce la energía.

Respuesta criterio: Se produce **energía** cuando se convierte una **forma de energía** en **otra (forma de energía)** pero no se puede crear ni destruir (la **energía**). De esta forma la **suma total** de la **energía** permanece constante.

Respuesta de los alumnos:

1. (La) (**energía**) se produce cuando el **sol** sale por las **mañanas** y (la **energía solar**) empieza a calentar la **tierra**.
2. (La) (**energía**) se produce al aplicar una **fuerza** a un **objeto** produciendo su **movimiento**.
3. (La) (**energía**) se produce a través (por medio) de dos o más **cuerpos** que están en **contacto**.
4. (La) (**energía**) se produce por la **fuerza** acumulada en los **cuerpos**, (la) (cual) al liberarse genera **trabajo** en los **cuerpos**.
5. (La) (**energía**) no se puede crear solo se puede transformar.
6. (La) (**energía**) se produce cuando un **cuerpo** realiza algún **movimiento**.
7. (La) (**energía**) se produce cuando un **cuerpo** realiza un **trabajo**.
8. (La) **energía solar** al llegar a la **tierra** es capturada a través (por medio) de **rejillas (celdas solares)** y se utiliza como un **tipo de energía**.
9. (La) **energía** que se produce por la caída del **agua** en **cataratas** y **cascadas** (la) (cual) mueve **turbinas** y genera **energía eléctrica**.
10. (La) **energía (eléctrica)** se produce por medio de **turbinas** que generan **electricidad**.
11. La **energía** se produce por la **acción** que realiza un **cuerpo** para moverse o (para) que tenga cierta **reacción**.
12. La **energía** se produce de diferentes **formas**, ya sea por (medio) (de) el **aire**, (de) el **agua**, etc.
13. (La) (**energía**) se produce por diferentes **fuentes productoras** como el **sol** que produce **energía solar**.
14. (La) **energía** no se crea ni se destruye sólo se transforma.
15. (La) **energía** se produce por causa de un **esfuerzo físico** o **mecánico**.

Análisis epistemológico. La explicación sobre cómo se produce la energía, implica la transformación de un tipo de energía en otro y que se mantenga constante la cantidad total de energía. Hay 2 respuestas (13.3%) que son casi idénticas a la respuesta criterio, la respuesta 5 menciona que la energía no se puede crear, sino sólo transformar (le faltó la noción de "no se puede destruir" que, aunada a la noción de que no se puede crear, implica que la totalidad de la energía se mantenga constante). Por su parte, la respuesta 14, al mencionar que: la energía no se crea ni se destruye sólo se transforma, es casi idéntica a la del criterio, únicamente le faltó la idea de

conservación. El resto de las respuestas, 13 (86.6%), no tienen una noción explícita y formal sobre cómo se produce la energía; no obstante, si se leen las respuestas con detenimiento, la gran mayoría de ellas tienen explicaciones no formales, lógicas y variadas de cómo se produce la energía. Su conocimiento previo explicativo de los alumnos fue muy bajo 13% (2 respuestas de 15) y tácitamente elevado 87% (13 respuestas de 15) sobre cómo se produce la energía.

Pregunta 3. Da un ejemplo, un tipo de energía, con todo detalle que ilustre lo que acabas de explicar, indica en qué consiste y cómo se produce ese tipo de energía.

Respuesta de los alumnos:

1. La **energía motriz** que consiste en que un **cuerpo (sistema físico)** mueva un **objeto**.
2. La **energía eléctrica** que consiste en el movimiento de **electrones**.
3. La **energía (eléctrica)** de una **pila de energía** que pasa por un **circuito serial** que enciende un **foco** que da **luz(energía luminosa)**.
4. La **energía calorífica** se produce por **fricción** de dos o más **cuerpos**, estos al rozar ejercen una **fuerza** de un **cuerpo** con **otro (cuerpo)**, produciendo un **trabajo mecánico**.
5. La **energía eléctrica** se produce por medio de un **movimiento** de **electrones**.
6. La **energía marimotriz** que se produce mediante el **movimiento** de las **olas** al pasar por una **máquina** que genera **electricidad**.
7. La **energía nuclear** produce una gran **cantidad** de **energía** que genera **radiación** y que puede ser (usada) (la) (**energía**) (en forma) destructiva o benefactora.
8. La **energía solar** que capturan las **calculadoras** para su funcionamiento.
9. La **energía** del **agua** en **cataratas** y **cascadas**.
10. La **energía** del **agua** en una **presa** al salir mueve (las) **propelas** (de) (un) (**generador**), produciendo **electricidad**.
11. (La) **Energía eléctrica** hace que un **foco** se encienda y ese **tipo de energía** se produce en **plantas** generadoras de **electricidad**.
12. (La) **energía** se transforma en **energía eléctrica** por medio de **celdas solares** y puede usarse para cargar **baterías** o para que funcionen **aparatos eléctricos**.
13. (La) **energía solar** que son los **rayos de sol** que expulsa hacia el **espacio** y que producen **energía luminosa**.
14. (La) **energía eléctrica** hace que funcionen los **aparatos** como **licuadoras, ventiladores, juguetes** etc.
15. La **maquina de las tortillas** que utiliza la **energía mecánica**.

Análisis epistemológico. Todas las respuestas a esta pregunta mencionan algún tipo de energía y, una buena parte de ellas, 9 de 15 (60%) mencionan explícita o implícitamente su producción

por medio de la transformación de un tipo en otro de energía. Tres de 15 respuestas (13.3%) señalan que el proceso energético implica la interacción entre 2 cuerpos (respuestas 1, 4 y 5).

7.3.2 Estrategia didáctica (EDCC) y estrategia tradicional.

Elemento sumamente importante de esta investigación es la estrategia didáctica utilizada en cada grupo para desarrollar el tema de energía. La descripción, tanto de la estrategia novedosa, denominada EDCC, como de la estrategia normal o tradicional seguida en el desarrollo en clase del tema de energía, tanto en el grupo A, como en el grupo B, permitirá comprobar y justificar los resultados obtenidos. Ambas estrategias se apegan al programa de la asignatura de Física III.

7.3.2.1 Estrategia didáctica (EDCC) y el grupo A.

La EDCC se trabajó en un grupo escolar, grupo A, de primer grado de bachillerato (4to año de Enseñanza Media Superior) formado por 20 alumnos, en el tema de energía, de la asignatura de Física III, durante 3 sesiones dobles de 1:40 minutos cada una. Se hicieron anotaciones etnográficas y por problemas técnicos no se pudo contar con las grabaciones del audio de este grupo.

Con la finalidad de detectar el conocimiento previo, sus transformaciones conceptuales en detalle y de evaluar los resultados de la estrategia didáctica EDCC, se aplicó un examen (ver inciso 6.2) con las mismas preguntas que se responden en el criterio, antes y después (dos semanas) de la experiencia didáctica, en poco menos de 20 minutos, en ambas ocasiones.

Por otra parte, con propósitos comparativos y para fortalecer la evaluación de la estrategia didáctica novedosa, simultáneamente se trabajó con otro profesor y grupo escolar, el grupo B, el mismo tema de energía, pero siguiendo una estrategia tradicional de enseñanza. Solo 15 alumnos de cada grupo respondieron ambas pruebas, las cuales se analizaron con el Modelo de Análisis Proposicional.

El plan de desarrollo de actividades para el grupo A contiene los elementos que articularon la propuesta EDCC (**anexo 13a**). Sabemos que todo plan es a priori; sin embargo, para efecto de diferenciar este plan y la secuencia operativa de actividades finalmente desarrolladas con el grupo A al aplicar la EDCC (**anexo 13b**), es que usamos los términos a priori, para denotar el plan, y a posteriori, para referirnos a la secuencia de actividades realizadas, la cual se describe a continuación.

1. En la primera sesión de clase se abordó la temática sobre energía y diversos tipos de la misma.

1.1 El profesor inició el tema interactuando con los alumnos por medio de preguntas, respuestas y conversación sobre qué es energía con la finalidad de averiguar sus conocimientos previos al respecto. Concretamente, les preguntó a los alumnos que es energía, cómo se produce ésta y que dieran ejemplos sobre diversas formas de energía. Se buscó encontrar una definición (de los alumnos) y aplicarla a situaciones físicas para validarla; además, se mencionaron diversos ejemplos de tipos de energía. Es decir se explicitaron puntos de vista, hubo intercambio de opiniones y conversación. Las respuestas que dieron se anotaron en el pizarrón. Ante las respuestas y el intercambio de opiniones dadas por los alumnos, sobre la energía, el grupo, guiado por el profesor, acordó una definición primera sobre qué es energía. A continuación esta definición se utilizó para intentar describir diversas situaciones experimentales denotando, alumnos y maestro, los aciertos y las limitaciones de dicha definición. Todo ello con base en la propuesta didáctica de preguntas, argumentación, interacción conversación, que se estaba probando. Como consecuencia de que la definición no permitió explicar todas las situaciones experimentales abordadas, el profesor decidió exponer en clase la definición formal de energía. Esto modificó el plan de actividades (**anexo 13a**) adecuándolo a la dinámica operativa y concreta del grupo A (**anexo 13b**).

2. En la segunda clase se abordó formalmente la definición de energía, se validó y se continuó con la dinámica interactivo-argumentativa basada en las respuestas dadas por los alumnos, a la pregunta: ¿cómo se produce la energía?

2.1 El maestro dio seguimiento al desarrollo del tema, iniciando la sesión con la presentación formal sobre la energía, aunada a la de: trabajo, energía cinética (EC), potencial (EP) mecánica (EM). Propició la aplicación de la definición formal, en forma comparativa, con la definición no formal a situaciones experimentales para validar la primera. Ambas aportaciones fueron analizadas en el grupo, guiados por el profesor, comparativamente con las primeras respuestas y se establecieron las relaciones, diferencias y omisiones de la primera definición, respecto a la segunda y el por qué era mejor la definición formal.

Las actividades anteriormente descritas corresponden a las proposiciones referenciales del criterio: (P1) y (P1,P4,P5,P6), ubicadas en la celda superior izquierda y superior media de la MREE (**anexo 12**).

2.2 En la segunda parte de esta sesión se continuó la discusión en el plano explicativo. Como consecuencia de aplicar la definición de energía a situaciones concretas se discutió, en el grupo, guiados por el maestro, la aparición ("gana energía cinética", **anexo 10**) y desaparición ("pierde energía potencial", **anexo 10**) de diversos tipos de energía y, a continuación, el profesor introdujo

la pregunta: ¿esos tipos de energía están relacionadas de alguna manera? Esto lo llevó a preguntar al grupo ¿cómo se produce la energía? El grupo aportó una lluvia de respuestas que se discutieron y probaron en situaciones experimentales diversas, generando una reflexiva participación argumentada de los estudiantes ("La cubeta de agua colgando tiene una energía potencial. Al cortarse la cuerda, la cubeta cae por la fuerza de gravedad y va perdiendo altura y energía potencial, pero va hacia abajo y dicho movimiento es una energía cinética adquirida debido a la misma fuerza de gravedad y de esa manera se produce la energía cinética", **anexo 10**). El resultado fue una explicación acordada, por el grupo, sobre cómo se produce la energía. Su aplicación, por el grupo, a situaciones experimentales demostró las limitaciones de la misma, pues no se logró explicar con claridad cómo se produce la energía.

Las actividades descritas en el párrafo anterior corresponden a los conjuntos de proposiciones referenciales del criterio: (P2,P3) y (P4,P5,P6). Las cuales están ubicadas en el renglón medio correspondiente a explicación y en la columnas de conversación y de argumentación de la MREE (**anexo 4**). Paralelamente a las actividades de las celdas anteriores se aludió en clase a diversos tipos de energía, correspondientes al nivel ejemplificativo.

3. En la tercera sesión, el maestro del grupo A continuó con la dinámica correspondiente a los conjuntos de proposiciones (P2,P3) y (P4,P5,P6) relativos a las celdas explicación-explicación y ejemplificación-explicación de la MREE.

3.1 En esta parte, el profesor justificó y presentó la ley de la conservación de la energía como procedimiento formal, científicamente comprobado, de la producción de energía. A continuación se propició que el grupo aplicara la definición formal y comparara los resultados con los obtenidos de la aplicación de la definición no formal a situaciones experimentales, logrando de esta manera la validación de la definición formal.

3.2 En la parte final de esta sesión y, también del tema se presentaron y analizaron grupalmente diversas experiencias y/o aparatos donde aparecen las energías cinética, potencial, mecánica y otros tipos de energía y su producción (ley de conservación).

Las actividades descritas en el párrafo anterior corresponden a las proposiciones referenciales del criterio: (P2,P3) y (P4,P5,P6,P7,P8,P9,P10). Relativas a las celdas de coordenadas explicación-explicación y ejemplificación-explicación de la MREE.

Con todo lo anterior, los alumnos del grupo A o grupo experimental posibilitaron el logro de un aprendizaje significativo. Ya que partiendo de sus conocimientos previos, en una dinámica interactiva de reflexión, conversación y argumentación, aunado a la aplicación de sus conceptos a situaciones experimentales, con el acceso en los momentos pertinentes a conocimiento formal, consiguieron pasar del conocimiento informal al formal sobre la energía. Conocimiento que, seguramente, en clases posteriores fue utilizado y enriquecido por otras actividades en las que participaron.

7.3.2.2 Estrategia tradicional y el grupo B.

El método utilizado por el profesor del grupo B se puede delinear con relativa facilidad, a partir de analizar la relatoría de las grabaciones, aunado a las notas respectivas de las clases sobre el desarrollo del tema de energía (**anexo 16**). Se le ha denominado genéricamente método tradicional.

En el grupo B, la exposición del maestro fue extensa, abordando los conceptos de energía, trabajo, conservación de energía, energía potencial, cinética, con la deducción de las ecuaciones correspondientes. También se abordaron las unidades de medición respectivas y la resolución de muchos problemas. Pero, al no establecer la importancia epistémica relativa de unos y otros contenidos entre sí, el alumno se encontró abrumado ante tantos conocimientos y actividades. Nunca se trató el conocimiento previo del alumno; el método seguido fue básicamente expositivo, centrado en el profesor; y a pesar de que hubo intervenciones individuales de los alumnos, éstas no fueron sobre sus propias dudas producto del choque de sus ideas (conocimiento previo) con las expuestas por el profesor, sino producto de las preguntas de control, utilizadas por el profesor como forma de conducir su clase. No se niegan las buenas intenciones del profesor; su dominio del tema, ni la participación de los alumnos. Sin embargo, el resultado fue magro en cuanto a la construcción del conocimiento por los alumnos, debido a que: 1) no se partió de las propias ideas de los alumnos sobre el tema; 2) recayó la exposición en el profesor; 3) no se estructuró la temática sobre un modelo con base epistemológica, que explícitamente hiciera uso de la descripción, explicación y ejemplificación; 4) no hubo interacción, ni intercambio de opiniones o argumentos, ni discusión, ni reflexión de los alumnos sobre sus conocimientos previos y nuevos.

Bajo esta perspectiva normal y tradicional de enseñanza, lo aprendido no tuvo las anclas, ni los elementos epistemológicos, ni las posibilidades de transformaciones didáctico-interactivas tan necesarios e indispensables para la construcción del conocimiento formal para hacer y aprender ciencia a partir del conocimiento previo.

7.3.3 Posprueba.

7.3.3.1 Grupo A. Es el grupo de estudiantes sobre el que se trabajó la propuesta didáctica y consecuentemente es el grupo experimental. Las respuestas de los estudiantes de dicho grupo para la posprueba fueron las siguientes.

POSPRUEBA. Grupo A (experimental) vs. Criterio. Concepto: Energía.

Pregunta 1. ¿Qué es la energía?

Respuesta criterio: La **energía** es la **capacidad** de un **sistema físico** para realizar **trabajo**.

Respuesta de los alumnos:

1. (La) **(energía)** es un **trabajo** que se realiza sobre un **cuerpo**.
2. (La) **(energía)** es la **capacidad** para realizar un **trabajo**.
3. (La) **(energía)** es la **fuerza** que mueve a **todo** en el **universo**.
4. (La) **(energía)** es la **fuerza** que se utiliza para poder realizar un **trabajo**, ya sea **físico** o **mecánico**, etc.
5. (La) **(energía)** es la **capacidad** de un **sistema físico** para realizar un **trabajo**.
6. (La) **(energía)** es la **capacidad** de realizar **trabajo**.
7. (La) **(energía)** es la **fuerza** para realizar un **trabajo**.
8. (La) **(energía)** es la **capacidad** de realizar un **trabajo**.
9. (La) **(energía)** es la **capacidad** de realizar cualquier **trabajo**.
10. (La) **(energía)** es la **capacidad** de realizar un **trabajo**.
11. (La) **(energía)** es la **capacidad** para realizar un **trabajo**.
12. (La) **(energía)** es la **capacidad** de realizar un **trabajo**.
13. (La) **(energía)** es la **capacidad** de realizar **trabajo**.
14. (La) **(energía)** es un **trabajo** que se realiza.
15. (La) **(energía)** es la **capacidad** de realizar un **trabajo**.

Análisis epistemológico. Diez de quince respuestas (66.6%) de los estudiantes han logrado el concepto de energía como la capacidad de realizar un trabajo, dos alumnos más (13.3%) describen la energía, como un trabajo que se realiza y tres alumnos más (20%) describen la energía como una fuerza que mueve o realiza un trabajo. Recordando que la fuerza es parte integrante del concepto de trabajo (fuerza x desplazamiento) y que dicha fuerza aplicada a un cuerpo a lo largo de un cierto desplazamiento del cuerpo le genera un movimiento, lo cual da pie a la conversión de dicho trabajo en energía cinética o de movimiento, podemos afirmar que estas tres respuestas

aluden al concepto de energía y las otras 12 (80%), explícitamente lo definen. En 10 de las 15 respuestas (66.6%) se alude al concepto de capacidad y, en 14 de 15 respuestas (93.3%) no se dice quien ejerce (sistema físico o cuerpo) dicha capacidad, sólo una respuesta de las 15 (6.6%), la número 5 es idéntica a la respuesta criterio. Además, en la respuesta 1 se menciona que el trabajo se realiza sobre un cuerpo, lo cual es correcto, pero no está señalado en el criterio. Este grupo logró un evidente cambio conceptual. Pasó de un conocimiento previo incipiente, a un conocimiento más completo y formal sobre la descripción científica de qué es la energía.

Pregunta 2: Explica con detalle cómo se produce la energía.

Respuesta criterio: Se produce **energía** cuando se convierte una **forma de energía** en otra (**forma de energía**) pero no se puede crear ni destruir (la **energía**). De esta forma la **suma total** de la **energía** permanece constante.

Respuesta de los alumnos:

1. La **energía** no se crea ni se destruye sólo se transforma y regularmente comienza con **energía química**.
2. (La) (**energía**) se produce transformando una **energía** en otra (**energía**) por medio de aplicar una **fuerza** a un **cuerpo** y desplazándolo.
3. (La) (**energía**) se produce mediante el traspaso de la **misma (energía)** ya que (la **energía**) no se crea ni se destruye sólo se transforma.
4. (La) (**energía**) se produce por el **trabajo** ejercido por **algo (objeto físico)**.
5. (La) (**energía**) no se crea sólo se transforma (de un **tipo a otro**).
6. (La) (**energía**) se produce mediante una **fuerza** y una **distancia**.
7. (La) (**energía**) se produce por medio de un **combustible** aunque no se crea, ni se acaba sólo se transforma.
8. (La) (**energía**) se produce mediante cualquier **movimiento**, pero no se crea sólo se transforma.
9. (La) (**energía**) no se crea sólo se transforma.
10. (La) (**energía**) se transforma continuamente.
11. (La) (**energía**) no se crea ni se destruye (sólo) se transforma.
12. La **energía** se produce en un **cuerpo** al tener **movimiento** o al tener alguna **particularidad** que genera **energía**, recordemos que la **energía** no se crea ni se destruye sólo se transforma.
13. La **energía** no se crea sólo se transforma.
14. (La) (**energía**) (se) (produce) con (=mediante) **el movimiento** o cuando se realiza alguna

cosa.

15. (La) **(energía)** se produce por la **energía cinética** o por la **energía potencial**.

Análisis epistemológico. Once de las quince respuestas (73.3 %) plantean que la energía se produce por la transformación de un tipo en otro, pero el criterio plantea dos condiciones para explicar cómo se produce la energía: primera, la transformación de un tipo en otro de energía y segundo, que la suma total de la energía permanezca constante. Ambas condiciones implican que la energía en cualquiera de sus formas no se crea ni se destruye. También podemos considerar que si la energía se produce por la transformación de un tipo en otro de energía y el que ésta no se crea ni se destruye, se está considerando implícitamente que se mantiene constante. Bajo esta última consideración, solo 6 respuestas de 15 (40%) dan una explicación implícitamente completa comparada con el criterio sobre como se produce la energía. Pero literalmente el que las 15 respuestas de los alumnos no contengan la noción de que la cantidad total de energía se mantenga constante y el que sólo en la respuesta 4 se menciona a algo como el sistema físico responsable de aplicar un trabajo, implica que la razón epistemológica de cómo se produce la energía se aprendió, pero no al cien por ciento. Por otra parte, 6 de las 15 respuestas (40%) mencionaron: al trabajo, al movimiento, a formas específicas de energía como explicación alusiva de cómo se produce la energía. Vinculando la energía con: la fuerza por medio del trabajo; con el movimiento (como energía cinética); con la energía potencial (debido a la energía latente en forma química, por su potencial elástico en un resorte o por la altura a la que se encuentra el cuerpo). De entre ellas, llama la atención la respuesta del alumno 10 al afirmar que la energía se transforma continuamente, lo cual no siempre se cumple.

Los alumnos del grupo A alcanzaron un elevado cambio conceptual en el plano epistemológico explicativo. Pasaron de un 7% (1 respuesta de 15) en la preprueba a un 73% (11 respuestas de 15) en la posprueba, de alumnos que explican formalmente como se produce (transformándose) la energía; con la acotación de que sólo el 40% (6 respuestas de 15) dan la definición completa (transformándose y conservándose).

Pregunta 3. Da un ejemplo, un tipo de energía, con todo detalle que ilustre lo que acabas de explicar, indica en que consiste y cómo se produce ese tipo de energía.

Respuesta de los alumnos:

1. (La) **energía potencial** y (la) **energía cinética** relacionadas con la **altura** y el **movimiento** y cuya **suma** es la **energía mecánica**.
2. La **energía mecánica** que se presenta en el **péndulo** al moverse.

3. La **energía** de un **hombre** (pro) viene de la **energía química** de los **alimentos** y **esta (energía)** se convierte en **energía** para movernos.
4. La **energía química** se obtiene de los **alimentos** que comemos de la que (= energía química) proviene la **fuerza** para realizar varias **actividades**.
5. La **energía eólica** se produce a través de las **corrientes** de **aire**.
6. La **energía potencial** depende de la **altura** a la que se encuentra un **cuerpo** respecto del **suelo**, (=y) si aumenta la **altura**, aumenta la **energía potencial** (del) **cuerpo**.
7. La **energía calorífica** se puede obtener al encender un **foco**.
8. La **energía cinética** manifestada en el **movimiento** de los **cuerpos**.
9. La **energía química** se obtiene mediante los **alimentos** que ingerimos diariamente.
10. La **energía cinética**:(=es decir) un **cuerpo** en **caída libre** transforma la **energía potencial** en **energía cinética**.
11. La **energía solar** que llega a las **plantas** y se transforma en **energía química** y sirve de **alimento**.
12. La **energía mecánica** que es la **suma** de la **energía cinética** y la **energía potencial** relacionada con el **movimiento** de un **cuerpo** y con su **posición**.
13. La **energía** de los **alimentos** la usamos para **caminar**.
14. La **energía cinética** y (la) (energía) **potencial** de un **objeto** que es impulsado desde el **suelo** y alcanza cierta **altura**,(=a saber) (**energía**) **cinética** cuando es impulsado desde el **suelo** y (**energía**) **potencial** cuando llega a su **altura** máxima.
15. La **energía cinética** y (la) (**energía**) **potencial** de un balón en un **péndulo** que se suelta de cierta **altura** intercambian estas **energías** conservándose la **energía total**, ya que la **energía** no se crea ni se destruya solo se transforma.

Análisis epistemológico. Al analizar las respuestas de los estudiantes, en general mencionan diversos tipos de energías y cómo se producen pero sólo 2 alumnos (13.3%) señalan el mismo ejemplo de tipo de energía relacionada con el movimiento del péndulo como en el criterio (uno de ellos lo explica de manera extensa y el otro sólo alude al movimiento del péndulo como un ejemplo sin explicar más). Hay otras 7 de 15 (47%) respuestas que aluden a energía potencial, y/o cinética, y/o al intercambio entre ellas. En todas las respuestas (15) se menciona algún tipo de energía, en 10 de 15 (66.6%) se menciona directa o indirectamente la idea de transformación y en ninguna de las respuestas se menciona el que la energía se mantiene constante.

7.3.3.2 GRUPO B. Es el grupo de estudiantes en el que el profesor respectivo, trabajó el tema de energía de manera tradicional y para esta investigación fue denominado el grupo testigo. Las respuestas de los estudiantes de dicho grupo para la posprueba se enlistan a continuación.

POSPRUEBA. Grupo B (testigo) vs. Criterio. Concepto: Energía

Pregunta 1. ¿Qué es la energía?

Respuesta criterio: La **energía** es la **capacidad** de un **sistema físico** para realizar **trabajo**.

Respuesta de los alumnos:

1. (La) (**energía**) es el **trabajo** que puede realizar una **persona** para mover **algo (sistema físico)**.
2. La **energía** es hacer o producir **algo**.
3. (La) (**energía**) es la **capacidad** de realizar un **trabajo**.
4. (La) (**energía**) es **lo (aquello)** que produce un **trabajo**.
5. (La) (**energía**) es la **capacidad** que tienen los **cuerpos** de realizar un **trabajo**.
6. (La) (**energía**) es la **capacidad** de realizar un **trabajo**.
7. (La) (**energía**) es la **reacción** que se produce cuando un **cuerpo** realiza un **trabajo**.
8. (La) (**energía**) es todo **aquello** que involucra un **trabajo** en un **tiempo**.
9. (La) (**energía**) es la **fuerza** y la **capacidad** de realizar un **trabajo**.
10. (La) (**energía**) es la **capacidad** de **movimiento** de un **cuerpo**, es una **magnitud escalar**.
11. (La) (**energía**) es la **capacidad** de realizar un **trabajo**.
12. (La) (**energía**) es la **fuerza** que tiene un **cuerpo** cuando esta en **movimiento**.
13. (La) (**energía**) es la **fuerza** que genera **trabajo** o **movimiento**.
14. (La) (**energía**) es lo que hace que funcionen las **cosas**.
15. (La) (**energía**) es la **capacidad** de realizar un **trabajo**.

Análisis epistemológico. En las respuestas del grupo B, obtenidos del examen posterior a la experiencia didáctica respectiva, se tiene que 6 de 15 (40%) respuestas son parcialmente idénticas a la respuesta criterio a la pregunta de ¿qué es la energía?, excepto la respuesta 5 que involucra al causante de la capacidad de realizar trabajo, que es el cuerpo (sistema físico), lo que la hace totalmente idéntica con el criterio. En 11 de 15 (73.3%) respuestas se alude explícitamente al concepto de trabajo para describir a la energía y en 4 de 15 (26.6%) respuestas se tienen definiciones inadecuadas y/o incompletas de lo que es energía. El grupo B, logró un buen cambio a nivel descriptivo al pasar de la preprueba a la posprueba, sobre que es la energía, pues pasó de una noción previa regular y alusiva (40%) a una buena (73%) pero incompleta definición de qué es la energía.

Pregunta 2: Explica con detalle cómo se produce la energía.

Respuesta criterio: Se produce **energía** cuando se convierte una **forma de energía** en otra (**forma de energía**) pero no se puede crear ni destruir (la **energía**). De esta forma la **suma total** de la **energía** permanece constante.

Respuesta de los alumnos:

1. (La) (**energía**) se produce en el **instante** que un **objeto (sistema físico)** se mueve.
2. La **energía** se produce en el **cuerpo** con (=mediante) los **alimentos** o sea (=es decir) que la **energía** se transforma.
3. (La) (**energía**) se produce por medio de la **fuerza** que se aplica a un **objeto** para realizar un **movimiento**.
4. La **energía** se produce al desplazarse un **cuerpo** contra la **fuerza gravitacional** ya que se realiza un **trabajo**.
5. La **energía** no se crea ni se destruye sólo se transforma.
6. (La) (**energía**) se produce cuando un **cuerpo** en **reposo** tiene un **movimiento**.
7. Cuando un **cuerpo** realiza un **trabajo** requiere de cierta **cantidad** de **energía**.
8. La **energía** no se puede crear sólo se puede cambiar.
9. (La) (**energía**) se produce por diferentes **tipos** de **movimiento**.
10. (La) (**energía**) se produce por medio de la **transformación** de una **energía** a otra (**energía**).
11. La **energía** se produce cuando un **cuerpo** lleva una **fuerza** o cuando (el cuerpo) esta en **movimiento**.
12. La **energía** se produce de diferentes **formas**, siempre que se aplique una **fuerza** al **objeto**.
13. La **energía** se produce por medio de varias **fuentes** como son el **agua**, el **aire**, etc.
14. (La) **energía eléctrica** se produce por medio del **agua**.
15. (La) (**energía**) se produce cuando hacemos (=al hacer) un **trabajo** o simplemente al movernos.

Análisis epistemológico. Sólo 4 de 15 (26.6%) respuestas respecto a cómo se produce la energía, utilizan la noción de cambio o transformación. De estas 4 respuestas, sólo la respuesta 5 se puede considerar idéntica, aunque incompleta, a la respuesta criterio. Debido a que contiene las ideas de transformación y el no se crea ni se destruya la energía, que implica la constancia, la cual no es explicitada. La respuesta 8 es parcialmente idéntica e incompleta pues menciona la transformación y el que se crea, pero no alude a que la energía no se destruye, ni a que la suma total de la energía permanece constante. El resto de las respuestas 11 de 15 (73.3%) no explican

formalmente cómo se produce la energía, inclusive siguen con nociones alusivas (explicar la producción de energía por medio de la fuerza o del movimiento) o incompletas.

En concreto, el grupo B pasó de 13% (2 de 15) a 27% (4 de 15) de respuestas *parcialmente correctas* a cómo se produce la energía, entre la preprueba y la posprueba. El cambio conceptual fue mínimo, si se considera que, al menos, 2 alumnos (13%) tenían un conocimiento previo explicativo y formal de la energía. Consecuentemente, la estrategia seguida por el profesor en el grupo B no logró cambiar, en la gran mayoría de sus alumnos, la organización conceptual previa para lograr el aprendizaje en el nivel explicativo, sobre cómo se produce la energía.

Pregunta 3. Da un ejemplo, un tipo de energía, con todo detalle que ilustre lo que acabas de explicar, indica en que consiste y cómo se produce ese tipo de energía.

Respuesta de los alumnos:

1. La **energía solar** consiste en que los **rayos solares** cuando llegan (al llegar) a un **aparato especial** hacen que un **objeto (sistema físico)** se mueva.
2. La **energía eléctrica**, producida por el **choque y movimiento** de **electrones** en los **átomos**.
3. La **energía** transmitida por una **persona** al **patear** un **balón** que se mueve recorriendo una **distancia**.
4. La **energía potencial** de un **objeto** que se obtiene al realizar un **trabajo** contra la **gravedad**.
5. La **energía cinética** se produce mediante el **movimiento**.
6. La **energía calorífica** (se produce) cuando se friccionan (= al friccionarse) dos **cuerpos** o (cuando) se utiliza (= al utilizar) algún **combustible**.
7. La **energía solar** consiste en desprender **calor** que se produce por las **explosiones** de (los) **gases**.
8. La **energía eléctrica** que se genera por la **caída** de **agua** y se lleva por medio de **cables** hasta las **casas**.
9. El **movimiento** de **cuerpos** que producen otros **movimientos** creando **energía**.
10. La **energía calorífica** obtenida por medio de la **combustión** de **leña**.
11. La **energía calorífica** se produce cuando se conecta una **cafetera** y la **resistencia** empieza a calentarse.
12. La **energía mecánica** del **péndulo** que se forma por la **suma** de la **energía potencial** y la **energía cinética** y que al moverse (el péndulo) cambia **energía potencial** en (=por) **energía cinética**.

13. La **energía eléctrica** consiste en que por medio de un **generador** se distribuye por varios **lugares** cercanos.
14. La **energía eléctrica** consiste en **energías negativas** y (**energías**) **positivas**.
15. La **energía potencial** es la **energía** del **péndulo** en el **punto mas alto** de su **trayectoria** y no se crea solo se transforma .

Análisis epistemológico. Sólo en 2 de 15 (13.3%) respuestas a la pregunta 3, se menciona el ejemplo del péndulo de la respuesta criterio y se explicita la transformación de energía, más no el que se mantenga constante. En 9 de 15 (60%) respuestas se menciona explícita e implícitamente la transformación de la energía. En 13 de 15 (86.6%) respuestas aunque se menciona y describe algún tipo de energía como ejemplo, no se explica formalmente cómo se produce. Lo señalado indica que el nivel de ejemplificación, en la organización conceptual, se mantuvo sin cambios notables entre la preprueba y la posprueba.

A manera de síntesis, si comparamos las respuestas del grupo B para la posprueba con las respuestas correspondientes para este grupo en la preprueba, observamos que no hay diferencias notables en los niveles explicativo y ejemplificativo, sólo en el descriptivo. En ese sentido, la gran mayoría de alumnos no consiguió el cambio conceptual esperado a partir de la estrategia utilizada por el profesor.

7.3.4 Conocimiento científico de los estudiantes sin correspondencia con el referente criterio.

Con relación a las respuestas a la pregunta 1 tanto en la preprueba (respuesta 8) como en la posprueba (respuesta 1) del grupo A, los estudiantes mencionan el que la energía es un trabajo que se realiza sobre un cuerpo. También en el grupo B, en las respuestas 6, 11, 12 y 13 a la pregunta 1 de la preprueba, se menciona sobre quien se realiza la actividad, fuerza o trabajo (otro cuerpo, objeto o sistema físico) lo cual es cierto pero no aparece en el criterio. La respuesta criterio para esta pregunta es que *la energía es la capacidad de un sistema físico (cuerpo) de realizar trabajo*, en esta definición falta la parte que señalan los estudiantes de sobre quien se realiza el trabajo, es decir, sobre otro cuerpo o sistema físico. Por otra parte, en la respuesta a la pregunta 3, en el grupo B, 3 de 15 (13.3%) respuestas señalan que el proceso energético implica la interacción entre 2 cuerpos (respuestas 1, 4 y 5).

Con base a las precisiones anteriores, consideramos que la respuesta criterio a la pregunta uno está incompleta pues falta señalar explícitamente sobre quien se realiza el trabajo. Es decir, como lo señalamos en el apartado 5.2 en el que se amplía el tema de energía: *la energía es la capacidad*

de un sistema físico para realizar trabajo *sobre un cuerpo*. Así, el trabajo realizado sobre un cuerpo puede considerarse como una transferencia de energía de un cuerpo (sistema físico) a otro cuerpo (sistema físico).

7.3.5 Análisis Cuantitativo Comparativo.

Comparar índices promedio de los resultados obtenidos en las prepruebas y en las pospruebas de ambos grupos A y B (**anexos 8 y 9**), permitirá contestar las siguientes preguntas, a saber:

- 1) ¿Hay diferencias significativas en conocimiento previo entre los grupos A y B (preprueba)?
- 2) ¿Cuál es el grado de cambio conceptual logrado en el grupo A (preprueba vs. posprueba)?, grupo experimental, al cuál se le aplicó la estrategia didáctica novedosa EDCC.
- 3) ¿Cuál es el grado de cambio conceptual logrado en el grupo B (preprueba vs. posprueba)?, grupo testigo o de control al cuál se le aplicó una estrategia tradicional.
- 4) ¿Hay diferencias significativas en los cambios conceptuales logrados entre los grupos A y B (posprueba)? Y si las hay, ¿en que grado y características, dichas diferencias, son mejores en el grupo A respecto del grupo B?

7.3.5.1 Análisis cuantitativo de las tablas de índices de las prepruebas de los grupos A y B.

¿Hay diferencias significativas en conocimiento previo entre los grupos A y B (preprueba)?

En la tabla 8 se encuentran las diferencias simples y las diferencias porcentuales, de los valores promedio arrojados por las prepruebas de los diversos índices del MAP, para los grupos A (experimental) y B (testigo), con la finalidad de compararlos. Los datos fueron tomados de las tablas 1 y 3 que se encuentran en los **anexos 8 y 9**

TABLA 8

	GRUPOS A y B Preprueba			
	Grupo A	Grupo B	(A - B)	(A - B)/BX100%
Conceptos (C)	8.8	8.0	0.8	10
Relaciones (R)	13.5	13.5	0.0	0
Densidad (d)	0.671	0.641	0.030	5
Corr. conceptual (cc)	0.644	0.666	-0.022	-3
Corr. relacional (cr)	0.158	0.191	-0.033	-17
Corr. en el núcleo conceptual (c)	0.666	0.666	0.000	0
Calidad conceptual (q)	0.105	0.130	-0.025	-19
Calidad corr (q _{corr})	0.771	0.796	-0.025	-3

En los índices R y c, no hay diferencia entre ambos grupos. En el índice C, la diferencia es a favor del grupo A en 10%. En los índices d*, cc, cr, q y q_{corr}, la diferencia se inclina a favor del grupo B en 5%, 3%, 17%, 19% y 3%, respectivamente. * Nota: incluyo la densidad (d) a favor del grupo B, en esta parte, porque a menor valor numérico de la densidad (menos conceptos que relaciones), es mayor el número de relaciones que el de conceptos.

Es decir, que fuera del índice C, el grupo B es ligeramente mejor en la preprueba que el grupo A. Sin embargo, estas diferencias no son estadísticamente significativas, cómo se demuestra empleando la distribución t de Student (que se utiliza en muestras pequeñas, N < 30 individuos), para determinar el cambio significativo de conocimiento en dos momentos diferentes para un mismo grupo o la diferencia significativa de conocimiento entre dos grupos (**anexo 15** tabla 14). Por lo cual, a manera de respuesta a la pregunta inicial, afirmamos **que los grupos A y B, no tienen diferencias significativas en conocimiento sobre la energía, cuando acceden a la preprueba**, aunque el grupo B es ligeramente mejor que el grupo A.

7.3.5.2 Análisis cuantitativo de las tablas de índices de la preprueba y de la posprueba del grupo A.

¿Cuál es el grado de cambio conceptual logrado en el grupo A (preprueba vs. posprueba)? El grupo A es el grupo experimental, al cuál se le aplicó la estrategia didáctica novedosa o propuesta didáctica.

TABLA 9

	GRUPO A			
	Prepba E(A1)	Pospba (A2)	(A2-A1)	(A2-A1)/A1X100%
Conceptos (C)	8.8	7.6	-1.2	-14
Relaciones (R)	13.5	14.7	1.2	9
Densidad (d)	0.671	0.547	-0.124	-18
Corr. conceptual (cc)	0.644	0.744	0.100	16
Corr. relacional (cr)	0.158	0.379	0.221	140
Corr. en el núcleo conceptual (c)	0.666	0.711	0.045	7
Calidad conceptual (q)	0.105	0.284	0.179	170
Calidad corr (q _{corr})	0.771	0.995	0.224	29
Tipo de Marco	MC	MC		

Las tablas 1 y 2 (**anexo 8**), muestran los resultados de la preprueba y de la posprueba del grupo A (grupo experimental) en los diferentes índices del MAP. A partir de esos resultados se integró la tabla 9, en la que establecimos las diferencias simples y porcentuales, de los índices mencionados, en dos momentos (preprueba y posprueba) para el grupo A.

Se pasó de un promedio de conceptos (C) en la preprueba de 8.8 a 7.6 en la posprueba, esta disminución fue del 14%; en relaciones lógicas (R) se pasó de 13.5 a 14.7, el aumento fue del 9%. Consecuentemente la densidad *disminuyó* (aumentó el número de relaciones y/o disminuyó el de conceptos) pues pasó de 0.671 a 0.547, que corresponde a un -18%.

En el índice de correspondencia conceptual, en la preprueba, se obtuvo el valor de 0.644 y en la posprueba fué de 0.744, el aumento fue en un 16%. En el índice de correspondencia relacional, se pasó de 0.158 en la preprueba a 0.379 en la posprueba, el cambio fue de 140%. La correspondencia en el núcleo conceptual fue de 0.666 en la preprueba y de 0.711 en la posprueba, que corresponde a un pequeño aumento de 7% en la información básica, después de abordar el tema.

En cuanto a la calidad combinada de conceptos y relaciones lógicas, en la preprueba fue de 0.105 y en la posprueba fue de 0.284, hubo un aumento de 170%; y en el índice de calidad de la correspondencia, en la preprueba se obtuvo 0.771 y en la posprueba el valor alcanzado fue de 0.995, 29% más, que se corresponde con un aumento significativo de la calidad del discurso.

Por otra parte, si atendemos a las diferencias estadísticamente significativas de valores de los índices, entre la preprueba y la posprueba (ver **anexo 15** tabla 12), para el grupo A encontramos, al aplicar la distribución t de Student al nivel de significancia $\alpha = 0.05$, que: *cc*, *c* y *d* no son significativamente diferentes, pero *cr*, *q* y *q_{corr}* si lo son. Y para el nivel de significancia de $\alpha = 0.10$, excepto *c* los demás índices, a saber: *cc*, *cr*, *q*, *q_{corr}* y *d* **si presentan una diferencia significativa**, entre la preprueba y la posprueba, en la construcción del conocimiento formal sobre la energía.

De acuerdo con los rangos de valores definidos previamente, para la clasificación de las organizaciones conceptuales *cc*, *cr* y *c* tanto de la preprueba (0.644, 0.158, 0.666) como de la posprueba (0.744, 0.379, 0.711), el marco al cual corresponde la organización conceptual previa y posterior de los alumnos, se ubica en el Marco Conceptual, lo que corresponde a una organización conceptual alta. Es decir, el grupo A ya contaba desde el punto de vista del criterio con una organización conceptual elevada, la cual mejoró con la estrategia didáctica EDCC.

7.3.5.3 Análisis cuantitativo de las tablas de índices de la preprueba y de la posprueba para el grupo B.

¿Cuál es el grado de cambio conceptual logrado en el grupo B (preprueba vs. posprueba)?, grupo testigo o de control al cuál se le aplicó la estrategia normal tradicional.

TABLA 10

	GRUPO B			
	Prepba (B1)	Pospba (B2)	(B2-B1) (B2-B1)/B1X100%	(B2-B1) B1)/B1X100%
Conceptos (C)	8	8.2	0.2	2
Relaciones (R)	13.5	11.9	-1.6	-12
Densidad (d)	0.641	0.713	0.072	11
Corr. conceptual (cc)	0.666	0.722	0.056	8
Corr. relacional (cr)	0.191	0.208	0.017	9
Corr. en el núcleo conceptual (C)	0.666	0.644	-0.022	-3
Calidad conceptual (q)	0.130	0.155	0.025	19
Calidad corr (q _{corr})	0.796	0.799	0.003	0
Tipo de Marco	MC	MC		

Las tablas 3 y 4 (**anexo 9**) muestran los resultados de la preprueba y de la posprueba del grupo B (grupo testigo) en los diferentes índices del MAP. Con los promedios de los índices de las tablas 3 y 4 se elaboró la tabla 10, en la que también calculamos las diferencias simples y porcentuales de los índices ya mencionados, tanto para la preprueba como para la posprueba del grupo B.

Se pasó de un valor promedio de conceptos de 8 en la preprueba a 8.2 (aumentó un 2%) en la posprueba, en relaciones lógicas se pasó de 13.50 a 11.90 (disminuyó un 12%). Consecuentemente, la densidad *aumentó* (ver *nota del inciso 7.3.5.1) en un 11%, pues pasó de 0.641 a 0.713. En el índice de correspondencia conceptual, en la preprueba se obtuvo el valor de 0.666, en la posprueba fue de 0.722, cambio positivamente en un 8%.

En el índice de correspondencia relacional pasó de 0.191 en la preprueba a 0.208 en la posprueba, aumentando en un 9%. La correspondencia en el núcleo conceptual fue de 0.666 en la preprueba y de 0.644 en la posprueba, disminuyó un 3%.

En cuanto a la calidad combinada de conceptos y relaciones lógicas, en la preprueba fue de 0.130, y en la posprueba fue de 0.155, aumentó un 19%; en el índice de calidad de la correspondencia, en la preprueba se obtuvo 0.796, y en la posprueba el valor alcanzado fue de 0.799, que se corresponde con un aumento de casi 0%, en la calidad del discurso.

Por otra parte, respecto a las diferencias significativas de índices entre la preprueba y la posprueba para el grupo B, encontramos al aplicar la distribución t de Student, en los niveles de significancias $\alpha = 0.05$ y $\alpha = 0.10$, que **ninguno de los índices** promedio cc , cr , c , q , y q_{corr} **arroja una diferencia significativa**, entre la preprueba y la posprueba, en la construcción del conocimiento formal sobre la energía (ver **anexo 15** tabla 12). Es decir, **no hay cambio**

conceptual significativo para el grupo B en el conocimiento sobre la energía, al pasar de la preprueba a la posprueba.

De acuerdo con los rangos de valores definidos previamente, para la clasificación de las organizaciones conceptuales cc, cr y c, tanto de la preprueba (0.666, 0.191, 0.666) como de la posprueba (0.722, 0.208, 0.644), el marco al que corresponde la organización conceptual de los alumnos se ubica en el Marco Conceptual, que denota una organización conceptual alta. Prácticamente desde el punto de vista del criterio, el nivel de conocimientos de la organización conceptual del grupo B, previo y posterior a la experiencia didáctica tradicional, se mantuvo elevado, pero sin cambios sustanciales.

7.3.5.4 Comparativo de resultados y análisis de los índices de las pospruebas de los grupos A y B (grupo experimental y grupo testigo).

¿Hay diferencias significativas en los cambios conceptuales logrados entre los grupos A y B (posprueba)? Y si las hay, ¿en que grado y características, dichas diferencias, son mejores en el grupo A respecto del grupo B?

TABLA 11

	GRUPOS A y B Posprueba			
	Grupo A	Grupo B	(A - B)	(A - B)/BX100%
Conceptos (C)	7.6	8.2	-0.6	-7
Relaciones (R)	14.7	11.9	2.8	24
Densidad (d)	0.547	0.713	-0.166	-23
Corr. conceptual (cc)	0.744	0.722	0.022	3
Corr. relacional (cr)	0.379	0.208	0.171	82
Corr. en el núcleo conceptual (c)	0.711	0.644	0.067	10
Calidad conceptual (q)	0.284	0.155	0.129	83
Calidad corr (q _{corr})	0.995	0.799	0.196	25

Comparativo cuantitativo. En la tabla 11 hemos conjuntado los valores promedio arrojados por la posprueba de los diversos índices del MAP para los grupos A (experimental) y B (testigo), con la finalidad de compararlos. Los datos fueron tomados de las tablas 2 y 4 que se encuentran en los **anexos 8 y 9**.

En el índice C, el grupo A tiene un valor de 7.6 frente 8.2 del grupo B, la diferencia es de 7% a favor del grupo B. En el índice R, la diferencia es a favor del grupo A en 24%. En los índices d*, cc, cr, q y q_{corr}, la diferencia se inclina a favor del grupo A en 23%, 3%, 82%, 10%, 83% y 25%, respectivamente (ver *nota del inciso 7.3.5.1).

Fuera del índice C, el grupo A es notoriamente mejor en la posprueba que el grupo B. Es decir, las diferencias simples entre los valores de (A – B), o las diferencias porcentuales de los valores promedio, para los resultados de la posprueba, de ambos grupos, indican una diferencia clara a favor del grupo A en los índices de correspondencia: conceptual, en relaciones lógicas, en núcleo conceptual, en la calidad conceptual y en la calidad de la correspondencia. Además, utilizando la distribución t de Student, estadísticamente se demuestra a nivel de significancia 0.05 y 0.10 que en los índices cr, q y d **si hay diferencias significativas entre ambos grupos a favor del grupo A (anexo 14, tabla 14).**

Hipótesis.

Con la finalidad de completar la parte cuantitativa del análisis del MAP en relación a la clasificación de la organización conceptual de los grupos A y B, en la preprueba y posprueba, presentamos a continuación la tabla de valores de hipótesis. Las cantidades que la integran corresponden a los valores promedios de las variables requeridas, que se obtuvieron en la parte cuantitativa del análisis de componentes del criterio y de los grupos A y B.

La tabla permite comprobar afirmativamente (verdadero) o negar (falso) las 4 hipótesis cuantitativas (apartado 6.3.3) del MAP.

TABLA DE HIPOTESIS

	HIPOTESIS 1				HIPOTESIS 2			HIPOTESIS 3		HIPOTESIS 4	
	Ct = 6			Rtc = 16			Ctc = 3		d		
	Cts	0.5 Ct	Cts < 0.5 Ct	Rstc	0.5 Rtc	Rstc ≤ 0.5Rtc	Cstc	0.6 Ctc	Cstc ≤ 0.6 Ctc		1 ≤ d ≤ 2
GPOA PRE	3.86	3	FALSO	2.53	8	VERDADERO	2	1.8	FALSO	0.671	FALSO
GPOA POS	4.46	3	FALSO	6.06	8	VERDADERO	2.13	1.8	FALSO	0.546	FALSO
GPOB PRE	4	3	FALSO	3.06	8	VERDADERO	2	1.8	FALSO	0.641	FALSO
GPOB POS	4	3	FALSO	3.33	8	VERDADERO	1.93	1.8	FALSO	0.713	FALSO

En la **hipótesis 1** que se refiere a la precisión en la asimilación de conceptos en los grupos A y B, tanto en la preprueba como en la posprueba, se confirma que: **Cts < Ct**, pero se niega específicamente que: **Cts < 0.6 Ct**.

En la **hipótesis 2** que se refiere a la precisión en la asimilación de relaciones lógicas que conectan conceptos en correspondencia en los grupos A y B, tanto en la preprueba como en la posprueba, se confirma que: **Rstc ≤ 0.5Rtc**.

En la **hipótesis 3** que se refiere a la precisión en la asimilación de conceptos centrales en una zona determinada de conocimiento en los grupos A y B, tanto en la preprueba como en la posprueba, se confirma que: $C_{stc} \leq C_{tc}$, pero se niega específicamente que $C_{stc} \leq 0.5 C_{tc}$.

En la **hipótesis 4** que se refiere a la precisión en la asimilación de conceptos en los grupos A y B, tanto en la preprueba como en la posprueba, se niega que: $1 \leq d \leq 2$.

En relación con las hipótesis, los valores numéricos de correspondencia y de calidad, los resultados de la preprueba y de la posprueba para ambos grupos, presentan valores promedio de índices mayores a los esperados (hipótesis 1, 3 y 4). Situación causada, en parte, por el recorte epistemológico que se hizo al establecer una respuesta criterio circunscrita a las 3 primeras proposiciones y no a la totalidad (10). También explica, en buena medida, el porqué en la clasificación de la organización de los estudiantes tanto de la preprueba como de la posprueba, la gran mayoría se encuentran clasificados en marco conceptual (tablas: 1 a 4, 9 y 10). La otra causa, de las diferencias en los valores de las variables utilizadas tanto en las hipótesis como en los índices de correspondencia del MAP, es el cambio conceptual logrado en cada grupo entre la preprueba y la posprueba, producto de la particular estrategia didáctica utilizada.

7.3.5.5 Resumen del análisis cuantitativo.

A manera de resumen, del análisis de resultados cuantitativos de esta sección y como respuesta a las preguntas formuladas al inicio de la misma, tenemos que:

- Los grupos A y B en cuanto a la preprueba no tiene diferencias estadísticas significativas en conocimiento previo.
- El cambio conceptual, logrado en el grupo A o grupo experimental (preprueba vs. posprueba), fué notoriamente significativo, como consecuencia de la aplicación de la estrategia didáctica novedosa EDCC.
- El cambio conceptual, logrado en el grupo B o grupo testigo (preprueba vs. posprueba), es muy pequeño. Dicho cambio de conocimiento no fue estadísticamente significativo, lo cual es consecuencia de la aplicación de la estrategia tradicional de enseñanza, aplicada en este grupo.
- Se encontraron notorias diferencias y cambios estadísticamente significativos a favor del grupo A, en la comparación de conocimientos entre los grupos A y B sobre el conocimiento de la energía, a partir de la posprueba.

En suma, los anteriores resultados establecen la relevancia, favorable y estadísticamente significativa, de la estrategia novedosa EDCC sobre la estrategia tradicional, para la construcción epistémica y el aprendizaje significativo de la energía, en alumnos de bachillerato.

7.4 Descripción y análisis de la dinámica de cambio de la organización conceptual.

Se describen y analizan a continuación las dinámicas de cambio de las organizaciones conceptuales de los estudiantes AMLF y GMJ, en el contexto de sus respectivos grupos (grupo A y grupo B), a lo largo del proceso seguido en su interacción con las correspondientes estrategias utilizadas (EDCC y tradicional) en el desarrollo del tema de energía en el aula.

7.4.1 Descripción y análisis de la dinámica de cambio de la organización conceptual de AMLF y del grupo A ante la aplicación de la estrategia didáctica EDCC.

A continuación se presenta el análisis de algunos segmentos importantes de la dinámica de cambio de la organización conceptual del estudiante AMLF y del grupo A, combinado con las fases de interacción de la estrategia didáctica (EDCC) sobre el tema de energía, en tres momentos diferentes: al inicio (conocimiento previo), en el intercurso (qué es y cómo se produce la energía) y al final del proceso; sin olvidar, que la dinámica de cambio de la organización conceptual de AMLF se da en el contexto e interacción de la dinámica de cambio de la organización conceptual del grupo A, el grupo experimental, en el salón de clases.

Conocimiento previo. Por medio de la preprueba detectamos la organización conceptual que tiene el estudiante AMLF y también la del resto de sus compañeros de grupo, como conocimiento previo relativo a: qué es, cómo se produce y ejemplos concretos sobre la energía. Particularmente, AMLF ante la pregunta de *¿qué es la energía?*, responde que *la energía es la resistencia de un cuerpo* (proposición 1 = P1, del estudiante). En el criterio, se establece que *la energía es la capacidad de un sistema físico (cuerpo) de realizar trabajo* (proposición 1, del Criterio). Es decir, la organización conceptual previa de AMLF es incompleta y errónea. Lo mismo pasa con la mayoría de los alumnos del grupo A pues tienen una noción alusiva pero incompleta del concepto de energía. En cuanto a cómo se produce la energía, AMLF responde que *la energía se produce por medio de la resultante de una fuerza aplicada sobre un cuerpo*, respuesta equivocada. Así mismo, el grueso de sus compañeros (93 %) no tienen una noción formal previa sobre cómo se produce la energía (ver apartado 7.3.1).

Esta organización conceptual inicial de AMLF se vio confrontada por la aplicación de la estrategia didáctica (EDCC), cuando el maestro al inicio de la clase y del tema de energía, a nivel conversacional preguntó a los alumnos del grupo A (celda superior izquierda de la MREE, **anexo**

12): ¿qué es la energía? En la discusión grupal que se realizó, "...Dan varias respuestas: e. es lo que produce movimiento; e. es un impulso o un fuerza; e. es la resistencia de un cuerpo; e. es una fuerza". Necesariamente AMLF expuso implícita o explícitamente la suya, tal que en interacción con su compañeros "...se discute y se acuerda la siguiente respuesta: la energía es una fuerza que hace que los cuerpos se muevan" (ver relatoría de la clase, **anexo 10**). De esta manera, los estudiantes expresan sus ideas, sin corregir ni dar explicaciones, detectando conocimiento previo (Campos et al, 2003).

Así se averiguó el conocimiento y las organizaciones conceptuales previas sobre qué es energía, tanto del estudiante AMLF, antes de clase, cómo del grupo al inicio de la misma, determinando por medio de la conversación y el intercambio de opiniones una respuesta y un conocimiento colectivo inicial.

Esta definición inicial sobre energía fue utilizada en clase, para analizar situaciones experimentales planteadas por el profesor para que los alumnos pudieran determinar en la fase argumentativa siguiente (celda superior intermedia de la MREE), la validez de la definición y conocimiento establecido. Es la segunda fase, donde se prosiguió con esta secuencia de preguntas e intercambio de opiniones argumentadas, se plantearon diversas situaciones que requirieron para su comprensión y explicación el concepto de energía y cómo se produce.

El maestro pidió a los alumnos, que consideraran la situación experimental de "una cubeta con agua, colgada de una cuerda amarrada, al techo del salón" (**anexo 10**), y les pidió responder a pregunta: ¿la cubeta tiene algún tipo de energía? Las respuestas dadas por los estudiantes fueron:

(R2): No, porque al no moverse y estar en reposo entonces no hay fuerza, ni energía. Y

(R3): Si, porque si se corta la cuerda, la cubeta cae hacia el suelo y el movimiento nos dice que hay una fuerza y una energía.

En el intercambio de puntos de vista argumentados los alumnos determinaron dos respuestas contradictorias y erróneas, pero validas dentro del proceso, pues se está en el nivel descriptivo/argumentativo de la MREE, de tal manera que los estudiantes argumentan con sus propias explicaciones permitiéndose la participación y libre expresión de sus ideas.

AMLF fue participando en mayor o menor medida en esta interacción y fue confrontando sus ideas previas con las del grupo. Su idea, expuesta en la preprueba, de que *la energía es la resistencia (fuerza) de un cuerpo* se ve contrastada y ajustada con la que emite como miembro del grupo en

esta parte de la dinámica de clase. Tiene dos opciones y decide inclinarse por la segunda respuesta, pues implica que la cubeta al cortarse la cuerda, cae y su movimiento indica que hay una energía y una fuerza. Implícitamente, su decisión también significa que esta de acuerdo con la primera respuesta de que al estar en reposo, la cubeta colgada, entonces no hay fuerza, ni energía. En esta interacción, han habido en AMLF al menos dos pequeños cambios en su organización conceptual, ha logrado ampliar su definición de energía al pasar del concepto de resistencia al de fuerza (concepto ordenador de mayor jerarquía) y ha logrado mayor precisión al coincidir con su grupo que la energía esta asociada al movimiento, pero no al reposo de los cuerpos. Situación doblemente errónea, pues ni la energía es fuerza y tampoco es cierto, que la energía puede aparecer o desaparecer sin saber de donde viene, ni adonde va, que esta implícito en esas dos respuestas.

Por ello, el profesor les propone analizar sus respuestas, además de exponer algunos ejemplos en los que se aplica su definición de energía, logrando que los alumnos y entre ellos AMLF expresen, amplíen y establezcan mejor sus argumentos (celda intermedia de la MREE en nivel descriptivo). De esta manera: "...los alumnos opinan libremente y hacen comentarios... de diferentes energías y situaciones donde se presentan" (**anexo 10**), todo ello con base en su definición de energía. Las situaciones ejemplificadas se dividieron en dos subgrupos, el primero en el que si aplica su definición de energía y un segundo donde no aplica su definición, a saber (*íd.*):

Algunos ejemplos donde se aplica su definición de energía:

- E1. Un balón de fútbol que es pateado a gol
- E2. Un coche con movimiento acelerado.
- E3. Clavar un clavo con un martillo

Algunos ejemplos donde no se aplica su definición de energía:

- E4. Un foco encendido
- E5. La llama de una vela
- E6. Una llanta quemándose
- E7. Gasolina en un bote, quemándose

En el proceso de análisis argumentativo y de clasificación anterior, los alumnos y con ellos AMLF perciben y comprenden lo que el maestro afirma, diciendo: "...Como ustedes pueden darse cuenta la definición explica algunos ejemplos y otros no.....", es decir: "...la definición... no se aplica a todas las formas de energía y consecuentemente esta incompleta" (*íd.*). Razón por la cual el maestro les ofrece una definición sobre energía tomada de diversas fuentes científicas y les pide

aplicarla a los casos anteriores y que la comparen con su propia definición. El profesor del grupo A, cambio la secuencia de actividades porque lo requirió la dinámica de desarrollo del tema, este cambio se plasmó en el **anexo 13b**.

La definición formal sobre energía dada por el profesor, se encuentra en la proposición 1 del criterio, y en la MREE, esta parte del proceso corresponde a la celda C-D (conversación-descripción). También corresponde al inicio de la segunda clase sobre el tema. El maestro expresa que: "la energía es la capacidad de un sistema físico para realizar trabajo". A continuación define trabajo y establece la relación entre energía, trabajo y fuerza, además de definir las energías cinética, potencial y mecánica. Concluyendo que: sí "la energía es una capacidad de realizar trabajo, implica que no solo puede producir movimiento (energía cinética), también puede hacer que un cuerpo por medio del trabajo, cambie de posición (altura) respecto del suelo y acumule energía por la nueva posición que alcanza (energía potencial)". Todo ello, "permite tener una definición mas completa y mejor sobre energía y darnos cuenta de las limitaciones y equívocos de la primera definición que identifica a energía con fuerza, lo cual no es cierto, y que relaciona a la energía sólo con los cuerpos en movimiento (energía cinética) y no con la posición (altura relativa) o energía potencial que pueda tener un cuerpo y que no es contemplada en dicha definición" (*ídem*).

AMLF esta presenciando la explicación. Asocia, compara, amplía, complementa y empieza nuevamente a cambiar su definición y con ello esta cambiando su organización conceptual, igual que el resto del grupo. Su concepto de fuerza, lo lleva al de trabajo (fuerza por desplazamiento), ampliando su definición; y el concepto de trabajo, lo lleva al de energía; y todo ello como "una capacidad", completando su definición.

Para reforzar el cambio conceptual, el profesor, a manera de ejemplo de aplicación para probar la nueva definición frente a la definición anterior, pide a los alumnos y con ellos implícitamente a AMLF que la apliquen a la situación experimental de la cubeta, colgada del techo (y que luego cae). En esta parte, los alumnos en interacción explicativa entre ellos y con el profesor, logran aplicar correctamente la nueva definición a la situación de: la cubeta con agua y no sólo en las dos situaciones mencionadas (colgada y cayendo), sino también en la situación de llevarla del suelo hacia arriba para colgarla de la cuerda, haciendo un trabajo sobre ella.

Como parte final de la segunda clase sobre el tema de energía y en el contexto de la presencia y cambio de energías potencial y cinética, al analizar las diversas situaciones experimentales de la cubeta, el maestro les pregunta a sus alumnos y a AMLF ¿qué pasa con la energía? Las respuestas

y discusiones argumentadas de los alumnos llevan al maestro a formular la pregunta (que más le importa, en el nivel epistemológico): ¿cómo se produce la energía?

AMLF recuerda su respuesta a esta pregunta en la preprueba y contesta que: "la energía se produce por medio de la resultante de una fuerza aplicada sobre un cuerpo", pero con las preguntas anteriores y el intercambio de opiniones con sus compañeros coincide con varios al afirmar que: la "energía se produce por medio de una fuerza y actividad" (*íd.*).

A continuación, el profesor les pide que apliquen su definición de cómo se produce la energía a la situación ya conocida: de la cubeta con agua que cuelga a cierta altura, cuya cuerda de sostén es cortada provocando la caída de la cubeta.

Después de contestar, intercambiar opiniones y discutir varios argumentos, los alumnos señalan con ayuda del profesor, de que: "la energía potencial de la cubeta, al caer, se perdió y por otra parte se creó energía cinética al moverse la cubeta en la caída. Ambas cosas debidas a la fuerza de gravedad, que es la que desaparece y aparece energía potencial o energía cinética respectivamente. Además, si se pierde la energía quiere decir que no se puede recuperar y que llegará un momento en que se agote la energía en el universo, o por lo menos la que usamos". AMLF, sus compañeros y el maestro terminan esta segunda clase con varias interrogantes y una conclusión que flota en el ambiente del salón: "¿la energía se pierde y crea o se transforma? ¿Qué pasa con la energía cuando la cubeta llega al suelo? La respuesta dada por los alumnos sobre cómo se produce la energía no permite explicar "con claridad dicha producción". Por lo cual se le considera incompleta.

AMLF está conflictuado, le ha costado trabajo igual que a sus compañeros explicar, con sus conocimientos sobre energía, las situaciones y preguntas planteadas en clase por el profesor. Sale del salón pensando en las preguntas y posibles respuestas dejadas de tarea.

El profesor inicia la tercera clase con el comentario: "la definición que ustedes han dado –la clase pasada- sobre cómo se produce la energía, no explica con claridad dicha producción y consecuentemente está incompleta". Les anuncia que va a exponer una definición tomada de diversas fuentes científicas sobre cómo se produce la energía y pide que la apliquen a las situaciones anteriores (ésta clase sobre el tema de energía, se ubica en la celda explicación-explicación de la MREE, y la explicación corresponde a las proposiciones 2 y 3 sobre el criterio).

El profesor expone al grupo, que: "Se produce energía cuando se convierte una forma de energía en otra, pero no se crea ni se destruye solo se transforma, permaneciendo la suma total siempre constante. Es decir, la producción de energía es debido a la transformación entre diversas formas de energía manteniéndose su totalidad siempre constante. En resumen, la producción de energía se explica y es debido al principio de conservación de la energía". A continuación, el maestro define formalmente varios tipos de energías (incluyendo sus ecuaciones): e. mecánica, e. cinética y e. potencial; describe el intercambio entre ellas para explicar la producción de energía en las situaciones en que: la cubeta es levantada y queda colgada; cuando cae chocando con el suelo; así como el funcionamiento oscilatorio del péndulo.

Posteriormente, les pide a sus alumnos que propongan ejemplos de situaciones experimentales cotidianas que impliquen para su funcionamiento el uso y producción de diversos tipos de energías. Para después realizar el análisis, con esta nueva definición, de su funcionamiento en términos de transformación y conservación de energía. AMLF, junto con sus compañeros empiezan a analizar el movimiento del agua que cae de las presas para generar electricidad.

AMLF, se da cuenta que su definición sobre como se produce la energía: "...se produce por medio de una fuerza y actividad" (*ídem*), esta incompleta y decide probar la definición dada por el maestro. AMLF y sus compañeros llevan a cabo la aplicación y logran explicar la caída de agua en términos de la transformación de una forma de energía en otra y esta a su vez en otra. "Al caer el agua se convierte la energía potencial que tiene el agua debido a su elevación en energía cinética en la caída y al llegar al generador se convierte en energía eléctrica que por medio de cables, se transmite a las casas (en provincia o en la ciudad) y ya "en casa, esa energía eléctrica se transforma ene. luminosa (al encender un foco),sonora (al encender la TV o el radio),de movimiento (al usar la licuadora),térmica (al prender una parrilla eléctrica)...".

En esa dinámica de intercambio de opiniones entre los alumnos que logran explicar el funcionamiento de aparatos y diversas manifestaciones e intercambios de energía, el maestro hace su pregunta epistemológicamente más profunda:

"Y todas esos tipos de energía se ¿pierden?"

Los alumnos al unísono con AMLF entre ellos, contestan:

"¡No! (generalizado), solo se transforman... y se conservan en otras formas de energía".

Después de ello, el profesor “continuó con el tema diversificando actividades y sobre todo hubo mayor participación y entendimiento de los alumnos en: el análisis del funcionamiento de aparatos, en la resolución de cuestionarios de preguntas y problemas. También se realizaron pequeñas investigaciones sobre las formas diferentes de energía, su producción, uso e importancia”. De esa manera en la organización conceptual de AMLF y de sus compañeros se consolidaron los cambios logrados en su estructura de conocimientos sobre energía.

Dos semanas después de terminado el tema, el profesor les aplicó a los alumnos del grupo A una posprueba. Las respuestas y análisis respectivo tanto para AMLF como para su grupo se encuentran en la secciones: 7.2.1, 7.3.1.1, 7.3.3.1 y en el **anexo 4**. En el caso particular de AMLF, sus respuestas de la posprueba las reproducimos a continuación:

1. (La energía) es la capacidad para realizar un trabajo.
2. (La energía) se produce transformando una energía en otra (energía) por medio de aplicar una fuerza a un cuerpo y desplazándolo.
3. La energía mecánica que se presenta en el péndulo al moverse.

Lo cual nos permite evaluar y calibrar el grado de cambio conceptual logrado en la organización conceptual de AMLF. Concluimos que su organización conceptual contiene información que es válida y prácticamente idéntica con respecto al referente criterio. Su discurso presenta una buena estructuración (relaciones lógicas) y presencia de conceptos fundamentales. Es decir, el estudiante AMLF comprendió la conceptualización requerida de energía, quedándose con una conceptualización elevada a nivel descriptivo explicativo y ejemplificativo.

El cambio en la organización conceptual de AMLF no es aislado, al ser escogido como un estudiante *promedio* respecto a los índices del MAP (en la preprueba) y por el proceso interactivo seguido en la aplicación de la propuesta didáctica, sus compañeros del grupo A también lo vivieron.

7.4.2 Descripción y análisis de la dinámica de cambio de la organización conceptual de GMJ y del grupo B ante la aplicación de la estrategia tradicional.

A continuación se presenta el análisis de algunos segmentos importantes de la dinámica de cambio de la organización conceptual del estudiante GMJ y del grupo B (grupo control), combinado con la interacción de la estrategia tradicional seguida en el desarrollo del tema de energía.

Por medio de la preprueba se pudo conocer la organización conceptual previa del estudiante GMJ, y también la del resto de sus compañeros de grupo, como conocimiento relativo a qué es, cómo se

produce y ejemplos concretos sobre la energía. Particularmente, GMJ ante la pregunta de ¿qué es la energía?, respondió que la energía es un tipo de trabajo mecánico (proposición 1 = P1, del estudiante). En el criterio se considera que: "la energía es la capacidad de un sistema físico (cuerpo) de realizar trabajo" (proposición 1, del Criterio). GMJ es uno de los cinco estudiantes de 15 (33.3%) cuyas respuestas relacionan la energía con el concepto de trabajo. Respecto a cómo se produce la energía, GMJ da una respuesta equivocada, pues considera que "la energía se produce por la fuerza acumulada en los cuerpos, la cual al liberarse genera trabajo en los mismos". Igual cosa sucede con la mayoría de sus compañeros. Es decir, GMJ y la mayoría de los alumnos del grupo B tienen una noción previa, al desarrollo del tema, alusiva del concepto de energía, pues lo asocian con fuerza (acción, esfuerzo), con movimiento o con realizar trabajo, pero equivocada, en la mayoría de los casos, sobre cómo se produce.

Esta organización conceptual inicial de GMJ y de sus compañeros **se vio confrontada, en menor o mayor medida, por la aplicación de la estrategia tradicional** utilizada por su maestro, en el desarrollo del tema de energía.

El maestro inició y desarrolló el tema de manera expositiva, no tomando en cuenta los conocimientos previos de los alumnos del grupo B. En su larga intervención inicial (**anexo 11**: guión de las clases del grupo B), el profesor, acorde al programa, expuso las definiciones de energía y de trabajo; dedujo la expresión de trabajo en términos de la fuerza, la distancia y el coseno del ángulo entre ellos; mencionó que algo o alguien lo hace y se hace sobre alguien. A partir del concepto de trabajo, el profesor desarrolló el concepto de energía potencial (haciendo un trabajo en contra de la gravedad para levantar un objeto a cierta altura) y de energía cinética (haciendo un trabajo para desplazar un cuerpo horizontalmente cierta distancia, adquiriendo cierta velocidad). En ambos casos, el trabajo (T) se transformó: en un caso, en energía potencial ($T = mgh = E_p$); y en otro, en energía cinética ($T = mv^2/2 = E_c$). Posteriormente, el maestro propició la intervención de los alumnos por medio de preguntas específicas, dedujo las unidades en que se mide tanto el trabajo y las energías potencial y cinética (joules) y definió la energía mecánica como la suma de la EP y la EC.

El profesor, al final de su primera y larga exposición, definió la ley de la conservación de la energía mecánica, energía, que definida en términos de EP y EC no cambia (conservación) en los ejemplos numéricos que expuso. En la parte final de la primera clase, los alumnos y GMJ participaron un poco más que al inicio y parte media de la misma. GMJ y sus compañeros, recibieron las explicaciones del maestro de manera pasiva, a lo más respondieron a las preguntas del maestro con unas cuantas palabras o datos. Pero sin hacer reflexiones amplias, ni cuestionamientos

profundos. Se recibió el conocimiento de manera superficial, sin interactuar con los otros compañeros y sin condiciones, no hubo tiempo para contrastar el conocimiento expuesto con el propio.

En la segunda clase, el profesor se dedicó a resolver problemas numéricos y de razonamiento sobre los conceptos de trabajo, EP, EC, EM y su conservación; definió y aplicó el concepto de potencia; incluyó el concepto de calor como una forma de energía y amplió la noción de conservación. El maestro, consideró que la resolución de problemas de razonamiento y numéricos ayudarían al alumno a aclararle dudas sobre las nociones expuestas. En esta sesión, hubo una mayor cantidad de intervenciones de los alumnos, pero en su gran mayoría fueron consecuencia de las preguntas de control que, a lo largo de las sesiones de clase, el profesor utilizó y cuyas respuestas ya conoce; lo que le permitió evaluar y controlar su dinámica de clase tradicional.

En la última clase, el profesor aplicó un examen sobre el tema que ocupó toda la sesión y dio por terminado el tema.

Debido a lo expuesto anteriormente, se deduce que las organizaciones conceptuales de GMJ y de sus compañeros de grupo no fueron confrontadas explícita y profundamente. El profesor expuso su clase sin tomar en cuenta los conocimientos previos de GMJ, ni de sus compañeros, tampoco distinguió en su exposición los niveles epistémicos (descriptivo, ejemplificativo y explicativo. Como consecuencia de ello la transformación formal de la organización conceptual de GMJ y de sus compañeros fue escasa y superficial. Lo cuál se puede comprobar al estudiar sus respuestas a las pruebas aplicadas:

En la preprueba, GMJ consideró que: "la energía se produce por la fuerza acumulada en los cuerpos, la cual al liberarse genera trabajo en los mismos"; y en la posprueba, consideró que: "la energía se produce al desplazarse un cuerpo contra la fuerza gravitacional, ya que se realiza un trabajo". Si comparamos estas respuestas con las del criterio, donde "se produce energía cuando se convierte una forma de energía en otra (forma de energía), pero no se puede crear ni destruir (la energía) y que de esta forma la suma total de la energía permanece constante", nos percatamos de que la conceptualización lograda por GMJ, en esta parte, es prácticamente nula. Los mismos resultados fueron obtenidos en el nivel explicativo y en la mayor parte del resto de sus compañeros del grupo B (ver apartados 7.3.1.2 y 7.3.3.2).

7.5 Discusión teórica.

En esta investigación se ha constatado por los resultados de ambos grupos en la posprueba, que en el grupo A se consiguieron cambios significativos en la **construcción del conocimiento científico** sobre la energía y en el grupo B se encontraron dificultades en los estudiantes para construir dicho conocimiento en el nivel explicativo (Campos, M.A., Gaspar, S., y Cortés, L., 2003). El aprendizaje del concepto de energía puede no ser fácil, debido principalmente a: (1) lo abstracto del contenido, (2) que los preconceptos del alumno no se toman en cuenta o si son considerados en buena parte están equivocados y (3) la falta de una estrategia basada en la diferenciación epistemológica de los diversos contenidos sobre la energía. Es decir:

1. La energía es un concepto abstracto que caracteriza una propiedad no observable de la materia. Comprender y utilizar el concepto de energía implica comprender los cambios de la materia en términos de interacción y conservación. Sin embargo, pasar de la interacción a la conservación no es fácil, ni sencillo, es necesario que el alumno comprenda que, como resultado de la interacción entre dos cuerpos (sistemas físicos) hay cambios simultáneos y opuestos, en cada uno de esos cuerpos, de una propiedad no perceptible que es la energía, aunque en forma global se conserva su cantidad pero su calidad, por lo tanto, la adquisición de la noción de conservación no resulta fácil ni intuitiva (Pozo et al, 1998).

2. Utilización errónea por los alumnos del concepto de energía. La definición formal de energía la usaron poco y las definiciones que utilizaron fueron acompañadas de ideas equivocadas como las que siguen:

- Indiferenciación entre los conceptos de energía y fuerza.
- Dificultades en la utilización del principio de conservación de la energía, pues no lo usaron y en su lugar explicaron la producción de energía en términos de fuerza o de movimiento.

3. Además de los elementos anteriores, gran parte de la diferencia entre los resultados obtenidos en la posprueba para cada grupo (A, B) se debió a los diferentes supuestos epistemológicos y metodológicos en que se basaron las respectivas estrategias didácticas utilizadas, a saber: en la EDCC, la diferenciación entre descripción, ejemplificación y explicación partiendo de los conocimientos previos y centrada en la participación de los alumnos; en la intervención tradicional, indiferenciación epistemológica, sin partir de conocimientos previos y centrada en la exposición del maestro.

En el presente estudio, las actividades de enseñanza-aprendizaje para el grupo A fueron intencionalmente planificadas y basadas cognitivamente en la **construcción del conocimiento**. Es decir, se inició el aprendizaje con los conocimientos previos del alumno, que al entrar en conflicto con el nuevo conocimiento (diferenciado epistemológicamente) generó un proceso reconstructivo interno de saberes (cambio en la organización conceptual), cuyo alcance dependió de su desarrollo cognitivo y fue facilitado por la interacción dialógica (conversación, argumentación, explicación) con el resto de sus compañeros de grupo y por las oportunidades de utilizarlo en diferentes situaciones experimentales, evaluando así, su mayor capacidad explicativa (Díaz Barriga, et al, 1998).

En tanto que todo el proceso seguido en el grupo A se realizó con base a preguntas y diálogos permanentes, las fases de conversación y argumentación permitieron detectar conocimiento previo así como equívocos y confusiones que fueron resueltas en la fase explicativa en la cual se plantearon y resolvieron los aspectos críticos de dichos problemas, lo que permitió establecer el conocimiento científico sobre energía. Con base en dicha experiencia interactiva los estudiantes fueron preparados social, cognitiva y epistemológicamente para abordar el contenido abstracto sobre la energía (Campos, Gaspar y Cortés, 2003).

La estrategia novedosa produjo el **cambio conceptual** en el alumno al posibilitar pasar del conocimiento cotidiano o informal al conocimiento científico o formal sobre energía. Es decir, durante su aplicación, el alumno se encontró en un ambiente de aprendizaje dirigido por una estrategia en la que: (1) fue capaz de relacionar no al azar o de manera no arbitraria (estratégicamente) y sustantivamente (con dirección epistémica) la nueva información, con los conocimientos y experiencias previas que poseía en su estructura de conocimientos; también, (2) se utilizaron en dichas experiencias de aprendizaje conocimientos con significado potencial o lógico (energía, trabajo, forma de energía, conservación) y el ambiente de la intervención de esta estrategia (3) motivó la disposición de aprender. Es decir, se proveyeron las condiciones que plantea Ausubel (1983) para el **aprendizaje significativo** y se puso de relieve, como elemento central de la EDCC, la **participación activa** del alumno en la ampliación, profundización y construcción de la noción de energía.

Dicha **transformación conceptual significativa** (Ausubel, 1973), se denota en el cambio de las **organizaciones conceptuales** (OCs) obtenidas del estudio de las familias de proposiciones, antes y después de abordar el tema, para ambos grupos A y B. No obstante, las diferencias semánticas y relacionales que se observaron entre las organizaciones conceptuales construidas sobre el concepto de energía, existen similitudes producidas por la **interacción social** que evidencian el desarrollo gradual y una mejor estructura de conocimientos científica alcanzada en el

grupo A, pues sus cambios fueron mayores y más importantes respecto al criterio, frente a los logrados por el grupo B. Esta mejora en la organización conceptual, implica claramente una capacidad de transformación cognoscitiva y una mayor calidad de la estructura conceptual. Las diferencias entre las OCs de un grupo a otro, sobre todo en la posprueba, dependieron principalmente de la manera de trabajar el contenido sobre la energía, por parte del profesor en cada grupo, es decir de la particular estrategia didáctica utilizada.

En otras palabras, las OCs al retratar la información y la transformación de la comunicación discursiva, permitieron evaluar la estructura de conceptos y relaciones lógicas jerarquizadas, previas y posteriores a las intervenciones didácticas del **discurso** sobre la energía. Además de ser un proceso de construcción activo (Piaget) y significativo (Ausubel, 1989), el aprendizaje se da en contexto social por lo que desde una posición sociolingüística, la interacción (Bloome, 1992) social, implica simultaneidad y acción y reacción dentro de aquella. Este proceso complejo de interacción simultánea en múltiples vías involucra lenguaje verbal y no verbal.

En el presente caso, el **método de análisis del discurso** (MAP) fue capaz de estudiar y evaluar de manera, precisa y objetiva tanto cualitativa como cuantitativamente las estructuras de conocimiento (OCs), antes y después de aplicar una X estrategia didáctica. Es decir, dado que el **discurso científico** es una representación de la realidad, epistémica, metodológica y socialmente aceptada como válida, las organizaciones conceptuales científicas logradas como producto y como proceso deben ser también coherentes y significativas cuando se analizan con metodologías (MAP de Campos y Gaspar, 1996) y se construyen con estrategias didácticas (EDCC, de Campos y Gaspar, 2004 y Campos, Gaspar y Cortés, 2003) coherentes y congruentes.

El aproximar las actividades de aprendizaje a las de la construcción de conocimientos científicos, apoyándonos en una mejor comprensión de la naturaleza y dinámica de la ciencia y en una mejor fundamentación teórica hizo la diferencia entre los dos procesos didácticos estudiados, pues en la construcción significativa del conocimiento científico de la EDCC, frente al aprendizaje auspiciado por la estrategia tradicional, los conocimientos se integran en aquella de forma sustancial y no arbitraria en las estructuras conceptuales de los estudiantes (Ausubel, 1976; Novak y Gowin, 1988).

En el actual curso de Física III de la ENP, se plantea que los alumnos aprendan significativamente los conceptos de energía e interacción y de cómo estos influyen en la vida diaria. Al observar los diferentes resultados del aprovechamiento en ambos grupos, en la posprueba, se encuentra la justificación de nuestra tarea docente de: probar, evaluar y seguir buscando **estrategias de**

enseñanza-aprendizaje que permitan mejorar en nuestros alumnos la construcción formal del conocimiento de la energía y de otros contenidos científicos.

En suma, la **estrategia didáctica EDCC** diseñada para apoyar el proceso de construcción lógico-categorial de conocimiento científico, fue validada y constatada en la presente investigación como un excelente e integral instrumento para que los estudiantes, dirigidos por el profesor, construyeran conocimiento al investigar fenómenos, en un proceso de transformación psicológico, epistémico, metodológico y de interacción sociolingüístico; de esta forma, el alumno, partiendo de su conocimiento previo, fue conducido al conocimiento amplio de conceptos, principios, modelos y teorías científicas (Campos, Gaspar y Cortés, 2003) y al desarrollo de capacidades verbales, procedimentales y actitudinales (Pozo et al, 1998), logrando el aprendizaje significativo de la energía y la formación de estructuras psicológicas cognitivas (Ausubel 1973), acordes a las características del conocimiento científico (Campos y Gaspar, 1997) en un contexto social determinado.

8. Conclusiones y Consideraciones.

Las conclusiones derivadas del análisis y discusión de los resultados de investigar la aplicación de la EDCC y de la estrategia tradicional sobre la energía en alumnos de 4º año de Bachillerato, se presentan a continuación.

8.1 Estudio de casos, lo individual (el alumno).

Del análisis cualitativo y cuantitativo de resultados de los 2 casos de alumnos estudiados arroja lo siguiente.

El **Caso 1** se refiere a un estudiante promedio del **grupo A. AMLF** es parte del **grupo experimental**, al cuál se le aplicó la estrategia didáctica novedosa o propuesta didáctica (EDCC).

Para el Caso 1 del grupo A, de la comparación de la preprueba respecto del Criterio. El discurso de AMLF, resultado de la preprueba, tiene cierta estructuración con algunos conceptos fundamentales. El estudiante posee un conocimiento previo de la energía: incompleto a nivel descriptivo, erróneo a nivel explicativo y bueno a nivel ejemplificativo

Para el Caso 1 del grupo A, de la posprueba respecto del Criterio. En la posprueba del estudiante AMLF se obtuvo información referida a una organización conceptual válida y prácticamente idéntica con respecto al referente criterio. El discurso presenta una buena estructuración y presencia de conceptos fundamentales. Podemos concluir que el estudiante asimiló los cambios requeridos en la organización conceptual de la energía, quedándose con una conceptualización alta en los niveles descriptivo, explicativo y ejemplificativo.

Como corolario de las dos afirmaciones anteriores, tenemos que el estudiante AMLF presentó un cambio favorable en su organización conceptual al pasar de la preprueba a la posprueba. En lo cualitativo el discurso ganó en estructura y masa conceptual científica, logrando avances significativos importantes en construcción formal del conocimiento. Resultado corroborado en lo cuantitativo, donde el aumento en los índices cc, cr, q y qcorr fue de 25, 101, 150 y 24 (porcentaje) respectivamente (tabla 5). Esto, denota un aumento en la cantidad de conceptos, relaciones lógicas y en la calidad del discurso adquirido por el alumno AMLF como consecuencia de la estrategia didáctica EDCC seguida en clase.

El **Caso 2** se refiere a un estudiante promedio del **grupo B. GMJ** es parte del **grupo testigo**, al cuál se le aplicó una estrategia didáctica tradicional.

Para el Caso 2 del grupo B, de la preprueba respecto del Criterio. El discurso de GMJ cuenta con un conocimiento previo sobre energía con algunos conocimientos fundamentales pero incompletos a nivel descriptivo, erróneos a nivel explicativo y buenos a nivel ejemplificativo.

Para el Caso 2 del grupo B, de la posprueba respecto del Criterio. El texto logrado por GMJ en la posprueba hace referencia a una organización conceptual con una conceptualización regular en el nivel descriptivo, buena en el nivel ejemplificativo y muy deficiente en el nivel explicativo.

El estudiante GMJ, al pasar de la preprueba a la posprueba, presentó una pequeña mejoría en su organización conceptual sobre el tema de energía. La mejoría fue regular en la parte descriptiva, mantuvo un buen nivel en lo ejemplificativo, pero en la parte explicativa no hubo cambios substanciales. Estos resultados cualitativos fueron corroborados en lo cuantitativo, dado que GMJ logró aumentos en los índices cc, cr, q y qcorr en: 25, 34, 66 y 10 por ciento respectivamente (tabla 6). Es decir, hubo una leve mejoría en las correspondencias conceptual, relacional y en la calidad del discurso adquirido por el estudiante, consecuencia de la estrategia tradicional seguida en clase.

En conclusión AMLF logró una mejor organización conceptual que GMJ, en los niveles descriptivo y explicativo, y está mejor preparado para seguir asimilando conocimiento científico relacionado con la energía. Estos resultados fueron corroborados, cuantitativamente (tabla 7), al comparar las diferencias simples de los índices cc, cr q y qcorr de AMLF y GMU; para AMLF el cambio porcentual fue de 25, 101, 150 y 24 y para GMJ el cambio porcentual fue de 25, 34, 66 y 10, respectivamente (tablas 5 y 6). Observamos que en correspondencia conceptual los dos alumnos tienen el mismo valor ($cc = 24$), pero en correspondencia relacional (cr), calidad (q) y en calidad (q_{corr}) los resultados del cambio son más de una 100% mejores en AMLF que en GMJ: $101 > 34$, $150 > 66$ y $24 > 10$, respectivamente. Es decir, la estrategia EDCC para AMLF del grupo A arrojó mejores resultados que la estrategia tradicional para GMJ del grupo B, en la construcción formal del conocimiento sobre energía.

8.2 Familias de proposiciones, (lo grupal).

Del estudio de las familias de proposiciones agrupadas por tipo de examen, grupo y pregunta obtuvimos las conclusiones siguientes.

8.2.1 Lo cualitativo y lo grupal.

En forma general, se puede afirmar que el conocimiento previo del grupo A (grupo experimental) sobre: qué es la energía, cómo se produce y su conocimiento de tipos particulares de energía, nos llevó a la conclusión de que dicho grupo tiene una idea alusiva (11 alumnos de 15 = 73 %) sobre

qué es la energía, pero la gran mayoría (14 alumnos de 15 = 93.3 %) no tenían idea de cómo se produce. Por otra parte, todos los alumnos proporcionaron ejemplos sobre tipos específicos de energía (15 respuestas de 15= 100%),

A partir del comparativo para el grupo A de la posprueba y el referente criterio se observaron avances definidos en la construcción formal del concepto de energía. Los cambios favorables alcanzados en: la conceptualización descriptiva de la energía (15 respuestas de 15 = 100 %), la explicación de cómo se produce (11 respuestas de 15 = 73.3%) y los ejemplos mencionados sobre la misma, señalan un aprendizaje formal del conocimiento sobre energía.

El encuentro con el conocimiento científico implica que los conceptos se construyen jerárquicamente de acuerdo al propio conocimiento previo (Ausubel, 1989), las relaciones con otros conceptos (Stenberg, 1987), las formas de interacción que se tiene con objetos a que dichos conceptos se refieren (Medin y Wattenmaker, 1989) y al contexto situacional.

Los conocimientos previos del grupo B (grupo testigo) sobre la energía, a nivel descriptivo fueron alusivos (10 alumnos de 15 = 66.6 %). En la parte explicativa, excepto dos alumnos, los restantes 13 de 15 (86.6 %) no tuvieron un conocimiento formal de cómo se produce la energía; sin embargo, ocho de quince (53.3 %) respuestas hicieron uso de la noción de transformación en la parte explicativa de cómo se produce la energía, y en la parte de ejemplos todo el grupo B (15 respuestas de 15) presentaron una buena gama de ellos.

El grupo B, en la comparación de la posprueba con el referente criterio, logró una buena participación dado que a nivel descriptivo 11 de 15 (73.3 %) alumnos utilizaron el concepto de trabajo para definir la energía, se mantuvo un buen nivel de ejemplos (15 alumnos de 15 = 100%) pero su aprendizaje a nivel explicativo fue muy bajo (4 alumnos de 15 = 23%). Es decir, el aprendizaje del conocimiento sobre energía en el grupo B al pasar de la posprueba a la preprueba fue regular en lo descriptivo, mejoró un poco en lo ejemplificativo y fue casi nulo en lo formal-explicativo.

En cuanto al conocimiento previo de los grupos A y B, sus discursos sobre la energía se centraron sobre aspectos alusivos en los descriptivo y a un manejo en ambos grupos de variados ejemplos sobre tipos diversos de energía, pero no tuvieron en ambos grupos una explicación formal sobre cómo se produce la energía. Sin embargo, en el grupo B para la preprueba hubo 2 alumnos (5 y 14) que dieron una explicación idéntica, pero incompleta, sobre cómo se produce la energía; y en el grupo A, en la respuesta 1 se menciona dicha explicación formal. Fuera de estos casos, el resto de los alumnos carecieron de una explicación formal de cómo se produce la energía. Es decir, el

conocimiento previo formal sobre la energía en ambos grupos fue escaso, aunque ligeramente mejor en el grupo B.

El análisis de las respuestas de la posprueba, en ambos grupos, reflejó notablemente un mayor y mejor aprendizaje formal del discurso sobre energía del grupo A sobre el B, en lo descriptivo, ejemplificativo y explicativo.

Después de abordar el tema, se presenta una transformación conceptual significativa (Ausubel, 1973). Pero aunque hay mejoría, sólo se cubre parcialmente la demanda cognitiva del criterio, por lo que observamos que hubo diversos niveles de comprensión verbal (Stenberg, 1987).

8.2.2 Lo cuantitativo y lo grupal.

El que, en el comparativo con índices (tabla 11) y en la distribución t de Student (**anexo 15**, tabla 12) para el grupo A, obtuvimos que los índices promedio de cc , cr , q , q_{corr} y d en el nivel de significancia ($ns = 0.10$) **si presentan una diferencia significativa, entre la preprueba y la posprueba en la construcción del conocimiento formal de la energía**, demostró cuantitativamente, lo corroborado cualitativamente: el cambio favorable logrado de la organización conceptual en este grupo, en los niveles epistemológicos de la construcción formal del conocimiento de energía.

Por otra parte, respecto a las diferencias significativas de índices entre la preprueba y el posprueba para el grupo B, encontramos al aplicar el estadístico t de Student, que los índices promedio cc , cr , c , q , q_{corr} y d , **no arrojan una diferencia significativa en la construcción del conocimiento formal de la energía** en los niveles de significancia (ns) de 0.05 y 0.10 (**anexo 15** tabla 12). Es decir, la asimilación de conocimiento científico sobre la energía no es significativa. Lo cual se corresponde en lo cualitativo, ya que en el grupo B sólo se lograron regulares avances en lo descriptivo y ejemplificativo pero no en lo explicativo. Resultado que se debió a la estrategia tradicional de enseñanza seguida en este grupo.

La aplicación de la distribución t de Student permitió comprobar que **no hubo diferencias significativas en conocimiento previo (preprueba) sobre la energía entre ambos grupos A y B** en los niveles de significancia (ns) de 0.05 y 0.10 para ninguno de los índices promedio cc , cr , c , q , q_{corr} y d (**anexo 15** tabla 14).

El grupo A resultó notoriamente mejor en comparación con el grupo B en la posprueba. Es decir, tanto las diferencias simples entre los valores de $(A - B)$, como las diferencias porcentuales (tabla

11), indican una diferencia a favor del grupo A en los índices de: correspondencia conceptual (cc), relaciones lógicas (cr), núcleo conceptual (c), calidad conceptual (q) y calidad de la correspondencia (qcorr). Además, **estas diferencias son estadísticamente significativas**, como se demuestra utilizando la distribución t de Student en los niveles de significancia (ns) de 0.05 y 0.10 para los índices cr, q y d (**anexo 15**, tabla 14). Es decir, se observa en la posprueba una transformación lógico-conceptual mejor y mayor en el grupo A que en el grupo B, lo cual comprueba el logro del aprendizaje significativo de la energía en el grupo A.

8.3 En cuanto a la dinámica de trabajo en el grupo A.

El proceso de tránsito entre los niveles estratégico-didácticos de la conversación a la explicación pasando por la argumentación aunado al manejo epistemológicamente diferenciado de la información permitió al profesor y al grupo A abordar el conocimiento científico sobre la energía de manera gradual. Pero dicho proceso integral no resultó fácil para el profesor, debido a que requirió simultáneamente de diversas capacidades relativas al dominio del conocimiento del tema, el manejo simultáneo en clase de los niveles mencionados (MREE) y la coordinación de todo el proceso. Dicha experiencia produjo cambios en su dinámica de trabajo por la nueva forma de abordar del conocimiento, por la necesidad de modular la participación tanto de los alumnos como del mismo profesor durante toda la experiencia, sin adelantar explicaciones, dando tiempo a que los propios alumnos fueran generando sus propias representaciones haciendo modificaciones en sus concepciones previas para construir el conocimiento formal. (Campos, Gaspar y Cortés, 2003).

8.4 Consideraciones finales.

En cuanto al MAP observamos que la congruencia entre los resultados obtenidos del análisis cualitativo y del cualitativo para ambos grupos A y B demuestra la utilidad y excelencia del Modelo de Análisis Proposicional como herramienta de estudio del discurso.

Por otra parte, observando los valores de los índices en general (tablas 1 a 4), podemos afirmar que las organizaciones conceptuales de ambos grupos de estudiantes tanto en la preprueba como en la posprueba se ubican en el Marco Conceptual (apartado 6.3.3). Es decir, el grupo A ya contaba desde el punto de vista del criterio, con un conocimiento previo elevado sobre la energía; conocimiento que mejoró con la estrategia didáctica EDCC. Y para el grupo B, el nivel de conocimientos de la organización conceptual previa y posterior a la experiencia didáctica tradicional, se mantuvo elevado pero sin cambios sustanciales.

Es decir, en el presente estudio sobre la energía se han constatado dificultades y aciertos en su aprendizaje. Por una parte se ha demostrado en el preexamen para ambos grupos A y B la incorrecta interpretación de la energía en términos de movimiento o como equivalente a la fuerza lo cual ha permitido sacar a luz las concepciones alternativas de los estudiantes y estudiar su evolución o persistencia como resultado de la enseñanza. En la posprueba, el grupo A alcanzó el aprendizaje significativo de la energía en los 3 niveles epistemológicos y el grupo B no consiguió el cambio conceptual y el aprendizaje significativo esperado en el nivel epistemológico explicativo pues no aprendieron el principio de conservación y los pocos que lo lograron, lo utilizan de manera incompleta. Particularmente, se observa en el grupo B que persisten las concepciones alternativas sobre la forma de producir la energía asociándola al movimiento y a la fuerza.

En la construcción del conocimiento científico sobre la energía, las diferencias obtenidas en ambos grupos A y B constatan que el aprendizaje de la energía tiene cierto grado de dificultad debido primordialmente a lo abstracto de su contenido, al tipo de estrategia didáctica utilizada en su aprendizaje relacionada con el tomar en cuenta o no los preconceptos de los alumnos. Consecuentemente el aprendizaje y aplicación del principio de conservación y transformación de la energía no es fácil pero es sumamente importante dado que forma parte y es el lazo de unión de todos los dominios de la física.

Finalmente, considerando: **primero**, que los grupos A y B antes de la intervención didáctica no presentan diferencias significativas en conocimiento sobre la energía; **segundo**, que el factor variable, entre las experiencias del grupo A y del grupo B, es una diferente estrategia didáctica (EDCC, tradicional); **tercero**, que toda la información (cualitativa y cuantitativa) confirma la relevancia de la estrategia didáctica EDCC (utilizada con el grupo A) sobre la estrategia tradicional (empleada en el grupo B); **cuarto, se confirma positivamente la hipótesis de trabajo de la presente investigación, es decir: la construcción formal del conocimiento científico sobre la energía SE MEJORA con la propuesta didáctica (EDCC), consistente lógica y empistemológicamente con la estructura, contenido y con la manera como se construye el conocimiento científico;** y, **cinco**, dada la importancia creciente del estudio de la energía y las dificultades en su aprendizaje, el desarrollo y resultado del presente estudio nos estimula a continuar investigando en un futuro próximo en varias direcciones. Por una parte, en cuanto a la concreción de una mejor definición sobre que es energía y la posibilidad de extender el aprendizaje de la energía a otras partes del curso de Física III o al siguiente curso de física, en la ENP; por otra parte, estudiar más profundamente los aspectos procedimentales y de actitudes y valores vinculados a la enseñanza-aprendizaje de la energía en el Bachillerato.

A manera de cierre de conclusiones y en notación matemática, tenemos:

$$\mathbf{CFC(E) = f\{EDCC [BLC (map + rc) + MREE (cae + dee) + cp]\} \rightarrow \langle E \rangle}$$

o

$$\mathbf{CFC(E)=f\{EDCC[BLC(map\langle E \rangle+rc\langle E \rangle)+MREE(cae\langle E \rangle+dee\langle E \rangle)+cp\langle E \rangle]\}}$$

Notación:

BLC: Base Lógico Conceptual.

cae: conversación, argumentación, explicación. Nivel estratégico-didáctico.

CFC: Construcción Formal del Conocimiento.

cp: conocimiento previo, tácito o de sentido común.

dee: descripción, explicación, ejemplificación. Dimensión epistemológica o lógica-conceptual.

E: Energía. Conocimiento científico particular.

EDCC: Estrategia Didáctica para la Construcción del Conocimiento Científico.

f: Función matemática = dependiente de...

map: Modelo de Análisis Proposicional.

MREE: Matriz de Relaciones Epistemológicas y Estratégicas.

rc: respuesta criterio.

-> : que opera sobre....

y(x) : y es función de x = la variable y depende de la variable x; (x) es la variable independiente y (y) es la variable dependiente.

9. Bibliografía.

- Allier, A., Cruz, M., Espinosa, J. J., González, J. A., Martínez, C. J.** (1996). Programa de Física III, de la ENP. UNAM.
- Allier, A. (Coordinador).** (2001). Manual de Experimentos de Física III, de la ENP. UNAM.
- Alonso, M., Finn, E.** (1996). On the notion of internal energy. *Physics Education*, v32, n. 4, p. 256-264.
- Ausubel, D.** (1973). Sobre "Aspectos Psicológicos de la estructura del Conocimiento". Cap. 6. p. 211, 212. Editorial Paidós.
- Ausubel, D.** (1968, 1976, 1978,). *Psicología Educativa*. México, Trillas.
- Ausubel, D.P., Novak, J.D. y Hanesian, H.** (1978, 1983). *Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo*, México, Trillas.
- Bloome, D.** (1992). Interacción e intertextualidad en el estudio de la lacto-escritura en las aulas: el microanálisis como una tarea teórica, en M. Rueda y M. A. Campos, *Investigación etnográfica en educación*, México: UNAM.
- Bravo, S., Espinosa, J. J., González, J. A., Moreno, D., Tambutti, R.,** (1993), *Investigación sobre la enseñanza de la mecánica*. CEF, Facultad de Ciencias, UNAM.
- Campos, M. A. y Gaspar, S.** (1989). Los conceptos de educación y aprendizaje en la teoría piagetiana, *Perfiles educativos*, nos 43-44. 3-10.
- Campos, M.A. y Gaspar, S.** (1996). "El modelo de análisis proposicional: un método para el estudio de la organización lógico-conceptual del conocimiento", en M.A. Campos y R. Ruiz, (Editores), *Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias*, México, UNAM, 51-92.
- Campos, M.A. y Gaspar, S.** (1996b). Las condiciones inmediatas de la construcción de conocimiento: un esquema para el análisis de la interacción en el aula", en M.A. Campos y R. Ruiz, (eds.), *Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias*, México, UNAM, 27-50.
- Campos, Ruiz y Alucema.** (1996). "Estructuras graduadas en el conocimiento aprendido), en M.A. Campos y R. Ruiz, (Editores), *Problemas de acceso al conocimiento y enseñanza de las ciencias*, México, UNAM, 93-111.
- Campos, M.A. y Gaspar, S.** (1997). La problemática actual del constructivismo en investigación cognoscitiva, *Siglo XXI, Perspectivas de la educación en América Latina*, año 3, vol. 1, no. 7, 20-35.
- Campos, M. A. y Gaspar, S.** (1999). Representación y construcción de conocimiento, *Perfiles Educativos*, Vol. XXI, nos. 83-84.
- Campos, Cortes y Gaspar,** (1999). "Análisis de discurso de la organización lógico-conceptual de estudiantes de biología de nivel secundaria" en *Revista Mexicana de Investigación Educativa*, vol. iv, núm. 7.
- Campos, M. A.** (2000). "Estrategias docentes con base en la organización lógico-conceptual del conocimiento en sistemas de educación virtual", en Campos, M. A. et al, *Construcción de conoci-*

miento y educación virtual, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.

Campos y Cortés. (2002). "Conversar, argumentar, explicar: una estrategia para la construcción de conocimiento científico", *Revista latinoamericana de estudios educativos*. Vol. XXII, numero 4. México, D. F.

Campos, M. A., Cortés, L., y Rossi, A. (2002). "Dinámica de la construcción de conocimiento científico sobre la teoría sintética de la evolución en el aula universitaria", en *Revista Intercontinental de Psicología y Educación*, vol. 4, núm. 2.

Campos, Gaspar y Cortés. (2003). Una estrategia de enseñanza para la construcción de conocimiento científico (EDCC), *Revista latinoamericana de estudios educativos*. Vol. XXXIII, numero 3. México, D. F.

Campos, M. A. y Salazar C. (2003) "El aporte escolar a la construcción de sexualidad", en *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades*, vol. XIII, núm. 1.

Campos, M. A. y Gaspar, S. (2004). "Estrategia didáctica para la Construcción de conocimiento", En S. Castañeda, *Psicología Educativa*, México, UAG. El Manual Moderno.

Carretero, M. (1993). *Constructivismo y educación*. Zaragoza: Edelvives, España.

Cisneros S., René et al, (2002, 2003). Informes sobre el Seminario de Enseñanza del Colegio de Física en la ENP, Plantel 8, UNAM. Documento interno, inédito.

Cordero, A. (1992). *La inteligibilidad racional y las ciencias*, en L. Olivé, *Racionalidad epistémica*, Madrid, Trota.

Coll S. C. (1990). *Aprendizaje escolar y construcción del conocimiento.*, Ed. Paidós, Barcelona.

Cortés, R. L. (2000). *Organización lógico conceptual del estudiante de nivel medio básico en el aprendizaje de conceptos científicos*. Tesis doctoral. Facultad de Filosofía y Letras, UNAM.

Delval, J. (1997). "La construcción del conocimiento cotidiano" en Rodrigo, M.J., et al, *La construcción del conocimiento escolar*. Paidós. Barcelona.

Díaz Barriga, F. D. Y Hernández Rojas, G. (1998). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo*, Ed. Mac Graw Hill. México.

Espinosa, Juan J., Tambutti, Romilio. (1987). *Reflexiones Criticas sobre nuestra Practica Docente*. Memoria 1er Encuentro sobre la Enseñanza de la Física en el Nivel Medio Superior, ENP. UNAM.

Flores, F. (2002), *Pagina de Ideas Previas*. Centro de ciencias aplicadas y desarrollo tecnológico, UNAM. <<http://ideasprevias.cinstrum.unam.mx:2048>>.

Forteza, A. (1993). *La construcción del conocimiento en ciencias físicas en el ciclo 12-16*. Diez años de investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias. CIDE: Madrid.

Freund, John E. y Manning S., Richard. (1989). *Estadística*. Prentice Hall S. A.

Hernández H.P. (1997). "Construyendo en constructivismo" en Rodrigo, M.J., et al, *La construcción del conocimiento escolar*. Paidós. Barcelona.

- Hewitt, P. G.** (1998). Física Conceptual. Editorial Adisson-Wesley. México.
- Jiménez Alexandre y Sanmarti, N.** (1997). ¿Qué ciencia enseñar?, Cuadernos de Formación del profesorado de Educación Secundaria: Ciencias de la Naturaleza. Barcelona.
- LeCompte, M. y Preissle, J.** (1992). Ethnography and qualitative design in educational research, San Diego, Academia Press.
- Luque, L. A., Ortega, R., Cubero, R.** (1997). "Concepciones constructivistas y practica escolar" en Rodrigo, M.J., et al, La construcción del conocimiento escolar. Paidós. Barcelona.
- Macias, A., Maturano, C. y Castro, J.** (1997). Evaluación de una experiencia de aula con un diseño basado en la teoría de la elaboración. Revista Enseñanza de las Ciencias. 15 (1). España.
- Medin, C. y Wattenmaker, W.** (1989). Category cohesiveness, theories and cognitive archeology, en U. Neisser, Concepts and conceptual development, Cambridge, Cambridge University Press.
- Novak, J. y Gowin, B.** (1988, 1999). Aprendiendo a aprender. Editorial Martínez Roca.
- Pérez Montiel, H.** (2001). Física general, Publicaciones Cultural, México.
- Piaget, J.** (1980). Problemas de psicología genética. Barcelona, Ariel.
- Pople, S.** (1997). Física razonada, Editorial Trillas. México.
- Pozo, Juan I., y Gómez Crespo, M.A.** (1998), Aprender y enseñar ciencia, Ediciones Morata, S.L. Madrid.
- Prawat, R.** (1992). Teacher's beliefs about teaching and learning: a constructivist perspective. American Journal of Education. 100.
- Puey, M., Escudero, T., Casas, J.** (1993). Alternativas en la introducción de conceptos de óptica en BUP y COU. Diez años de investigación e innovación en la enseñanza de las ciencias. CIDE. Madrid.
- Ramírez, J., Gil, D., Martínez Torregrosa, J.** (1994). La resolución de problemas en Física y Química como investigación. CIDE: Madrid.
- Resnick, Halliday y Krane.** (1993). Física, vol. 1. Compañía editorial Continental, México.
- Salinas de Sandoval, J., Cudman, L. De y Pesa de Danón, M.** (1993). Modelos espontáneos de razonar: un análisis de su incidencia sobre el aprendizaje de conocimiento físico a nivel universitario básico. VIII Reunión Nacional de Educación en la Física. Rosario, Argentina.
- Serrano G.T. y Blanco L. A.** (1988). Las ideas de los alumnos en el aprendizaje de las ciencias, Narcea S.A. de Ediciones. Madrid.
- Spiegel Murray, R. y Stephens J., Larry.** (2001). Estadística. Mc Graw-Hill.
- Solbes, J. y Tarín, F.** (1998). algunas dificultades en torno a la conservación de la energía. Enseñanza de las ciencias. Valencia, España.

Stenberg, R. (1987). The psychology of verbal comprehension, en R. Glaser, *Advances in instructional psychology*, vol. III, Hillsdale, LEA, 97-150.

Tippens, P. (2001). *Física, Conceptos y Aplicaciones*, Mc Graw-Hill. México.

Van Dijk, T. y W. Kintsch. (1983). *Strategies of discourse comprensión*, Orlando, Academic Press.

Anexo 1. Respuesta criterio o Base Lógico-Conceptual.

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN:
APLICACIÓN DE ESTRATEGIAS DE ENSEÑANZA Y ANALISIS DE LA ORGANIZACIÓN LOGICO-CONCEPTUAL EN ESTUDIANTES DE FÍSICA DE NIVEL MEDIO SUPERIOR (4to Año de Preparatoria) SOBRE EL CONCEPTO DE ENERGÍA

SEMINARIO DE PROCESOS COGNOSCITIVOS II, Posgrado en Pedagogía, FFyL, UNAM
Dr. Miguel Ángel Campos Hernández
Fís. René Cisneros Sandoval

PREGUNTAS:

1. ¿Que es la energía?
2. Explica con detalle cómo se produce la energía.
3. Da un ejemplo, un tipo de energía, con todo detalle que ilustre lo que acabas de explicar, indica en que consiste y cómo se produce ese tipo de energía.

RESPUESTA-CRITERIO.

La Respuesta Criterio se integró con información tomada de los libros: Física Conceptual, de P G Hewitt, Ed. Addison-Wesley; Física General de H. P. Montiel, Ed. Publicaciones Cultural; Física Razonada, de Stephen Pople, Ed. Trillas; Física, Conceptos y Aplicaciones de Tippens, P., Mc Graw-Hill.

R1. La **energía** es la **capacidad** de un **sistema físico** para realizar **trabajo**.

R2. Se produce **energía** cuando se convierte una **forma de energía** en **otra (forma de energía)** pero no se puede crear ni destruir (la **energía**). De esta forma la **suma total** de la **energía** permanece constante.

R3. La **energía mecánica** puede estar en la forma de **energía potencial** o de **energía cinética** o de ambas formas (de energía). La **energía** asociada al **movimiento** se conoce como **energía cinética**. La **energía** relacionada con la **posición** es la **energía potencial**. En el **movimiento** oscilatorio del **péndulo** se esta transformando continuamente **energía potencial** en **energía cinética** y viceversa (se transforma **energía cinética** en **energía potencial**). El **péndulo** tiene **energía potencial** máxima en los **extremos** de su **recorrido (trayectoria)**, en todas las **posiciones intermedias** tiene **energía potencial** y (**energía**) **cinética** en **proporciones** diversas, manteniéndose la **suma** de ambas **energías** siempre constante.

Análisis de Componentes de la Respuesta-Criterio (Pi, C, R. Otros).

P1. La **Energía** es la **capacidad** de un **sistema físico** para realizar **trabajo**. D

P2. Se produce **energía** cuando se convierte (= al convertirse) una **forma de energía** en **otra (forma de energía)**, pero no se puede crear ni destruir (la **energía**). E

P3. De esta forma la **suma total** de la **energía** permanece constante. E

P4. La **energía mecánica** puede estar en la forma de (= como...) **energía potencial**, de (...o) **energía cinética** o de ambas formas (de energía). D, E]

P5. La **energía** asociada al **movimiento** se conoce como **energía cinética**. D, E]

P6. La **energía** relacionada con la **posición** es la **energía potencial**. D, E]

P7. En el **movimiento** oscilatorio del **péndulo** se esta transformando continuamente **energía potencial** en **energía cinética** y viceversa (se transforma **energía cinética** en **energía potencial**) E]

P8. El **péndulo** tiene **energía potencial** máxima en los **extremos** de su **recorrido (trayectoria)**, E]

P9. (El **péndulo**)... en todas las **posiciones intermedias** tiene **energía potencial** y (**energía**) **cinética** en **proporciones** diversas, E]

P10. (En el **péndulo**) manteniéndose (= se mantiene) la **suma** de ambas **energías** siempre constante. E]

Anexo 2. Análisis de componentes de la respuesta criterio.

P1. La **Energía** es la **capacidad** de un **sistema físico** para realizar **trabajo**. D

OTROS	CONCEPTOS	RELACIONES LOGICAS
La	energía	C1 es R1
la	capacidad	C2 de R2
un	sistema físico	C3 para R3
		realizar R4
	trabajo	C4

P2. Se produce **energía** cuando se convierte (= al convertirse) una **forma de energía** en **otra (forma de energía)**, pero no se puede crear ni destruir (**la energía**). E

OTROS	CONCEPTOS	RELACIONES LOGICAS
		Se produce R5
	energía	cuando se convierte (equivale a "al convertirse") R6
una	forma de energía	C5 en R7
	otra (forma de energía)	pero R8
		no R9
		se puede R10
		crear R11
		ni R12
		destruir R13
(la)	(energía)	

P3. De esta forma la **suma total** de la **energía** permanece constante. E

OTROS	CONCEPTOS	RELACIONES LOGICAS
		De esta forma R14
la	suma total	C6 de R15
la	energía	permanece R16
constante		

P4. La **energía mecánica** puede estar en la forma de (= como...) **energía potencial**, de (...o) **energía cinética** o de ambas formas (de energía). D

OTROS	CONCEPTOS	RELACIONES LOGICAS
La	energía mecánica	C7 puede R17
		estar R18
		en la forma de (equivale a "como") R19
	energía potencial	C8 de (equivale a "o")
	energía cinética	C9 o R20
		de R21
ambas	formas(de energía)	

P5. La **energía** asociada al **movimiento** se conoce como **energía cinética** D, E]

OTROS	CONCEPTOS	RELACIONES LOGICAS
La	energía	asociada R22
al	movimiento	C10 se conoce R23
		como R24
	energía cinética	

P6. La energía relacionada con la posición es la energía potencial. D, EJ

OTROS	CONCEPTOS	RELACIONES LOGICAS
La	energía	relacionada con R25
la	posición	C11 es R26
la	energía potencial	

P7. En el movimiento oscilatorio del péndulo se esta transformando continuamente energía potencial en energía cinética y viceversa (se transforma energía cinética en energía potencial) EJ

OTROS	CONCEPTOS	RELACIONES LOGICAS
		En R27
el	movimiento	oscilatorio R28
		del R29
	péndulo	C12 se esta transformando R30
continuamente	energía potencial	en R31
	energía cinética	y R32
		viceversa(se transforma) R33
	(energía cinética)	(en) R34
	(energía potencial)	

P8. El péndulo tiene energía potencial máxima en los extremos de su recorrido (trayectoria), EJ

OTROS	CONCEPTOS	RELACIONES LOGICAS
El	péndulo	tiene R35
	energía potencial	máxima R36
		en R37
los	extremos	C13 de su R38
	recorrido (trayectoria)	C14

P9. (El péndulo)...en todas las posiciones intermedias tiene energía potencial y (energía) cinética en proporciones diversas, EJ

OTROS	CONCEPTOS	RELACIONES LOGICAS
(El)	(péndulo)	...en R39
todas las	posiciones intermedias	C15 tiene R40
	energía potencial	y R41
	(energía) cinética	en R42
	proporciones	C16
diversas		

P10. (En el péndulo) manteniéndose (= se mantiene) la suma de ambas energías siempre constante. EJ

OTROS	CONCEPTOS	RELACIONES LOGICAS
		(En) R43
(el)	(péndulo)	...manteniendo (equivale a "se mantiene") R44
la	suma	de R45
ambas	energías	siempre R46
constante		

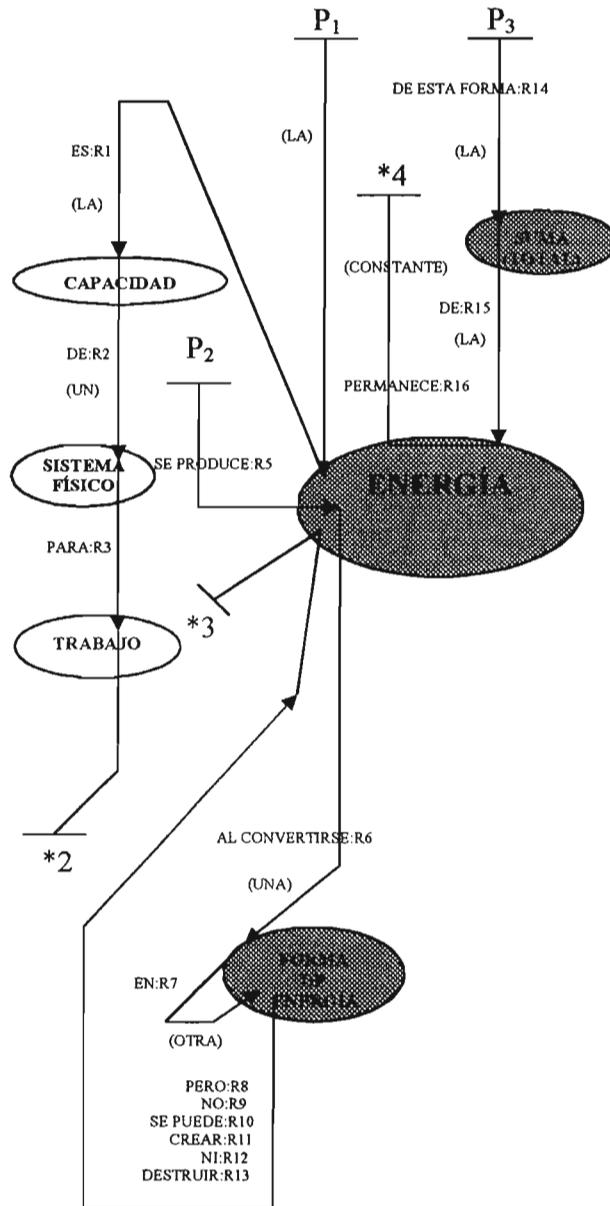
Clasificación de Proposiciones en niveles:

- Descriptivo (D). Proposiciones: **P1,P4,P5,P6**
- Explicativo (E). Proposiciones: **P2, P3,**
- Ejemplificativo (EJ). Proposiciones: **P4,P5,P6,P7,P8,P9,P10**

Anexo 3. Mapa proposicional de la respuesta criterio.

MAPA PROPOSICIONAL DE LA RESPUESTA CRITERIO

Versión operativa



Anexo 4. Análisis de componentes de los alumnos del grupo A de la preprueba y de la posprueba.

Anexo 4.1 PREPRUEBA. Análisis de componentes del estudiante AMLF, Grupo A.

El análisis del texto de la preprueba dividido en sus componentes proposicionales es el siguiente:

Proposición 1

1. (La) **(energía)** es la **resistencia** de un **cuerpo**.

OTROS	CONCEPTOS		RELACIONES LÓGICAS	
(La)	ENERGÍA	C1	es	r1
La	RESISTENCIA	C2	de	r2
un	CUERPO	C3		

Proposición 2

2. (La) **(energía)** se produce por medio de la **resultante** de una **fuerza** aplicada sobre un **cuerpo**.

OTROS	CONCEPTOS		RELACIONES LÓGICAS	
(La)	ENERGÍA		se produce	r3
			por medio de	r4
La	RESULTANTE	C4	de	r5
Una	FUERZA	C5	aplicada	r6
			sobre	r7
Un	CUERPO			

Proposición 3

3. La **energía eléctrica** consiste en la **iluminación** y esta (**iluminación**) es producida por el **movimiento** de **iones positivos** y (**iones**) **negativos**.

OTROS	CONCEPTOS		RELACIONES LÓGICAS	
(La)	ENERGÍA ELÉCTRICA	C6	consiste en	r8
La	ILUMINACIÓN	C7	y	r9
	ESTA (ILUMINACIÓN)		es producida	r10
			por	r11
EI	MOVIMIENTO	C8	de	r12
	IONES POSITIVOS	C9	Y	r13
	(IONES NEGATIVOS)	C10		

Anexo 4.2. POSPRUEBA. Análisis de componente del estudiante AMLF, Grupo A.

El análisis del texto de la posprueba dividido en sus componentes proposicionales es el siguiente:

Proposición 1

1. (La) **(energía)** es la **capacidad para realizar un trabajo.**

OTROS	CONCEPTOS		RELACIONES LÓGICAS	
(La)	ENERGÍA	C1	es	r1
La	CAPACIDAD	C2	para	r2
			realizar	r3
Un	TRABAJO	C3		

Proposición 2

2. (La) **(energía)** se produce transformando una **energía** en otra **(energía)** por medio de aplicar una **fuerza** a un **cuerpo** y **desplazándolo.**

OTROS	CONCEPTOS		RELACIONES LÓGICAS	
(La)	ENERGÍA		se produce	r4
			transformando	r5
Una	ENERGÍA		en	r6
	OTRA (ENERGÍA)		por medio de	r7
			aplicar	r8
una	FUERZA	C4	a	r9
un	CUERPO	C5	y	r10
			desplazándolo	r11

Proposición 3

3. La **energía mecánica** que se presenta en el **péndulo** al moverse.

OTROS	CONCEPTOS		RELACIONES LÓGICAS	
(La)	ENERGÍA MECÁNICA	C6		
que			se presenta	r12
			en	r13
el	PÉNDULO	C7	al moverse	r14

Anexo 5. Análisis de componentes de los alumnos del grupo B de la preprueba y de la posprueba.

Anexo 5.1 PREPRUEBA. Análisis de componente del estudiante GMJ, Grupo B.

El análisis del texto de la preprueba dividido en sus componentes proposicionales es el siguiente:

Proposición 1

1. (La) (energía) es un tipo de trabajo mecánico.

OTROS	CONCEPTOS		RELACIONES LÓGICAS	
(La)	(ENERGÍA)	C1	es	r1
un	TIPO	C2	de	r2
	TRABAJO MECANICO	C3		

Proposición 2

2. (La) (energía) se produce por la fuerza acumulada en los cuerpos, (la) (cual) al liberarse genera trabajo en los cuerpos.

OTROS	CONCEPTOS		RELACIONES LÓGICAS	
(La)	(ENERGÍA)		se produce	r3
			por	r4
la	FUERZA	C4	acumulada	r5
			en	r6
los	CUERPOS	C5		
(la)	(CUAL)		al liberarse	r7
			genera	r8
	TRABAJO		en	r9
los	CUERPOS			

Proposición 3

3. La energía calorífica se produce por fricción de dos o más cuerpos, éstos al rozar ejercen una fuerza de un cuerpo con otro (cuerpo) produciendo un trabajo mecánico.

OTROS	CONCEPTOS		RELACIONES LÓGICAS	
La	ENERGIA CALORÍFICA	C6	se produce	r10
			por	r11
	FRICCION	C7	de	r12
dos			o	r13
mas	CUERPOS		, (=y)	r14
	ESTOS (CUERPOS)		al rozar	r15
			ejercen	r16
una	FUERZA		de	r17
un	CUERPO		con	r18
	OTRO (CUERPO)		produciendo	r19
un	TRABAJO MECÁNICO			

Anexo 5.2 POSPRUEBA. Análisis de componente del estudiante GMJ, Grupo B.

El análisis del texto de la posprueba dividido en sus componentes proposicionales es el siguiente:

Proposición 1

1. (La) **(energía)** es lo **(aquello)** que *produce* un **trabajo**.

OTROS	CONCEPTOS		RELACIONES LÓGICAS	
(La)	ENERGÍA	C1	es	r1
	LO (AQUELLO)	C2		
que			produce	r2
un	TRABAJO	C3		

Proposición 2

2. La **energía** *se produce* *al desplazarse* un **cuerpo** *contra* la **fuerza gravitacional** *ya que se realiza* un **trabajo**.

OTROS	CONCEPTOS		RELACIONES LÓGICAS	
La	ENERGÍA		se produce	r3
			al desplazarse	r4
un	CUERPO	C4	contra	r5
la	FUERZA GRAVITACIONAL	C5	ya que	r6
			se realiza	r7
un	TRABAJO			

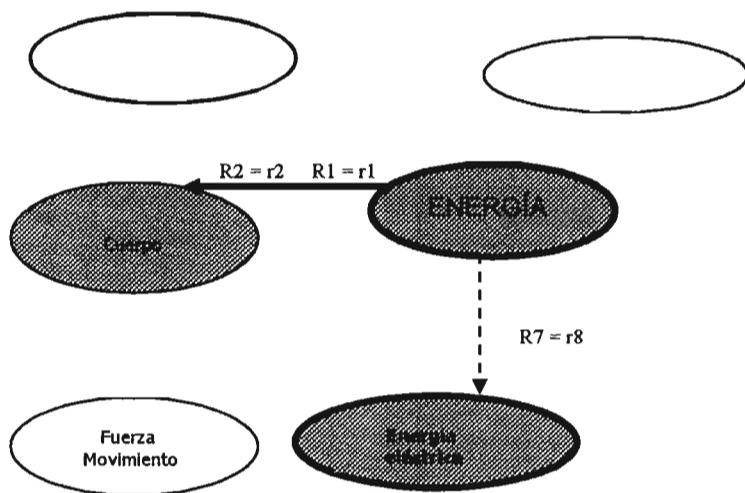
Proposición 3

3. La **energía potencial** *de* un **objeto** que *se obtiene* *al realizar* un **trabajo** *contra* la **gravedad**.

OTROS	CONCEPTOS		RELACIONES LÓGICAS	
La	ENERGÍA POTENCIAL	C6	de	r8
un	OBJETO			
que			se obtiene	r9
			al realizar	r10
un	TRABAJO		contra	r11
la	GRAVEDAD			

Anexo 6. Mapas de correspondencia del grupo A de la preprueba y de la posprueba.

MAPA DE CORRESPONDENCIA CONCEPTUAL Y RELACIONAL DEL ALUMNO: AMLF
PREPRUEBA, GRUPO A.



CONCEPTOS IDÉNTICOS: ENERGÍA,
SISTEMA FÍSICO = Cuerpo,
FORMA DE ENERGÍA = E. eléctrica.
CONCEPTOS EQUIVALENTE:

CONCEPTOS ALUSIVOS: TRABAJO =
fuerza, movimiento.

NÚCLEO CONCEPTUAL

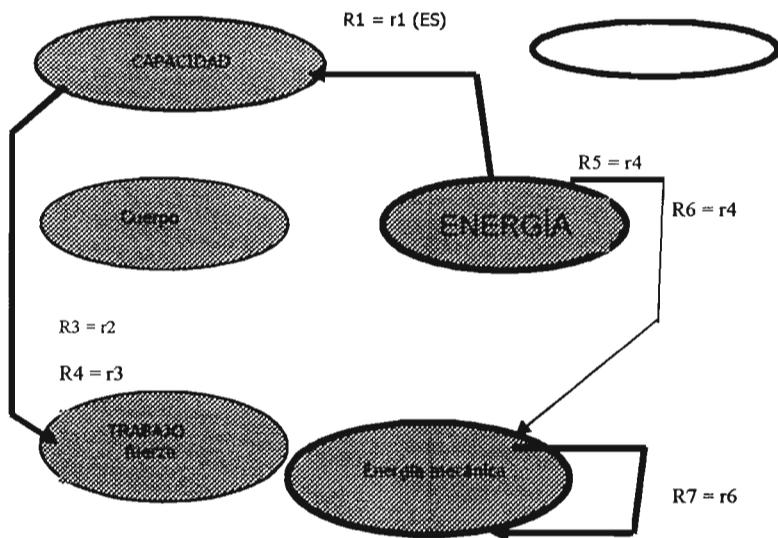
N. C. IDÉNTICO: ENERGÍA.
FORMA DE ENERGÍA = energía eléctrica.

REL. IDÉNTICAS: R1 = r1 (ES), R2 = r2 (DE).

REL. EQUIVALENTE:

REL. ALUSIVAS: R7 = R8 (EN = consiste en).

MAPA DE CORRESPONDENCIA CONCEPTUAL Y RELACIONAL DEL ALUMNO: AMLF
POSPRUEBA, GRUPO A.



CONCEPTOS IDÉNTICOS: ENERGÍA,
SISTEMA FÍSICO = Cuerpo,
CAPACIDAD, FORMA DE ENERGÍA =
Energía mecánica, TRABAJO.

CONCEPTOS EQUIVALENTE:

CONCEPTOS ALUSIVOS:
TRABAJO = fuerza.

NÚCLEO CONCEPTUAL

N. C. IDÉNTICO: ENERGÍA, FORMA DE
ENERGÍA = Energía mecánica.

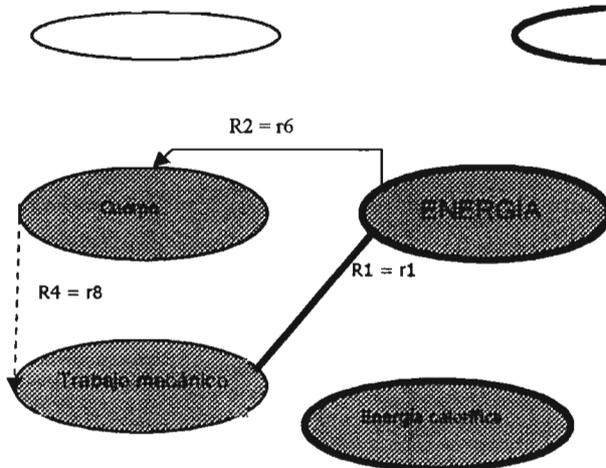
REL. IDÉNTICAS: R1 = r1 (ES),
R3 = r2 (PARA), R4 = r3 (REALIZAR),
R5 = r4 (SE PRODUCE), R7 = r6 (EN).

REL. EQUIVALENTE: R6 = r4 (AL
CONVERTIRSE = Se transforma).

REL. ALUSIVAS:

Anexo 7. Mapas de correspondencia del grupo B de la preprueba y de la posprueba.

MAPA DE CORRESPONDENCIA CONCEPTUAL Y RELACIONAL DEL ALUMNO: GMJ
PREPRUEBA, GRUPO B.



CONCEPTOS IDÉNTICOS: ENERGÍA, SISTEMA FÍSICO = Cuerpo, TRABAJO (mecánico), FORMA DE ENERGÍA = Energía calorífica.

CONCEPTOS EQUIVALENTES:

CONCEPTOS ALUSIVOS:

NÚCLEO CONCEPTUAL

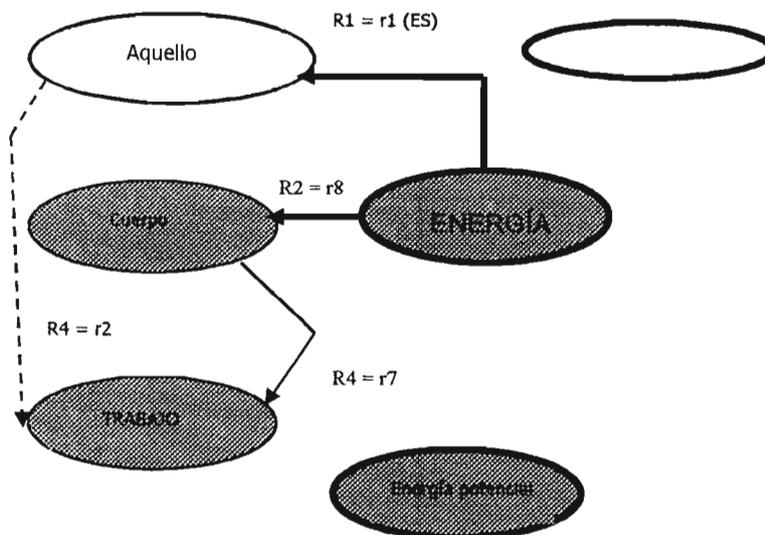
N. C. IDÉNTICO: ENERGÍA, FORMA DE ENERGÍA = Energía calorífica.

REL. IDÉNTICAS: R1 = r1 (ES).

REL. EQUIVALENTES: R2 = r6 (DE = en).

REL. ALUSIVAS: R4 = r8 (REALIZAR = genera).

MAPA DE CORRESPONDENCIA CONCEPTUAL Y RELACIONAL DEL ALUMNO: GMJ
POSPRUEBA, GRUPO B.



CONCEPTOS IDÉNTICOS: ENERGÍA, SISTEMA FÍSICO = Cuerpo, TRABAJO, FORMA DE ENERGÍA = Energía potencial.

CONCEPTOS EQUIVALENTES:

CONCEPTOS ALUSIVOS: CAPACIDAD = Aquello.

NÚCLEO CONCEPTUAL

N. C. IDÉNTICO: ENERGÍA, FORMA DE ENERGÍA = Energía potencial.

REL. IDÉNTICAS: R1 = r1 (ES), R2 = r8 (DE),

REL. EQUIVALENTES: R4 = r7 (REALIZAR = se realiza).

REL. ALUSIVAS: R4 = r2 (REALIZAR = produce)

Anexo 8. Tablas de índices del grupo A de la preprueba y de la posprueba.

**TABLA 1: CONCEPTO DE ENERGÍA
CLASIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN CONCEPTUAL**

GRUPO: "A" PREPRUEBA

**TABLA 1
GRUPO A, PRETEST**

	C	R	d	cc	cr	c	q	qcorr	MARCO
			C/R				ccxcr	q + c	
1	8	11	0.727	0.500	0.250	0.666	0.125	0.791	MC
2	10	13	0.769	0.666	0.187	0.666	0.125	0.791	MC
3	9	16	0.563	0.666	0.375	0.666	0.250	0.916	MC
4	9	16	0.563	0.500	0.000	0.666	0.000	0.666	MC
5	6	11	0.545	0.833	0.187	0.666	0.156	0.822	MC
6	12	22	0.545	0.666	0.187	0.666	0.125	0.791	MC
7	9	10	0.900	0.500	0.062	0.666	0.031	0.697	MC
8	5	10	0.500	0.666	0.125	0.666	0.083	0.749	MC
9	11	19	0.579	0.666	0.062	0.666	0.041	0.707	MC
10	9	10	0.900	0.833	0.250	0.666	0.208	0.874	MC
11	9	11	0.818	0.500	0.250	0.666	0.125	0.791	MC
12	9	16	0.563	0.666	0.125	0.666	0.083	0.749	MC
13	9	14	0.643	0.833	0.187	0.666	0.156	0.822	MC
14	9	14	0.643	0.666	0.062	0.666	0.041	0.707	MC
15	8	10	0.800	0.500	0.062	0.666	0.031	0.697	MC
PROM	8.8	13.533	0.6705	0.6441	0.1581	0.666	0.1053	0.7713	MC
DESV	1.6987	3.6814	0.1368	0.1237	0.100	0.000	0.070	0.070	

Notación: C = número de conceptos; R = número de relaciones lógicas; d = densidad; cc = correspondencia conceptual; cr = correspondencia en relaciones lógicas; c = correspondencia en el núcleo conceptual; q = calidad en conceptos y relaciones lógicas; Q = calidad general del discurso; MC = Marco Conceptual; MR = Marco Referencial; MN = Marco Nocional.

TABLA 2: CONCEPTO DE ENERGÍA
CLASIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN CONCEPTUAL

GRUPO: "A" POSPRUEBA

TABLA 2
GRUPO A, POSTEST

	C	R	d	cc	cr	c	q	qcorr	MARCO
			C/R				ccxcr	q + c	
1	10	16	0.625	0.833	0.437	1.000	0.364	1.364	MC
2	7	14	0.500	0.833	0.375	0.666	0.312	0.978	MC
3	6	19	0.316	0.666	0.437	0.666	0.291	0.957	MC
4	9	17	0.529	0.666	0.250	0.666	0.167	0.833	MC
5	7	12	0.583	0.833	0.500	0.666	0.417	1.083	MC
6	10	13	0.769	0.833	0.187	0.666	0.156	0.822	MC
7	6	15	0.400	0.500	0.562	0.666	0.281	0.947	MC
8	6	12	0.500	0.833	0.437	0.666	0.364	1.030	MC
9	5	9	0.556	0.666	0.312	0.666	0.208	0.874	MC
10	8	7	1.143	0.833	0.250	0.666	0.208	0.874	MC
11	7	16	0.438	0.666	0.500	0.666	0.333	0.999	MC
12	12	22	0.545	1.000	0.500	1.000	0.500	1.500	MC
13	4	10	0.400	0.500	0.312	0.333	0.156	0.489	MR
14	8	18	0.444	0.666	0.062	0.666	0.041	0.707	MC
15	9	20	0.450	0.833	0.562	1.000	0.468	1.468	MC
PROM	7.6	14.667	0.5466	0.7441	0.3789	0.7106	0.2841	0.9952	MC
DESV	2.1314	4.237	0.1973	0.139	0.1465	0.1723	0.1293	0.2743	

Notación: C = número de conceptos; R = número de relaciones lógicas; d = densidad; cc = correspondencia conceptual; cr = correspondencia en relaciones lógicas; c = correspondencia en el núcleo conceptual; q = calidad en conceptos y relaciones lógicas; Q = calidad general del discurso; MC = Marco Conceptual; MR = Marco Referencial; MN = Marco Nocional.

Anexo 9. Tablas de índices del grupo B de la preprueba y de la posprueba.

**TABLA 3: CONCEPTO DE ENERGÍA
CLASIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN CONCEPTUAL**

GRUPO: "B" PREPRUEBA

**TABLA 3
GRUPO B, PRETEST**

	C	R	d	cc	cr	c	q	qcorr	MARCO
			C/R				ccxcr	q + c	
1	9	10	0.900	0.666	0.125	0.666	0.083	0.749	MC
2	6	6	1.000	0.666	0.062	0.666	0.041	0.707	MC
3	9	16	0.563	0.666	0.125	0.666	0.083	0.749	MC
4	7	19	0.368	0.666	0.187	0.666	0.125	0.791	MC
5	5	12	0.417	0.500	0.312	0.666	0.156	0.822	MC
6	8	10	0.800	0.666	0.250	0.666	0.167	0.833	MC
7	7	15	0.467	0.833	0.250	0.666	0.208	0.874	MC
8	8	14	0.571	0.500	0.062	0.666	0.031	0.697	MC
9	8	15	0.533	0.666	0.250	0.666	0.167	0.833	MC
10	9	13	0.692	0.500	0.062	0.666	0.031	0.697	MC
11	9	21	0.429	0.833	0.125	0.666	0.104	0.770	MC
12	11	19	0.579	0.666	0.187	0.666	0.125	0.791	MC
13	9	13	0.692	0.833	0.312	0.666	0.260	0.926	MC
14	9	12	0.750	0.666	0.437	0.666	0.291	0.957	MC
15	6	7	0.857	0.666	0.125	0.666	0.083	0.749	MC
PROM	8	13.467	0.6412	0.6662	0.1914	0.666	0.130	0.7963	MC
DESV	1.5584	4.274	0.1912	0.109	0.1094	0.000	0.0788	0.0788	

Notación: C = número de conceptos; R = número de relaciones lógicas; d = densidad; cc = correspondencia conceptual; cr = correspondencia en relaciones lógicas; c = correspondencia en el núcleo conceptual; q = calidad en conceptos y relaciones lógicas; Q = calidad general del discurso; MC = Marco Conceptual; MR = Marco Referencial; MN = Marco Nocial.

TABLA 4: CONCEPTO DE ENERGÍA
CLASIFICACIÓN DE LA ORGANIZACIÓN CONCEPTUAL

GRUPO: " B " POSPRUEBA

TABLA 4
GRUPO B, POSTEST

	C	R	d	cc	cr	c	q	qcorr	MARCO
			C/R				ccxcr	q + c	
1	8	12	0.667	0.666	0.125	0.666	0.083	0.749	MC
2	9	14	0.643	0.666	0.187	0.666	0.125	0.791	MR
3	9	12	0.750	0.666	0.125	0.333	0.083	0.416	MC
4	6	11	0.545	0.833	0.250	0.666	0.208	0.874	MC
5	6	11	0.545	0.833	0.500	0.666	0.417	1.083	MC
6	8	9	0.889	0.833	0.187	0.666	0.156	0.822	MC
7	9	11	0.818	0.833	0.125	0.666	0.104	0.770	MC
8	9	16	0.563	0.666	0.312	0.666	0.208	0.874	MC
9	7	9	0.778	0.500	0.125	0.333	0.063	0.396	MR
10	9	11	0.818	0.833	0.250	0.666	0.208	0.874	MC
11	9	12	0.750	0.833	0.125	0.666	0.104	0.770	MC
12	10	18	0.556	0.833	0.250	1.000	0.208	1.208	MC
13	10	11	0.909	0.666	0.125	0.666	0.083	0.749	MC
14	7	7	1.000	0.500	0.125	0.666	0.063	0.729	MC
15	7	15	0.467	0.666	0.312	0.666	0.208	0.874	MC
PROM	8.2	11.933	0.7132	0.7218	0.2082	0.6439	0.1552	0.799	MC
DESV	1.3202	2.8402	0.1586	0.1206	0.107	0.1526	0.093	0.206	

Notación: C = número de conceptos; R = número de relaciones lógicas; d = densidad; cc = correspondencia conceptual; cr = correspondencia en relaciones lógicas; c = correspondencia en el núcleo conceptual; q = calidad en conceptos y relaciones lógicas; Q = calidad general del discurso; MC = Marco Conceptual; MR = Marco Referencial; MN = Marco Nocial.

Anexo 10. Guión de la dinámica de conversación, argumentación sobre energía en el grupo 456. Grupo experimental.

Clase	GUIÓN DE LA DINÁMICA DE CONVERSACIÓN, ARGUMENTACIÓN SOBRE ENERGÍA EN EL GRUPO 456 (GRUPO EXPERIMENTAL)	Dibujo y/o fórmula en el pizarrón. Y Notas.	P. en maestros	P. en alumnos
C1	<p>A continuación se reconstruye* el guión de algunas de las dinámicas de conversación y argumentación dadas en clase entre el maestro (M) y los alumnos (As) del grupo A (experimental) sobre el tema de energía. No se explicitan todas las intervenciones ni actividades desarrolladas, mas bien se aglutinan y especifican las más importantes, relacionadas con la estrategia seguida. Las diferentes intervenciones se dieron a lo largo del desarrollo del tema de energía, que abarcó la mayor parte de 3 sesiones dobles de clase c/u de 50 minutos.</p> <p>Notación: Pregunta (PR), Proposición (P), Respuesta (R), Situación experimental (S), Ejemplo (E). El signo corresponde a conocimiento incorrecto (-) o formal (+) del alumno.</p> <p>* Se reconstruyeron, a partir de las notas y memorias de clase anotadas posteriormente al desarrollo del tema, pues debido a problemas técnicos con las grabaciones sonoras de las clases, no se pudo contar con ellas.</p> <p>Nota: los puntos suspensivos denotan actividades diversas que se realizaron al inicio de la clase como pasar lista, recoger tareas y registrarlas, revisar actividades que se trabajan para la semana de la ciencia, próxima a realizarse y posteriores al tema de energía. También denotan actividades durante la clase que consumen tiempo como: intercambio de opiniones, reflexiones en equipo, conversaciones y argumentaciones por alumnos y maestro; además de escribir, borrar y reescribir en el pizarrón los puntos importantes sobre la parte del tema que se está abordando. Todas constituyen actividades importantes para el desarrollo del curso que no pueden soslayarse y que consumieron tiempo de las clases.</p> <p>.....</p> <p>Al inicio del tema de energía se les preguntó a los alumnos qué es energía, cómo se produce ésta y se pidieron ejemplos sobre diversos tipos de formas de energía. Se explicitaron puntos de vista, hubo intercambio de opiniones. Las respuestas que dieron se anotaron en el pizarrón, dichas respuestas sirvieron para continuar la clase, la primera pregunta y respuesta se abordó en seguida y la segunda pregunta y respuesta se utilizaron más adelante en clase; todo ello con base en la propuesta didáctica de preguntas, argumentación, interacción conversación, que estamos probando.</p>	<p>Instrucciones.</p> <p>Cada clase (C) para este grupo es de 2 sesiones de 50 minutos.</p> <p>Nota</p> <p>Nota</p> <p>Inicio de la Clase 1. (2 Sesiones) Se paso lista de asistencia, se registraron y recogieron tareas</p>		

<p>cubeta colgada que no se mueve, no lo hace porque no hay fuerza (la resultante es cero) y por tanto no hay energía.</p> <p>As..... y también, reflexionan y opinan que cuando se corta la cuerda, la fuerza (de la gravedad está desequilibrada, ya no es cero) y la cubeta se mueve hacia abajo (cae) y por consiguiente hay energía.</p> <p>.....</p> <p>M. Les pido ahora que piensen en varios ejemplos donde se aplique su definición de energía y si encuentran algunos ejemplos donde no se aplica, también los expongan para discutirlos.</p> <p>.....</p> <p>As y M. Los alumnos opinan libremente y hacen comentarios con el maestro y entre ellos, de diferentes energías y situaciones donde se presentan. El maestro las escribe en el pizarrón y después de discutir con los alumnos su posible agrupación, las rescribe. Las respuestas dadas se escribieron en el pizarrón de la forma siguiente:</p> <p>Algunos ejemplos donde se aplica su definición de energía:</p> <p>E1. Un balón de fútbol que es pateado a gol E2. Un coche con movimiento acelerado. E3. Clavar un clavo con un martillo</p> <p>Algunos ejemplos donde no se aplica su definición de energía:</p> <p>E4. Un foco encendido E5. La llama de una vela E6. Una llanta quemándose E7. Gasolina en un bote, quemándose</p> <p>M. Por falta de tiempo sólo vamos a analizar los primeros casos. En el caso del E1, ¿quién quiere analizarlo utilizando la definición dada sobre energía?</p> <p>A1: El balón, al ser pateado, se le aplica una fuerza que lo mueve y sale disparado, la fuerza y la energía están presentes.</p> <p>A2: En el caso del E2, la fuerza para mover el automóvil la proporciona el motor y por ello se mueve aceleradamente y entonces ahí está la energía, tanto en la combustión como en el movimiento</p> <p>A3: El foco (E4) encendido está consumiendo energía eléctrica e ilumina mi cuarto, pero no hay movimiento en mi cuarto ni fuerza de la luz, sin embargo yo veo que hay energía luminosa como la del sol.</p> <p>A4: Al quemarse la gasolina del bote, se produce una llama y</p>	<p>Texto en Pizarrón</p> <p>Texto en Pizarrón</p>	<p>P1 -</p> <p>P1 - P1 - P1 -</p> <p>P2 - P2 - P2 - P2 -</p> <p>P1 -</p> <p>P1 -</p> <p>P2 -</p>	<p>P1 -</p> <p>P1 - P1 - P1 -</p> <p>P2 - P2 - P2 - P2 -</p> <p>P1 -</p> <p>P1 -</p> <p>P2 -</p>
---	---	--	--

	<p>calor, pero no veo dónde está la fuerza y si siento que el calor me quema si me acerco.</p> <p>M. Como ustedes pueden darse cuenta, la definición explica algunos ejemplos y otros no. Pero de lo que responden surge otra pregunta que es un tanto simple por obvia. ¿Hay una o varias formas de energía? ¿Qué responden a esto?</p> <p>As. Hay varias formas de energía. Por ejemplo, la e. potencial, la e. cinética, la e. eléctrica.</p> <p>M. Les pido que anoten en el pizarrón un tipo o forma de energía que conozcan.</p> <p>.....</p> <p>As: Energía cinética, e. potencial, e. mecánica, e. química, e. luminosa, e. eléctrica, e. nuclear, e. del viento, e. térmica.</p> <p>M. Muy bien</p> <p>La primera clase llega a su fin, el maestro deja tarea para casa.</p>	<p>Texto en Pizarrón</p> <p>Nota</p>		<p>P2 -</p>
<p>C2</p>	<p>.....</p> <p>M. Es evidente que la definición que ustedes han dado sobre energía no se aplica a todas las formas de energía y consecuentemente está incompleta. Les voy a exponer una definición sobre energía tomada de diversas fuentes científicas y les voy a pedir que la apliquen a los casos anteriores y la comparen con su propia definición.</p> <p>¿Qué es la energía?</p> <p>Energía es la capacidad de un sistema físico para realizar trabajo</p> <p>Trabajo es el producto de una fuerza por el desplazamiento del cuerpo en la dirección de la fuerza.</p>	<p>Inicio de la Clase 2. Se pasó lista de asistencia, se registraron y recogieron tareas. El maestro da seguimiento a la discusión e inicia la presentación formal sobre energía</p> <p>Definición formal de energía y trabajo</p> <p>$E = T$ $T = F \cdot D$</p>	<p>P1</p>	

<p>M. Ese algo que le permite a un objeto realizar trabajo es la energía, la cual, al igual que el trabajo, se mide en joules. La energía se da en muchas formas, como ustedes ya lo ejemplificaron.</p> <p>M. La energía asociada al movimiento se conoce como energía cinética y la relacionada con la posición es la energía potencial. Existen otras formas de energía además de la energía mecánica (potencial y cinética), térmica, eléctrica y magnética, radiante, atómica, eólica.</p> <p>.....</p> <p>M. Si ahora comparamos estas 2 definiciones, tenemos en la primera que la energía es una fuerza que hace que los cuerpos se muevan y en la segunda definición la energía es la capacidad de un sistema físico para realizar trabajo y el trabajo está relacionado con la fuerza y el desplazamiento del cuerpo sobre el que se aplica. En esta última definición se establece que la energía aunque relacionada con la fuerza por medio del trabajo (fuerza por desplazamiento) no es igual a ella; la energía es una capacidad de realizar trabajo, lo cual implica que no sólo puede producir movimiento (energía cinética) sino también puede hacer que un cuerpo por medio del trabajo cambie de posición (altura) respecto del suelo y acumule energía por la nueva posición que alcanza (energía potencial).</p> <p>Lo anterior nos permite tener una definición más completa y mejor sobre energía y darnos cuenta de las limitaciones y equívocos de la primera definición que identifica a energía con fuerza lo cual no es cierto y que relaciona a la energía sólo con los cuerpos en movimiento (energía cinética) y no con la posición (altura relativa) o energía potencial que pueda tener un cuerpo y que no es contemplada en dicha definición.</p> <p>.....</p> <p>A continuación vamos a aplicar, esta segunda definición de energía a la situación 1 (S1) y si nos da tiempo a los ejemplos 1, 2 y 4 ya analizados con la definición anterior:</p> <p>M. La S1 plantea el caso de una cubeta con agua colgada de una cuerda amarrada al techo del salón sobre la cual están actuando 2 fuerzas. Sabemos que hay 2 fuerzas del mismo tamaño actuando sobre la cubeta pero de sentidos contrarios, de tal manera que la fuerza resultante es cero. De acuerdo a la nueva definición sobre qué es la energía, cómo contestarían la pregunta de si ¿la cubeta tiene algún tipo de energía?</p> <p>.....</p>	<p>$[T] = [F] [D]$ $=$ $N m = \text{Joules}$ $[E] = [T] =$ Joules</p> <p>Energía cinética Energía potencial</p> <p>P5 P6</p> <p>P1</p> <p>P5 P4</p> <p>Dibujo en Pizarrón Suma de fuerzas $F1 + F2 = 0$</p>		
---	---	--	--

<p>As. La cubeta al estar colgada a cierta altura, tiene una energía (potencial) por la posición o altura respecto del suelo</p> <p>As. Si la cuerda que la sostiene es cortada, la cubeta cae moviéndose hacia el suelo y adquiere energía de movimiento.</p> <p>As. Maestro, se me ocurre una tercera situación, qué tiene que ver con lo que se tuvo que hacer para llevar a la cubeta desde el suelo y colgarla de la cuerda. En esa parte, pienso que una persona tuvo que realizar un trabajo sobre la cubeta, gastando su propia energía al subirla para colgarla de la cuerda.</p> <p>M. Muy bien. Estas respuestas enriquecen nuestras posibilidades de análisis. Ahora les pregunto: al irse moviendo la cubeta hacia arriba o hacia abajo ¿qué energía tiene la cubeta?</p> <p>.....</p>			<p>P6+</p> <p>P5+</p> <p>P1+</p>
<p>As. Mientras tenga cierta altura respecto del suelo, moviéndose para arriba o para abajo, tendrá energía potencial y energía de movimiento, energía cinética.</p> <p>.....</p> <p>M. Aquí la cosa se pone más interesante, haber jóvenes que ideas y preguntas surgen de reflexionar sobre lo que acaban de responder.</p> <p>.....</p>		<p>P5</p> <p>P6</p>	<p>P5+</p> <p>P6+</p>
<p>M. ¿Qué pasa con la energía al ir subiendo la cubeta?</p> <p>As. Al ir subiendo la cubeta, va adquiriendo más energía potencial.</p> <p>As. Al llegar a la posición donde se cuelga la cubeta tiene una energía potencial acumulada por la posición que alcanzó.</p> <p>M. El maestro toma el libro de Física, lo levanta a cierta altura de la mesa de laboratorio, y lo deja caer, simulando la caída de la cubeta, y pidiendo a los alumnos que observen la caída. Esta experiencia la repite varias veces, al tiempo que pregunta: ¿que pasa con la cubeta y su energía, cuando se corta la cuerda?</p>		<p>P2</p>	<p>P2+</p> <p>P6+</p> <p>P6+</p>
<p>As. Cuando la cubeta va cayendo, la cubeta cada vez tiene menos altura y menos energía potencial.</p> <p>As. El movimiento de la cubeta en su caída hace presente otra energía, la de movimiento.</p> <p>As. ¿El movimiento y la energía respectiva son debidas a la</p>		<p>P2</p>	<p>P2+</p> <p>P6+</p> <p>P2+</p> <p>P5+</p> <p>P1+</p>

<p>fuerza de gravedad?</p> <p>M. Al subir se hizo un trabajo a costas que se convirtió en la Ep de la cubeta colgada. Al caer la cubeta, pierde altura y gana velocidad. Pierde e. potencial y gana e. cinética. Mi pregunta es si estas dos energías están relacionadas.</p> <p>M. lo anterior tiene que ver con la pregunta de: ¿Cómo se produce la energía? ¿Qué responden a ello?</p> <p>.....</p> <p>As: La energía se produce por medio de una fuerza o actividad</p> <p>As: La energía se produce por medio del aire, el agua, el sol.</p> <p>M. La respuesta 2, no está diciendo cómo se produce la energía sólo dice quién lo hace y la respuesta 1 sí lo dice, de ahí que únicamente ésta es válida.</p> <p>Ahora les voy a pedir que apliquen su respuesta de cómo se produce la energía a la situación ya conocida de la cubeta llena de agua que cuelga a cierta altura del suelo y cuya cuerda de sostén es cortada y la cubeta cae.</p> <p>As. La cubeta de agua colgando tiene una energía potencial. Al cortarse la cuerda, la cubeta cae por la fuerza de gravedad y va perdiendo altura y energía potencial, pero va hacia abajo y dicho movimiento es una energía cinética adquirida debido a la misma fuerza de gravedad y de esa manera se produce la energía cinética.</p> <p>M. Bien, tiene sentido tu explicación, lo cual me lleva a otra pregunta, ¿qué le pasó a la energía potencial de la cubeta al caer?</p> <p>As. Se va disminuyendo con la altura hasta que se acaba.</p> <p>M. La energía potencial que se acabó, ¿se perdió o qué le pasó?</p> <p>As. Sí maestro, se pierde.</p> <p>M. ¿Se pierde o se transforma?</p> <p>As. Se pierde, porque ya se utilizó, ya se perdió, ya no la puedo recuperar</p> <p>M. Bien, tengo otra pregunta para ustedes: ¿cómo se produjo la energía cinética de la cubeta al caer?</p>	<p>Nota. Se opina, argumenta y acuerda.</p>	<p>P1</p> <p>P2</p>	<p>P2 -</p>
--	---	---	---

	<p>As. Surge de la fuerza de gravedad que atrae a la cubeta y por eso se mueve hacia el suelo.</p> <p>As. Aparece por el movimiento de la cubeta hacia abajo.</p> <p>M. De lo que se ha comentado, podemos decir que la energía potencial de la cubeta, al caer, se perdió y por otra parte se creó energía cinética al moverse la cubeta en la caída, ambas cosas debidas a la fuerza de gravedad que es la que desaparece y aparece energía potencial o energía cinética respectivamente. Además, si se pierde la energía quiere decir que no se puede recuperar y que llegará un momento en que se agote la energía en el universo, o por lo menos la que usamos, ¿cierto?</p> <p>As. Sí, todos.</p> <p>A1. Como la del petróleo.</p> <p>M. Pero qué pasa si no se pierde, sino que se transforma, quizás se agote algún recurso pero la energía sea transformando y quizás podamos encontrar cómo utilizarla ya transformada.</p> <p>As. Se transforma, porque pasa a otra forma de energía.</p> <p>M. ¿Se pierde y crea o se transforma?</p> <p>A1. Se pierde y se crea.</p> <p>A2. Se Transforma.</p> <p>M. Es evidente que la definición que ustedes han dado sobre cómo se produce la energía no explica con claridad dicha producción y consecuentemente está incompleta.</p> <p>Se acaba el tiempo de la segunda clase, el maestro deja tarea para casa y les pide a los alumnos que piensen y reflexionen más sobre las últimas preguntas y comentarios. Particularmente contesten la pregunta ¿Qué pasa con la energía cuando la cubeta llega al suelo?</p>			<p>P2 -</p> <p>P2+</p> <p>P2</p> <p>P2 -</p> <p>P2</p> <p>P2+</p> <p>P2 P3</p> <p>P2 - P3 - P2+</p> <p>P2</p> <p>P3</p>
C3	<p>-----</p> <p>.....</p> <p>M. Al final de la clase anterior concluíamos que la definición que ustedes han dado sobre cómo se produce la energía no explica con claridad dicha producción y consecuentemente está incompleta. Ahora les voy a exponer una definición sobre cómo</p>	<p>Nota</p>	<p>-----</p> <p>-----</p> <p>Inicio de la Clase 3. Se pasó lista de asistencia, se registraron y recogieron tareas. El maestro continúa con</p>	<p>-----</p> <p>-----</p> <p>P2</p>

<p>se produce la energía tomada de diversas fuentes científicas y les voy a pedir que la apliquen a las situaciones anteriores.</p>	<p>la dinámica de explicación del tema.</p>		
<p>M. ¿Cómo se produce la energía?</p>			
<p>M. Se produce energía cuando se convierte una forma de energía en otra pero no se crea ni se destruye, solo se transforma permaneciendo la suma total siempre constante.</p>	<p>Definición formal de cómo se produce energía =</p>	<p>P2</p>	
<p>Es decir la producción de energía es debido a la transformación entre diversas formas de energía manteniéndose su totalidad siempre constante. En resumen, la producción de energía se explica y es debida al principio de conservación de la energía.</p>	<p>Principio de conservación de la energía.</p>	<p>P3</p>	
<p>M. La energía mecánica puede estar en la forma de energía potencial o de energía cinética o de ambas formas. La energía asociada al movimiento se conoce como energía cinética. La energía relacionada con la posición es la energía potencial.</p>	<p>energía mecánica $E_M = E_p + E_c$</p>	<p>P4</p>	
<p>Cuando la cubeta está colgada, tiene pura energía potencial, al momento de cortarse el cable. La cubeta empieza a caer (perder altura y energía potencial) pero va ganando velocidad (energía cinética), de tal manera que al ir cayendo la cubeta, se está transformando continuamente energía potencial en energía cinética, manteniendo la suma de ambas siempre constante. En el momento de llegar al suelo toda la energía de la cubeta es cinética y al chocar se convierte dicha energía de movimiento en energía térmica y energía de deformación de los cuerpos que chocan (energía potencial molecular), pero la suma de todas las formas de energía antes y después es la misma (constante). Por eso decimos que se conserva.</p>	<p>$E_{p1} + E_{c1} =$ $E_{p2} + E_{c2} =$ Cte.</p>	<p>P5 P6</p>	
<p>M. Otro ejemplo es el del péndulo que tiene energía potencial máxima en los extremos (el profesor mueve con su mano la posición del balón a diferentes puntos sobre la trayectoria) de su recorrido, en todas las posiciones intermedias tiene energía potencial y (energía) cinética en proporciones diversas, manteniéndose la suma de ambas energías siempre constante.</p>	<p>Energía potencial $E_p = mgh$</p>	<p>P2 P3</p>	
<p>M. Ahora les pido que den algunos ejemplos de sucesos o fenómenos en donde se produzcan diferentes formas de energía y utilizando la conservación de la energía expliquen su funcionamiento.</p>	<p>Energía cinética $E_c = mv^2/2$</p>	<p>P7 P8</p>	
<p>As. Los ejemplos anteriores sobre patear un balón, clavar un clavo, encender un foco, quemar gasolina.</p>	<p>El maestro aprovecha el péndulo físico que tiene en clase para ejemplificar la producción e intercambio de energías cinética y potencial</p>	<p>P9 P10</p>	
<p>M. Ahora les pido que den algunos ejemplos de sucesos o fenómenos en donde se produzcan diferentes formas de energía y utilizando la conservación de la energía expliquen su funcionamiento.</p>		<p>P2 P3</p>	
<p>As. Los ejemplos anteriores sobre patear un balón, clavar un clavo, encender un foco, quemar gasolina.</p>			

<p>As. La montaña rusa. La caída de agua en una presa.</p> <p>M. ¿Quién quiere aplicar la conservación de la energía en la caída de agua en la presa?</p> <p>As. Al caer el agua se convierte la energía potencial que tiene el agua debido a su elevación en energía cinética en la caída.</p> <p>As. Y al llegar al generador se convierte en energía eléctrica.</p> <p>M. y luego ¿qué pasa con esa energía eléctrica?</p> <p>As. Por medio de cables, nos llega a casa.</p> <p>As. Se está transformando la energía potencial en cinética y luego en eléctrica.</p> <p>As. Y en casa, esa energía eléctrica se transforma en..... e. luminosa (al encender un foco),..... sonora (al encender la TV o el radio), de movimiento (al usar la licuadora),..... térmica (al prender una parrilla eléctrica...</p> <p>M. Y todos esos tipos de energía se ¿pierden?</p> <p>As. ¡No! (generalizado), se transforman... y se conservan en otras formas de energía.</p> <p>.....</p> <p>Se continuó con el tema diversificando actividades y sobre todo hubo mayor participación y entendimiento de los alumnos en: el análisis del funcionamiento de aparatos, en la resolución de cuestionarios de preguntas y problemas. También se realizaron pequeñas investigaciones sobre las formas diferentes de energía, su producción, uso e importancia.</p> <p>FIN.</p>		<p>P2 P3</p> <p>P2+</p> <p>P2+</p> <p>P2</p> <p>P2+</p> <p>P2+</p> <p>P3</p> <p>P3+</p> <p>P1 P2 P3 P4 P5 P6</p>	<p>P2+</p> <p>P2+</p> <p>P2+</p> <p>P2+</p> <p>P3+</p> <p>P1+ P2+ P3+ P4+ P5+ P6+</p>
---	--	--	---

Anexo 11. Guión de las clases sobre energía en el grupo B, utilizando el método tradicional expositivo y de pizarrón. Grupo 469. Grupo de control.

Clase	GUIÓN DE LAS CLASES SOBRE ENERGÍA EN EL GRUPO B (GRUPO TESTIGO) UTILIZANDO EL MÉTODO TRADICIONAL EXPOSITIVO Y DE PIZARRÓN	Temas, Subtítulos, Dibujos y Notas.	Proposición	P. en alumnos
C1	<p>..... Los puntos suspensivos denotan aquí que el maestro (M) utilizó parte del tiempo de clase en pasar lista, recoger tareas o dejar tareas para la próxima clase. Denotamos al maestro con la letra M, y a los alumnos con las letras As o A1, A2, etc.</p> <p>As denota la intervención de varios alumnos y A1 o A2 intervenciones de alumnos específicos. Las diferentes intervenciones se dieron a lo largo del desarrollo del tema de energía que abarco 3 sesiones dobles de clase de 50 minutos, cada una incluyendo la aplicación de un examen de evaluación.</p> <p>.....</p> <p>M. Vamos a ver el día de hoy lo que es la energía, vamos a dar la definición formal de trabajo, vamos a ver lo que se llama energía potencial, energía cinética, energía mecánica que es la suma de estas dos -es decir- la energía mecánica se manifiesta como energía potencial o como energía cinética o como una combinación de ambas. También vamos a ver la conservación de la energía ¿de cuál energía? Hasta aquí sería energía mecánica y si nos da tiempo vemos el concepto de potencia que tiene que ver con maquinas, donde se puede aplicar este tipo de trabajo.</p> <p>Una definición más o menos rápida de lo que es energía en términos de sus experiencias es que la energía tiene que ver con acciones, si uno ve que algo se está moviendo, hay un tipo de energía ahí, vamos a entender en física, a la energía, como una capacidad de realizar trabajo. Si algo está muy cargado energéticamente significa que tiene una enorme capacidad de realizar trabajo. Esta idea nos mete en un problema ¿qué vamos a entender por trabajo? Entendemos el trabajo (usaremos la letra T mayúscula para simbolizarlo) como el producto de la fuerza por el desplazamiento.</p> <p>¿Qué significa esto?</p> <p>Significa que el trabajo es igual a una fuerza, que es un</p>	<p>Nota</p> <p>Cada clase (C) para este grupo es de 2 sesiones de 50 minutos.</p> <p>Inicio de la Clase 1. (2 Sesiones)</p> <p>Texto en Pizarrón</p> <p>Definición de energía y trabajo</p> <p>$T = F d$</p>	P1	

<p>vector, por un desplazamiento, que es otro vector. El trabajo entonces será esta fuerza x este desplazamiento. Veamos un ejemplo sencillo, supongan que aquí tenemos un cuerpo de cierta masa y le aplicamos una cierta fuerza, entonces este cuerpo se va a desplazar hacia la derecha, se va a mover, supongan ustedes que no hay fricción. Entonces, ¿a que es igual este trabajo que se va a hacer sobre el cuerpo? Va a ser igual a la fuerza por el desplazamiento, ahora fíjense que esta fuerza, ya sabemos que es un vector, como tal tiene dos componentes, una sobre el eje x y otra sobre el eje y. Es decir podemos descomponer este vector en una componente "x" que sería ésta y una componente "y", que sería ésta.</p> <p>¿Cuál de las 2 componentes hace que el cuerpo se desplace hacia la derecha?</p> <p>La componente de la fuerza, que va a contribuir para que el vehículo se mueva es la componente x. La componente y, no va contribuir a que se mueva el cuerpo hacia la derecha. Al moverse el cuerpo hacia la derecha se tendrá, utilizando la definición de trabajo.</p> <p>$T = Fd$</p> <p>Se acuerdan ¿cómo encontramos la componente x?... ¿recuerdan cómo encontramos esta fórmula? Pongan atención, vamos a hacer un pequeño recordatorio. Si nosotros tenemos un triángulo rectángulo tenemos que una fuerza inclinada tiene dos componentes la componente "x" y la componente "y". Este triángulo rectángulo tiene un ángulo de 90 grados, ¿cómo se llaman los lados que forman el ángulo de 90 grados?... Se llaman catetos.</p> <p>Si el ángulo es θ, el cateto horizontal es éste y el cateto adyacente éste. Si el ángulo es éste, la hipotenusa es el lado opuesto al ángulo, o sea, éste. La definición de coseno del ángulo es una fórmula trigonométrica que relaciona lados y ángulos. Pregunta al compañero de rojo, dime ¿a qué es igual el coseno de theta, en este ángulo de este triángulo rectángulo?</p> <p>Cos de theta de este ángulo, por definición ¿es igual a ... ?</p> <p>Recuerda que el coseno relaciona lados de un triángulo rectángulo con ángulos, entonces el coseno de este ángulo ¿va a ser igual al cateto que?</p> <p>As. Adyacente, F_x</p> <p>M. ¿Sobre quién? ¿Sobre quién?, ino te me distraigas!...¿sobre qué?, éste es F_x, éste F_y, cateto adyacente, ¿sobre? hipotenusa.</p>	<p>Figura en el pizarrón</p> <p>El profesor refiriéndose a la figura en el pizarrón</p> <p>El profesor dibuja un triángulo en el pizarrón.</p> <p>El profesor señala sobre la figura en forma de triángulo dibujada en el pizarrón.</p>		
--	---	--	--

<p>F_x / F, o sea</p> <p>$\cos \theta = F_x / F$</p> <p>Lo que nos importa es esta fórmula, si despejamos de aquí la componente x, va a quedar</p> <p>$F_x = F \cos \theta$</p> <p>De esta manera encontramos a la componente x, es decir F_x que esta medida en el concepto de trabajo, la puedo poner yo como $F \cos \theta$ de quién? de theta, esta $F \cos \theta$, me da F_x, y esto por la distancia, si yo junto $F d$ y luego le agrego el \cos de theta tengo una definición ya operativa que me permite calcular trabajo. Multiplicando $F d \cos \theta$, de esta manera si yo tengo $F d$ y el \cos del ángulo yo puedo calcular el trabajo.</p> <p>¿Si?, entoncesregresemos, ¿qué vamos a entender por energía? La capacidad de realizar un trabajo sobre algo, el trabajo siempre es sobre algo y alguien lo hace, o algo lo hace, ... bien, y ¿qué es trabajo?, ¡ah!, pues el trabajo está definido aquí como el producto de la fuerza por el desplazamiento y su fórmula explícita para calcularlo es:</p> <p>$T = Fd \cos \theta$</p> <p>Ya que tenemos aquí una definición de energía y la de trabajo, ahora veamos el concepto de energía potencial, ¿qué vamos a entender por energía potencial?</p> <p>Vamos a pensar que queremos levantar un cuerpo desde el suelo, un cuerpo de cierta masa, en el suelo y lo queremos levantar a cierta altura, es el caso típico de nosotros cuando venimos caminando por la escalera y levantamos nuestro cuerpo hasta esta altura, es un ejemplo, claro que aquí es vertical y nosotros lo hacemos a través de las escaleras, bien, la idea es que queremos levantar este cuerpo desde aquí hasta acá, para levantarlo necesitamos 2 cosas o por lo menos una, primero aplicarle una fuerza. Y una fuerza es igual al peso, ¿qué es el peso? es igual al producto de "m" por "a", hacia abajo. Si yo le aplico una fuerza igualita al peso, ¿qué sucede con el cuerpo? Lo levantamos... ¿no? La fuerza por desplazamiento, ¿para donde va la fuerza? Para arriba, ¿Para donde el desplazamiento o la distancia recorrida? Para arriba. O sea que la distancia recorrida es la altura h. ¿Qué ángulo hay entre los dos?...</p> <p>As. 90 grados.</p> <p>M. Cero grados, ¿Cuánto vale \cos de cero grados?...</p> <p>As. Cero.</p>	<p>$F_x = F \cos \theta$</p> <p>Problema</p> <p>Figura en el pizarrón.</p> <p>$\cos 0^\circ = 1$</p>	<p>P1</p>	
--	--	-----------	--

<p>M. No, si tú usas tu calculadora cuando menos para aclararte eso vas a darte cuenta que el coseno de cero grados vale uno. Entonces esto se vuelve 1 y el trabajo es igual a $m g h$. Pero al subir, hicimos un trabajo ya sea, nosotros lo hicimos o el motor del elevador hizo el trabajo.</p>	$T = Fd \cos\theta$ $T = Fd$ $T = mgh$		
<p>Ahora ése que hace el trabajo está consumiendo energía ya sea, energía química de los alimentos si nosotros hacemos el trabajo o en el caso del motor del elevador ¿que energía consume?... Energía eléctrica. Es decir ese trabajo tiene atrás una energía. ¿Qué le pasó a esa energía? ¿Se perdió? No.... la energía se conserva. La ley de la conservación de la energía, dice que la energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma. Si se está transformando la energía no se esta perdiendo, ni creando, se conserva ¿si?</p>	<p>Definición del principio de conservación de la energía</p>	<p>P2 P3</p>	
<p>As. ¿Profesor qué significa $m g h$?</p>			<p>P6</p>
<p>M. Significa, que m es la masa, g es la aceleración de la gravedad, tú sabes que la masa por la aceleración de la gravedad te da tu peso o el peso de un cuerpo, ¿cuanto vale g? A propósito hemos dicho 9.81 pero nosotros lo manejamos como 10 y es aceleración, sus unidades son metros sobre segundos al cuadrado (m/s^2), entonces tu masa, por ejemplo 60kg por 10 da 600kg m/s^2, o sea 600 newtons. Éste es tu peso, bueno el peso de este cuerpo pues ese peso para levantarlo hay que usar una fuerza igualita al peso, pero en sentido contrario, al levantarlo se desplaza ese cuerpo hacia arriba y encontramos que el trabajo realizado es igual a $m g h$. Y todo ese trabajo salió de una energía que se está utilizando y entonces ¿qué le paso a la energía? ¿Se perdió? No, se transformó. ¿Cómo le vamos a llamar a (mgh), le vamos a llamar energía potencial?</p>	<p>energía potencial $E_p = mgh$</p>	<p>P2 P6</p>	
<p>Es decir, la energía que usamos como trabajo para levantar el cuerpo de esta posición hasta esta altura acá arriba, esa energía se transformó en energía potencial que es una energía que está en potencia, está latente, ahí está.</p>	<p>$T = E_p = mgh$</p>	<p>P1 P2 P6</p>	
<p>As. ¿Para levantar el cuerpo tengo que usar una fuerza igual?</p>			
<p>M. Para levantar tu cuerpo hasta esta altura tienes que usar una fuerza igual a la de tu peso, ¿quién aplica la fuerza? Tú, a través de la estructura ósea y muscular, ¿no? Si traes el libro de física cargando, lo estás levantando hasta acá arriba desde la planta baja, haces un trabajo, o ya lo hiciste desde la planta baja hasta este piso. Ya lo levantaste, hiciste un trabajo, ¿sí? aplicaste una fuerza igual a su peso</p>	<p>El profesor señalando a la figura en el pizarrón</p>		
<p>¿Sí o no? y lo desplazaste a cierta altura, usaste energía química de tu cuerpo y la transformaste en energía potencial. Y esa energía es igual a $m g h$. Entonces, ¿de qué depende la energía potencial? Depende, dado el cuerpo, a más altura</p>		<p>P2 P6</p>	

<p>¿más que?</p> <p>As. Energía potencial.</p> <p>M. La Ep va a depender de la altura, si tienes que levantar un cuerpo vas a tener necesidad de hacer un trabajo. Pero ese trabajo, se va a acumular como energía potencial.</p> <p>A1. Maestro tengo una duda.</p> <p>M. Dime.</p> <p>As. Por ejemplo, si un cuerpo tiene un determinado peso para levantarlo no tendría que aplicar una energía levemente mayor por que según yo, según lo que yo entendí ¿sería mg?, cómo una energía similar o sea sería solamente mantenerlo, porque eso me confunde a mí.</p> <p>M. Necesitas algo más grande que el peso, un chirris más, como dicen ustedes. Con una fuerza igual al peso haces que el cuerpo ya moviéndose continúe en movimiento. Acuérdate que aquí tenemos la primera ley de Newton, lo que está en duda es al inicio del movimiento. Pensándolo un poco, creo que estás en lo correcto. Tu pregunta es una pregunta de precisión,..... dice el compañero, yo estoy con un libro en mis manos, voy a empezarlo a mover hacia arriba... tengo que aplicar una fuerza un poco mayor que el peso ya que el cuerpo se debe acelerar hasta que alcance su velocidad constante, y a partir de ahí, sólo necesito una fuerza igual a su peso para que continúe moviéndose con velocidad constante de acuerdo con la primera ley de newton. Esto siempre y cuando la fuerza externa valga cero, si, y para que algo se mueva tengo una segunda ley, si algo se mueve, si algo se acelera es porque hay una fuerza. Qué significa la aceleración, una velocidad que varía...en cierto tiempo. ¿Sí o no? Esto ya lo vimos. Ahora dice el compañero ...si aquí esta el libro, ¿cómo ésta?, ¿en qué estado se encuentra?</p> <p>As. En reposo</p> <p>M. Bien, ahora sí voy a hacer que se mueva... en un primer momento cuando ustedes observan que se empieza a mover, ¿qué estoy aplicando?</p> <p>As. Una fuerza.</p> <p>M. Una fuerza que no es cero y aceleró al cuerpo ¿sí o no? La velocidad varía y empieza a moverse y esa fuerza es un poquito mayor que el peso, después de ese instante, ¿qué le pasa al cuerpo, se va moviendo con velocidad constante, cómo es la suma de fuerzas?</p>		<p>P6</p>	<p>P6</p>
---	--	-----------	-----------

<p>As Cero.</p> <p>M. Cero, por eso se mueve con velocidad constante, ¿entienden la idea?</p> <p>As. Sí.</p> <p>M. Bien, fuera de ese primer instante de hecho la fuerza que yo estoy aplicando para mover el cuerpo hacia arriba es igual al peso, fuera del primer instante, en donde yo acelero al cuerpo. Después, de que lo acelero en el primer instante desde una velocidad cero hasta cierta velocidad, después ya no se acelera, se va con velocidad constante porque la suma de fuerzas verticales es cero.</p> <p>As. Por eso en el primer instante la fuerza tiene que ser un poquito mayor que el peso y luego ya se sigue moviendo hacia arriba con velocidad constante.</p> <p>M. Correcto, bien, esto hace que se haga un trabajo sobre el cuerpo, ese trabajo está gastando energía. Y ese trabajo se está convirtiendo en energía potencial, de tal manera que se cumpla la ley de conservación. Entonces la energía potencial que tiene el cuerpo va a depender de la altura. A más altura más Ep. Antes de avanzar más digan,... ¿en qué unidades medimos la fuerza?</p> <p>As. En newtons.</p> <p>M. Sí, de hecho, aquí está, ¿las unidades? Son las unidades de la masa por unidades de aceleración, ¿unidades de masa? ¿Unidades de masa?.. Kg., ¿unidades de aceleración?... m/s al cuadrado. Kg. m/s al cuadrado son unidades de fuerza y a esto le llamamos newton. Bien, ahora las unidades de trabajo ¿son unidades de?</p> <p>As. Newton por metro.</p> <p>M. Correcto o sea Kg m/s al cuadrado por.... unidades de distancia</p> <p>As. Metros.</p> <p>M. Y metros por metros, son metros al cuadrado, o N m o Kg m/s al cuadrado, todo esto es Nw por unidades de distancia, metros, m por m, o m cuadrados o Nw m es lo mismo que Kg m/s por m. A ambas cosas, ¿se les llama como?.... Joule (J) es un Kg m²/s² o es un Nw m y son unidades de trabajo.</p> <p>¿Cuáles son las unidades de la energía potencial? A ver, ¿cuáles son las unidades de la Ep? Pues las unidades de la masa, Kg por las unidades de la aceleración, ¿qué son?</p>	<p>Unidades</p>	<p>P2 P3 P6</p>	
---	-----------------	-------------------------	--

<p>As. m/s^2.</p> <p>M. ¿Y las unidades de la distancia?</p> <p>As. Metros</p> <p>M. Esto sigue siendo Joules. ¿En qué unidades medimos el trabajo?</p> <p>As. En joules.</p> <p>M. La energía y el trabajo se miden en lo mismo.</p> <p>As. Trabajo y energía ¿se miden en lo mismo?</p> <p>M. Sí, se miden en las mismas unidades el trabajo y la Ep. En Joules.</p> <p>M. Otro caso que tenemos es el siguiente, vamos a suponer que ustedes tienen un VW, pero no funciona el motor y quieren que se desplace a cierta distancia adquiriendo una cierta velocidad. Partiendo de una velocidad inicial cero va a alcanzar una velocidad final que no es cero para que se mueva. ... Puedo usar 2 cosas, empujarlo o el motor, si no funciona el motor entonces hay que empujarlo pero son equivalentes las 2 cosas, bien. Para moverlo de aquí hasta acá hay que aplicarle una fuerza... si esa fuerza es totalmente horizontal entonces hay que hacerle un trabajo, ¿qué trabajo hay que hacer para que se desplace el VW?... pues será igual a la fuerza por la distancia (Fd). Pero le falta el coseno del ángulo, no hay problema, se lo agregamos para calcular el trabajo sobre el VW para moverlo.</p> <p>As. Maestro, ¿qué ángulo tiene?</p> <p>M. ¿Qué ángulo hay entre la fuerza y el desplazamiento?, ¿qué ángulo es éste? ¿Cuánto vale θ?</p> <p>M. La fuerza va para acá y el desplazamiento igual, va para acá, ¿qué ángulo hay entre los dos?</p> <p>As. Cero.</p> <p>M. Sí, cero, una vez más el ángulo aquí es cero y el coseno de cero grados sabemos que es uno, entonces el trabajo hecho sobre el VW va a ser nada más esto.</p> <p>$T = F d$.</p> <p>Ahora yo hago este trabajo sobre el VW para que se mueva y adquiera cierto movimiento ¿no? Aquí ya se viene moviendo, bien, pregunta ¿se acuerdan?</p>	<p>Problema</p> <p>El maestro hace una figura del problema en el pizarrón</p>		
---	---	--	--

<p>expresiones para calcular energías, una es E_p que depende de la altura, dado un cuerpo de cierta masa, a mas altura, más E_p que se va a acumular y obviamente tengo que hacer más trabajo, no es lo mismo subir a mi novia en la noche de bodas al piso 42 de la torre latinoamericana que solamente un piso, ¿verdad? El trabajo va a ser bien diferente. En la ecuación de energía cinética la V_f se encuentra elevada al cuadrado, pongan atención en este detalle, aquí es al cuadrado y en la energía potencial la altura no está al cuadrado. En ambos casos voy a usar un trabajo para obtener una energía ya sea E_p o una E_c, y obviamente no se está perdiendo la energía. ¿Qué unidades tienes la E_c? Unidades de masa,</p> <p>As. Kg</p> <p>M. y ¿las unidades de velocidad son?</p> <p>As. m/s.</p> <p>M. Correcto, pero si la velocidad está al cuadrado entonces las unidades son</p> <p>Kg $m/s^2 = \text{Joules}$</p> <p>M. Pregunta... ¿cómo se expresa la energía mecánica (EM)? La EM se puede expresar en cualquiera de las dos energías o como una combinación de ambas. Puede ser pura E_p la EM o puede ser pura E_c la EM o puede ser una combinación de ambas. La suma de estas dos, la suma de la E_p y la E_c se define como energía mecánica,</p> <p>Pregunta de examen... ¿díganme 3 formas en las que se manifieste la EM?</p> <p>As. Yo, maestro, se puede manifestar la EM como E_p o puede manifestarse como pura E_c o puede manifestarse como una suma de las dos.</p> <p>M. Muy bien Otra pregunta ¿En qué unidades se mide la EM?</p> <p>As. En joules...</p> <p>M. Correcto, ¿son las mismas unidades en que se mide la E_p? ¿En que unidades se mide la E_p?... N m, joules, o sea Kg m^2/s^2, ien las mismas unidades! ¿En qué unidades se mide la E_c y la EM? A ver unas unidades que no sean Joules, ¿díganme? ¿unas unidades en que se mida la E_c que no sean J?...</p> <p>As. N por m y la E_p igual N m,</p>	<p>$E_p = mgh$</p> <p>$E_c = mv^2/2$</p> <p>Unidades</p> <p>Unidades</p> <p>energía mecánica</p> <p>$E_M = E_p + E_c$</p>	<p>P6</p> <p>P5</p> <p>P4</p> <p>P4 P5 P6</p>	<p>P4</p>
---	--	---	-----------

<p>M. y ¿otra que no sean N m, ni J?</p> <p>As. Kg m²/s²</p> <p>M. Muy bien.</p> <p>M. Espérense un poco, todavía no acaba la clase, nos faltan 2 minutos, jóvenes pónganme atención, no se distraigan, no se me distraigan.</p> <p>M. La ley de la conservación de la EM nos dice lo siguiente: que la EM en 1, es igual a la EM en 2, entendiendo por EM la suma de Ep+Ec. En la posición 1 es igual a Ep1+ Ec1 en 2 es igual a Ep2+ Ec2. En esta otra posición del cuerpo aquí, tenemos: (mgh) en 1, y aquí tenemos (m Vf²/2) en 1 y aquí (mgh) en 2 y aquí (m Vf²/2). Es decir, que este problema se resuelve aplicando la conservación de la EM.</p> <p>M. Pregunta...pregunta....., vamos a suponer que tenemos un cuerpo a cierta altura, fíjense bien se los pongo así, hay un cuerpo a cierta altura del suelo, vamos a poner el cuerpo en 3 posiciones 1 arriba, 2 en el suelo y 3 en una posición intermedia Bien en 1, ¿Dime Ana Luisa en 1 cuánto vale la Ep?</p> <p>A1. 1000 J...</p> <p>M. 1000 J, bien bien, dime, este caso es como el de un cuerpo que se cae de la azotea de un edificio... arriba la energía potencial vale 1000J, si la Vi = 0, dime cuánto vale la Ec ahí... en 1... piénsale, no necesitas ver los apuntes...¿cuánto vale su Ec ahí?, ¿vale?</p> <p>A1. Cero.</p> <p>M. ¡Cero!, ¿por qué vale cero? Porque al valer cero la velocidad, la energía cinética vale cero. Ahora en el momento de llegar el cuerpo al suelo ¿cuánto vale h₂? h, h es la altura ...vale cero y ¿cuánto vale la Ep en el suelo? Cero y qué le pasó a los 1000 J que teníamos arriba, ... se convirtieron de Ep en Ec. Entonces ¿cuánto vale la EM aquí arriba Ana Luisa?</p> <p>A1. 1000 J</p> <p>M. La EM, es la suma de estas 2... 1000J y ¿cuánto vale la EM acá abajo?</p> <p>A1. Cero...</p> <p>M. No... si me dices cero se perdió energía y estás violando la conservación, debe valer lo mismo 1000 J ¿sí o no? pero arriba es pura Ep. La EM es pura potencial arriba y abajo ¿la EM es pura energía?...</p>	<p>Problema de conservación de la energía mecánica</p>	<p>P2 P3 P4</p> <p>P2</p> <p>P4 P2</p> <p>P2</p> <p>-P2</p> <p>P2 P3</p>	<p>P2</p>
---	--	--	-----------

	<p>A1. Cinética.</p> <p>M. Cinética. ¡Sí!, energía de movimiento, la última pregunta Ana Luisa, a la mitad... dime cuanto vale la EM? aquí... en 3.</p> <p>A1. 1000 J.</p> <p>M. Eso es correcto, pero ¿la Ep cuánto vale a la mitad de la trayectoria? Debe valer la mitad</p> <p>A1. 500?</p> <p>M. De 1000 de la EM, la Ep tiene 500 J y ¿la Ec?</p> <p>As. 100,</p> <p>M. No... 500, de Ep igual a 500 y la Ec igual a 500 ¿cuánto me va a dar? ...</p> <p>As. 1000</p> <p>M. 1000 Joules, ¿qué le paso a la EM en los 3 casos? ¡Es la misma!... bien ahí le paramos muchachos.</p> <p>M. El maestro dejó tarea para la próxima clase.</p> <p>Fin de la clase 1.</p>			<p>P4</p> <p>P2 P4</p> <p>P2 P6</p> <p>-P2</p> <p>P2 P3</p>
<p>C2</p>	<p>Clase 2.</p> <p>.....</p> <p>Dedicaremos la sesión de hoy a resolver problemas, en la próxima clase si nos alcanza el tiempo veremos algunos experimentos y se aplicará un examen del tema</p> <p>As ¿Es el viernes?</p> <p>M. Es el próximo viernes.</p> <p>As. ¿De qué tema profesor?</p> <p>M. De energía,..estamos viendo qué es energía, qué es trabajo, lo que es Ep, Ec y EM y además hemos visto lo que es la conservación de la EM y solamente nos falta ver para terminar este tema, el concepto de potencia (P).</p> <p>M. A manera de repaso, rápidamente tenemos que: la energía la entendemos como la capacidad que tiene un cuerpo para realizar un trabajo, eso ya lo vimos. Trabajo es como una energía que se está transfiriendo, acuérdense que para hacer</p>	<p>Inicio de la Clase 2. Se pasó lista de asistencia, se recogieron tareas, se dieron instrucciones</p> <p>Repaso</p>		<p>P1</p>

<p>un trabajo tenemos que aplicar esa fuerza, ¿quién la está aplicando? está usando cierta energía para que se pueda aplicar esa fuerza, y esa fuerza tiene que ver con la transferencia de energía. Bien, vimos el concepto de E_p relacionado con la masa, la aceleración de la gravedad y la altura, a más altura más E_p, esta energía es una E_p gravitacional, ¿por qué E_p gravitacional? Porque también hay E_p química, la gasolina tiene ahí E_p química. El tener gasolina en nuestra casa significa que tenemos ahí energía en potencia, si prendemos un cerillo, se lo acercamos a la golosina, ésta se prende y se manifiesta su E_p química, se convierte en otra forma de energía.</p>	<p>$E_p = mgh$</p>	<p>P6</p>	
<p>Por otra parte, la energía cinética es energía de movimiento ... ¿Cómo se calcula la E_c? Como la $\frac{1}{2}mv^2$, la energía cinética depende de la velocidad, a más velocidad, más E_c. ¿Que cosa es, es la suma de estas dos? La EM es la suma de la E_p y la E_c. Y ¿en qué forma se manifiesta la EM?, como E_c y ¿en qué forma también se manifiesta la EM?, como E_p o como ambas. Además la conservación de la EM nos dice que la EM en la situación 1 es igual a la EM en la situación 2.</p>	<p>$E_c = \frac{1}{2}mv^2$ $E_m = E_p + E_c$</p>	<p>P5 P4</p>	<p>P2 P3</p>
<p>M. En el péndulo, el péndulo al oscilar en su movimiento. ¿Qué energía intercambia el péndulo?</p>	<p>Problema del péndulo</p>		
<p>M. Al estar oscilando, en los extremos tenemos sólo E_p en las partes intermedias combinaciones de ellas. ¿Pero en cualquier posición del péndulo qué le pasa a la energía? La energía es constante, la EM se conserva. ¿Cuanto vale la E_p del péndulo hasta acá? Es pura E_c, cuando baja hasta acá la EM es pura E_p. En los 3 casos la EM vale lo mismo, nada más que en algunos casos es pura E_p y en otros casos es E_c y E_p. Se está transformando una en la otra E_p, E_c, E_p, está cambiando ¿no?</p>		<p>P7 P8 P2 P3 P9 P10</p>	
<p>As. ¿Energía potencial es la que está en los extremos?</p>			<p>P8</p>
<p>M. Sí, la E_p depende de la altura, la máxima altura alcanzada por el péndulo es en los extremos, toda la energía ahí es potencial y abajo qué pasa, se convierte la E_p en E_c y empieza a haber este intercambio E_p en E_c y luego a su vez E_c en E_p, esto es la conservación de la EM. ¿Qué ibas a preguntar?</p>		<p>P6 P7</p>	
<p>As. ¿Siempre cuando un cuerpo está a cierta altura es pura energía potencial?</p>			<p>P6</p>
<p>M. Sí, si está en reposo y esa energía es la que depende de la altura, es E_p gravitacional. Si por ejemplo colocamos el libro de física, hasta acá arriba, a esta altura respecto de la mesa, ¿qué tiene? Pura E_p. Si lo suelto en el momento de llegar a la mesa toda esa E_p ¿es energía?</p>		<p>P6</p>	
<p>As. Cinética</p>			<p>P5</p>

<p>M. Sí,...qué le paso a la Ep, se convirtió o se transformó en EC bien, la EM se conserva siempre, la EM es la suma de la Ep + Ec, la EM en 1 va a ser igual a la EM en 2, en 3 y en 4, quiere decir que la energía se conserva, no se crea ni se destruye, se está transformando de una forma de energía en otra. En el caso de la EM, nada más hay dos transformaciones posibles de Ep en Ec y de Ec en Ep. El ejemplo de péndulo es típico , en los extremos yo sujeto un péndulo, lo suelto aquí, es pura Ec al soltarlo va a empezar a transformarse Ec en Ep y otra vez Ep a Ec y otra vez de Ec a Ep y ahí va a estar transformándose una en la otra. Como casi no hay fricción, la oscilación del péndulo dura mucho tiempo o sea uno está viendo esa transformación constantemente, ... pero en cualquier punto del movimiento del péndulo la EM va a ser la misma, nada más que la combinación de energía potencial y cinética será en proporciones diferentes, según la posición del péndulo.</p> <p>Potencia, el último concepto que nos faltaba definir "qué cosa es potencia", la potencia tiene que ver con el trabajo realizado en cierto tiempo. Por ejemplo, si hacemos un trabajo sobre nosotros para subirnos hasta acá arriba y lo hacemos en un cierto tiempo, eso habla de nuestra potencia. Por ejemplo en un elevador, si entran ahí varias personas y la capacidad máxima es de 5 personas, el trabajo de subir a esas 5 personas, es igual a aplicarles una fuerza a lo largo de una cierta altura (distancia). Dicho trabajo se realiza en cierto tiempo. Pero si yo en lugar de usar el motor normal de ese elevador, le pongo un motor el doble de tamaño, el elevador va a realizar el mismo trabajo de subir a esas 5 personas ¿en más tiempo o en menos tiempo?...</p> <p>As. En menos tiempo</p> <p>M. Eso significa que ese motor tiene mas potencia.</p> <p>As. O puede aguantar a más de 5 persona.</p> <p>M. Si, puede levantar más de 5 personas, podemos aumentar a 10 personas. El que la potencia sea mayor significa que se puede realizar ese trabajo en menos tiempo o que puede subir a más personas.</p> <p>M. Otro ejemplo puede ser el de ustedes si no tienen entrenamiento para subir escaleras un día suben las escaleras normalmente, tienen cierta potencia. Y después se ponen a hacer ejercicio porque se quieren poner con una musculatura impresionante y de repente se suben las escaleras y lo hacen más rápido que antes. Eso significa que tienen más potencia, pues realizan el mismo trabajo en menos tiempo.</p>	<p>El profesor manipula un péndulo</p> <p>Concepto de Potencia</p> <p>$P = T / t$</p>	<p>P2 P3</p>	
---	--	------------------	--

<p>M. Las unidades en que se mide la potencia son... unidades de trabajo sobre unidades de tiempo, son J/s estamos en el sistema MKS, metro, kilogramo, segundo o si quieren lo hacemos de esta otra manera, a ver las unidades de trabajo son unidades de fuerza. ¿Son unidades de fuerza? ¿son...se acuerdan de $F = m a$?, es unidad de masa por unidad de aceleración por distancia, esto es lo que llamamos un Newton por metro sobre unidades de tiempo, esto es un joule sobre segundo o sea: N m/s, y esto es lo mismo que J/s y esto se le llama...¿cómo se le llama?... un...Watt un J/s es un Watt o N m/s es un Watt o $\text{Kg m}^2/\text{s}^3$ es Watt, todo esto es Watt. Son las unidades en las que se mide la potencia, ¿cuánto es la potencia de un motor? 300 W, 1000 W ¿Cual es de potencia de un foco de 100 W o mejor de un foco de 60 W? porque lo quiero para iluminar un pequeño cuarto o mejor quiero uno de 150, o mejor uno de 300w por que necesito que aquello esté caliente, voy a empollar pollos. En conclusión, si quiero más o menos potencia necesito más o menos Watts, los Watts tienen que ver con potencia.</p>	<p>Unidades en que se mide la potencia</p>		
<p>M. A continuación daremos un repaso de algunas fórmulas. Para calcular trabajo, $T = F d \cos$ del ángulo, E_p depende de la altura, la E_p gravitacional se calcula con. $m g h$. La E_c depende de la velocidad, más velocidad, más E_c y la suma de la E_p y E_c me da la EM en cualquier situación se conserva y eso sucede siempre y cuando se cumpla con la condición de que haya fuerzas que se llaman conservativas.</p>	<p>Repaso de fórmulas</p> <p>$T = Fd \cos \theta$ $E_p = mgh$ $E_c = mv^2/2$ $E_M = E_p + E_c$</p>	<p>P6 P5 P4 P2 P3</p>	
<p>¿Qué significa conservativas? Por ejemplo que la fricción que es una fuerza sea igual a cero, cuando no hay fricción. Cuando hay fricción, ya no se conserva la EM, hay que agregar un termino más,que pasa cuando fricciono, sigan mis instrucciones, pongan sus manos así, juntando sus palmas y friccionen una con otra moviéndolas, friccionen, friccionen, con ganas háganlo ¿qué pasa? Empieza a subir la temperatura de las palmas de las manos. El trabajo de mover sus manos, friccionando se esta transformando, hay trabajo, estamos aplicando una fuerza y desplazando las manos, ¿qué le pasa al trabajo o a la energía que estamos aplicando? Se convierte en...</p>	<p>Fuerzas conservativas</p>	<p>P2 P3</p>	
<p>As. Calor.</p>			<p>P2 P3</p>
<p>M. Entonces, cuando hay fuerzas no conservativas, es decir, cuando hay fricción tenemos que agregarle a estas formas de energía un elemento más, ¿cuál será?...</p>	<p>Fuerzas no conservativas</p>		
<p>As. Calor.</p> <p>M. El calor, correcto. Entonces si agregamos el calor como una forma de energía, se sigue conservando la energía pero</p>	<p>Calor y la conservación de</p>		

<p>ya no es energía mecánica nada más, es la Em y calor.</p> <p>Vamos ahora a contestar algunas preguntas y problemas para entender mejor lo que hemos vistos sobre la energía. Les dicto comenzamos con las sencillas.</p> <p>As. No son problemas ¿verdad?</p> <p>M. Son problemas y preguntas para ver cómo les va.</p> <p>P1. Determinar la Ec de una pelota de béisbol cuya masa es de 100 gr. que lleva una velocidad de 30 m/s. o sea tenemos una pelota de béisbol común y corriente, su masa es de 100 gr. y va a una velocidad de 30 m/s ¿cuál es su Ec? Planten el problema, acuérdense hay que poner todos los datos, primero la incógnita, ¿que se pide? Ec, ¿qué nos dan? La masa 100 gr. desde aquí ya tengo que hacer algo.</p> <p>As. Convertir los gramos a Kg.</p> <p>M. Normalmente trabajamos en MKS, si son gramos vamos a convertir en Kg. ¿Cuánto son 100 gr. en Kg? Una décima de Kg, corremos el punto decimal de aquí hasta acá, luego la velocidad son 30 m/s, así está el planteamiento del problema. ¿Cuál es la regla o la fórmula que vamos a utilizar? Nos están pidiendo la Ec, la Ec nos dice que es igual a $m v^2/2$ entonces lo que tenemos que hacer es poner la ecuación que nos permite calcular la Ec, sustituimos datos, ¿cuánto vale la masa? Una décima de Kg, no son gr. son Kg, estamos trabajando en MKS, la velocidad son $(30 \text{ m/s})^2$ antes de hacer operaciones hay que elevar al cuadrado 30 m/s, $30 \times 30 = 900$ y son m^2/s^2 por 0.1 Kg sobre 2, cuánto da 0.1×900 es correr el punto decimal una cifra a la izquierda de 900 esto nos va a dar 90 y 90 sobre 2 nos dan 45 y las unidades son, ojo, $\text{Kg m}^2/\text{s}^2$ ¿qué son?</p> <p>As. Newton.</p> <p>M. Por favor, piénsale un poco.</p> <p>As. Ahí está, son J.</p> <p>M. La fuerza es Kg m nada más sobre s^2 por la distancia m, da $\text{Kg m}^2/\text{s}^2$ eso es Nw m. Silvia me dices Newton, le tienes que agregar m o sea Nw m.</p> <p>A1. Le dije Nw m.</p> <p>M. No te escuche el metro.</p> <p>A2. No digas mentiras.</p> <p>M. Sí, o sea J, 45 ¿qué?</p>	<p>la energía</p> <p>Problemas</p> <p>Problema</p> <p>$E_c = mv^2/2$</p>	<p>P2 P3</p> <p>P5</p> <p>P5</p>	
---	---	--------------------------------------	--

<p>As. J.</p> <p>M. J, correcto, la Ec se mide en lo mismo que el trabajo en J, Ep en J, estamos calculando Ec se mide en J.</p> <p>Siguiente problema, ahí va, pónganse atentos. Si realizamos..., haber cuáles son las 2 principales formas de EM... ya... ¿cuáles?</p> <p>As. La Ec y la Ep.</p> <p>M. La Ec y la Ep muy bien, eso ya es obvio a estas alturas.</p> <p>Ahí va la pregunta 3, si realizas 100 J de trabajo, problema 3, si realizas 100 J de trabajo para levantar un cubo lleno de agua cuál es su Ep gravitacional con respecto a la posición inicial.</p> <p>As. ¿Cuál es la que, perdón?</p> <p>M. La Ep gravitacional con respecto a la posición inicial, acostúmbrense a plantear su problema escribiendo sus datos, lo primero que escribimos es la incógnita ¿qué se está pidiendo?, la Ep, ya sabemos que este caso es gravitacional, ésta es la interrogante $Ep = ?$, ¿qué datos nos dan?</p> <p>As. Trabajo.</p> <p>M. El trabajo que hay que hacer para levantar ese cubo de agua, ¿cuánto vale el trabajo?</p> <p>As. 100 J.</p> <p>M. 100 J..... ¿cuánto vale la Ep?</p> <p>As. Es la mgh, ¿no?...</p> <p>M. Sí. Entonces ¿cuánto vale mgh, ahí?</p> <p>As. 100 J.</p> <p>M. Si,..... ¿La Ep es igual a quién?</p> <p>As. Trabajo.</p> <p>M. Al Trabajo. O sea el trabajo que tengo que hacer para levantar la cubeta es igual, ... finalmente aplicando una fuerza igual al peso para levantarla, y eso es mgh. Y mgh es Ep, entonces el trabajo que tengo que hacer para levantar la cubeta es de 100 J va a ser igual a la Ep, y ese trabajo se convirtió en la energía potencial de la cubeta, es decir esta ahí en potencia por la cubeta que esta levantada.</p>	<p>Pregunta</p> <p>Problema</p>	<p>P4</p> <p>P6</p> <p>P6</p> <p>P6</p> <p>P6</p> <p>P6</p> <p>P6</p> <p>P6</p> <p>P1</p> <p>P6</p>	<p>P5</p> <p>P6</p> <p>P1</p> <p>P6</p> <p>P6</p>
---	---------------------------------	---	---

<p>Es lo mismo que Uds. al subir las escaleras para llegar a este piso, hacen un trabajo sobre Uds., aplican una fuerza igual a su peso y se van levantando hasta llegar al 2do piso del edificio, hasta aquí arriba. ¿Hicieron un trabajo sobre Uds.?....</p> <p>As. Sí.</p> <p>M. Usaron energía para hacer ese trabajo aplicando esa fuerza para levantarse hasta acá arriba, ¿qué pasó con ese trabajo? ¿se perdió? Se transfirió en forma de E_p, todos los que estamos en esta parte del edificio tenemos E_p que depende de nuestra masa, de la aceleración de la gravedad y de la altura que tenemos respecto la planta baja. Tenemos energía en potencia.</p> <p>M. Bien, siguiente problema, un cuerpo cuyo peso es de 20 Nw lleva una velocidad de 10 m/s, ¿cuál es su E_c? Otra vez, acostúmbrense primero a escribir sus Datos, ¿qué se pregunta?</p> <p>As. Cuánto vale la E_c.</p> <p>M. Se escribe $E_c = ?$, ¿qué dato nos dan?, nos dan el peso P, ¿cuánto vale?,</p> <p>As. 20 N,</p> <p>M. 20 N y nos dan, ¿qué otra cosa nos dan? La velocidad que lleva ¿es de?</p> <p>As. 10 m/s</p> <p>M. Bien, tenemos ya la incógnita y los datos. ¿Cómo encuentro la E_c?, por medio de la expresión $E_c = m v^2 / 2$, bien. La escribo y me doy cuenta que me falta ¿que cosa?</p> <p>As. La masa.</p> <p>M. Sí, pues tengo la velocidad pero me falta la masa. Pero puedo encontrar la masa a través del peso, para eso se debe saber lo que significa peso. Es igual a la masa por la aceleración de la gravedad, es decir:</p> <p>$p = mg$. ¿De aquí despejo?</p> <p>As. La masa.</p> <p>M. La masa, porque necesito calcularla y me queda que g pasa para acá</p> <p>As. Dividiendo.</p>	<p>Problema</p>	<p>P1</p> <p>P1</p> <p>P5</p> <p>P5</p> <p>P5</p>	<p>P1</p> <p>P1</p> <p>P5</p> <p>P5</p> <p>P5</p>
--	-----------------	---	---

<p>M. Dividiendo al peso, pero sobre qué, entonces si yo meto aquí peso y divido entre g, me da la masa y con la masa aquí y la velocidad acá puedo encontrar la E_c ¿sí? Entonces, ¿cuánto vale la masa?a, pues el peso que son 20 N, esto es los N hay que ponerlos como Kg m/s^2 sobre la aceleración, que sabemos que vale 9.8 pero nosotros la redondeamos a 10 m/s^2, qué pasa cuando divido $20/10$ me da</p> <p>As. 2</p> <p>M. 2</p> <p>As. ¿Cuánto?</p> <p>M. 2, m/s^2 que se cancelan las unidades de m/s^2 arriba y abajo y me quedan Kg. 2 Kg. Ya calculé la masa, ahora sustituyan aquí, la masa que son 2 Kg por la velocidad que es de 10 m/s, toda ella elevada al cuadrado sobre 2. Cuánto me da 10×10? Me da...</p> <p>As. 100.</p> <p>M. 100 por 2 da 200, entre 2, 100 y las unidades ¿son?... $\text{Kg m}^2 / \text{s}^2 = \text{Nw} \times \text{m} = \text{J}$. Son 100 Joules.</p> <p>M. El problema que sigue dice: tenemos una cubeta que al levantarla, el trabajo que hicimos fue de 100 J, ¿sí?</p> <p>As. Sí.</p> <p>M. ¿Cuál era su E_p?, ¿se acuerdan?</p> <p>As. 100 J.</p> <p>M. Ahora no lo escriban, pero piénsenlo, qué sucede con la E_p de la cubeta si la levantamos al doble de altura ¿cuál va a ser su E_p?</p> <p>As. 200 J.</p> <p>M. Sí, ¿por qué?;</p> <p>As. Porque a más altura, el doble, más E_p. Si una altura va a doblarse la E_p que va a acumular ahí será de 200 J.</p> <p>M. Problema que sigue.</p> <p>As. Este problema ¿lo apuntamos maestro?</p> <p>M. No... quiero que la piensen, ahí va, no la apunten, vamos a ver si ya lo pueden retener, no lo apunten, concéntrense, después les dicto, si quieren. Si elevo una roca a cierta altura de modo que su E_p acá arriba es de 200 J, esta acá arriba con</p>	<p>Problema</p> <p>Problema</p>	<p>P6</p> <p>P6</p> <p>P6</p> <p>P2</p>	<p>P6</p> <p>P6</p>
---	---------------------------------	---	---------------------

<p>200 J de Ep. Ahí está, después la dejo caer, la pregunta es ¿cual es la Ec en el instante de llegar al suelo?</p> <p>M. ¿0, 100, 200 J?</p> <p>As. Cero.</p> <p>M. No. Si fuera cero estaríamos violando una ley</p> <p>As. La ley de la conservación de la energía</p> <p>M. Correcto, veamos ¿por qué? ¿Cuánto va a valer la energía de la piedra en el momento de llegar al suelo?</p> <p>As. 200 J,</p> <p>M. 200 J, tiene que ser la misma porque se transformó de Ep 200 J a Ec. Si decimos cero quiere decir que llega y llega así (el profesor simula con su mano que la roca al llegar al suelo se deposita suavemente con velocidad cero)</p> <p>As. O sea que la Ec ¿es la energía de movimiento?</p> <p>M. De movimiento, del movimiento del cuerpo, así se define, tiene que ver con la velocidad, mira aquí está la velocidad al cuadrado.</p> <p>M. A ver una preguntita, otro problema, qué prefieren ¿volumen o velocidad?</p> <p>As. Velocidad</p> <p>M. Supongan que se van a pelear Uds. y ya saben que se van a pelear, entonces se entrenan, van a participar en una competencia de boxeo, lo que sea o de Karate, entonces van a entrenarse, Uds. no pueden cambiar mucho el tamaño de sus puños, claro que se pueden poner unas mancuernas o envolver en sus puños más masa, quizás sea preferible mas masa cuando tengo un adversario que esta listo y alerta, pues si lo agarro despistado, pácatelas, ¿no? Digamos que a más masa, mayor efectividad, pero desde el punto de vista de la Ec, es preferible ¿tener más masa? o ¿tener más velocidad? en los puños. Veamos que es lo mejor. Para pegarle al adversario tiene que ser con su puño o con un garrote a cierta velocidad con cierta Ec. Lo que llega a pegarle al otro, es algo (una masa) que se esta moviendo, es decir que trae cierta Ec. Entonces supongan que su masa sea de 1 (en este momento no consideremos las unidades, sólo las cantidades), es decir masa 1 y la velocidad 1 ¿cuánto vale la Ec?</p> <p>As. Cero.</p> <p>M. No, fíjate en la fórmula para calcular la Ec, ¿cuánto vale la</p>	<p>Problema</p> <p>$E_c = mv^2/2$</p>	<p>P3 P5</p> <p>P2 P3</p> <p>P5</p> <p>P5</p>	<p>P5</p> <p>P2 P3</p> <p>P5</p> <p>P5</p>
---	--	---	--

<p>velocidad?</p> <p>As. 1,</p> <p>M. Al cuadrado da 1, ¿cuánto da sobre 2?, 1x1 sobre 2, esto es....</p> <p>As. 0.5,</p> <p>M. Bien, 1/2 o sea 0.5 por la masa 1 da 0.5. Ahora, vamos a pensar en un segundo caso, supón que ya te entrenaste y logras llegar a desarrollar en la velocidad de tus puños, el doble de la velocidad anterior, tu velocidad pasa a ser 2 veces la anterior. Es la misma masa, el mismo puño, el mismo brazo junto con el puño, ¿cuánto vale ahora la E_c que le vas a transmitir a tu adversario al golpearlo? Pueden hacer el cálculo mentalmente</p> <p>A1. 1.</p> <p>A2. No.</p> <p>M. No.</p> <p>As. 1 ¿no?</p> <p>M. 2, hagamos el cálculo.... aquí está, mira 1 de la masa, la velocidad es 2, al cuadrado es 4 sobre 2, 4x1 sobre 2, da 2. Entonces ¿cuántas veces aumenta la E_c respecto a 1/2 de la primera situación, si doblamos la velocidad del golpe y si E_c de nuestro puño es ahora 2?Cuatro veces más, 400%, el golpe es 400% más energético. Ahora se ponen a entrenar más todavía, y logran hacer que su velocidad sea 3 veces más rápida que la primera que tenían. ¿Cuánto es ahora la E_c de su golpe?</p> <p>As. 4.5 o 5 veces más que 1/2,</p> <p>M. ¿Cuánto es 4.5 respecto a 1/2, 5 veces más?</p> <p>As. 9.</p> <p>M. Correcto, 9 veces más. Qué va a pasar con el tipo que está enfrente al estarle dando golpes con 3 veces la velocidad que tenían Uds. al principio, no les va a aguantar, aunque su puño sea pequeño pero pegando bien con 3 veces la velocidad de sus golpes....serán como Bruce Lee.</p> <p>Si se van a enfrentar al alguien acostúmbrense a pegar bien, la sorpresa es la que cuenta, y la velocidad más todavía. Si son mujeres igual.</p>		<p>P5</p>	
---	--	-----------	--

	Fin de clase. El maestro deja tarea para la próxima clase.			
C3	<p>.....</p> <p>En esta clase el profesor aplicó un examen sobre el tema de energía que le ocupó toda la sesión y con ello dio por terminado el tema.</p>	<p>Inicio de la Clase 3. Se pasó lista de asistencia, se registraron y recogieron tareas</p>		

Anexo 12. Matriz de Relaciones Epistemológicas y Estratégicas (MREE).

Nivel Estratégico- Didáctico →	Conversación	Argumentación	Explicación
Nivel Lógico- Conceptual ↓			
Descripción	P1	P1,P4,P5,P6	----
Explicación	P2,P3	P2,P3	P2,P3
Ejemplificación	P4,P5,P6	P4,P5,P6,	P4,P5,P6,P7,P8,P9,P10

Clasificación de Proposiciones en niveles:

- Descriptivo (D). Proposiciones: **P1,P4,P5,P6**
- Explicativo (E). Proposiciones: **P2, P3**
- Ejemplificativo (EJ). Proposiciones: **P4,P5,P6,P7,P8,P9,P10**

Anexo 13a. Plan de Desarrollo del Tema de Energía (a priori).

No Horas	Selección de contenidos	Estrategia de Enseñanza (Ps)	Actividades (pueden ser previas, durante o posteriores a la clase)	Material didáctico	Formas de Eval. y Diagnóstico
PREPRUEBA					
2-3	1. Energía, trabajo, energía potencial, energía cinética, energía mecánica.	1. Introducción al tema por el profesor interaccionando con los alumnos propiciando preguntas, respuestas y conversación sobre lo que es la energía, el trabajo, la relación entre ambos, la energía potencial, la energía cinética, la energía mecánica y su conservación. (P1,P4,P5,P6)	1.1 Pedir recortes de artículos de periódico o revistas sobre energía, tipos, producción y usos en nuestra sociedad. 1.2 Lectura y discusión sobre 2/3 artículos mas interesantes sobre la energía y sus usos. 1.3 interacción argumentada de preguntas y respuestas.	1. Acetatos, pizarrón, equipo.	1.1 Presentación de artículos. 1.2 Presentación de preguntas y respuestas del alumno sobre el tema.
1-2	2. Producción de energía y Conservación de la energía mecánica.	2. Presentación del tema por el profesor con explicación a cuentagotas e interactiva formal de conceptos de trabajo, energías potencial, cinética, mecánica y su conservación. (P1,P2,P3,P4,P5,P6)	2.1 interacción argumentada de preguntas y respuestas. 2.2 Resolución de problemas de razonamiento y numéricos sobre trabajo, energía potencial, cinética, mecánica y su conservación. 2.3 Posible elaboración de mapa conceptual sobre el tema.	2. Acetatos, pizarrón, equipo.	2. Presentación de preguntas y problemas resueltos.
1	3. Ejemplos específicos donde se presentan la EP, EC, EM y la producción de las mismas.	3. Presentación y análisis de experimentos y/o aparatos donde se manifiesta la energía potencial y cinética y su conservación. (P5,P6,P7,P8,P9,P10)	3. Demostración de diversos tipos de energías por medio de los siguientes aparatos: - péndulo. - plano inclinado - montaña rusa.	3. Acetatos, pizarrón, equipo.	Presentación de cuestionario y problemas resueltos.
1					4. Examen escrito sobre el tema de energía.
A las 2 Sem	POSPRUEBA				

Anexo 13b. Plan desarrollado del Tema sobre Energía (a posteriori).

No Ho-ras	Selección de contenidos	Estrategia de Enseñanza (Ps)	Actividades (pueden ser previas, durante o posteriores a la clase)	Material didáctico	Formas de Eval. y Diagnóstico
PREPRUEBA					
1-2	1. Energía. Diversos tipos de energía.	1.1 Introducción al tema por el profesor interaccionando con los alumnos con preguntas, respuestas y conversación sobre que es energía. 1.2 Encontrar una definición (por los alumnos), aplicarla a situaciones físicas para validarla. Y dar ejemplos de tipos de energía. (P1) y (P1,P4,P5,P6)	1.4 Pedir recortes de artículos de periódico o revistas sobre energía, tipos, producción y usos en sociedad. 1.5 Lectura y discusión sobre artículos más interesantes sobre la energía y sus usos. 1.6 Interacción, conversación con preguntas y respuestas.	1. Acetatos, pizarrón, equipo.	1.3 Presentación y revisión de artículos. 1.4 Presentación y revisión de tareas y de preguntas y respuestas del alumno sobre el tema.
1-2	2. Energía, trabajo, energía: cinética (EC), potencial (EP) mecánica (EM). Producción de energía.	2.1 Presentación por el profesor del concepto formal de trabajo, energías: cinética, potencial y mecánica. Propiciar su aplicación comparativa con la definición no formal a situaciones experimentales para validarla. (P1) y (P1,P4,P5,P6). 2.1 Continuar con la dinámica de argumentación-explicación de cómo se produce la energía, concensando una explicación por parte de los alumnos. (P2,P3) y (P4,P5,P6).	2.4 Interacción argumentada de preguntas y respuestas. 2.5 Resolución de problemas de razonamiento y numéricos sobre trabajo, e. cinética, e. potencial y e. mecánica 2.6 Elaboración de mapa conceptual.	2. Acetatos, pizarrón, equipo.	3. Presentación y revisión de tareas y de preguntas y problemas resueltos.
1-2	3. Producción y conservación de la energía. Ejemplos específicos donde se presentan la EC, EP, EM, otros tipos de energía y su producción (ley de conservación).	3.1 Presentación por el profesor del concepto formal de conservación de la energía como procedimiento de producción de energía. Propiciar su aplicación comparativa con la definición no formal a situaciones experimentales para validarla. (P2,P3) y (P4,P5,P6). 3.2 Presentación y análisis de experiencias y/o aparatos donde aparecen las energías cinética, potencial, mecánica y su conservación. (P2,P3) y (P4,P5,P6,P7,P8,P9,P10)	Interacción con explicación formal. Resolución de problemas de razonamiento y numéricos sobre conservación de energía. Explicación del funcionamiento de varios aparatos por medio de EC, EP, EM y su conservación. - Péndulo. - Péndulo múltiple. - Plano inclinado. - Montaña rusa. - Otros.	3. Acetatos, pizarrón, equipo.	3.6. Presentación y revisión de tareas y de cuestionario y problemas resueltos. 3.7. Examen escrito sobre energía.
POSPRUEBA					

Anexo 14. Simbología.

En el análisis e componentes y en los mapas de correspondencia proposicional, los conceptos se presentan en mayúsculas o en minúsculas negritas. Los núcleos conceptuales se enmarcan en globos oscuros.

P!, P2.....Indican las proposiciones del referente-criterio.

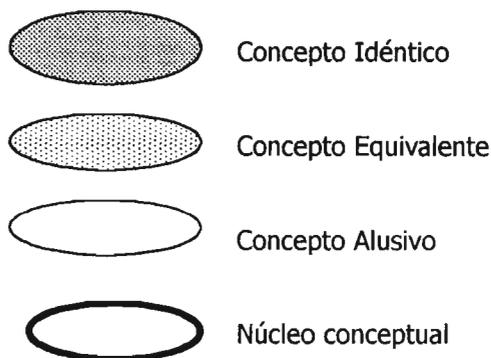
P1, p2.....Indican las proposiciones del estudiante.

R1, R2.....Identifican a las relaciones lógicas del referente criterio.

r1, r2.....Identifican a las relaciones lógicas del estudiante.

Las flechas indican la terminación de cada proposición,

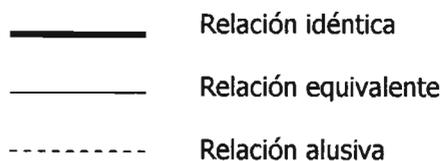
Particularmente en los mapas de correspondencia, los globos vacíos son los que el estudiante no expresó en su discurso, pero se encuentran presentes en el referente criterio.



Las líneas continuas oscuras indican que las relaciones lógicas son idénticas.

Las líneas continuas simples indican que las relaciones lógicas son equivalentes.

Las líneas continuas punteadas indican que las relaciones lógicas son alusivas.



En 1.1, el decimal .1 se refiere a la preprueba.

En 1.2, el decimal .2 se refiere a la posprueba.

**Anexo 15 Cálculo de la Distribución t de Student
o
Pruebas de Hipótesis y Significancia Estadística.**

Anexo 15. Pruebas de Hipótesis y Significancia.

¿Los grupos A y B son significativamente iguales o diferentes, respecto a ellos mismo y entre ellos, antes y después (preprueba y posprueba) de la aplicación de las estrategias didácticas? ¿Dicha diferencia significativa, si la hay entre sí y entre los grupos, qué características tiene?

Para contestar estas preguntas es necesario aplicar la distribución t de Student. Esta distribución permite el estudio de muestras pequeñas de tamaño $N < 30$. De esta manera se determinará la significancia de los resultados obtenidos a partir de la preprueba y de la posprueba de cada grupo y representados en los índices de las tablas 1 a 4.

Si μ_1 y μ_2 , denotan cualquiera de los índices de las tablas 1-4, el índice medio de la población de estudiantes de los dos grupos A y B, respectivamente, se debe decidir entre las hipótesis estadísticas:

$H_0 : \mu_1 = \mu_2$ y esencialmente no hay diferencia entre los grupos.

$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2$ y esencialmente existe una diferencia significativa entre los grupos.

Bajo la hipótesis H_0 :

1 Medias. Para probar la hipótesis H_0 de que una población normal tiene una media μ , se utiliza la medición (o estadístico t).

$t = (X - \mu) \sqrt{(N-1) / s}$ donde X es la media de una muestra de tamaño N.

En este caso, el cálculo de t tanto para el grupo A como para el grupo B, individualmente, tanto en la preprueba como en la posprueba, considera los siguientes índices y datos. $cc < 0.500$, $cr < 0.600$, $c < 0.600$, $d > 1.39$. Con un contraste bilateral (dos colas) al nivel de significancia de 0.05, se rechazaría H_0 si t estuviera fuera del rango $-t_{0,975}$ a $+t_{0,975}$ que para una muestra con $N - 1 = 14$ grados de libertad, es el rango de valores que va de -2.14 a $+2.14$. Ver tabla 13.

2. Diferencia de medias. Suponga que dos muestras aleatorias, de tamaños N_1 y N_2 se seleccionan de poblaciones normales, cuyas desviaciones son iguales ($\sigma_1 = \sigma_2$). Considere, además, que estas dos muestras tienen medias X_1 y X_2 , así como desviaciones estándar dadas por s_1 y s_2 , respectivamente. Para probar la hipótesis H_0 , que asegura que las muestras provienen de la misma población, es decir, que $\mu_1 = \mu_2$, así como $\sigma_1 = \sigma_2$, se utiliza la medición t, dada por:

$$t = (X_1 - X_2) / \sigma \sqrt{(1/N_1 + 1/N_2)} \quad \text{donde} \quad \sigma = \sqrt{(N_1 S_1^2 + N_2 S_2^2) / (N_1 + N_2 - 2)}$$

Tanto el Grupo A como el Grupo B son de 15 alumnos cada uno. El número de grados de libertad es $N = 15 + 15 - 2 = 28$. Con un contraste bilateral (dos colas) al nivel de significancia $ns = 0.05$, se rechazaría H_0 si t estuviera fuera del rango $-t_{0,975}$ a $+t_{0,975}$ que para 28 grados de libertad, es el rango de valores que va de -2.05 a $+2.05$. Ver tablas 12 y 14.

Nota: Si el nivel de significancia fuera de $ns = 0.10$, se rechazaría H_0 , si t estuviera fuera del rango $-t_{0,950}$ a $+t_{0,950}$ que para 28 grados de libertad, es el rango de valores que va de -1.70 a $+1.70$. Ver tablas 12 y 14.

Tabla 12.

Diferencias significativas de índices entre las prepruebas y las pospruebas por grupo (dos colas, $p < 0.05$ y $p < 0.10$)

Índice	Grupo A		Grupo B	
	ns = 0.05	ns = 0.10	ns = 0.05	ns = 0.10
cc	NO (t = - 2.01)	SI	NO (t = - 1.28)	NO
cr	SI (t = - 4.65)	SI	NO (t = - 0.48)	NO
c	NO (t = - 0.98)	NO	NO (t = + 0.53)	NO
q	SI (t = - 4.60)	SI	NO (t = - 0.80)	NO
q _{corr}	SI (t = - 2.38)	SI	NO (t = - 0.10)	NO
d	NO (t = + 1.93)	SI	NO (t = - 1.58)	NO

Tabla 13.

Hipótesis planteadas respecto de los índices de correspondencia y densidad de la preprueba y posprueba por grupo (dos colas, $p < 0.05$)

Índices	Preprueba		Posprueba	
	Gpo A	Gpo B	Gpo A	Gpo B
cc < 0.500	SI (t = + 4.34)	SI (t = + 5.69)	SI (t = + 6.56)	SI (t = + 6.86)
cr < 0.600	SI (t = - 16.53)	SI (t = - 14.03)	SI (t = - 5.62)	SI (t = - 12.09)
c < 0.600	--	--	SI (t = + 2.41)	NO (t = + 1.07)
d > 1.39	SI (t = - 19.63)	SI (t = - 14.67)	SI (t = - 16.01)	SI (t = - 15.93)

Tabla 14.

Diferencias significativas de índices entre grupos en preprueba y posprueba (dos colas, $p < 0.05$ y $p < 0.10$)

Índices	Preprueba		Posprueba	
	Grupos A-B		Grupos A-B	
	ns = 0.05	ns = 0.10	ns = 0.05	ns = 0.10
cc	NO (t = - 0.49)	NO	NO (t = + 0.44)	NO
cr	NO (t = - 0.83)	NO	SI (t = + 3.29)	SI
c	---	---	NO (t = + 1.08)	NO
q	NO (t = - 0.88)	NO	SI (t = + 2.81)	SI
q _{corr}	NO (t = - 0.88)	NO	NO (t = + 1.62)	NO
d	NO (t = + 0.47)	NO	SI (t = - 2.45)	SI

Análisis de resultados.

De la tabla 14 se concluye, que los grupos A y B, antes de aplicar las estrategias didácticas, no son significativamente diferentes. En cuanto a la comparación entre dichos grupos, a partir de la postprueba, se encuentra que en los índices cc, c y q_{corr} no hay diferencias significativas entre ellos, pero en los índices cr, q y d, sí hay diferencias significativas a favor del grupo A. Además, en la tabla 11 obtenemos la comparación de la preprueba y postprueba de cada grupo A y B, en ella, se observa que el grupo B no reporta cambios significativos, en ninguno de sus índices, y en cambio, el grupo A sí reporta cambios significativos, para ns = 0.05, en los índices cr, q y q_{corr} y para ns = 0.10, en los índices cc, cr, q, q_{corr} y d, después de la aplicación de la estrategia didáctica respectiva.

Conclusiones.

Estos resultados demuestran, que:

1. Los grupos A y B, antes de aplicar las estrategias didácticas (en el grupo A se aplicó la estrategia didáctica novedosa y en el grupo B se aplicó la estrategia didáctica tradicional), no son significativamente diferentes.
2. La estrategia didáctica tradicional no genera cambios, estadísticamente significativos, en la construcción del conocimiento científico sobre la energía, en el grupo B, en ninguno de los niveles de significancia ns = 0.50, y ns = 0.10.

3. La estrategia novedosa, denominada propuesta didáctica, aplicada al grupo A, sí produce una mejora, estadísticamente significativa, en la construcción del conocimiento científico sobre la energía, particularmente en los índices c_r , q y d para $n_s = 0.05$ y en los índices c_c , c_r , q , q_{corr} y d para $n_s = 0.10$
4. Al ser mejor la propuesta didáctica novedosa que la estrategia tradicional, en la construcción formal del conocimiento científico sobre la energía, se corrobora, afirmativamente, la hipótesis del problema de investigación.

Bibliografía.

Freund, John E. y Manning S., Richard. (1989). Estadística. Prentice Hall S. A.

Spiegel Murray, R. y Stephens J., Larry. (2001). Estadística. Mc Graw-Hill.