

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
DIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
RÉGIMEN ESPECIAL DE DOCTORADO

**DE LA FÍSICA ARISTOTÉLICA A LA MECÁNICA NEWTONIANA:  
UN MODELO DIDÁCTICO PARA LA CONCEPTUALIZACIÓN Y  
RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS**

Tesis presentada como requisito parcial para optar al  
Grado de Doctora en Educación

Autora: Zulma Cirigliano Vecchio

Tutora: Hilda Lokpez de George

Caracas, Marzo de 2003

REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA  
UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
DIRECCION GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
REGIMEN ESPECIAL DE DOCTORADO

**DE LA FISICA ARISTOTELICA A LA MECANICA NEWTONIANA:  
UN MODELO DIDACTICO PARA LA CONCEPTUALIZACION Y  
RESOLUCION DE PROBLEMAS**

Por: Zulma Cirigliano Vecchio

Tesis Doctoral aprobada, en nombre de la Universidad Católica Andrés Bello,  
por el siguiente jurado, en la ciudad de Caracas a los 25 días del mes de marzo de  
2003, con recomendación para su publicación

---

Dra. Hilda Lokpez de George

C:I. 2.124.604

TUTORA

---

Isbelia Martín  
C.I. 3.671.612  
MIEMBRO

---

Lubomir David  
C.I. 6.456.662  
MIEMBRO

A Jeannette, Lucianna,  
Francois y Melina  
mis amores

A los estudiantes  
mis razones

## AGRADECIMIENTOS

Estoy agradecida a los participantes de las Mesas de Trabajo por haberme dado la oportunidad de crecer junto a ellos. Especialmente a Alvaro Ochoa, Jorge Benedicto, Edgar Ferreira, Pablo Mujica, Oscar Rodríguez y Norka Aguilar. Gracias a ellos esta investigación esta llena del silencio de sus reflexiones y del eco de sus voces de recomendaciones y alertas. También quiero agradecer a Henry Molina y a Mercedes Morales quienes comentaron y utilizaron los materiales en sus cursos.

Asimismo, a Hilda Lokpez de George, mi maestra, mi apoyo, mi amiga y mi tutora exigente, alentadora y comprensiva.

Finalmente agradezco a la Universidad Católica Andrés Bello que me brindo facilidad, libertad, apoyo y oportunidad para realizar la investigación.

## TABLA DE CONTENIDO

	pp.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTOS .....	iii
ÍNDICE GENERAL.....	iv
LISTA DE GRÁFICOS .....	v
LISTA DE CUADROS.....	vii
RESUMEN.....	viii
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO	
I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
Contexto en que se ubica el problema.....	6
Objetivos del Estudio.....	8
Justificación .....	8
Limitaciones de la Investigación.....	10
II. BASES TEÓRICAS.....	12
Revisión de estudios previos .....	12
Los principios que fundamentan el modelo a construir.....	47
Experiencias que se realizan con algunos de los principios del modelo propuesto.....	48
III. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DIDÁCTICO.....	54
IV METODOLOGÍA .....	62
Hipótesis.....	62
Definición y especificación de las variables .....	63
Diseño utilizado .....	64
Población, muestra y sujetos .....	65
Recolección de datos .....	66

V RESULTADOS.....	72
Descripción de los sujetos.....	72
Prueba de las Hipótesis .....	78
Utilización de la V epistemológica de Gowin como una herramienta para analizar la construcción del conocimiento en la investigación	86
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES	101
Efectos de la aplicación del modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo en el aprendizaje de los estudiantes e implicaciones para la enseñanza de la física.....	101
Implicaciones teóricas de los resultados.....	104
Implicaciones de los resultados de la investigación en la gestión del conocimiento en las unidades académico-administrativas universitarias	105
Recomendaciones para futuras investigaciones.....	106
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	108
ANEXOS.....	
A INSTRUMENTOS.....	119
B RECURSOS DIDÁCTICOS.....	159
C PREGUNTAS ABIERTAS AL CUESTIONARIO A LOS ESTUDIANTES.....	199
CURRICULUM VITAE.....	203

## LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO	pp
1. Constructo del aprendiz de Giordan y de Vecchi.1997 .....	15
2. Integración de los modelos de Giordan y de Vecchi y de Pozo y Gómez Cirigliano 2002. ....	19
3. Visualización de los cambios epistemológicos, ontológicos y conceptuales. Pozo y Gómez. 2000 .....	31
4. Los constructos del aprendiz: incorporación de la propuesta de Greca y Moreira (1995) al modelo Giordan y de Vecchi (1997). Cirigliano, 2002. ....	46
5. Modelo Didáctico Diferenciado, Integrado y Cooperativo. Cirigliano, 2002 ...	61
6. Relación entre el Pretest y el Postest en el Grupo Control .....	80
7. Relación entre el Pretest y el Postest en el Grupo Experimental	80
8. Linealidad entre el puntaje obtenido en el pretest y el desempeño en la resolución de problemas	85
9. La V epistemológica de Gowin	87
10. La estructura y el proceso de construcción del conocimiento generado a partir de la comprobación de la Hipótesis I de la investigación.	89
11. La estructura y el proceso de construcción del conocimiento generado a partir de la comprobación de la Hipótesis II de la investigación.	90
12. La estructura y el proceso de construcción del conocimiento generado a partir de la comprobación de la Hipótesis III de la investigación.	91

13. La estructura y el proceso de construcción del conocimiento generado a partir de la comprobación de la Hipótesis IV de la investigación.	92
14. Relación entre la estructura conceptual, el modelo didáctico y los principios orientadores de la acción pedagógica	93
15. Contribución del Modelo a la comprensión de la asignatura.....	94
16. Contribución del Modelo en el desempeño en la asignatura .....	94
17. Pertinencia de la evaluación de los aprendizajes .....	95
18. Contribución del Modelo al conocimiento de sí mismo como estudiante .....	96
19. Contribución del Modelo en la creación de oportunidades para participar .....	96
20. Contribución del Modelo en las relaciones con sus pares .....	97
21. Contribución del Modelo en el mejoramiento de las relaciones con el profesor	97
22. Contribución del Modelo para mejorar el método de estudio .....	98
23. Contribución del Modelo en la utilización del texto como recurso didáctico ....	99
24. Opinión con relación a la elección del libro de texto.....	99
25. Correspondencia entre la implementación del Modelo y la información recibida .....	100

## LISTA DE CUADROS

CUADRO	pp
1. Dimensiones y estructura conceptual Newtoniana	67
2. Homogeneidad de los grupos en cuanto a la variable sexo usando la prueba chi cuadrado.	72
3. Homogeneidad de los grupos en cuanto a la estructura conceptual newtoniana aplicando la prueba t de Student a los dos grupos	73
4. Detalles de la prueba t de Student para dos muestras independientes	74
5. Estadísticos de las medias por grupo en el postest	78
6. Diferencia entre los promedios obtenidos en el postest por ambos grupos realizando la prueba t de Student	79
7. Correlación entre los conocimientos iniciales y el desempeño en la resolución de problemas medido por el coeficiente de correlación de Pearson en el Grupo Control	82
8. Correlación entre los conocimientos iniciales y el desempeño en la resolución de problemas medido por el coeficiente de correlación de Pearson en el Grupo Experimental	82
9. Igualdad de las varianzas aplicando la Prueba de Levene	83
10. Diferencia entre los promedios obtenidos en la resolución de problemas los Grupos Control y Experimental con la prueba t de Student	83
11. Relación entre las variables: puntaje obtenido en el postest y desempeño en la resolución de problemas medido a través del coeficiente de correlación de Pearson	85

## INTRODUCCIÓN

Debido a la interacción con el mundo cotidiano y con otros individuos y frente a la necesidad de comprender y controlar el contexto, las personas elaboramos espontáneamente diversas concepciones sobre los fenómenos físicos. Este conocimiento, que muchas veces no coincide con las teorías que actualmente acepta la comunidad científica para explicar los mismos fenómenos, fue suficiente para enfrentar las exigencias de todos los días en las décadas pasadas.

Actualmente el incremento y la complejidad tecnológica han invadido la casi totalidad de las actividades humanas y muchas de ellas demandan puestos de trabajo que requieren individuos técnicamente competentes. En consecuencia, una gran fracción de los bachilleres aspiran cursar carreras científicas o tecnológicas que requieren de la Física. (Redish, 1996). Sin embargo, se evidencia un alto índice de reprobados y se observa falta de motivación para el estudio de la Física en el Nivel Universitario Básico. El alumno recién egresado del nivel de educación media, sujeto a una enseñanza de calidad bastante discutible, se enfrenta con dificultad a las primeras disciplinas que le son ofrecidas con exigencias muy superiores para las que él normalmente se encontraba preparado.

Para muchos estudiantes de enseñanza media saber física es, todavía hoy, una cuestión de conocer cuál es *la fórmula* que se debe aplicar para resolver un determinado problema. Naturalmente, esa visión distorsionada de lo que es saber física, es una consecuencia directa de la enseñanza recibida, de la manera cómo le presentan el conocimiento -profesor, libro de texto-, de la forma cómo se evalúa al alumno -pruebas parciales, exámenes finales, ejercicios al final de capítulos-. En todo este proceso se da, frecuentemente, una importancia exagerada a las fórmulas, como

punto de partida y no como un producto obtenido de los modelos mentales, las representaciones proposicionales y las imágenes videoespaciales.

Urgidos por cambiar esta concepción de enseñanza, en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias se percibe en la actualidad una necesidad de fundamentar científicamente las estrategias metodológicas desarrolladas. Si embargo, se detecta un cierto sentimiento de impotencia, o al menos de incertidumbre, respecto al establecimiento de unos cauces seguros para el desarrollo de la disciplina y la consecución de unos niveles satisfactorios de eficiencia. (Cañal y Porlan,1988).

La Didáctica de la Física, como toda didáctica, es una ciencia aplicada que tiene sus fundamentos en las ciencias básicas, pero es evidente que su cuerpo teórico no se construirá por simple adición de las aportaciones realizadas por ellas, por el contrario, será precisa la elaboración de modelos y teorías que permitan interpretar adecuadamente las complejas interacciones que caracterizan los fenómenos de enseñanza y de aprendizaje de la física. Estos problemas son de naturaleza específicamente didáctica y no de conocimiento de la física.

La búsqueda de un marco teórico para describir y explicar los procesos cognitivos vinculados al aprendizaje de la física y al desarrollo de modelos didácticos para lograr mayores niveles de eficiencia, es algo que ha ocupado en los últimos veinte años a la comunidad de investigadores.

Desde finales de los ochenta se aprecia un profundo interés en el estudio de las concepciones alternativas fruto de la incorporación de nuevas aportaciones derivadas, entre otras, de cuatro líneas de estudio: a) aquellas dirigidas a investigar las características de las concepciones; b) aquellas otras que han introducido fundamentos teóricos procedentes de la psicología cognitiva y de la inteligencia artificial; c) los estudios que están replanteando las bases epistemológicas del cambio conceptual y d) los trabajos de modelización del pensamiento causal.

En los comienzos del 2000 han cobrado fuerza creciente referencias teóricas más próximas a satisfacer la necesidad de un modelo didáctico que permita articular coherentemente las diversas aportaciones parciales que se han ido haciendo para orientar adecuadamente la labor de la enseñanza de la física en el contexto real del aula universitaria (Ferreira y González, 2000).

Esta investigación focalizó la atención en el diseño y estudio del efecto de la aplicación de un modelo didáctico que se fundamenta en la concepción que el aprendizaje individual de la física es el producto de una construcción social del grupo-clase mediada por la acción de un profesor que selecciona el contexto y lo problematiza.

En el modelo didáctico propuesto se inicia el ciclo de aprendizaje con la exploración individual de los conocimientos iniciales que tienen los estudiantes con relación a un tópico cuya lectura ha sido previamente asignada por el profesor. A continuación a cada alumno se le presentan preguntas conceptuales que él deberá resolver mediante un cuestionario de opción múltiple. Las preguntas están diseñadas a partir de los errores conceptuales o las ideas intuitivas de los estudiantes, detectados en las investigaciones en la enseñanza de las ciencias.

En la siguiente fase del ciclo, los alumnos con respuestas diferentes deben formar dúos o tríos para confrontar, analizar, reflexionar, argumentar, etc. hasta encontrar las respuestas que juzguen correctas a cada una de las cuestiones planteadas individualmente. Esta actividad cooperativa, contributiva o colaborativa es una estrategia para facilitar el enriquecimiento, ajuste o reestructuración de los conceptos tratados, condición necesaria, aunque no suficiente, para resolver los problemas vinculados con el tópico (Lang, Moreira y Axt, 1992).

Verificado el dominio de los conceptos relevantes se inicia la fase de resolución de problemas. El profesor situará el aprendizaje en un contexto real cotidiano problematizado, donde se manifieste el fenómeno en sus más variadas expresiones, para que el estudiante identifique, analice, compare y categorice los eventos presentados, usando criterios convenientes que le permitan reducir la complejidad presente, utilizar y relacionar clases para determinar los conceptos involucrados, describir cualitativamente el comportamiento de los objetos físicos e interpretar la situación. Con esta actividad se pretende que el profesor inicie un proceso de *modelización*, el cual consiste en enseñar a los alumnos de forma consciente y explícita los procedimientos mediante los cuales pueden construir modelos mentales, representaciones proposicionales o video-espaciales que sean coherentes con los modelos conceptuales de la física (Greca y Moreira, 1997).

La investigación se realizó en la Universidad Católica Andrés Bello en la Facultad de Ingeniería, mediante una modalidad de gestión que se llamó Mesas de Trabajo, integradas éstas por Docentes del Departamento de Física, Psicólogos del Centro de Desarrollo Humano y la autora de este estudio profesora de la Escuela de Educación. En las Mesas de Trabajo se analizaban aspectos epistemológicos vinculados con los conocimientos de Mecánica Clásica, Psicología Cognitiva, gestión del aula con ambientes de aprendizaje grupal así como la validación por expertos de los materiales didácticos producidos o adaptados a ser utilizados en la investigación.

El presente trabajo está dividido en seis capítulos. En el capítulo I se caracteriza el contexto donde se ubica el problema y las interrogantes que se generan, se establecen los objetivos del estudio, se justifica su importancia y se señalan las limitaciones de la investigación.

En el capítulo II se establecen las bases teóricas de la investigación mediante la revisión de estudios previos con la finalidad de inferir, a partir de ellos, los

principios que fundamentarán el modelo didáctico que se quiere diseñar y se identifican experiencias donde se evidencian la aplicación de algunos de los principios inferidos.

El capítulo III presenta el diseño del modelo didáctico de estrategias diferenciales, integradas y cooperativas para facilitar enriquecimiento, ajuste o reestructuración conceptual y la modelización en la resolución de problemas.

En el capítulo IV se expone la metodología que permitirá verificar los resultados del modelo empírico, para ello se establecen las hipótesis de investigación, se definen y especifican las variables, se precisa el diseño, la población, la muestra y los instrumentos de recolección de datos que se utilizarán en la investigación.

En el capítulo V se presenta los resultados del modelo empírico mediante la caracterización de los grupos y las pruebas de hipótesis.

El capítulo VI presenta los efectos de la aplicación del modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo en el aprendizaje de los estudiantes e implicaciones para la enseñanza de la física, el aporte teórico de la investigación a la Didáctica de la Física y en la gestión del conocimiento en las unidades académico-administrativas universitarias

Finalmente, se proponen recomendaciones para futuras investigaciones.

## **CAPITULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **I. Contexto en que se ubica el problema**

Existe suficiente evidencia empírica que pone de manifiesto la escasa efectividad de la enseñanza de las ciencias para lograr la comprensión funcional de los conceptos fundamentales y su aplicación en la resolución de problemas. Las investigaciones en el campo de la enseñanza de la Física no sólo han detectados cuales son las concepciones alternativas o constructos del aprendiz cuando no ha logrado la estructura conceptual que requiere el dominio específico sino que además, han caracterizado los procesos cognitivos del aprendiz: razonamiento causal lineal espontáneo (Viennot,1996). Pintó, Aliberas y Gómez, 1996), monoconceptual, no sistémico, irreversible, puramente algorítmico con reducción funcional y reglas de inferencias causales poco consistentes (Salinas y Colombo, 1993). Asimismo los resultados de las investigaciones sostienen que los estudiantes tienen dificultad en hacer conexiones entre el mundo real y los modelos científicos, entre el conocimiento conceptual y el conocimiento cuantitativo y entre los aspectos locales y globales de los eventos físicos (Sabella,1997), presentándose interferencia frecuente de los conocimientos intuitivos con los conocimientos formales (Plötzner,1995). Además, han estudiado en cuáles circunstancias específicas de aprendizaje se hace más evidente este tipo de comportamiento.

Por otra parte, la literatura sobre resolución de problemas es tan vasta y compleja que se hace difícil lograr una visión global y consistente del papel de la resolución de problemas en el aprendizaje de la Física en el contexto del aula, sin embargo, el estudio de las representaciones mentales que los alumnos construyen en

su interacción con el mundo, sus fenómenos y artefactos está constituyendo una línea teórica interesante que sugiere usar, explícitamente, la heurística de las imágenes, las analogías, la creación de simulaciones mentales, la realización de idealizaciones y abstracciones generales para la resolución de problemas (Greca y Moreira, 1997. Plötzner, 1993).

Por último, las investigaciones relacionadas con el aprendizaje cooperativo - contributivo, colaborativo- arrojan resultados positivos sobre el tema, sin embargo, en el nivel superior la evidencia empírica sobre su efectividad es escasa y la mayoría se ha realizado en las disciplinas no técnicas.

¿Cómo diseñar un modelo didáctico que transforme esos hallazgos teóricos en estrategias instrumentales para el proceso de aprendizaje del alumno en el Nivel Básico Universitario?

En otras palabras ¿Cómo diseñar un modelo didáctico, sujeto a las restricciones de la práctica educativa universitaria -cuarenta (40) alumnos aproximadamente por sección, contenido programático predeterminado (Temas I, II y III Cinemática y Dinámica de la partícula) deben ser administrados en veintiocho (28) horas de clase, texto preseleccionado y exámenes departamentales- para que el alumno, partiendo de sus concepciones intuitivas, inicie un proceso de aprendizaje que le permita describir y comprender la realidad física, formulando hipótesis, diseñando modelos y evaluando resultados?.

En esta investigación se pretende indagar:

¿Qué influencia tienen los conocimientos iniciales de los alumnos sobre el proceso de enriquecimiento, ajuste o reestructuración conceptual y la modelización en el aprendizaje de la física?

¿Cuál es el efecto del aprendizaje contributivo, *aprendizaje con sus pares*, cuando se integra a un modelo didáctico para facilitar el enriquecimiento, ajuste o reestructuración conceptual y la modelización en la resolución de problemas?.

## **II. Objetivos del Estudio**

### **Objetivo General**

Contribuir con la construcción del cuerpo de conocimientos teóricos de la Didáctica de la Física aportando un modelo empírico sujeto a las restricciones dinámicas del aula universitaria.

### **Objetivos Específicos**

- Construir un modelo didáctico -sujeto a las restricciones de la práctica educativa universitaria- que partiendo de los conocimientos iniciales de los alumnos propicie la interacción entre pares para que los estudiantes enriquezcan, ajusten o reestructuren su red conceptual y participen en la construcción de representaciones que orienten la búsqueda de la solución de los problemas de la Física Newtoniana.
- Conocer el efecto que tiene la aplicación del modelo sobre el enriquecimiento, ajuste o reestructuración conceptual y la modelización en la resolución de problemas en los alumnos cursantes de Física en el Nivel Básico Universitario.

## **III Justificación**

Las razones para impulsar este estudio son:

**Relevancia social:** la alfabetización científica de todas las ciudadanas y ciudadanos ha pasado a constituir una exigencia *urgente para el desarrollo inmediato*, por la cantidad de productos científicos que irrumpen en nuestras vidas, los cuales demandan para su aprovechamiento efectivo individuos competentes capaces de hacer uso de ellos Pero junto a la creciente importancia concedida a la educación científica se manifiesta un grave fracaso escolar, tanto en el nivel medio como en el universitario, acompañado de un creciente rechazo de los estudios científicos y de actitudes negativas hacia la ciencia. Sin embargo, como sostienen Giordan y de Vecchi (1999), la ciencia es accesible y el conocimiento superior nos pertenece. Este estudio es un intento por aportar soluciones orientadas a ayudar a los estudiantes en la construcción de un camino que requiere de esfuerzos de iniciación en lenguajes complejos y en formas de pensamiento de alto nivel.

**Valor teórico:** El modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo es una contribución al esfuerzo que está realizando la comunidad de investigadores en la enseñanza de las ciencias por constituir un cuerpo de conocimientos didácticos que articule coherentemente las diversas aportaciones parciales que se han ido haciendo para orientar adecuadamente la labor de la enseñanza de la física en el contexto real del aula universitaria. En ésta investigación se concibe el aprendizaje individual de la física como el producto de construcción social del grupo-clase guiada por la acción de un profesor que selecciona el contexto y lo problematiza. La complejidad del problema requiere de los aportes de numerosas investigaciones, unas vinculadas a sus aspectos epistemológicos, otras a la gestión del conocimiento en el aula y otras a los aspectos psicosociales propios del aprendizaje entre iguales.

**Utilidad metodológica:** Desde el punto de vista de la práctica educativa la solución que esta investigación le dio al problema planteado, podría permitir la extensión del modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo a otras áreas del conocimiento por cuanto su estructura lógica esta orientada a la producción de procesos intencionados de interacción comunicativa -del alumno consigo mismo, con

sus pares, con el profesor u otras fuentes de información- con la finalidad de que el alumno, partiendo de sus propios constructos los enriquezca, ajuste, reestructure y modelice la resolución problemas con el apoyo del conocimiento pedagógico estratégico del profesor que organiza, regula, evalúa y orienta las tareas e interacciones, a fin de impulsar y facilitar los aprendizajes o metas perseguidos en cada etapa del ciclo de aprendizaje. Así, en cualquier área del conocimiento donde se aplique el modelo, el docente *sistemáticamente* ofrecerá espacios organizativos, secuencias de aprendizajes y tiempos de clase para que el alumno por confrontación o complementariedad con sus pares, con el profesor y otros medios, reestructure sus conocimientos, los enriquezca con ideas nuevas y los aplique a nuevos contextos.

#### **IV. Limitaciones de la Investigación**

La interpretación de los resultados de este estudio debe ser hecha dentro del contexto de las siguientes limitaciones:

- Puesto que los sujetos del estudio no fueron seleccionados al azar –aunque se verificó su homogeneidad-, la generalización de los resultados no puede ser extrapolada confiadamente a una población de estudiantes que presenten características diferentes a los sujetos de este estudio.
- El estudio debió acoplarse a los requerimientos y normas de la Facultad en cuanto a: las horas disponibles -cinco horas docentes (45 minutos) semanales, número de alumnos por curso -entre 35 a 40 alumnos por sección-, así como los textos adoptado para el curso: Serway, R. (1997) Física Tomo I. Ferreira, E. Mujica, P. y Toledo, J. Física. Problemario. UCAB. Facultad de Ingeniería y a las fechas y contenidos de las evaluaciones departamentales parciales.
- El estudio se realizó con dos profesores adscritos al Departamento de Física que se comprometieron a integrar Mesas Interdisciplinarias de Trabajo entre físicos,

docentes y psicólogos y manifestaron su deseo de participar en la investigación, con independencia de cualquier otro criterio de selección de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Católica Andrés Bello.

## **CAPÍTULO II**

### **BASES TEÓRICAS**

La apropiación de lo real a través del conocimiento requiere de la “construcción de contextos (contextualización) teóricos, como modalidades de resignificación de la estructura y procesos de la realidad en lo que respecta a sus dimensiones empíricas, y a la puesta en escena de lo que el investigador al delimitar, privilegia  
Castro, G. 1999.

#### **I. Revisión de estudios previos**

Uno de los mayores hallazgos de la investigación educativa con relación a la didáctica de las ciencias fue descubrir que los estudiantes, antes de iniciar el estudio formal de las mismas, desarrollan preconcepciones acerca de los fenómenos que ellas estudian (Pfundt y Duit, 1991). Las interacciones del individuo con el mundo que lo rodea lo habilitan para la construcción de esquemas explicativos que le dan la posibilidad de hacer previsiones e incluso “explicar” diversos fenómenos de su cotidianidad.

Debido a que con frecuencia estos preconcepciones difieren de los conceptos de la ciencia formal, ellos han recibido diversas denominaciones, cada una de las cuales transmite cierta concepción sobre su estatus (Driver y Easley, 1978; Driver, Guesne y Tiberghien, 1989, Duit, 1993) entre éstas tenemos: concepción alternativa, idea previa, estructura preconceptual, error conceptual, ciencia de los alumnos, conocimientos iniciales, miniteorías, paradigmas personales. Esta variedad de términos hace que éste sea un concepto “vago”, de definición imprecisa por lo que se utilizará el término concepción personal o constructo del aprendiz y se definirá como

*conjunto de ideas coordinadas e imágenes coherentes, explicativas, utilizadas por las personas que aprenden para razonar frente a situaciones-problema, y que sobre todo evidencia la idea de que este conjunto traduce una estructura mental subyacente responsable de éstas manifestaciones contextuales* (Giordan y de Vecchi, 1997: 103).

La concepción personal o constructo del aprendiz no es el producto, sino el proceso de una actividad de construcción mental de lo real. Esta elaboración se efectúa evidentemente a partir de las percepciones del sujeto, pero también por las relaciones que entabla con los otros, individuos o grupos, y con los medios informativos, en el transcurso de su historia dentro de un contexto cultural. Las percepciones, almacenadas en la memoria, son codificadas, categorizadas y organizadas dentro de un sistema cognitivo global y coherente, de acuerdo con los intereses y usos que de él hace cada persona. Las experiencias previas a su vez filtran, seleccionan estas nuevas percepciones, y simultáneamente, pueden a veces ser completadas, limitadas o transformadas, lo que da como resultado una nueva concepción.

Por eso la concepción evoluciona al tiempo que se construye el conocimiento, como un proceso personal, por el cual un individuo estructura su saber a medida que integra los conocimientos. Estos conocimientos desconectados de la situación que los ha aportado, van a servir de base para la elaboración de nuevos sistemas explicativos que serán utilizados por la persona, como soporte de sus conductas y como instrumentos de análisis del medio ambiente. Las concepciones personales se corresponden, por lo tanto, con una modalidad de su práctica social. Cuando cada individuo informa de sus actividades, no utiliza de forma espontánea un único enfoque; su discurso se encuentra siempre revestido de múltiples significados y aunque su medio es aprehendido de forma global para él no es imposible denominar cierto número de hechos, o un campo determinado como científico.

*La ciencia se corresponde con un discurso distanciado de la realidad. Es una suma de conocimientos contruidos a partir de una división artificial que tiende a dar autonomía a un cierto número de campos nocionales llamados física, química, biología, etc. Éstos producen “modelos” basados únicamente en las relaciones pertenecientes a su campo; ésta es una de las características del conocimiento científico. (Giordan y de Vecchi, 1997: 115).*

Como producto de las investigaciones sobre las concepciones personales Giordan y de Vecchi afirman que el “punto de arranque” de las concepciones corresponde a un interrogante del que aprende y se elabora en un proceso de interacción de cuatro parámetros fundamentales: el marco de referencia, las constantes operatorias, la red semántica y los significantes en un modelo cuya expresión matemática es:

Concepción personal o constructo del aprendiz =  $f(P,M,O,R,S)$ .

Donde:

P = Problema: conjunto de preguntas más o menos explícitas, que actúan como motor de la actividad intelectual induciendo o provocando la puesta en marcha de la concepción.

M = Marco de referencia: conjunto de conocimientos periféricos activados por el sujeto para formular su concepción (son las otras representaciones sobre las que se apoya el individuo para producir su concepción)

O = Operaciones mentales: conjunto de operaciones intelectuales o transformaciones que el individuo domina y que le permiten poner en relación los elementos del marco de referencia y así producir y utilizar la concepción.

R = Red semántica: Organización que se pone en marcha a partir del marco de referencia y de las operaciones mentales. Permite dar una coherencia semántica al conjunto y de este modo produce el sentido de la concepción (el sentido del

constructo aparece a partir de las relaciones “lógicas” establecidas entre las distintas concepciones principales y periféricas).

S = Significantes: conjunto de signos y símbolos necesarios para la producción y explicación de la concepción.

La expresión gráfica del modelo es la siguiente:

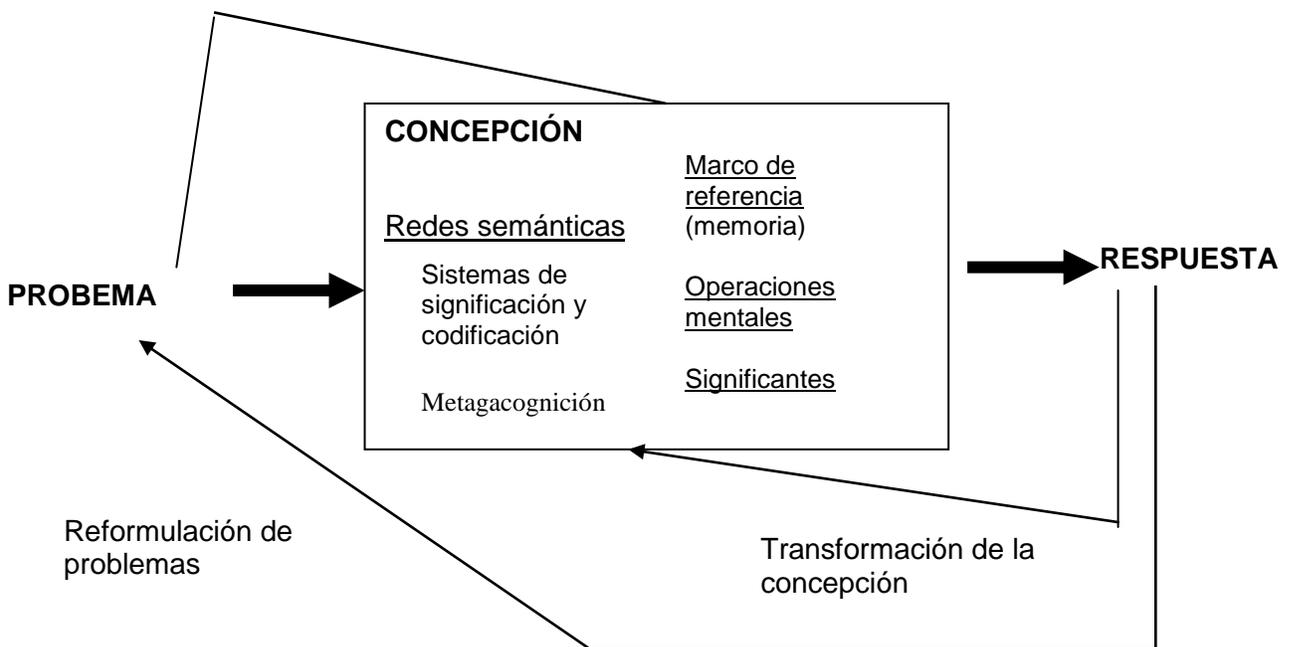


Gráfico 1. Constructo del aprendizaje de Giordan y de Vecchi, 1997.114

Con el propósito de introducir un poco de orden en el complejo mundo del conocimiento humano los filósofos, psicólogos cognitivos y especialistas en educación, recurren con frecuencia a una distinción entre, al menos, dos tipos de conocimientos: el conocimiento declarativo y el conocimiento procedimental (Carretero, 2000).

El conocimiento declarativo llamado también verbal (Pozo y Gómez, 2000) es un conocimiento descriptivo de la realidad por lo que tiene la peculiaridad de poderse decir o declarar. Se distinguen dos tipos de conocimiento declarativo: el episódico y el no episódico (Glass y Holyoak, 1986 citado por Carretero, 2000).

El conocimiento episódico es un conocimiento de acontecimientos concretos (hechos y datos) en los que el sujeto ha participado de un modo u otro. Un dato o un hecho es una información que afirma o declara algo. Lo más característico de este conocimiento es que es dependiente de un contexto espacio-temporal. El aprendizaje de la ciencia requiere conocer muchos datos y hechos concretos, la mayoría de ellos se aprenden en los contextos escolarizados pero otros son de conocimiento público, producto de la interacción cotidiana con los objetos.

El conocimiento declarativo no episódico es independiente del contexto. Atendiendo a su nivel de abstracción se distinguen dos tipos: el conocimiento no episódico concreto el cual comprende los datos y los hechos que inicialmente estuvieron ligados al contexto espacio-temporal donde se adquirieron, pero que paulatinamente se fueron librando de toda la carga episódica hasta convertirse en un conocimiento concreto independiente de contexto y el conocimiento no episódico genérico, que incluye los conceptos y los principios.

En general, los conceptos son representaciones mentales de clases cuyos elementos tienen características o atributos comunes. Se distinguen dos tipos: los principios o conceptos estructurantes de una disciplina y los conceptos específicos.

Los principios son conceptos muy generales, de gran nivel de abstracción, que subyacen en la organización conceptual de un área del conocimiento, aunque no siempre se hagan lo suficientemente explícitos. Por lo contrario, los conceptos específicos implican un gradiente mucho menor de generalidad que los principios, pero la comprensión de éstos sólo es posible cuando se dispone de marcos

conceptuales específicos que permitan relacionar los datos dentro de una red de significados que expliquen por qué se producen los hechos y qué consecuencias tienen éstos.

Además del conocimiento declarativo, la estructura de conocimiento de los individuos incluye el conocimiento procedimental basado en reglas, técnicas o procedimientos. Éste se pone de manifiesto y se adquiere más eficazmente a través de la acción –saber hacer-; se ejecuta a menudo de modo automático, sin que seamos conscientes de ello, no siempre se es capaz de verbalizarlo y su dominio es gradual. (Pozo y Gómez, 2000)

Algunos teóricos de las destrezas intelectuales han identificado ciertos principios característicos del conocimiento procedimental que permiten mejorar su descripción: Greeno (1978) y López (1991) los sintetizan en tres:

1. Cada componente de una destreza intelectual consiste en una regla de producción compuesta por una pareja condición-acción: El conjunto de las reglas de producción constituye un sistema de producción. La ejecución del sistema, o lo que es lo mismo, la aplicación de un procedimiento supone poner a prueba el conjunto de condiciones disponibles y, si alguna se satisface, desarrollar la acción correspondiente.
2. El conocimiento procedimental lleva consigo el proceso de definir metas a partir de un conocimiento estratégico que es el que le permite al sujeto advertir cuál es la etapa siguiente.
3. La adquisición del conocimiento procedimental supone práctica o entrenamiento. Mediante ello se consigue integrar algunas destrezas elementales en un sistema jerárquico de procedimientos más complejos. Aunque el mecanismo de éste proceso de integración no se conoce bien, resulta evidente la importancia que

adquiere el aprendizaje de tareas elementales que constituyen la base de las destrezas de bajo nivel.

Los diferentes tipos de procedimientos pueden ser ubicados a lo largo de un continuo de generalidad y complejidad que iría desde las simples técnicas y destrezas hasta estrategias de aprendizaje y razonamiento. Mientras que las técnicas son rutinas automatizadas como consecuencia de la práctica repetida, las estrategias implican una planificación y una toma de decisiones sobre los pasos que se van a seguir. Sin embargo la puesta en marcha de una estrategia requiere en buena medida del dominio y apoyo de las técnicas que la componen. Pero además, el uso de una estrategia requiere de otros componentes cognitivos: el control y un cierto grado de reflexión consciente o metacognición los cuales son decisivos para cubrir las cuatro fases que típicamente se reconocen en la puesta en marcha de una estrategia de aprendizaje o en la solución de problemas: fijar metas, elegir una secuencia de acción, aplicarla y evaluar su logro (Pozo y Gómez, 2000).

Si se incorpora esta información al modelo de aprendizaje propuesto por Giordan y de Vecchi (1997) la representación matemática sería:

Concepción personal o constructo del aprendiz =  $f(\text{datos, hechos, conceptos, principios, técnicas, algoritmos, estrategias})$ .

La representación gráfica del modelo se presenta en la próxima página.

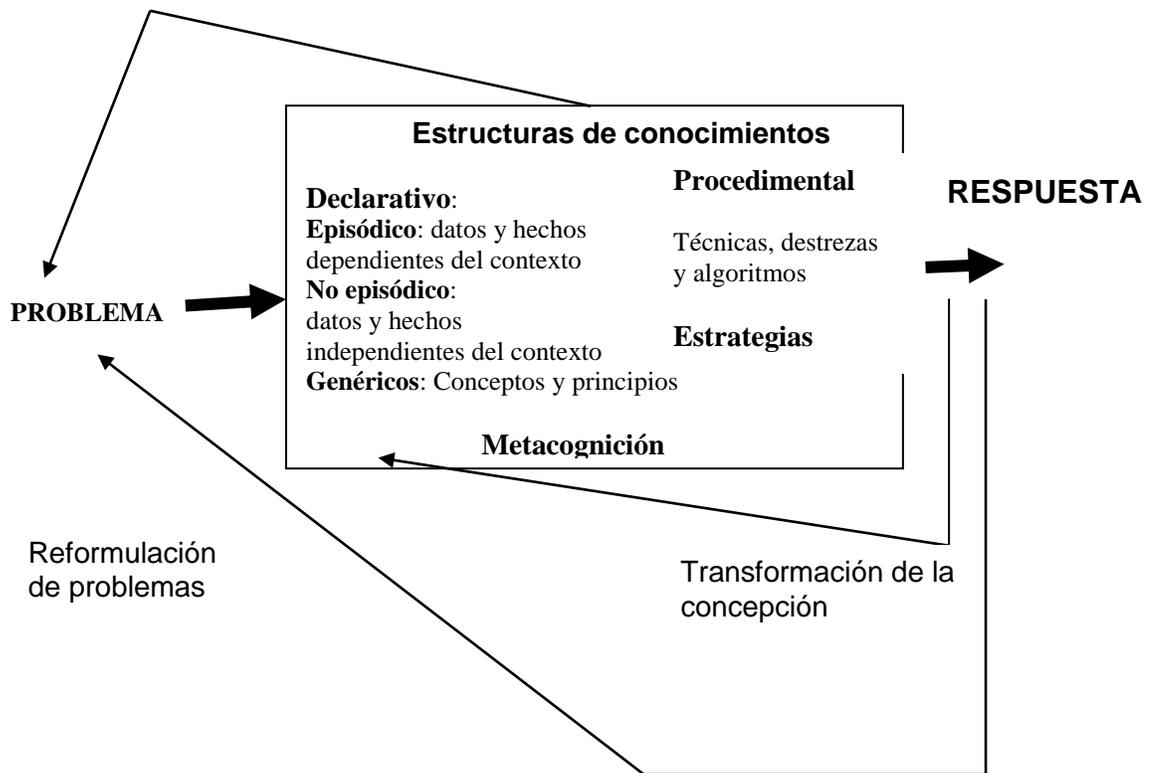


Gráfico 2. Integración de los modelos de Giordan y de Vecchi (1997) y de Pozo y Gómez (2000). Cirigliano 2002

Los resultados de investigaciones en el campo de la física indican que ciertos constructos o concepciones personales incorrectos acerca del mundo físico son comunes en una inmensa variedad de estudiantes de todas las naciones independientemente de su edad o nivel educativo, constituyendo esquemas conceptuales coherentes con amplio poder explicativo, son muy persistentes y se resisten al aprendizaje de los conceptos que se confronten con ellos, no se debilitan, aun frente a evidencias experimentales que las contraríen y presentan semejanzas con esquemas de pensamiento históricamente superados (Peduzzi, Zylbersztajn y Moreira, 1992). Hay una considerable evidencia que los universitarios

frecuentemente tienen algunos de estos preconceptos o concepciones alternativas, que presentan dificultad de razonamiento antes y después de la instrucción formal y que muchas veces se muestran incompetentes para aplicar los conceptos aprendidos a la resolución de problemas cuantitativos, a pesar de que el resultado de esta actividad constituye una medida usual para verificar su aprendizaje en los cursos de física (McDermott,1998).

Si bien muchos investigadores han orientado sus esfuerzos en describir y caracterizar minuciosamente las concepciones alternativas de los alumnos, otros han intentado inferir cual podía ser la lógica interna de las argumentaciones de los alumnos, dando por supuesto que tales argumentaciones podrían ser distintas de las utilizadas en la ciencia. La existencia de unos modos o patrones de razonamiento da pautas para comprender la resistencia de las concepciones alternativas. Los verdaderos obstáculos para cualquier cambio conceptual serían ciertos modos de razonamiento bien anclados. En este sentido son importantes los aportes realizados por la corriente del LDPES, Université Denis Diderot de París. Como dice Viennot (1993: 14),

el estudio de campos conceptuales asociados a dominios específicos de la física ha hecho aparecer unas tendencias de razonamiento que, evidentemente, escapan de los límites de estos campos específicos y se manifiestan bajo formas análogas de un dominio a otro.

Es este carácter transversal de los obstáculos epistemológicos, lo que nos permite avanzar en la argumentación de las concepciones alternativas al pasar del plano descriptivo al plano conceptual. Al observarlas desde una perspectiva más general, se tiene una mejor visión de las raíces profundas del problema y, por tanto, se pueden comprender mejor las dificultades que aparecen al pretender superarlas.

Las investigaciones realizadas en este sentido permiten caracterizar el razonamiento preconceptual manifestado cuando los alumnos analizan situaciones complejas: Las características relevantes son:

- **Reducción funcional.**

Desde 1952 Inhelder y Piaget caracterizaban el pensamiento pre-operacional como centrado, es decir, con tendencia a razonar tomando en cuenta sólo una variable, pero en esta oportunidad, Viennot (1996) amplía el alcance de la reducción funcional. En su investigación verifica que en las situaciones físicas donde hay constancia de ciertas magnitudes, el alumno tiende a no tener presente las variables en las que el valor de la constante es independiente. Así en los circuitos eléctricos en los que el generador tiene la fuerza electromotriz constante, según la ley de Ohm, la resistencia es inversamente proporcional a la intensidad de la corriente. Pero ¿qué ocurre si aumenta la temperatura?. Pocos alumnos se dan cuenta que la resistencia aumenta con la temperatura, con lo cual también disminuirá la intensidad.

Otras veces el alumno tiende a no considerar que el valor que tengan ciertas variables puede hacer variar el valor de la constante. Viennot encontró que si bien el alumno conoce que la velocidad de la luz es constante, verificó que el alumno no toma en cuenta que el valor de dicha constante depende del medio donde se propague la luz. La velocidad de la luz es constante para un medio específico pero pocos se percatan que su valor difiere de un medio a otro.

El alumno muchas veces no diferencia nociones relacionadas como velocidad y aceleración, calor y temperatura, energía y trabajo, movimiento-fuerza-impulso, fuerza y presión. (Bowden, et al, 1992).

- **Razonamiento Causal lineal**

Las investigaciones evidencian que el alumno considera que sólo una causa es necesaria para producir un efecto. No suele tener en cuenta que una causa puede dar lugar a diversos efectos, ni que cada efecto no tiene por qué ser el resultado de una sola causa. Tal tipo de razonamiento ha sido detectado en campos muy diversos de la física: mecánica (Driver,1986), electricidad (Closset, 1983), ondas mecánicas (Maurines, 1986).

A los alumnos les resulta más fácil explicar situaciones de cambio, por el carácter secuencial de los efectos (por qué cae un objeto, por ejemplo) que estados de equilibrio (como un objeto se mantiene sobre la mesa): al no observarse ningún efecto, no ven ninguna necesidad de buscar una causa.

- **Reglas de inferencia causales**

Las primeras investigaciones que abordaban esta cuestión (Caramaza, McCloshey y Green, 1981; Clement, 1981), creyeron confirmar la hipótesis de la aplicación consistente de las concepciones alternativas, dado su carácter fuertemente estructurado. Diremos que un alumno es consistente en la utilización de una concepción determinada cuando la usa en contextos aparentemente distintos, pero científicamente equivalentes.

Investigaciones posteriores se han encargado de desmentir la hipótesis anterior. Las concepciones alternativas parecen utilizarse siguiendo reglas específicas para situaciones específicas, en lugar de aplicar leyes generales. El grado de consistencia depende del contexto. Viennot (1996) interpreta la variabilidad observada en la respuesta de los alumnos considerando que éstas se forman a partir de argumentos basados en reglas de inferencia del tipo *si [...], entonces*, que pueden aplicar o no en una ocasión determinada dependiendo del contexto involucrado. Si dos situaciones

son caracterizadas como análogas, se aplicará con ellas la misma regla de inferencia, mientras que, si son caracterizadas en forma diferente, se hará con reglas distintas. En cualquier caso, el planteamiento que esta autora realiza implica que las concepciones espontáneas puestas en juego no han de ser siempre consideradas, en sí mismas, las propias reglas causales de inferencia que se emplean en los razonamientos, sino sus manifestaciones externas mediatizadas por el contexto en el que se enmarca la pregunta. Además, Viennot postula que cuando las ideas implicadas se mueven en un terreno más lejano al de situaciones concretas, en la que los estudiantes carecen de una experiencia física previa, se recurrirá a la que denomina *elementos hipotéticos mediadores* que serían los núcleos o formas de razonamiento intermedias entre las situaciones concretas planteadas y las respuestas ofrecidas. Dichos elementos trascenderían más allá de los contextos específicos y constituirían algo así como la esencia misma del pensamiento analógico (Caramazza, McCloskey, y Green, 1981).

Igualmente las investigadoras Salinas, Cudmani y Pesa (1996) corroboran la hipótesis sobre la existencia, en los alumnos de ciclos básicos de carreras universitarias, de cuatro tipos *de razonamiento espontáneo incompatibles con el conocimiento científico*: Se trata de los razonamientos *monoconceptual, no sistémico, irreversible, puramente algorítmico y reduccionista*. Ellos, al igual que Viennot, sostienen que la enseñanza de la física no se centre sólo en el cambio conceptual, es necesario atender debidamente la circunstancia de que este cambio no será significativo si no va acompañado de otros, tales como cambios en los modos de razonar al que se refieren en su trabajo.

Profundizando con relación a las concepciones alternativas Plöetzner (1993) investigó como se *interfieren permanentemente los conocimientos intuitivos y los conocimientos formales cuando hay que resolver situaciones problemáticas cuantitativas*. Frecuentemente se asume que, el conocimiento físico conceptual cualitativo es un subconjunto del conocimiento físico formal cuantitativo y consecuentemente, un dominio en el conocimiento formal debe implicar el dominio

en el cualitativo y por lo tanto la corrección de los conceptos alternativos. Guiados por esta creencia la instrucción centró su atención en la física cuantitativa esperando crear las condiciones en donde no fuera posible aplicar las concepciones alternativas. Estudios recientes han mostrado que la física cualitativa no es un mero subconjunto de la física formal (Plöetzner, 1995). Por el contrario, ambos tipos de conocimientos se interconectan y complementan. En particular, la resolución exitosa de problemas se apoya en un buen razonamiento cualitativo.

Larkin y Rief (1979) sostienen que los cursos de Ciencias Básica e Ingeniería hacen un énfasis desmedido en formulaciones matemáticas precisas a tal punto que lesionan el desarrollo de las herramientas de resolución de problemas en los estudiantes. Por eso, muchos estudiantes y algunos profesores, llegan a creer que el uso de descripciones verbales o representaciones pictóricas son inapropiadas e ilegítimas en los contextos científicos.

En este orden de ideas Sabella (1997), como producto de las investigaciones realizadas por la Universidad de Maryland, sostiene que los estudiantes presentan dificultad en hacer las *conexiones entre: el mundo real y los modelos científicos, el conocimiento conceptual y el conocimiento cuantitativo y entre los aspectos locales y los aspectos globales de los eventos físicos.*

El uso de modelos en Física envuelve un sinnúmero de aspectos diferentes entre los cuales el estudiante debe hacer conexiones. Quizá la fundamental sea la conexión entre el modelo y el mundo real. En su investigación, Sabella encontró que las respuestas de los estudiantes a los problemas dependen de su presentación: un problema del mundo real o un problema físico. Situaciones que los físicos pueden considerar análogas pueden ser vistas por el estudiante como completamente diferentes, dependiendo si el contexto es del mundo real o de la Física.

El siguiente nivel de conexión es entre el sistema físico y la representación matemática. A pesar de que el alumno tenga buena comprensión tanto de la representación matemática como del sistema físico, la conexión entre ambos no es transparente para ellos. El conocimiento básico matemático y el conocimiento básico del mundo físico son esquemas. Es necesario que el estudiante cruce la frontera de esos esquemas y sea capaz de ir de un esquema a otro en orden de corregir el modelo del sistema físico.

Como se pueden usar diferentes representaciones para modelar el sistema físico, para el estudiante es difícil pasar de una representación a otra. Por ejemplo de una ecuación a un gráfico o de una descripción verbal a un gráfico o una ecuación.

Cuando Sabella se refiere a las conexiones entre el conocimiento conceptual y el conocimiento cuantitativo coincide con lo encontrado por Plöetzner (1995).

En cuanto a los aspectos locales y los aspectos globales de los eventos físicos se refiere a problemas relacionados a diferentes eventos que ocurren en tiempos distintos y a problemas que envuelven vecindades y condiciones iniciales.

Eventos diferentes que ocurren en tiempos distintos corresponden a situaciones físicas complejas que requieren de la formulación de modelos múltiples. Con frecuencia los estudiantes frente a dichas situaciones utilizan incorrectamente un modelo simple o incompleto. Para ellos es más fácil mirar el problema holísticamente y conectar, aunque incorrectamente las diferentes situaciones que puedan existir en un sistema físico. Frente a problemas como un bloque empujado por una fuerza constante a lo largo de dos superficies, una con fricción y otra sin roce y en la cual el bloque inicia el movimiento a partir del reposo hasta que se detiene, cuando se les pide que calculen el coeficiente de fricción en la superficie con roce, aproximadamente el 30% de ellos asume que la sumatoria de las fuerzas en la dirección  $x$  es cero y justifican esta afirmación mediante razonamientos análogos al

siguiente: como el móvil partió del reposo y siguió el movimiento hasta que se detuvo, entonces  $v = 0$  y por lo tanto  $a = 0$  de donde se deduce que también  $F = 0$ . En lugar de usar diferentes modelos para cada región, el estudiante usa un modelo simple para ambas superficies y mira la fuerza actuando sobre todo el periodo en lugar de considerar las fuerzas para instantes diferentes.

También es frecuente que los estudiantes usen simultáneamente las fórmulas:

$$x = v t$$

$$v = a t^2$$

para encontrar el desplazamiento de un vehículo a pesar de no estar acelerado en el periodo de tiempo considerado. Este es otro ejemplo donde el estudiante usa un modelo simple a pesar de que el sistema físico considerado requiere el uso de un modelo múltiple.

Vecindades y condiciones iniciales son otros ejemplos físicos donde las conexiones entre modelos son extremadamente importantes. Un área donde Sabella (1997) detectó que los estudiantes mostraban dificultad fue en graficar las vecindades que requieren la aplicación de condiciones iniciales. La investigación presentó situaciones como realizar el gráfico de los movimientos de dos carros que parten del reposo con aceleración constante y luego viajan a velocidad constante. El 38% de los alumnos dibujaron los gráficos con discontinuidades en la pendiente en el punto donde los vehículos dejaron de acelerarse. Cuando en la entrevista se les pidió que explicaran su gráfica se evidenció que entre la comprensión de la situación física y el gráfico realizado había información contradictoria y no pudieron hacer consistente la verbalización de la situación con el gráfico elaborado. Estas conclusiones muestran similitudes con las conclusiones de Viennot (1996).

Indudablemente la frecuencia e intensidad con que se manifiesta este tipo de razonamiento pasa desapercibido para muchos profesores, inclusive universitarios,

quienes lo consideran como simples errores conceptuales aislados, que pueden ser fácilmente descartados. Las evaluaciones que priorizan la resolución de problemas sin el debido cuestionamiento teórico contribuyen aún más a encubrir esta situación.

Desde el punto de vista institucional se busca es que el alumno asimile el conocimiento científico, sin embargo, las ideas no científicas han demostrado ser persistentes, aún después de la enseñanza formal, porque tienen sentido en el contexto extra-escolar, en la sociedad que las personas viven. Entonces, ¿Cuáles son las relaciones que existen entre las formas de pensar propias de la ciencia y el conocimiento intuitivo cotidiano?. Al analizar esas relaciones desde el punto de vista de la psicología cognitiva del aprendizaje y de la propia tradición en didáctica de las ciencias encontramos cuatro hipótesis:

### **1. La hipótesis de la compatibilidad o la acumulación de saberes.**

Esta posición es asumida por los autores racionalistas que suponen que la mente humana, por el hecho de serlo, dispone de unas formas, en su mayor parte innatas e inmodificables, de organizar perceptiva y conceptualmente el mundo. Estos criterios de categorización no serían producto del aprendizaje y de la experiencia y tampoco podrían ser modificados por ella, sino únicamente enriquecidos. La Epistemología Genética de Piaget (Inhelder y Piaget, 1969; 1973) tenía por objeto mostrar cómo los procesos psicológicos mediante los que cada persona construye el conocimiento científico son similares, sino idénticos, a los procesos mediante los que ese mismo conocimiento se construyó en la Historia de las Ciencias. En su obra Piaget indagó cómo van construyendo los infantes las categorías básicas del pensamiento (tiempo, espacio, causalidad, número, etc.) hasta alcanzar, en el último estadio del desarrollo, un pensamiento formal que puede considerarse como la descripción psicológica del pensamiento científico.

Al analizar críticamente la teoría de los estadios de Piaget, numerosos estudios han mostrado que las formas de pensamiento formal o científico no son el modo habitual de funcionamiento intelectual de adolescentes y adultos, incluso adultos universitarios. Cuando se les enfrenta a una tarea que requiere utilizar el pensamiento científico, la mayor parte de las personas recurren a patrones de

pensamiento como los analizados en los párrafos anteriores. En suma, la metáfora del ser humano como científico es poco adecuada. El pensamiento científico no parece la forma natural, convencional, en que las personas de la calle afrontamos los problemas, es preciso ayudarlos a construir nuevas estructuras mentales que no forman parte del repertorio cognitivo natural del ser humano, sino que son un producto histórico y cultural (Giordan y de Vecchi, 1997).

## **2. Hipótesis de la incompatibilidad o el cambio conceptual.**

Esta posición asume que la mente del científico y de las otras personas (artistas, religiosos, filósofos) tienen en algún sentido formatos incompatibles, que usan lenguajes diferentes, o incluso, utilizando la terminología de Kuhn (1962), que son hasta cierto punto inconmensurables, no se pueden reducir ni traducir la una a la otra. Desde la perspectiva de la didáctica de la ciencia, para que los alumnos aprendan las teorías y los modelos científicos, es preciso que cambien radicalmente su forma de interpretar las cosas, los eventos y los hechos, ya que de lo contrario, como sucede habitualmente, tenderán a cometer errores conceptuales, a mal interpretar lo que estudian, asimilándolos a sus propias concepciones personales intuitivas. De hecho, son abundantes los estudios sobre el conocimiento cotidiano de los estudiantes y sus diferencias con el conocimiento científico aceptado que avalan esta incompatibilidad: no se puede ser aristotélico y newtoniano a la vez, creacionista y darwiniano, o, para el caso, positivista y constructivista. Es preciso cambiar a través de la enseñanza los conocimientos iniciales que trae el alumno y acercarle a los conocimientos científicos (Pozo y Gómez, 2000).

Buena parte de las estrategias didácticas diseñadas teniendo en cuenta los conocimientos iniciales de los alumnos han estado dirigidas de modo explícito o implícito a sustituir, a cambiar esos conocimientos incompatibles con los marcos conceptuales de la ciencia, por otros más próximos a las teorías científicas aceptadas. De esta forma, el éxito de estos modelos se mide por el grado que han sido capaces de suprimir o erradicar esos tenaces conocimientos intuitivos. En este sentido, hay que reconocer que, si bien muchos de esos esfuerzos didácticos ofrecen resultados muy sugerentes, que superan sin dudas los logrados por estrategias más tradicionales

basadas en el supuesto de la compatibilidad (proyectos como Nuffield, CAB, PSSC, BSSC), han fracasado globalmente en su propósito esencial de lograr que el alumno asuma las teorías científicas y abandone sus creencias alternativas.

### **3. Hipótesis de la independencia o el uso del conocimiento según contexto.**

Frente a la concepción dominante, al menos implícitamente, en el enfoque de las concepciones alternativas, que fija como meta educativa el rechazo por parte del alumno de sus concepciones intuitivas, que se consideran erróneas y en todo caso inferiores a las científicas por las que deben ser cambiadas o reemplazadas, en los últimos años han venido cobrando importancia las posiciones que defienden la necesidad de que la persona disponga de diferentes representaciones o modelos para enfrentarse a distintas tareas (Martínez, 1999). En lugar de pretender que el alumno abandone su mecánica intuitiva para asumir modelos de la física newtoniana, se trataría de que logre diferenciar entre ambos modelos e interpretaciones y aprenda a usarlos discriminadamente en función del contexto. En este caso aprender ciencia sería adquirir cuerpos de conocimientos y formas de razonamiento útiles sólo para ese ámbito del saber, que no serían ni mejores ni peores que las formas de conocimiento cotidiano. Los autores que defienden esta hipótesis asumen la independencia entre ambas formas de conocimiento, que servirían para contextos y metas diferentes, de forma de que no se trata de sustituir uno por otro, sino de hacerles coexistir y aprender a activarlos en forma situada, en función del contexto (Caravita y Halldén, 1994).

En lugar de considerar que el conocimiento cotidiano es erróneo o científicamente desviado, desde estos modelos didácticos se destaca su valor pragmático, su carácter fenomenológico y adaptativo. Así, nuestra física intuitiva -aunque incorrecta según las vigentes teorías científicas- resultaría muy predictiva y muy bien ajustada a las demandas de nuestro mundo real. Se podría pensar que al fin y al cabo el único inconveniente de la mecánica newtoniana es que vivimos en un mundo no newtoniano de roces y fuerzas invisibles, en la que los objetos no se mueven con movimiento rectilíneo y uniforme como debería esperarse de ellos en las condiciones ideales de la mecánica newtoniana (Pozo y Gómez, 2000).

Sin embargo, parece claro que, aunque el conocimiento científico no deba ser utilizado en todos los ámbitos y situaciones, la meta de la educación deba ser precisamente descontextualizar el conocimiento para garantizar su transferencia a otros contextos y su generalización. Tal vez la opción alternativa sea no tanto separar o independizar el conocimiento científico de otros conocimientos sino, mas bien, promover una diferenciación o integración jerárquica entre ellos, concebidos no sólo como modelos alternativos, sino incluso como niveles alternativos de análisis o de representación de un mismo problema (Pozo y Gómez, 2000).

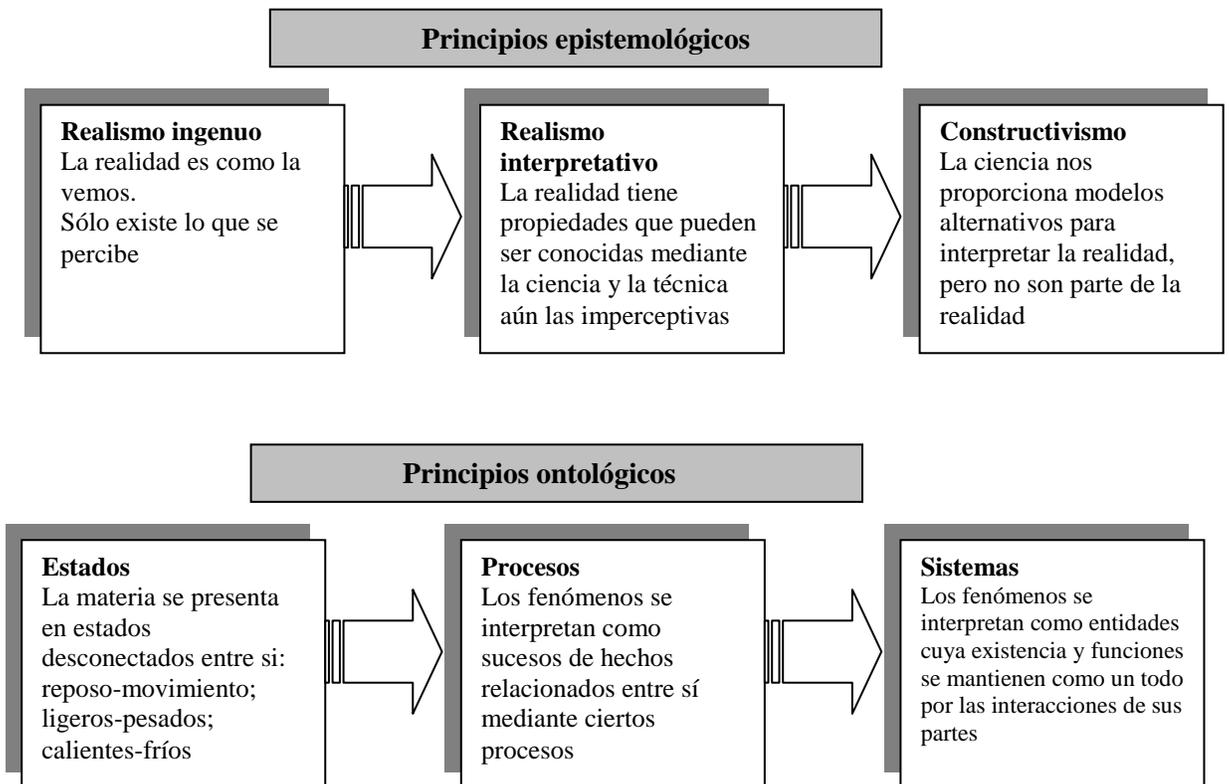
#### **4. Hipótesis de la integración jerárquica o de los diferentes niveles de representación y de conocimiento de la realidad.**

Según esta hipótesis la activación contextual de teorías alternativas no es incompatible con la necesidad de cambio conceptual entendido como la construcción del conocimiento científico a partir del cotidiano. La nueva teoría sólo podrá ser comprendida como tal, en la medida que se diferencie conceptualmente del modelo anterior. Para ello será necesario que el aprendiz construya nuevas estructuras conceptuales en ese dominio, que redescriba sus interpretaciones dentro de estructuras más complejas. Si no se produce esa reestructuración, los conceptos de la nueva teoría serán incorporados a la vieja estructura de conocimientos dando lugar a confusión o mezcla entre ambas teorías alternativas, que en lugar de existir en contextos distintos, formarían un sistema conceptual híbrido e indiferenciado. Desde este punto de vista, cualquier problema sería susceptible de ser analizado, o representado, desde diferentes teorías alternativas, que implicarían, de hecho, diferentes niveles de análisis, basados en estructuras conceptuales de distinta complejidad. En este orden de ideas, la mecánica eisteniana es más compleja pero su alcance es notablemente mayor que la mecánica newtoniana. En ésta las estructuras conceptuales son relativamente más simples pero de menor alcance. Así en el mundo mesocósmico el conocimiento cotidiano a nivel del análisis fenomenológico, sin mucho procesamiento, nos permite predecir, con mucha certeza, el comportamiento de la mayoría de los fenómenos de nuestro alrededor. En el macrocosmos -planetas, galaxias- el sentido común es de poca utilidad; no así la mecánica newtoniana con categorías de análisis más complejas pero con gran potencia predictiva en esa escala sin excluir la escala de lo cotidiano. Para explicar y predecir el comportamiento de las partículas en el microcosmo se requiere de la mecánica eisteniana y

de la teoría cuántica, la cual explica, además, el meso y el macrocosmo (Pozo y Gómez, 2000).

El aprendizaje de la ciencia requiere construir estructuras conceptuales más complejas a partir de otras más simples y, probablemente, establecer usos diferentes para cada uno de los contextos de aplicación de esas teorías, así como ser capaz de redescubrir o analizar las formas más simples de conocimiento a partir de las más complejas, tomando como criterio diferencias epistemológicas, ontológicas y conceptuales.

Pozo y Gómez (2000) presentan el siguiente gráfico para visualizar las dimensiones de los cambios



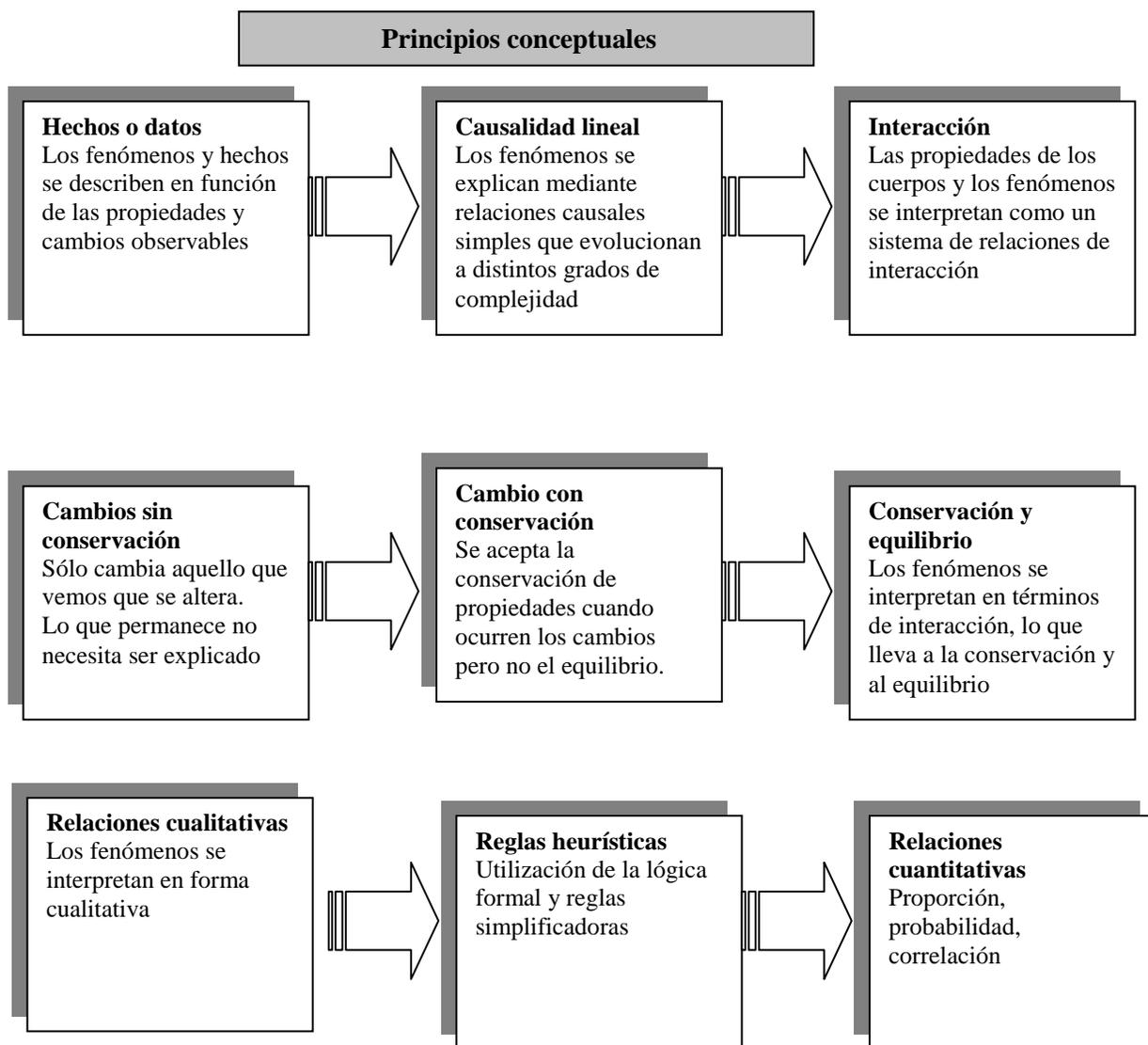


Gráfico 3. Visualización de los cambios epistemológicos, ontológicos y conceptuales. Pozo y Gómez, 2000 :154

A partir de las diversas teorías sobre la construcción del conocimiento científico en contextos escolares desde el conocimiento cotidiano (entre otros Duit,1993; Viennot, 1996; McDermott, 1998 ; Pozo y Gómez, 2000) y sobre todo del análisis comparativo entre el conocimiento cotidiano y el científico, se pueden identificar tres procesos fundamentales en la construcción del conocimiento científico en el aula: la reestructuración teórica, la explicitación progresiva y la integración jerárquica (Carretero, 2000; Pozo y Gómez, 2000).

La reestructuración implica construir una nueva forma de organizar el conocimiento en un dominio que resulte incompatible con las estructuras anteriores. Ese cambio será necesario cuando la superación de las teorías alternativas en un dominio dado requiera adoptar nuevos supuestos epistemológicos, ontológicos y conceptuales. Esta reorganización puede realizarse por tres vías:

- a) por enriquecimiento o crecimiento de las concepciones, incorporando nueva información pero sin cambiar en lo absoluto la estructura preexistente;
- b) por ajuste, modificando de alguna manera la estructura preexistente para realizar procesos de generalización o discriminación, sin requerir un cambio radical en la estructura preexistente, y finalmente;
- c) por reestructuración realizando un cambio radical porque la superación de las teorías alternativas en un dominio dado requiere adoptar nuevos supuestos epistemológicos, ontológicos y conceptuales desde los que interpretar los escenarios y situaciones en ese dominio.

La explicitación progresiva es un proceso metacognitivo o aún mejor metaconceptual por el cual el aprendiz saca a la luz de su propia conciencia buena parte de las teorías implícitas por medio de una redescrición representacional. Resulta más fácil de explicar los niveles representacionales más superficiales como las creencias, acciones que los supuestos implícitos subyacentes a esas creencias o predicciones de las que éstas dependerían. Por ejemplo un estudiante puede fácilmente tomar conciencia de su predicción sobre cómo va a moverse un objeto, pero tendrá mucha dificultad para encontrar el significado de dicha predicción (¿Por qué cree que los objetos más pesados caerán más rápidamente?) a pesar de que esto le ayudaría a

comprender mejor su teoría implícita y las restricciones estructurales en que se basa.

La explicitación implica también una redescrición de las representaciones en formatos o géneros discursivos crecientemente formalizados. Por lo tanto, será necesario, con el fin de promover la explicitación progresiva, instrumentar modelos didácticos que faciliten dicho proceso enfrentando al alumno a problemas potenciales a ser posible en contextos de interacción social que induzcan la comunicación de las propias concepciones.

El proceso de integración jerárquica implica que desde el punto de vista conceptual la teoría intuitiva es subsumida por la teoría científica pero desde el punto de vista del procesamiento, la teoría intuitiva seguiría siendo eficaz en los contextos informales cotidianos, donde la aplicación del modelo científico, al tratarse de un proceso consciente, reflexivo y sistemático, suele requerir mayor cantidad de procesamiento. En general, puede asumirse que una teoría es más potente y permite integrar parcial o totalmente a otra más simple, cuando tiene (Pozo y Gómez, 2000):

- a) mayor capacidad de generalización, ya que puede aplicarse y predecir hechos en dominios y ámbitos no cubiertos por la otra teoría.
- b) una estructura conceptual más compleja, que permite reinterpretar en términos de interacción y relaciones dentro de un sistema los sucesos que otra teoría concibe como aislados o simplemente encadenados causalmente entre sí.
- c) mayor poder explicativo o reedescrición representacional ya que, al basarse en un género discursivo más elaborado o formalizado, permite

redescribir en términos de un modelo hechos predichos pero no explicados por otra teoría.

Retomando el modelo de Giordan y de Vecchi (1997) enriquecido nuevamente con los aportes del análisis anterior se puede afirmar que el aprendizaje es un proceso constructivo cuyo “punto de arranque” es un interrogante del que aprende y se elabora en un proceso de interacción de cuatro parámetros fundamentales: el marco de referencia, operaciones mentales, la red semántica y los significantes. Para aprender es indispensable que la nueva información y los procesos implicados enriquezcan, ajusten o reorganicen la estructura preexistente del aprendiz; a partir de ella, con la información incorporada se construyen nuevos significados. Indudablemente que la lectura y la escritura individual y la reflexión son importantes, pero la discusión, el debate y el análisis de las ideas nuevas con nuestros pares es el proceso más crítico (Ledlow,1998) para consolidar los procesos de reestructuración, explicitación progresiva e integración jerárquica desde abajo hacia arriba, desde los niveles representacionales más superficiales a los más profundos, de los escenarios concretos a las estructuras desde los que se analizan, desde los hechos a los conceptos para llegar a los principios.

En este orden de ideas Johnson y Johnson (1993) realizaron un análisis en 120 investigaciones para comparar la eficacia relativa entre el aprendizaje individual, el cooperativo y el competitivo en el nivel universitario. Los indicadores de eficacia fueron: habilidad verbal (comprensión lectora, producción de texto oral y escrito), habilidad numérica y tareas procedimentales. En el estudio la metodología cooperativa mostró mayor eficacia individual que el aprendizaje competitivo (magnitud del efecto = 0,54) y el aprendizaje individualizado(magnitud del efecto = 0,51).

En las investigaciones donde se utilizó sólo metodologías cooperativas se evidenciaron:

- mayores logros individuales que los obtenidos por competencia o por esfuerzo individual (magnitud del efecto 0,61 y 0,35 respectivamente),
- mayor motivación intrínseca para aprender,
- mayor frecuencia en el uso de procesos cognitivos como reconceptualización, niveles superiores de razonamiento, metacognición, uso de estrategias de adquisición, retención, evocación y estrategias para la autoregulación.
- mayor frecuencia en el uso de habilidades sociales como tolerancia y aceptación de la diversidad, mostrando mayor capacidad para aceptar a sus compañeros independientemente de desventaja académica, la posición social, el sexo, la raza, etc.
- mayores niveles de comprensión y uso del pensamiento crítico,
- mayor habilidad para observar situaciones desde otras perspectivas,
- mayor actitud positiva hacia sus profesores.

A pesar de los resultados arrojados por las investigaciones sobre el tema, muchas de ellas se han realizado en los niveles de educación básica y media. En el nivel superior la evidencia empírica sobre su efectividad es escasa y la mayoría se ha realizado en las disciplinas no técnicas. Aunque en la educación superior las asignaturas experimentales requieren que el trabajo de laboratorio se realice en pequeños grupos, tal agrupación no necesariamente implica un aprendizaje cooperativo

Se lleva a cabo un trabajo cooperativo cuando existe una reciprocidad entre un conjunto de individuos que saben diferenciar y contrastar sus puntos de vistas de tal manera que llegan a generar un proceso de construcción de conocimiento. Es un proceso en el que cada individuo aprende más de lo que aprendería por sí solo, fruto de la interacción de los integrantes del equipo. Por lo tanto, un trabajo hecho con un grupo cooperativo tiene un resultado más enriquecedor al que tendría la suma del trabajo individual de cada miembro (Echeita 1995).

Rodríguez, Fernández y Escudero (2002) sostienen que existe una línea de separación muy fina entre el aprendizaje cooperativo y el aprendizaje contributivo o colaborativo. Éste último centra su atención en los procesos cognitivos, mientras que el cooperativo la centra en la motivación y la promoción de habilidades en el ámbito social y afectivo (Slavin, 1995; Crook, 1998).

Hay, sin embargo, coincidencia en los autores cuando afirman que en un trabajo cooperativo o de aprendizaje contributivo o colaborativo debe quedar clara la finalidad principal y última de la tarea a realizar. Esta finalidad, conocida e interiorizada por todos los miembros del grupo, tiene que poder traducirse en el planteamiento de unos objetivos individuales concretos. El éxito del equipo únicamente se conseguirá si todos sus miembros asimilan los objetivos que se están planteando y aprenden en la elaboración conjunta. La actividad se centra en *enseñarse los unos a los otros, y asegurarse de que cada miembro del grupo haya conseguido el dominio de la totalidad del contenido*. Es importante que la tarea planteada para todos sea realizada en forma compartida y *todos puedan responder a una evaluación individual sin la ayuda del equipo* (Heller y Hollabaugh, 1992).

Autores como Johnson y Johnson (1989), Slavin (1995), Echeíta (1995) y Heller y Hollabaugh, (1992) coinciden en que la existencia de una tarea de grupo comporta que los miembros deben trabajar en condiciones adecuadas para resolver un problema

de manera conjunta, teniendo en cuenta que *cualquier tarea no es apropiada para favorecer el aprendizaje cooperativo*.

Cuseo (1992) y Johnson y Johnson (1992) sostienen que el aprendizaje cooperativo posee las siguientes características:

- **Interdependencia positiva.** Los estudiantes perciben que se necesitan mutuamente para lograr el objetivo. El profesor puede estructurar la interdependencia positiva estableciendo metas recíprocas, (estimulando al estudiante para que aprenda y ayude a sus pares a aprender), indicando actividades (resuman, elaboren, resuelvan, infieran).
- **Interacción cara a cara.** Los estudiantes se promueven el aprendizaje mutuo ayudándose, compartiendo y alentando los esfuerzos para aprender. El profesor permite el uso del espacio para sentarse cerca y poder hablar con todos de cada aspecto de la asignación.
- **Responsabilidad individual.** Se evalúa frecuentemente el desempeño de cada estudiante y el resultado se informa individualmente y al grupo. El profesor puede promover la responsabilidad individual seleccionando al azar un miembro del grupo para preguntarle, realizando exámenes individuales, asignando roles, instrumentando la auto y la coevaluación, etc.
- **Habilidades interpersonales.** Los grupos no pueden funcionar efectivamente si no hacen uso de sus habilidades sociales: escuchar atentamente, exponer su punto de vista, construir visiones compartidas, llegar a acuerdos, establecer criterios por consenso, manejar conflictos, etc.
- **Procesos grupales.** Los grupos necesitan administrar la tensión entre el tiempo que necesitan para la discusión y el tiempo disponible para lograr el objetivo,

manteniendo una relación efectiva de trabajo entre sus miembros. El profesor ayuda a promover los procesos grupales cuando da retroalimentación y les comunica el desempeño en la tarea.

- **Selección intencional de los miembros del grupo y del tamaño del mismo.** En contraste con los grupos de trabajo tradicionales, como los equipos de laboratorio, donde los miembros son seleccionados al azar por el profesor o son los estudiantes quienes se seleccionan, en los grupos cooperativos típicos hay una selección intencionada la cual está determinada por un solo criterio: potenciar los efectos positivos sobre el pequeño grupo de aprendices y crear el microambiente óptimo de aprendizaje. Por ejemplo, los grupos pueden estar deliberadamente formados para potenciar la heterogeneidad y la diversidad de perspectivas en los niveles académicos o en los estilos de aprendizaje o por el contrario deliberadamente formados para potenciar la homogeneidad de forma tal que el profesor pueda efectuar la evaluación formativa (andamiaje) en atención a las necesidades específicas de cada grupo.

Las estrategias pedagógicas y la cantidad de miembros por equipo dependen de la naturaleza y el objetivo de aprendizaje. Entre ellas tenemos: lectura interactiva, laboratorio no estructurado, argumentación y búsqueda de respuestas científicas a interrogantes propuestos, aprendizaje de pares, resolución de problemas

Es justamente frente a estas tareas desafiantes y fundamentalmente en la resolución de problemas donde se espera que el alumno, de forma significativa y no de forma mecánica, relacione ideas y opere con los conceptos y principios que aprendió, esto es, que desarrolle estrategias.

La resolución de problemas es un aspecto central en las actividades profesionales y una de las tareas cotidianas más frecuentes en toda persona. Inclusive, muchas actividades de esparcimiento se basan en la resolución de problemas en forma de

juegos. Durante ellas el individuo observa, analiza, escucha, relaciona, organiza, consulta, diseña, infiere, supone, razona, imagina, argumenta, predice, prueba, inventa,...

Las investigaciones en resolución de problemas en el área de la Educación en Física han acrecentado su interés por sus importantes perspectivas con relación a: (a) el desarrollo de las capacidades que posibilitan al estudiante construir conocimiento y aplicarlo en situaciones concretas, dotándolo de significado; (b) el diseño de estrategias didácticas para la enseñanza de la resolución del problema; (c) la preparación de material instruccional diversificando la naturaleza del problema; (d) el análisis de las interacciones en el aula como ambiente de la tarea de resolución; (e) la comparación de las estrategias entre expertos y novatos (Gangoso,1999).

Sin perder de vista la complejidad del proceso de resolución de problemas y la relación entre las variables que lo caracterizan, Gangoso (1999) categoriza las investigaciones atendiendo al objeto de estudio y las variables seleccionadas según: la *tarea* propuesta (contenido, tipo de problema, sintaxis y estructura); el *actor* (rasgos personales de quien resuelve, experiencia previa, independencia en el trabajo, tolerancia al fracaso, reacciones ante estímulos); las *acciones* (procesos físicos y mentales que se desarrollan durante la resolución) y el *entorno* (espacio físico y social, sistemas de creencias, valoraciones, instrucción, metas y fines social o laboral)

En la educación en física es pertinente establecer la distinción entre ejercicios y problemas. Para que una situación se constituya en un problema, es necesario que el individuo lo reconozca como tal -se constituya en un desafío- y no disponga de estrategias inmediatas para alcanzar la meta, de lo contrario estamos frente a un ejercicio para consolidar habilidades, destrezas y conocimientos. En toda situación problemática se individualizan tres elementos: una situación inicial (estado inicial), una meta u objetivo (estado final) y medios u operaciones para pasar de uno a otro estado.

En el marco teórico dominante de la mayor parte de las investigaciones educativas en resolución de problemas se estudia cómo el alumno toma un problema establecido en *lenguaje natural*, lo convierte en una representación interna sobre el cual él puede operar, lleva a cabo las operaciones apropiadas necesarias y luego responde el resultado, transformando así, la idea de resolución de problemas en *representación y búsqueda* (Simon, 1995).

Los métodos de búsqueda se pueden dividir en algorítmicos y heurísticos. Desde esta perspectiva, la resolución de un problema consiste en un estado inicial, un estado final y un número de estados intermedios, todos ellos relacionados por operadores que modifican esos estados hasta alcanzar el final. El número de movimientos posibles puede ser muy grande, según el tipo de problema. Sin embargo, el sistema de procesamiento de información no necesita trabajar con todos, sino que puede identificar una parte pequeña donde debería hallarse la solución. Requiere extraer información y utilizarla para búsquedas heurísticas de soluciones selectivas. La construcción de la representación consta de dos subprocesos: uno para interpretar el lenguaje de las instrucciones y otro para construir la descripción de la situación además del conjunto de operadores extraído de los enunciados condicionales y de frases en modo subjuntivo. El conjunto de operadores actuará como un sistema de producción, en el cual las condiciones se representan como estados y las acciones como procesos para realizar los cambios de la situación (Simon, 1995).

Las representaciones mentales se explican desde diversas áreas del conocimiento y desde diversas teorías.

Desde la lingüística cognitiva se sostiene que las representaciones mentales son fundamentalmente metafóricas y que éstas se comunican a través del lenguaje. La metáfora es un mecanismo estructurado de apareamiento (mapping) entre dos dominios conceptuales diferentes en el sistema conceptual del individuo. Un

apareamiento, por su parte, es un entramado de correspondencia entre estos dominios. De modo que, una expresión metafórica (palabra, frase, oración) es una realización (superficial) de este entramado de correspondencia que es la metáfora. Hay una tensión entre una pretensión matemático-formal en la noción de apareamiento, por un lado, y la noción de esquema como llega de Rumelhart (1984). Allí el esquema no es un constructo formal, un concepto matemático, sino, más bien, un todo cognitivo cristalizado.

La metáfora no sólo organiza la expresión lingüística de acuerdo a ciertos apareamientos conceptuales, sino que está en la base de los esquemas inferenciales habituales por los que discurre nuestro pensamiento. En la lingüística cognitiva se distinguen en términos del contraste un continuo que va desde las metáforas específicas o básicas, por un lado, y las metáforas genéricas, por el otro. De modo que una metáfora genérica es una generalización a partir de un número de metáforas más específicas. Más que una metáfora, es un conjunto de metáforas, algo así como el común denominador de un conjunto de metáforas (Rivano, 1986).

En este orden de ideas, se puede hablar de un esquema topológico como una totalidad cognitiva formada por un número reducido de relaciones aplicable a un número infinito de situaciones reales. Ahora bien, como la metáfora une lo sensible con lo inteligible, lo perceptual con lo conceptual se puede decir que en los esquemas topológicos se estructuran instancias perceptuales. En la metáfora, estas estructuraciones a partir de lo perceptual son exportadas a dominios que en sí carecen de tales estructuraciones. La metáfora exporta estructuración de lo concreto a lo abstracto. Lo anterior no quiere decir que el dominio meta carezca de estructuración propia. Lo que implica es que la estructuración no es en sí perceptual, tangible, concreta, sino que se hace perceptual en la metáfora (Rivano, 1986).

En la psicología cognitiva la preocupación por un enfoque semántico da lugar a otro conjunto de teorías denominadas teoría de los esquemas

Gangoso (1999) menciona a Rumelhart (1984) como uno de los autores prototípicos de esta teoría, la cual puede considerarse como una teoría de la representación y utilización del conocimiento almacenado. Para Rumelhart los esquemas son paquetes de conocimiento en los que, además del propio conocimiento hay información sobre cómo debe usarse ese conocimiento, es decir, los esquemas son tanto declarativos como procedimentales.

Según este autor desde el punto de vista lógico pueden distinguirse tres tipos de aprendizaje: el crecimiento, la reestructuración y el ajuste. El crecimiento es el mecanismo básico por el que el sistema adquiere las bases de datos con las que rellena las variables de los esquemas. El crecimiento no modifica la estructura interna de los esquemas ni genera por sí mismo esquemas nuevos. Para que se formen conceptos nuevos es necesario que suceda la acción de los otros dos mecanismos: el ajuste y la reestructuración.

La modificación o evolución de los esquemas disponibles tiene lugar mediante un proceso de ajuste, que puede producirse de tres formas: (a) mediante la modificación de los valores por defecto de un esquema en función de la experiencia en la aplicación del mismo; (b) por generalización del concepto; (c) por especialización del concepto.

La generación y creación de nuevos esquemas tiene lugar mediante el proceso de reestructuración que consiste en la *formación de nuevas estructuras conceptuales o nuevas formas de concebir las cosas*. Mediante una reestructuración surgen estructuras conceptuales o interpretativas que anteriormente no estaban presentes en el sistema: El nuevo esquema puede surgir de dos formas. Mediante una generación pautada el nuevo esquema consiste en una copia, que se forma por un proceso analógico, con modificaciones de un esquema anterior. El segundo mecanismo de reestructuración, la inducción de esquemas, se produciría cuando se detecta que cierta configuración de esquemas ocurre sistemáticamente según ciertas pautas espacio-temporales. Se trataría de un modo de aprendizaje por contigüidad.

Según esta teoría el crecimiento, la reestructuración y el ajuste coexisten e interactúan durante todo el ciclo de aprendizaje de un sistema jerarquizado de conceptos, pero su importancia relativa varía según una pauta temporal característica. Al comienzo del aprendizaje en un área conceptual predominaría el crecimiento. La acumulación de conocimiento acabaría produciendo una reestructuración de los esquemas. Una tercera fase se caracterizaría de nuevo por un crecimiento de los esquemas generados, que finalmente desembocaría en un ajuste progresivo de los mismos.

También desde la psicología cognitiva por la vía de los desarrollos pragmáticos surge la teoría de los modelos mentales. Oponiéndose a los psicólogos que consideran que la representación proposicional, es la única forma de representación existente Johnson y Laird (1983) plantean que existen por lo menos tres formas de representación mental de la información: las representaciones proposicionales, los modelos y las imágenes mentales. Para él, la cuestión no es sólo qué clase de formato representacional usamos para razonar, sino qué representaciones permiten explicar como lo hacemos. Por eso sostiene que el punto central de la comprensión está en un *modelo* que existe en la mente de quien comprende. El modelo, que coexiste con las representaciones proposicionales y las imágenes, permite a quien lo posee hacer inferencias y predicciones, entender los fenómenos, decidir las acciones a tomar y controlar su ejecución e interpretar tanto las respuestas racionales como los errores más frecuentes en el razonamiento humano.

La gente traduce eventos externos en *modelos internos* y razona por manipulación de éstas representaciones simbólicas, retraduciendo luego los símbolos en acciones o en evaluaciones de hechos externos (Greca y Moreira, 1997).

Los modelos mentales pueden representar una situación verdadera, posible o imaginaria, sin embargo, hay diferencias estructurales según el modelo mental de cuenta de una situación percibida (verdadera) o concebida (posible o imaginaria). En

el primer caso se construye un modelo mental físico que incorpora elementos y relaciones concretas. La única relación abstracta posible es la relación causal. Los segundos, denominados modelos mentales conceptuales, están concebidos por elementos y relaciones abstractas e incorporan operadores y cuantificadores lógicos (Gangoso, 1999).

Para hacer inferencias se representan internamente las situaciones concretas - de mundos imaginarios o reales- y se evalúa, en función de ellas, la validez del razonamiento. De esta forma es posible pensar que los errores en las inferencias sean porque no se ha puesto a prueba o validado el modelo creado. Es posible también que el descubrimiento de la tendencia al error haya conducido a la creación de las leyes de la lógica formal (Greca y Moreira, 1997).

Las representaciones proposicionales consisten en una cadena de símbolos a partir de un vocabulario finito, con reglas sintácticas arbitrarias y aún desconocidas. Para Johnson-Laird (1983) una representación proposicional es una representación mental que puede ser expresada mediante símbolos verbales o escritos.

Como los modelos reconstruyen el dominio considerado en término de ciertos conceptos y relaciones y en detrimento de otros, se puede construir más de un modelo mental con relación a un dominio particular, si se focaliza en aspectos diferentes. Como algunos aspectos de una situación problemática son relevantes para la solución del problema y otros aspectos no lo son, entonces el éxito en la solución del problema depende de la habilidad (estrategia) para construir apropiadamente un modelo que interprete acertadamente la situación problemática (Plöetzner, 1995).

Los modelos son ejecutables. La ejecución, interpretación o desarrollo del modelo genera una conducta específica frente a la situación problemática.

Las imágenes corresponden a las *visuales* del modelo. Producto tanto de la percepción como de la imaginación, representan aspectos perceptibles de los objetos correspondientes al mundo real. Son altamente específicas y pueden ser visuales, táctiles, olfativas, auditivas y cinéticas.

De manera similar a los modelos, las imágenes incluyen diferentes grados de estructura analógica, pudiendo ser completamente analógicos o parcialmente analógicos y parcialmente proposicionales.

Si se incorpora esta información al modelo de aprendizaje propuesto por Giordan y de Vecchi (1997) la representación gráfica del modelaje como un proceso reconstructivo sería:

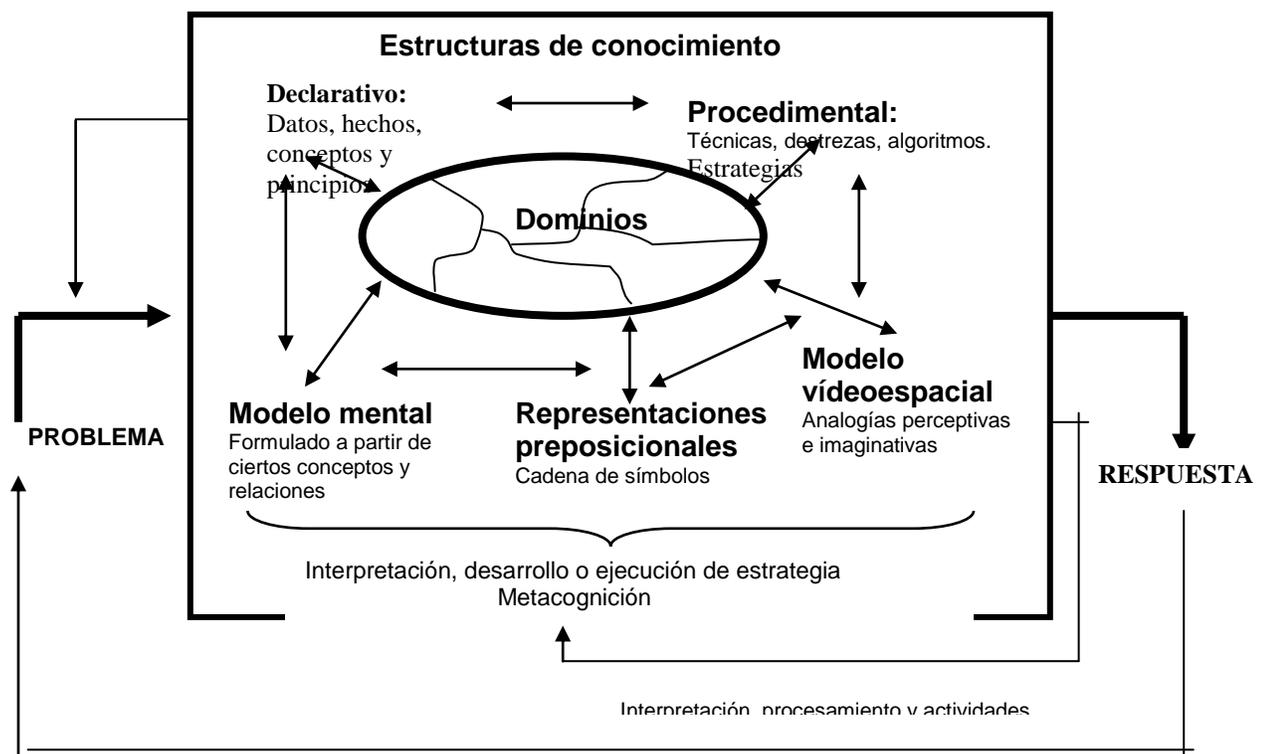


Gráfico 4. Los constructos del aprendiz: incorporación de la propuesta de Greca y Moreira (1995) al modelo Giordan y de Vecchi (1997). Cirigliano, 2002.

## II. Los principios que fundamentan el modelo a construir

A continuación se presentan principios que se derivan de las investigaciones anteriores y del referencial teórico desarrollado, los cuales servirán de guía para diseñar un modelo didáctico que facilite el enriquecimiento, ajuste o la reestructuración conceptual y la modelización en la resolución de problemas.

- A. El conocimiento científico es una construcción humana que busca describir, comprender y actuar sobre la realidad: Es provisorio y sujeto a reformulaciones.
- B. Una definición metodológica debe ser coherente, al menos, con: la concepción de la ciencia que la inspira y con el objetivo que plantee su enseñanza.
- C. El conocimiento previo determina cómo vemos la realidad, influenciando la observación.
- D. La adquisición de un nuevo conocimiento se da a partir de los conocimientos iniciales, siendo usualmente difícil y problemática. El profesor debe idear estrategias que ayuden al alumno a *confrontar sus preconceptos* y a *modelizar las situaciones físicas*, a fin de darles oportunidad para que ellos entiendan los fenómenos, hagan inferencias y predicciones, decidan las acciones a tomar, controlen su ejecución e interpreten tanto las respuestas racionales como los errores en su razonamiento.
- E. Es esencial presentar a los alumnos cuestiones que requieren razonamiento cualitativo y explicación verbal. La facilidad que muestre un alumno para resolver problemas cuantitativos no constituye un criterio adecuado para juzgar la comprensión de la situación física presentada.

- F. Los estudiantes deben participar en los procesos de construcción de modelos cualitativos que los ayuden a entender los conceptos, sus diferencias, a encontrar las relaciones entre ellos en una vasta variedad de contextos y reconocer su relevancia en una situación física dada.
- G. Si las dificultades conceptuales persisten entonces deben ser explícitamente dirigidos a través de múltiples retos y en diferentes contextos.
- H. Los estudiantes deben ser intelectualmente activos en su comprensión de los conceptos, en la búsqueda de conexiones entre el mundo real, la situación física, y los diferentes modelos: gráficos, algebraicos y estadísticos.
- I. No es suficiente que los alumnos tengan los recursos para aprender Física sino que además deben tener conciencia de ello y saber utilizarlo efectivamente.
- J. Los profesores deben tener la oportunidad de aprender los contenidos que van a enseñar con la didáctica que se espera que ellos utilicen.
- K. Los profesores y los estudiantes deben tener la oportunidad de *aprender con los otros*, utilizando diversidad de estructuras que facilitan el trabajo cooperativo, colaborativo –contributivo- y generando interacciones que creen el clima propicio para el trabajo grupal.

### **III. Experiencias que se realizan con algunos de los principios del modelo propuesto**

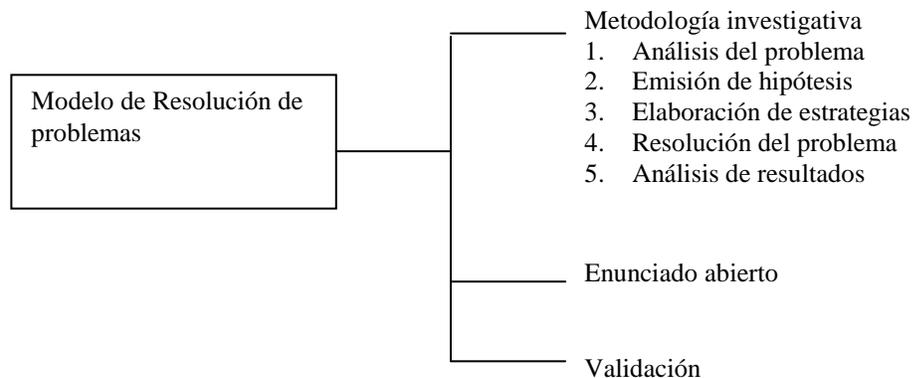
La revisión bibliográfica permitió identificar algunos centros importantes de investigación en la enseñanza de la Física. Generalmente son centros adscritos a los Departamentos de Física de las Universidades. Fueron localizados en Norte América (USA y Canadá), en Centro y Sur América (Brasil, Argentina, Colombia, Cuba) y en

Europa (Francia, España, Portugal, Alemania). En ellos se pueden identificar una rica variedad de modelos o experiencias didácticas que combinan tres o más de los principios antes señaladas. Se seleccionó de cada región el o los modelos que involucraran la mayor cantidad de principios y que además, hubieran diseñado recursos didácticos para tal fin.

1. La resolución de problemas de física: de los ejercicios de aplicación al tratamiento de situaciones problemáticas: Propuesta alternativa sobre la resolución de problemas de física como actividad investigadora: fusiona en un único proceso investigativo la resolución de problemas de lápiz y papel y las prácticas de laboratorio.

Gil y Valdés (1997). Universidad de Valencia e Instituto Superior Pedagógico de la Habana.

2. Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la Física: la resolución de problemas como actividad de investigación: modelo fundamentado en la comparación entre cómo resuelven los científicos los problemas que se les presentan en el marco de su trabajo y el procedimiento que debe utilizarse para que los estudiantes aprendan a resolver sus problemas escolares según el siguiente esquema



Valera, P. (1994). Universidad Complutense de Madrid.

3. Modelo de Enseñanza-Aprendizaje centrado en la resolución de problemas. El modelo se fundamenta en tres pilares: investigación específica en resolución de problemas, estudios de raíz psicológica sobre la enseñanza aprendizaje y epistemología de la ciencia y sus implicaciones educativas. El modelo contempla las etapas siguientes:

Abordaje cualitativo: presentación de la situación del mundo real para dar la posibilidad de representación mental en forma de imágenes e identificar los diversos conceptos implicados en la situación antes de iniciar la problematización. Identificar el problema, hacer conjeturas, establecer relaciones provisionales entre los conceptos y la formulación de hipótesis. Toma de conciencia a partir de la formulación de las hipótesis de sus representaciones del conocimiento, a fin de evitar que éste sea obstáculo para nuevos conocimientos.

Abordaje holístico y cualitativo de cada tarea-problema para:

- medir propiedades, establecer relaciones entre magnitudes;
- operacionalizar conceptos, es decir, establecer relaciones empíricas entre los conceptos relacionados con los procesos o fenómenos observados;
- usar los procesos utilizados en la ciencia: planteamiento de experiencia a partir de las hipótesis, ejecución de la experiencia, registro de datos, interpretación de datos, obtención de conclusiones y evaluación para averiguar si se encontró la solución o si es necesario cambiar la hipótesis;
- hacer explícitos los preconceptos de los alumnos y consiguientemente la reformulación de sus representaciones;

- formular nuevas hipótesis que pueden ser puestas a prueba con nuevas tareas-problema.

Desarrollo de los conceptos con base a las relaciones establecidas, explicitando las leyes o principios en cuestión, a fin de permitir la formulación de hipótesis para el abordaje de los problemas;

- Resolución de problemas tipo I, partiendo del abordaje cualitativo y de la formulación de hipótesis, elaboran un plan para encontrar la solución y ejecutan dicho plan. Analizar el resultado verificando si las hipótesis están de acuerdo con las condiciones límites.
- Consolidación del aprendizaje construyendo un cuerpo de conocimientos a partir de lo que se aprendió en la conceptualización, resolución de problemas, reformulación de las representaciones, y elaboración de modelos que podrán ser reformulados en otras etapas.
- Resolver otros problemas a partir del mismo contexto.

Construcción, en el aula, de un nuevo contexto problemático para formular nuevos problemas todavía del mundo real, pero no necesariamente familiar. Problemas tipo II.

- Recorrer las etapas segunda y tercera usando el lenguaje cuantitativo en la operacionalización conceptual y aumentando así la precisión.
- La reformulación a partir de los modelos utilizados por los alumnos, convirtiéndolos en más complejos o más útiles, es decir, describiendo, explicando y prediciendo los fenómenos de forma que se haga más reflexiva y profunda la evaluación.

- La consolidación de lo aprendido se debe hacer a partir de la conceptualización y de la reformulación teniendo en cuenta el aumento y desarrollo de los conocimientos conceptuales y procedimentales de los alumnos.

Construcción, en el aula, del contexto amplio consistente en la presentación de rasgos comunes a múltiples contextos. Por lo tanto es un contexto sin existencia real.

- La resolución de problemas tipo III, surgidos del contexto amplio, usa razonamiento abstracto, apreciación cuantitativa y métodos científicos sistemáticamente.
- Reformulación final de las representaciones de los alumnos confrontándolas con las leyes, principios y modelos científicos, distinguiendo lo sancionado de lo caduco.
- Síntesis y generalización de los conceptos adquiridos y de los procesos utilizados a fin de posibilitar la transferencia de los procesos cognoscitivos a otras situaciones.

Comienzo de las mismas etapas para otros conceptos y otros contextos, hasta agotarse los conceptos que se pretenden desarrollar.

- En los ciclos siguientes, las conceptualizaciones se deberán hacer teniendo en cuenta los modelos utilizados, las leyes y principios aprendidos y los conceptos desarrollados.

Lópes y Costa (1996). Universidad de Aveiro. Portugal.

4. Instrucción con pares: Instrucción indagatoria/prueba de conceptos. Este modelo está diseñado sobre la base de los resultados de las investigaciones sobre análisis de errores que cometen los alumnos al resolver problemas. Después de diez o quince minutos de un segmento de lectura, el profesor presenta a la clase un reto mediante una pregunta de escogencia múltiple. Es una pregunta conceptual con factores distractores basados en las dificultades más comunes de los estudiantes según las investigaciones realizadas. Las respuestas individuales se proyectan en una pantalla y posteriormente la clase se divide según las respuestas que consideren correctas. Cada estudiante tiene de dos a tres minutos para discutir el problema con sus compañeros. Al final de este período los estudiantes responden nuevamente la pregunta. Usualmente la discusión produce una mejoría sustancial, en caso contrario se presenta material adicional.

La combinación de pruebas conceptuales con la interacción de la instrucción indagatoria hace que estas lecturas generen un ambiente de engranaje activo para el estudiante.

Mazur (1997). Universidad de Harvard. U.S.A

5. Resolución de problemas en grupos cooperativos. El modelo fomenta el desarrollo de un ambiente de resolución de problemas en grupos en el cual los estudiantes trabajan juntos resolviendo problemas ricos en contenido que envuelven situaciones reales, cuyos datos pueden estar incompletos y que requieren que el estudiante asuma una postura racional frente a ellos. Los problemas se seleccionan de forma tal que son lo suficientemente difíciles para que no puedan ser resueltos individualmente. En los grupos se incluyen estudiantes con diferentes habilidades y se les puede asignar un rol específico y rotativo. El modelo incluye laboratorio y lecturas. Los resultados presentados parecen bastante efectivos

Heller, Keith y Anderson (1992). Universidad de Minnesota. U.S.A

### CAPITULO III

#### CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DIDÁCTICO

Como Tales, como Anaximandro,  
él se asomará maravillado a lo fenoménico,  
y de tanto en tanto lo explicará para dominarlo,  
pensará como Anaximandro que los astros están fijos  
como clavos en una bóveda de cristal,  
y que el sol es plano como una hoja.

Julio Cortázar

El modelo a construir será de estrategias diferenciales, integradas y cooperativas para facilitar *enriquecimiento, ajuste o reestructuración conceptual* y la *modelización en la resolución de problemas*.

¿Por qué el modelo será diferencial?. Porque aunque el conocimiento se inicie con la presentación de una situación común para todos los estudiantes -el contenido del programa de la asignatura-, cada alumno comienza el aprendizaje problematizándolo bajo su constructo o concepción alternativa, a partir de sus conocimientos iniciales.

¿Por qué será integrado?. Porque pondrá en interdependencia resultados de investigaciones que se realizaron de manera independiente o en contextos diferentes, en la búsqueda de la interpretación adecuada de las complejas interacciones que caracterizan los fenómenos de enseñanza y de aprendizaje de la física.

¿Por qué será cooperativo –contributivo o colaborativo-?. Porque los estudiantes deben participar en la construcción de representaciones –modelos mentales, proposicionales e imágenes visoespaciales- que orienten la búsqueda de la

El modelo didáctico de estrategias diferenciadas, integradas y cooperativas se fundamenta en tres pilares: (Gráfico 5: 61)

- exploración de los conocimientos iniciales y reconceptualización de las concepciones alternativas o constructos del aprendiz,
- creación de contextos y situaciones problemáticas que generen la espiral del razonamiento formal mediante la modelización de la situación,
- aprendizaje con pares y participación en grupos cooperativos.

El modelo didáctico se implementa en dos etapas:

1. *Enriquecimiento, ajuste o reconceptualización del constructo o concepción alternativa inicial del aprendiz mediante la exploración de sus conocimientos iniciales y confrontación con sus pares para analizar y dar respuesta a situaciones donde se manifiesten estos conceptos.*
2. *Construcción de representaciones –modelos mentales, proposicionales e imágenes visoespaciales- que orienten la búsqueda de la solución de los problemas mediante la creación de contextos y situaciones problemáticas que inicialmente expresadas en lenguaje cotidiano generen la espiral del razonamiento formal.*

La primera etapa comprende cinco fases:

1. Asignación previa a la clase del tópico o lectura. El estudiante realizará una lectura comprensiva del contenido del tema a estudiar antes de asistir a clase y preparará la guía de lectura. Esta será la base para iniciar la discusión y el análisis del tópico a desarrollar en la clase.

El profesor hará una presentación general del tópico e interrogará en forma aleatoria a unos pocos estudiantes (tres a cinco aproximadamente), durante el mismo cualquier otro estudiante puede participar en la respuesta, aclarando, complementando o discrepando con relación a las respuestas dadas por los interrogados.

2. Cuestionario de comprobación de lectura. El objetivo de esta actividad es comprobar y verificar el nivel de comprensión en esta primera aproximación al tópico asignado –conocimiento inicial-. Las hojas de comprobación de lectura deben ser consignadas antes del resumen de la lectura. Para los efectos del tratamiento de los datos en la investigación esta actividad proporciona la información sobre los conocimientos iniciales que tiene el estudiante sobre el tópico.
3. Resumen de lo estudiado. El profesor solicitará que uno o varios alumnos realicen un resumen de la lectura: Esta actividad se convierte, para el profesor, en un poderoso instrumento de evaluación diagnóstica.
4. Aprendizaje conceptual con pares, es decir, entre iguales. Para identificar los preconceptos o concepciones alternativas del aprendiz, el profesor presenta a la clase un reto mediante una pregunta de opción múltiple. Es una pregunta conceptual con factores distractores basados en las dificultades más comunes de los estudiantes según las investigaciones realizadas. Tanto los cuestionarios de comprobación de lectura como los cuestionarios de identificación de las concepciones alternativas o intuitivas de los estudiantes fueron adaptaciones de los desarrollados por Mazur (1997).

Cada evaluación de comprensión conceptual tiene la siguiente secuencia:

- ✓ Presentación de la situación

- ✓ Reflexión individual. No se permite las consultas.
  - ✓ Registro individual de las respuestas (opcional)
  - ✓ Reunión en pares de estudiantes que seleccionaron opciones diferentes con la finalidad de que confronten sus argumentos y construyan una respuesta por consenso (Aprendizaje de pares) después del análisis y discusión de la misma. El profesor al escuchar los diferentes grupos y conocer los argumentos dispone de información pertinente para la evaluación formativa
  - ✓ Registro de respuestas revisadas (opcional)
  - ✓ Retroalimentación del Profesor: registro de respuestas
  - ✓ Explicación, interpretación, ilustración, etc. de la respuesta correcta por parte de los estudiantes o del profesor.
4. Metacognición del conocimiento conceptual adquirido. El alumno realiza su autoevaluación cotejando y analizando las respuestas dadas en la guía de lectura y en el cuestionario conceptual antes y después del aprendizaje en pares.

Mediante este proceso de aprendizaje contributivo, la estructura de conocimientos del estudiante se enriqueció, ajustó o reestructuró.

En la segunda etapa se utilizará el modelo didáctico propuesto por López y Costa (1996) modificado en su presentación y propuesto para ser estudiado en grupos cooperativos. Se situará el aprendizaje en un contexto real cotidiano problematizado donde se manifieste el fenómeno en sus más variadas expresiones.

La espiral para alcanzar el razonamiento formal se realizará en tres fases:

- ✓ Problemas tipo I El estudiante aplicará el conocimiento adquirido en la fase anterior (ligado al mundo sensorial) para identificar, comparar, contrastar, categorizar y clasificar los eventos presentados usando los criterios convenientes que le permitan reducir la complejidad presente, utilizar y relacionar para determinar los conceptos involucrados, describir el comportamiento cualitativo de los objetos físicos, identificar los aspectos relevantes (y no relevantes) de la situación fenomenológica, e interpretar la situación.
  
- ✓ Problemas tipo II. A partir de la superación de la complejidad anterior procederá a explorar diversas representaciones, pasar de una representación a otra, identificar puntos críticos del evento físico, explorar valores de diferentes cantidades bajo condiciones extremas o desconocidas, descomponer un problema complejo en un conjunto de problemas más simples, agrupar problemas por analogías conceptuales, hacer conjeturas, diseñar actividades o argumentar para verificarlas estimulando así la construcción de modelos simbólicos, proposicionales e imágenes visoespaciales.
  
- ✓ Problemas tipo III. Superadas las fases anteriores estará en capacidad para poner en duda el conocimiento aplicado: racionalizándolo, criticándolo, diversificando hipótesis, precisando razonamientos, confrontando dialécticamente diferentes hipótesis. En esta fase los problemas originados inicialmente pueden ser resueltos con independencia del contexto real que los originó iniciando el proceso de formalización propio de las Ciencias.

El Baremo para orientar los talleres de realización de problemas es el siguiente:

**Problema Tipo I**  
Dominio General del t3pico

Determina el contexto o marco peculiar al que pertenece y en el que se ubica la tarea con que se enfrenta: identifica, compara, contrasta y categoriza

Describe el comportamiento de los objetos f3sicos e identifica aspectos relevantes.

**Problema Tipo II**  
Dominio de representaciones

Representa adecuadamente la situaci3n utilizando los diferentes modos de representaci3n: modelos mentales, proposicionales e im3genes mediante lenguajes verbales, simb3lico matem3tico, ic3nico, gr3fico funcional

Calidad de razonamiento

Organiza l3gicamente mediante la realizaci3n de procesos deductivos, inductivos o de extrapolaci3n evitando incurrir en falsas conexiones, errores, lagunas. Realiza procesos inferenciales relacionados con los datos procesados

Evocación de información pertinente a la tarea	Recupera información útil con vista a la resolución de una determinada tarea nueva y compleja activando adecuadamente la memoria de los conocimientos útiles para la misma
--	--

**Problema Tipo III**

Nivel de abstracción  
generalización  
y transferencia

Modeliza en un intento de independizar el problema originalmente propuesto del contexto real que lo originó.

En la próxima página se realiza la representación gráfica del Modelo Didáctico Diferenciado, Integrado y Cooperativo.

## Modelo Didáctico Diferenciado, Integrado y Cooperativo

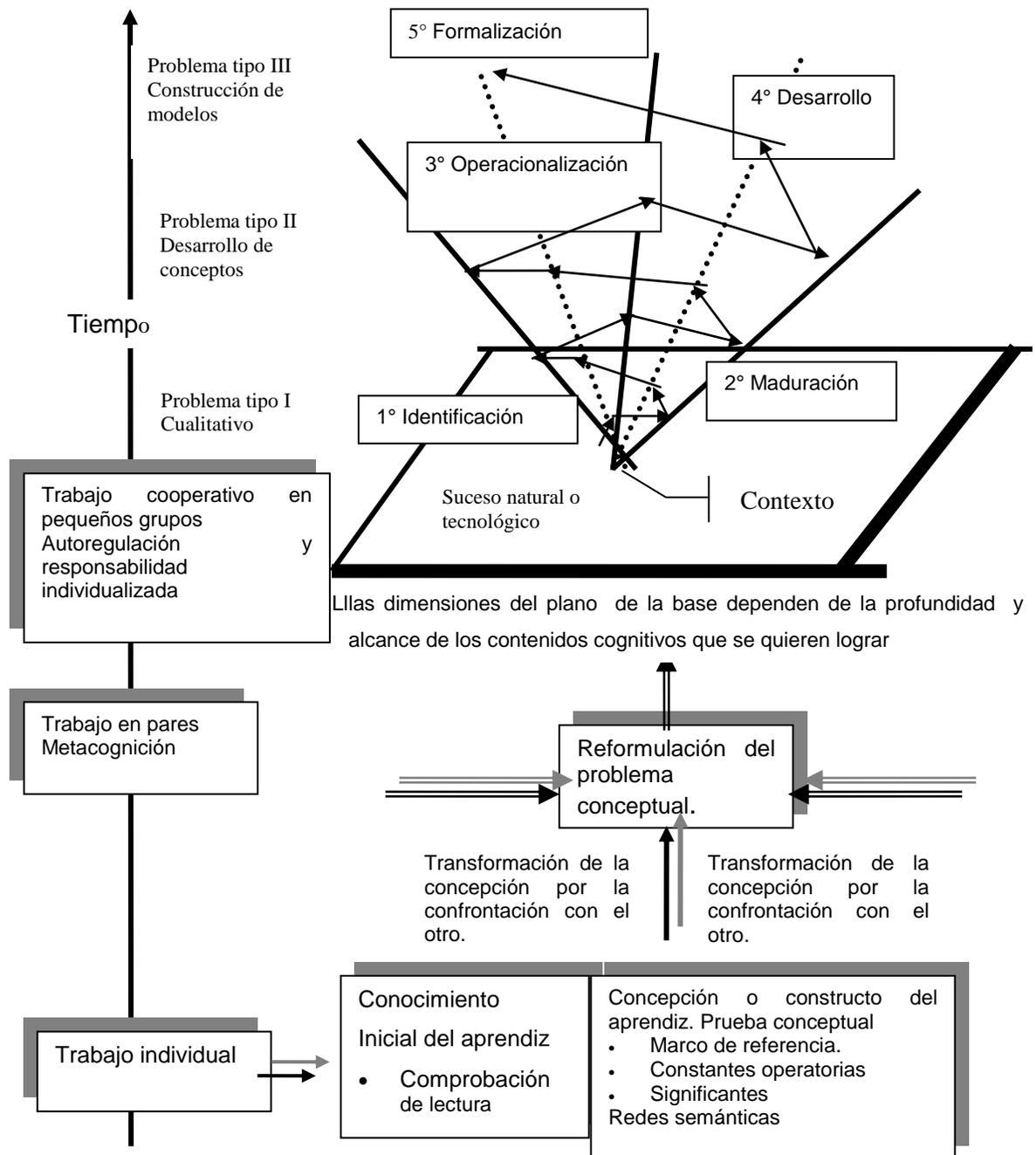


Gráfico 5. Modelo Didáctico Diferenciado, Integrado y Cooperativo.  
Cirigliano, 2002.

## CAPÍTULO IV

### METODOLOGÍA

#### I. Hipótesis

##### **Hipótesis General de investigación.**

**Hi:** La aplicación de un modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo influye en el enriquecimiento, ajuste o reestructuración conceptual y facilita el proceso de modelización en la resolución de problemas en el ciclo básico universitario en física.

##### **Hipótesis derivadas:**

**H1:** La aplicación de un modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo favorece el enriquecimiento, ajuste o reestructuración conceptual de física en los alumnos que cursan esta asignatura en el Nivel Básico Universitario.

**H2:** La relación entre los conocimientos iniciales que tienen los alumnos al finalizar la primera actividad del curso (comprobación de lectura, medida a través de cuestionario) y el desempeño en la resolución de problemas es mayor en el grupo al que se le administra el modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo que en el grupo al que se le administra el modelo didáctico convencional.

**H3:** La aplicación de un modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo incrementa el desempeño en la resolución de problemas de física en los alumnos que cursan esta asignatura en el Nivel Básico Universitario.

**H4:** La resolución de problemas relativos a las leyes de Newton requiere del ajuste, reestructuración o enriquecimiento de la estructura conceptual del sujeto que aprende.

## **II. Definición y especificación de las variables.**

**Enriquecimiento, ajuste o reestructuración conceptual:** transformación que se produce cuando se supera la tendencia a generalizar acríticamente con base a observaciones cualitativas no controladas; superación de la seguridad en las evidencias del sentido común, introduciendo una forma de pensamiento creativo y riguroso Carrascosa y Gil (1985).

Operacionalización: predominio del razonamiento sustentado en la estructura conceptual de la mecánica newtoniana al analizar las situaciones físicas presentadas.

Papel en la investigación: Variable independiente.

**Modelo didáctico:** proceso que sigue un curso de acción. No requiere dar todos los detalles, sirve como una guía de actuación. Van Domelen, (1998).

Operacionalización: aplicación de las fases secuenciales en cada etapa del modelo didáctico.

Papel en la investigación: variable dependiente.

**Conocimientos iniciales del estudiante:** conocimiento que tiene el estudiante después de haber realizado la lectura asignada. Se evalúa antes de iniciar el proceso de aprendizaje sobre el tema.

Operacionalización: conocimiento sobre el tema evidenciado por las respuestas a los cuestionarios de comprobación de lectura sobre los tópicos que cubren el contenido de la mecánica clásica (cinemática y dinámica)

Papel en la investigación: variable independiente.

**Resolución de problemas:** Proceso explicitado de construcción de representaciones mediante el cual se facilita la formación de modelos simbólicos, proposicionales e imágenes visoespaciales y consecuentemente la comprensión de los modelos conceptuales. Greca y Moreira (1997).

Operacionalización: Procedimientos, estrategias y expresión de la solución de problemas

Papel en la investigación: variable dependiente.

### **III Diseño utilizado**

La investigación sigue un diseño experimental de tipo clásico con dos grupos: Uno experimental que recibe tratamiento (modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo) y otro grupo utilizado como control (expuesto a un modelo didáctico convencional).

La investigación se estructuró en dos fases:

En la primera fase, ambos grupos fueron sometidos a un pretest que examina la estructura conceptual que tienen los alumnos con relación a la física newtoniana. Se aplicó el instrumento Inventario Conceptual de Fuerza.

En cada grupo se administró el contenido de cinemática y leyes de Newton con la metodología didáctica correspondiente.

Además, se evaluaron los conocimientos iniciales de los alumnos sobre la cinemática y la dinámica y el dominio de las herramientas matemáticas utilizadas en el texto para desarrollar el tópico, mediante la aplicación de cuestionarios - comprobación de lectura- elaborados por la investigadora y el profesor que intervino en la investigación y validado en las mesas de trabajo.

Al finalizar los aspectos conceptuales de los dos temas señalados (cinemática y dinámica) se aplicó el Inventario Conceptual de Fuerza como postest.

En la segunda fase se aplican ambos modelos didácticos para preparar a los alumnos en la resolución de problemas y al finalizar el tema se miden las habilidades de los alumnos para resolver problemas de cinemática y dinámica utilizando las pruebas departamentales de la Facultad de Ingeniería, Universidad Católica Andrés Bello.

#### **IV. Población y muestra.**

Población: el estudio se realizó en la Universidad Católica “Andrés Bello”. La población son los estudiantes que cursan el Ciclo Básico de Ingeniería.

Muestra: la muestra estuvo constituida por dos secciones de Ingeniería con 70 estudiantes en total. Los estudiantes son de ambos sexos, con edades comprendidas entre 19 y 21 años, que ya han cursado algunas asignaturas de la carrera como Matemáticas Generales, Cálculo, Introducción al Estudio del Hombre, Lenguaje y Comunicación o Química General.

La selección de los cursos no fue al azar, corresponden a los profesores de Física que mostraron interés en cooperar en la investigación y se comprometieron a

participar en Mesas de Trabajo interdisciplinarias con psicólogos, educadores y físicos. Estas Mesas iniciaron sus labores preparatorias durante todo el año escolar anterior al inicio del estudio. Su finalidad fue construir una visión compartida con relación a los supuestos epistemológicos, ontológicos, y pedagógicos del estudio.

Además en las Mesas de Trabajo se analizaron, discutieron y validaron las guías de comprobación de lecturas, las preguntas conceptuales para el aprendizaje con pares, el material impreso para los talleres de problema y el cuestionario de pre y postest

## **II. Recolección de datos**

### **Instrumentos**

**Enriquecimiento, ajuste o cambio conceptual:** Esta investigación utiliza el instrumento *Inventario Conceptual de Fuerza*, -Force Concept Inventory, FCI- desarrollado por David Hestenes, Malcolm Wells y Gregg Swackhamer (1992) con la finalidad de identificar y clasificar las concepciones alternativas y detectar la adquisición de conceptos y tipos de razonamientos indispensables para la resolución efectiva de problemas. El cuestionario consta de 30 preguntas de opción múltiple. Contiene seis dimensiones conceptuales: cinemática, primera, segunda y tercera ley de Newton, principio de superposición y clases de fuerza. Su puntuación es una medida del dominio conceptual que se tiene con relación a la comprensión de la Física Newtoniana.

¿Qué tan precisa es esta medida? La respuesta depende de los falsos positivos y los falsos negativos. Un falso negativo es un pensador Newtoniano que escoge una respuesta no Newtoniana y un falso positivo es un Newtoniano que escoge una respuesta por razones no Newtonianas. El mayor problema de un cuestionario de respuestas múltiples es minimizar los falsos positivos y negativos. En el cuestionario

la probabilidad de falsos negativos es 10% y de falsos positivos 20 % ambas son estimaciones conservadoras.

La data recogida por el instrumento provee de valiosa información tanto a investigadores como a profesores. Por ejemplo, el instrumento puede ser usado como andamio o apoyo en la enseñanza, para justificar y guiar las intervenciones a las prácticas de los profesores de Física, para evaluar los programas introductorios de Física (MacIsaac y Pollard, 1999), pero su propósito fundamental es evaluar la efectividad de la enseñanza (Hestenes, Wells y Swackhamer, 1992).

Usado con el propósito de justificar y guiar las intervenciones en Didáctica, el FCI es probablemente el instrumento más ampliamente administrado en la investigación de la enseñanza de la Física hasta los momentos. Los resultados de muchas investigaciones que lo han administrado han sido reportados en las reuniones bianuales de la American Association of Physics Teacher –AAPT- desde que el FCI fue publicado en marzo del 92 (Hestenes y Halloun, 1995).

### **Diseño del FCI**

El concepto de fuerza es central en la Física Newtoniana. El FCI analiza la estructura conceptual Newtoniana en seis dimensiones, cada una de las cuales tiene su estructura adicional o sub-estructura. En el cuadro 1 se muestra las dimensiones y sus sub-estructuras

Cuadro 1. Dimensiones y estructura conceptual Newtoniana

<b>Dimensiones</b>	<b>Item</b>
<b>1. Cinemática</b>	
Discriminación entre velocidad y posición	19
Discriminación entre aceleración y	20

velocidad	
Aceleración constante en el movimiento parabólico	14, 21 22
Cambio de velocidad	9
Vector adición de velocidades	
<b>2. Primera ley</b>	
Sin aplicar fuerza	7, 8, 6
Velocidad con dirección constante	23
Rapidez constante	10, 24
Con fuerzas que se cancelan	17, 25
<b>3. Segunda Ley</b>	
Fuerza impulsiva	8, 9, 26
Fuerza constante implica aceleración constante	21, 22
<b>4. Tercera Ley</b>	
Por fuerzas impulsivas	4, 28, 18
Por fuerzas continuas	15, 16
<b>5. Principio de superposición</b>	
Vector suma	9
Fuerzas que se cancelan	11, 17, 25
<b>6. Tipos de fuerza</b>	
Fuerzas pasiva de contacto en sólido	11, 29, 5
Fuerza Impulsiva	8, 9, 26, 4, 28, 18
Roce como fuerza opuesta al movimiento	27
Fuerzas de contacto en fluidos: resistencia del aire	30
Presión del aire	29
Gravitación	13, 11, 29, 3,

	17, 30
Aceleración independiente del peso	1, 2, 18
Trayectoria parabólica	12, 14

Todos los conceptos de la Tabla N° I son esenciales para poseer la estructura conceptual que requiere el paradigma Newtoniano (Heller y Huffman, 1995)

La primera impresión es que las cuestiones planteadas en el FCI son triviales y ciertamente el cuestionario no aborda las complicaciones reales de la Mecánica Clásica. Pero esas “trivialidades” son muy reveladoras cuando ellas no son comprendidas. En el FCI no se le da peso a la pregunta individual. De hecho, ocasionalmente puede encontrarse falsos positivos en un estudiante no Newtoniano y falsos negativos en los Newtonianos. Pero sólo un verdadero Newtoniano genera un patrón de respuestas consistentes, aunque pueda tener algún lapso ocasional. Es decir, el FCI es un buen detector de una estructura conceptual Newtoniana (Hestenes, Wells y Swackhamer, 1992).

Como regla, “los errores” en el FCI son más informativos para el profesor o el investigador que las respuestas correctas, pues ellos ponen de manifiesto el sistema de creencias que tiene el estudiante de cómo funciona el mundo físico visto desde su experiencia personal. No obstante, estos preconceptos deben ser tratados con el mismo respeto que le damos a los conceptos científicos. La mayoría de estos conceptos intuitivos significativos también fueron firmemente sostenidos, en cierto momento, por algunos de los más grandes intelectuales en el pasado incluyendo Galileo y Newton (Steinberg, Brown y Clement, 1990). Consecuentemente estos preconceptos deben ser considerados como hipótesis razonables comprobadas permanentemente, por el aprendiz, en la vida cotidiana. Estas hipótesis pueden y deben ser falseadas para que el estudiante pueda construir la estructura conceptual que requiere el paradigma newtoniano. Falsear una hipótesis intuitiva no es tarea fácil, pero explicar estos errores conceptuales como producto de falta de estudio e

interés de los estudiantes, como generalmente lo hace la instrucción convencional, no resuelve el problema sino que lo agrava. El FCI no es un test de inteligencia, es un test para poner en evidencia la estructura conceptual del alumno con relación al funcionamiento del mundo físico (Hestenes, Wells y Swackhamer, 1992).

Una vez elaborada la traducción del instrumento, fue sometido al juicio crítico de los integrantes de las Mesas de Trabajo que conocían los objetivos que se perseguían con su aplicación y actuaron como jueces expertos. Sus aportes permitieron ajustar más la pertinencia y claridad de los enunciados.

### **Exploración de los conocimientos iniciales de los alumnos**

Son cuestionarios que se utilizan en la evaluación diagnóstica. En la investigación se le llamó *Guía de Comprobación de Lecturas* y su administración se realiza secuencialmente antes de comenzar cada tópico. Los tópicos son los contemplados en el libro de texto que el Departamento recomienda para todos los cursantes de la asignatura. El texto es: Física. Tomo I. Cuarta Edición de Raymond A. Serway editado por McGraw-Hill. Los tópicos son: Movimiento en una dimensión, Vectores, Movimiento en dos dimensiones, Las leyes del movimiento, Movimiento circular y otras aplicaciones de las leyes de Newton.

El objetivo específico de cada exploración es tener una primera aproximación de la comprensión de los conceptos que se tratarían en el tópico y las habilidades matemáticas requeridas para su desarrollo.

Las primeras versiones de los cuestionarios se pusieron a prueba en una experiencia piloto. Los instrumentos fueron administrados a estudiantes de la carrera de Educación mención Matemática y Física que presentaban características similares a la de los grupos seleccionados en lo que respecta a edad, sexo, nivel de escolarización y contenidos tratados en clase. Esto permitió control en la pertinencia

de los enunciados, así como conocer el tipo de instrucciones, el tiempo que requerían para la realización de la tarea solicitada y las dificultades que se presentaban en la interpretación de las preguntas. Con esta información se pudo mejorar la redacción mediante la utilización de un lenguaje más claro y accesible, así como estimar el número de preguntas que resultaba razonable incorporar.

### **Resolución de problemas:**

Son los problemas acordados por el Departamento de Física de la Facultad para evaluar el contenido de los temas I: Cinemática en una Dimensión, Tema II: Cinemática en dos Dimensiones y Tema III: Dinámica

### **Cuestionario a los estudiantes**

Aunque la reacción de los estudiantes ante el empleo del Modelo Didáctico Diferenciado, Integrado y Cooperativo no constituía el foco central de la investigación, los integrantes de las Mesas de Trabajo mostraron interés en conocer y evaluar las opiniones de los alumnos. Para ello se elaboró un cuestionario que fue administrado al finalizar el semestre, solamente por los estudiantes del grupo experimental, en forma anónima, y después de tener información de los resultados de los exámenes parciales, lo que asegura plenamente que las respuestas no tendrían incidencia en cuanto a las condiciones de notas obtenidas para la promoción del cursado.

## CAPÍTULO V

### RESULTADOS

#### I. Descripción de los sujetos

##### Igualdad en cuanto a sexo

Del total de estudiantes que participaron en el experimento, 38 constituyeron el grupo que recibió el tratamiento (se les administró el modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo) y 32 conformaron el grupo control (modelo didáctico convencional).

Cuadro 2. Homogeneidad de los grupos en cuanto a la variable sexo usando la prueba chi cuadrado

Modelo	Masculino	Femenino	Total
Convencional	16	16	32
Diferenciado	20	18	38
Total	36	34	70

Interesa conocer si los grupos los dos grupos están igualados en cuanto a la variable sexo. La prueba chi cuadrado indica que los grupos son homogéneos en cuanto a la variable sexo:

$$X^2 = 0.45, p = 0.865$$

para un nivel de significación  $\alpha = 0.05$

### **Igualdad en el Pretest**

Se utilizó la prueba t de Student para verificar si los dos grupos están igualados en el pretest, es decir, si no hay diferencia entre las dos medias ( $\bar{x}_1 = 8.53$ , puntaje promedio de los alumnos sometidos al modelo convencional y  $\bar{x}_2 = 8.00$ , el puntaje promedio de los alumnos sometidos al modelo didáctico)..

Cuadro 3 Homogeneidad de los grupos en cuanto a la estructura conceptual newtoniana aplicando la prueba t de Student a los dos grupos

#### **Estadísticos del grupo**

	MODELO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
PRETEST	1	32	8,53	2,38	,42
	2	38	8,00	2,93	,48

Los resultados de la prueba indican que no hay diferencia significativa entre los puntajes promedios de los dos grupos ( $t = 0.822$ ,  $p = 0.414$ ) asumiendo varianzas iguales según los resultados de la prueba de Levene.

En la próxima página se muestra detalles de la prueba t de Student para dos muestras independientes

Cuadro 4. Detalles de la prueba t de Student para dos muestras independientes

Prueba de muestras independientes

	Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias							
	F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ. de la diferencia	Intervalo de confianza para la media		
								Inferior	Superior	
PRETEST Se han asumido varianzas iguales	2,247	,138	,822	68	,414	,53	,65	-,76	1,82	
No se han asumido varianzas iguales			,836	67,927	,406	,53	,64	-,74	1,80	

II. Análisis descriptivo de los resultados del Pre-test

Dimensión: Cinemática				
Subestructuras	N° del Item	Frecuencia del error Abs.	%	Análisis de contenido y resultados
Discriminar entre posición y velocidad	19	62	88,6	En la cinemática no es apropiado hablar de concepciones iniciales intuitivas o alternativas. Lo que generalmente se observa en los pensadores intuitivos es indefinición y vaguedad en la conceptualización del movimiento: no se evidencia una clara discriminación entre posición, distancia, velocidad y aceleración.
Discriminar entre velocidad y aceleración	20	66	94,3	
Aceleración constante. Mov. parabólico	14	68	97,1	
Cambio de velocidad	21	70	100	Como puede observarse en los resultados la casi totalidad de los estudiantes carecen de los conceptos básicos para comprender la cinemática.

Vector adición de velocidades	22	68	97,1	En esta muestra, el único logro de la Educación Media en la enseñanza de la Cinemática es que un poco más de la mitad de los estudiantes tienen noción de la naturaleza vectorial de la velocidad.
Vector adición de velocidades	8	38	54,3	

<b>Dimensión: Primera Ley</b>				
Subestructuras	N° del Item	Frecuencia del error %		Análisis de contenido y resultados
Sin aplicar fuerzas	7	38	54,3	<p>En esta sub-estructura se pone de manifiesto tres preconceptos o concepciones alternativas que tienen los estudiantes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Si el cuerpo esta en reposo es porque sobre él no hay fuerzas aplicadas.</li> <li>2. Si el cuerpo esta en movimiento es porque está actuando una fuerza</li> <li>3. El cuerpo se detiene es porque la fuerza que provocaba su movimiento se anuló</li> </ol> <p>Esta estructura preconceptual con relación a la primera ley es metafórica y vaga. Aunque ciertamente estos pensadores intuitivos distinguen dos tipos de fuerza: “fuerzas impulsivas, que actúan en un <math>\Delta t \rightarrow 0</math>” y las “fuerzas activas o continuas que se aplican en intervalos de tiempo mayores”, los estudiantes intuitivos conciben los cuerpos en movimiento como envases a los que se les puede proveer de cierta cantidad de fuerza que los mantienen en movimiento hasta que se le agote la reserva.</p> <p>Esta preconcepción se corresponde con el ímpetu típico del pensamiento Aristotélico. El término ímpetu fue desacreditado científicamente después de Galileo. Por supuesto que los estudiantes no utilizan esa palabra, generalmente la llaman fuerza pero su noción se corresponde con el término “ímpetu”</p>
	8	38	54,3	
	6	30	42,8	
Velocidad con dirección constante	23	61	87,1	
Rapidez constante	10	39	57,7	
	24	51	72,8	
Con fuerzas que se cancelan	17	56	80,0	
	25	40	58,6	

<b>Dimensión: Segunda Ley</b>				
Subestructuras	N° del Item	Frecuencia del error %		Análisis de contenido y resultados
Por fuerzas impulsivas	4	47	67,1	<p>El concepto de “fuerza activa o continua” está también más cerca de la noción de ímpetus que del concepto de fuerza Newtoniana. En la muestra los estudiantes reconocen esta fuerza sólo cuando se aplica por contacto. Los agentes que ejercen esas fuerzas por contacto tienen la capacidad de causar el movimiento al crear “ímpetus” que le transfieren a otros objetos como por ejemplo cuando una persona lanza una pelota.</p> <p>Los pensadores intuitivos generalmente sostienen el siguiente silogismo: “Todo efecto tiene una causa. El movimiento es un efecto. Luego todo movimiento tiene causa (el movimiento implica fuerza). Cuando no se discrimina la velocidad de la aceleración como descriptores del movimiento de los cuerpos parece lógico sostener que la velocidad es proporcional a la fuerza.</p>
	28	22	31,4	
	18	69	98,6	
Por fuerzas continuas	15	44	62,9	
	16	29	41,4	

<b>Dimensión: Tercera Ley</b>				
Subestructuras	N° del Item	Frecuencia del error %		Análisis de contenido y resultados
Por fuerzas impulsivas	4	47	67,1	<p>Los estudiantes generalmente interpretan el término interacción de forma compleja. Lo perciben como la pugna entre fuerzas opuestas, donde prevalece la de mayor magnitud por ello la tercera ley de Newton les parece poco razonable y prefieren alguna versión de algún principio de dominación: más fuerte, más grande, mayor masa. Esta creencia es tan natural que es una de los últimos conceptos intuitivos que el estudiante logra superar en la transición hacia el pensamiento Newtoniano.</p>
	28	22	31,4	
	18			
Por fuerzas continuas	15	44	62,9	
	16	29	41,4	

<b>Dimensión: Principio de superposición</b>				
Subestructuras	N° del Item	Frecuencia del error %		Análisis de contenido y resultados
	11	56	80,0	Los estudiantes aplican el principio de dominación a la composición de dos fuerzas que actúan sobre un mismo objeto, donde una fuerza prevalece sobre la otra. De hecho generalmente confunden acción y reacción con superposición de fuerzas opuestas actuando sobre un mismo objeto.
	17	56	80,0	
	25	41	58,6	

<b>Dimensión: Tipos de fuerza</b>				
Subestructuras	N° del Item	Frecuencia del error %		Análisis de contenido y resultados
Fuerzas de contacto en sólidos	11	56	80,0	Diferente del mundo Newtoniano, el mundo del sentido común no tiene un concepto único de fuerza.
	29	70	100	
	5	60	85,7	
Fuerza impulsiva	8	38	54,3	Así mismo creen que obstáculos como sillas o paredes no ejercen fuerzas, simplemente están allí.
	9	56	80,0	
	26	51	72,9	La masa se considera un tipo de resistencia porque soporta los esfuerzos de un agente activo.
	4	47	67,31,	
	28	22	31,4	
Roce como fuerza opuesta al movimiento	18	69	98,6	El movimiento ocurre sólo cuando la fuerza activa supera la resistencia y cesa cuando la fuerza disminuye lo suficiente.
	27	69	98,6	
Fuerza de contacto en fluidos: resistencia del aire	30	70	100	Para los pensadores intuitivos la gravedad no necesariamente se corresponde con la fuerza de gravitación. Los cuerpos más pesados caen más rápido y la aceleración implica aumento de la fuerza de gravedad.
	29	70	100	
Gravitación	13	63	90,0	
	11	56	80,0	
	29	70	100	
	3	29	41,4	

	17	56	80,0
	30	70	100
Aceleración independiente del peso	1	20	28,6
	2	48	68,6
	18	69	98,6
Trayectoria parabólica	12	31	44,39
	14	63	90,0

### III. Prueba de las Hipótesis:

**Hipótesis I:** La aplicación de un modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo favorece el enriquecimiento, ajuste o reestructuración conceptual de física en los alumnos que cursan esta asignatura en el Nivel Básico Universitario.

$$H_0 : \bar{x}_1 = \bar{x}_2$$

$$H_1 : \bar{x}_1 > \bar{x}_2 \quad (\text{Hipótesis de investigación})$$

$$\alpha = 0.05$$

donde  $\bar{x}_1 =$  puntaje promedio del grupo control en el postest

y  $\bar{x}_2 =$  puntaje promedio del grupo experimental en el postest

Dado que en el pretest no se observa diferencia significativa en el puntaje promedio de los grupos, la prueba de esta hipótesis descansa en los resultados obtenidos en el postest. Las medias por grupo son las siguientes:

Cuadro 5 Estadísticos de las medias por grupo en el postest.

**Estadísticos del grupo**

	MODELO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
PRETEST	1	32	8,53	2,38	,42
	2	38	8,00	2,93	,48

Prueba Estadística de la Hipótesis:

Al comparar las varianzas de los resultados del postest, se tiene que éstas son iguales ( $F= 0.696$ ,  $p= 0.407$  según prueba de Levene). La prueba t de Student indica que existe diferencia significativa entre los promedios obtenidos en el postest por ambos grupos, siendo mayor el promedio del grupo experimental sometido al modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo ( $\bar{x}_1 = 13.97$  y  $\bar{x}_2 = 18.79$  )

El siguiente cuadro muestra los resultados de la prueba:

Cuadro 6. Diferencia entre los promedios obtenidos en el postest por ambos grupos realizando la prueba t de Student

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error tip de la diferencia	Intervalo de confianza para la media	
									Inferior	Superior
POSTEST	Se han asumido varianzas iguales	,696	,407	-4,729	68	,000	-4,82	1,02	-6,85	-2,79
	No se han asumido varianzas iguales			-4,719	65,389	,000	-4,82	1,02	-6,86	-2,78

De manera gráfica puede observarse la conclusión obtenida con la prueba de esta hipótesis, es decir, hay ajuste, enriquecimiento o reestructuración conceptual por efecto del modelo didáctico convencional, pero de menor incremento que el observado en el grupo al que se le administró el modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo.

Gráfico 6. Relación entre el Pretest y el Postest en el Grupo Control

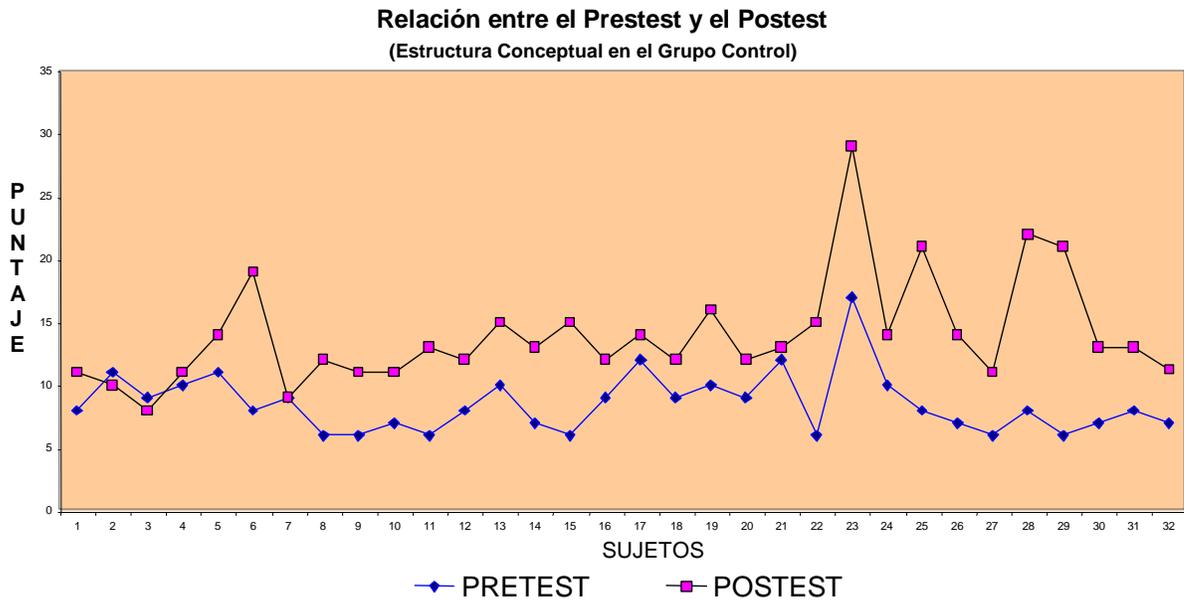
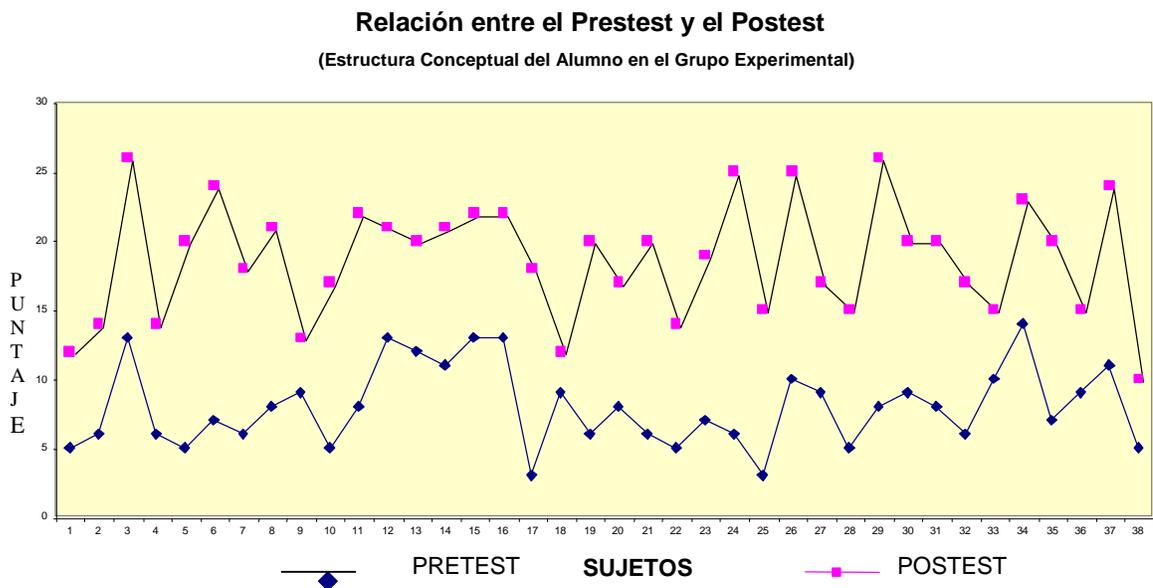


Gráfico 7. Relación entre el Pretest y el Postest en el Grupo Experimental



**Hipótesis II.** La relación entre los conocimientos iniciales que tienen los alumnos al finalizar la primera actividad del curso (comprobación de lectura, medida a través de cuestionario) y el desempeño en la resolución de problemas es mayor en el grupo al que se le administra el modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo que en el grupo al que se le administra el modelo didáctico convencional.:

$$H_0: r_1 = r_2$$

$$H_1: r_1 < r_2 \text{ (Hipótesis de investigación)}$$

$$\alpha = 0.05$$

donde  $r_1$  = coeficiente de correlación entre el puntaje obtenido en la prueba de conocimientos iniciales y en la prueba de resolución de problemas por el grupo control.

y  $r_2$  = coeficiente de correlación entre el puntaje obtenido en la prueba de conocimientos iniciales y en la prueba de resolución de problemas por el grupo experimental.

Prueba Estadística de la Hipótesis:

La relación entre las dos variables: conocimientos iniciales y desempeño en la resolución de problemas se midió a través del coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ). Los resultados obtenidos indican que la relación es mayor en el grupo al que se le administró el modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo que en el grupo al que se le administró el modelo didáctico convencional ( $r_1 = -0.30, < r_2 = 0.44$ ).

Los siguientes cuadros muestran los resultados obtenidos:

Cuadro 7 Correlación entre los conocimientos iniciales y el desempeño en la resolución de problemas medido por el coeficiente de correlación de Pearson en el Grupo Control

**Correlaciones**

		CINICIAL	PROBLEMA
Correlación de Pearson	CINICIAL	1,000	-,301*
	PROBLEMA	-,301*	1,000
Sig. (unilateral)	CINICIAL	,	,047
	PROBLEMA	,047	,
N	CINICIAL	32	32
	PROBLEMA	32	32

\*. La correlación es significativa al nivel 0,05 (unilateral).

Cuadro 8 Correlación entre los conocimientos iniciales y el desempeño en la resolución de problemas medido por el coeficiente de correlación de Pearson Grupo Experimental:

**Correlaciones**

		CINICIAL	PROBLEMA
Correlación de Pearson	CINICIAL	1,000	,442*
	PROBLEMA	,442*	1,000
Sig. (unilateral)	CINICIAL	,	,003
	PROBLEMA	,003	,
N	CINICIAL	38	38
	PROBLEMA	38	38

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (unilateral).

**Hipótesis III:** La aplicación de un modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo incrementa el desempeño en la resolución de problemas de física en los alumnos que cursan esta asignatura en el Nivel Básico Universitario.

$$H_0 : \bar{x}_1 = \bar{x}_2$$

$$H_1 : \bar{x}_1 < \bar{x}_2 \quad (\text{Hipótesis de investigación})$$

$$\alpha = 0.05$$

donde  $\bar{x}_1$  = puntaje promedio del grupo control en la resolución de problemas  
y  $\bar{x}_2$  = puntaje promedio del grupo experimental en la resolución de problemas

Prueba Estadística de la Hipótesis:

Al comparar las varianzas de los resultados de la prueba de resolución de problemas en los dos grupos, se tiene que éstas son iguales ( $F= 1.54$ ,  $p= 0.22$  según prueba de Levene). La prueba t de Student indica que existe diferencia significativa entre los promedios obtenidos en la resolución de problemas por ambos grupos ( $t= -5.00$ ,  $p = 0.00$ ), siendo mayor el promedio del grupo experimental sometido al modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo ( $\bar{x}_1 = 14.19$  y  $\bar{x}_2 = 19.97$  )

El siguiente cuadro muestra los resultados de la prueba :

Cuadro 9 Igualdad de las varianzas aplicando la Prueba de Levene

**Estadísticos del grupo**

	MODELO	N	Media	Desviación típ.	Error típ. de la media
PROBLEMA	1	32	14,1875	4,5183	,7987
	2	38	19,9737	5,0644	,8216

Cuadro 9 Diferencia entre los promedios obtenidos en la resolución de problemas los grupos control y experimental con la prueba t de Student

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene para la igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Error típ de la diferencia	Intervalo de confianza para la media	
									Inferior	Superior
PROBLEMA	Se han asumido varianzas iguales	1,537	,219	-5,000	68	,000	-5,7862	1,1572	-8,0954	-3,4770
	No se han asumido varianzas iguales			-5,050	67,754	,000	-5,7862	1,1458	-8,0728	-3,4996

**Hipótesis IV:** La resolución de problemas relativos a las leyes de Newton está asociada positivamente con el ajuste, reestructuración o enriquecimiento de la estructura conceptual del sujeto que aprende.

$$H_0 : r = 0$$

$$H_1 : r > 0 \text{ (Hipótesis de investigación)}$$

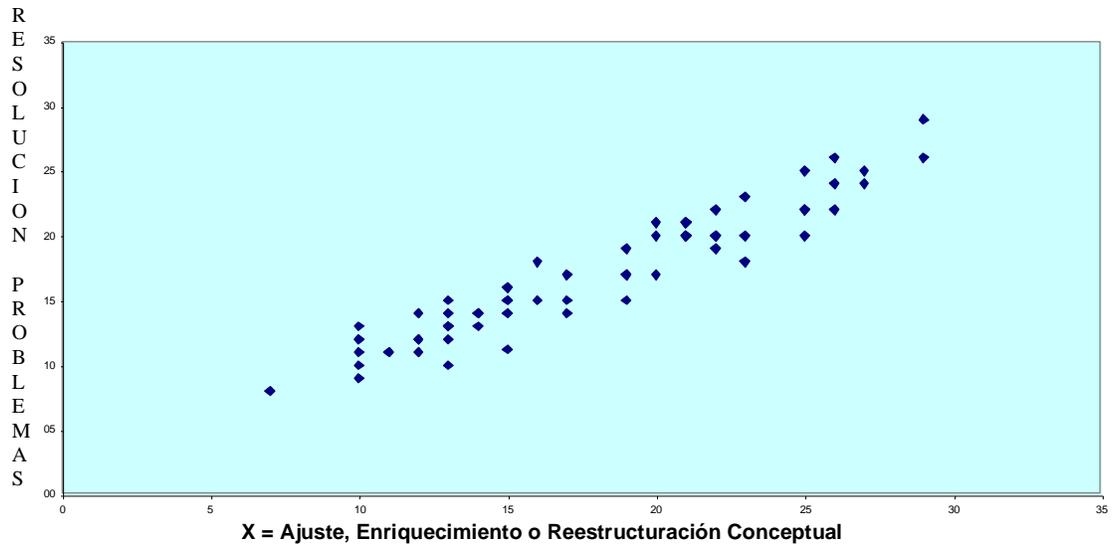
$$\alpha = 0.05$$

donde  $r$  = coeficiente de correlación entre el puntaje obtenido en el postest y en la prueba de resolución de problemas por el total de alumnos participantes en la investigación

Prueba Estadística de la Hipótesis:

La relación entre las dos variables: puntaje obtenido en el postest y desempeño en la resolución de problemas se midió a través del coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ), después de comprobar la existencia de linealidad en la relación, tal como se observa en el siguiente gráfico

Gráfico 8 Linealidad entre el puntaje obtenido en el postest y el desempeño en la resolución de problemas



Los resultados obtenidos indican que existe una correlación significativa y positiva entre estas variables ( $r = 0.95$   $p = 0.00$ ). El siguiente cuadro muestra los resultados obtenidos:

Cuadro 11 Relación entre las dos variables: puntaje obtenido en el postest y desempeño en la resolución de problemas medido a través del coeficiente de correlación de Pearson

**Correlaciones**

		POSTEST	PROBLEMA
Correlación de Pearson	POSTEST	1,000	,952**
	PROBLEMA	,952**	1,000
Sig. (unilateral)	POSTEST	,	,000
	PROBLEMA	,000	,
N	POSTEST	70	70
	PROBLEMA	70	70

\*\* . La correlación es significativa al nivel 0,01 (unilateral).

#### **IV. Utilización de la V epistemológica de Gowin como una herramienta para analizar la construcción del conocimiento en la investigación**

##### **Los aspectos esenciales de la estructura y el proceso de construcción del conocimiento científico.**

El conocimiento científico tiene características claramente distintivas de cualquier otro conocimiento. Una de esas características es que su construcción se realiza mediante el proceso de investigación.

La investigación se inicia con una pregunta que no sólo identifica el fenómeno de su interés sino que, además, dice sobre la posibilidad de que alguna cosa sea descubierta, medida, registrada o determinada al responderla.

La pregunta genera un proceso de una búsqueda sistemática, para lo cual se estudian acontecimientos sean espontáneos o provocados. En esta búsqueda el investigador al *actuar*, pone en juego lo que *sabe* y lo que *siente*.

Es la pregunta que informa sobre el punto central de la investigación, diciendo en esencia lo que fue investigado.

Gowin (1970) sostiene que cualquier investigación se conduce a partir de determinados paradigmas y bagajes teórico-conceptuales, haciendo uso de ciertas metodologías, para estudiar ciertos fenómenos de interés, los cuales, obviamente, se seleccionan en función de tales paradigmas y referentes teórico-conceptuales. Por ello un análisis de investigación será fructífero, en tanto sea capaz de distinguir aspectos esenciales de la estructura y proceso de construcción del conocimiento.

La V epistemológica de Gowin es una ayuda visual que presenta la relación que existe entre la pregunta central y el evento u objeto de la investigación, así como las interrelaciones entre el marco conceptual y los caminos que conducen el proceso de investigación (marco metodológico).

La estructura del proceso de investigación puede esquematizarse con una V como se muestra en el gráfico.

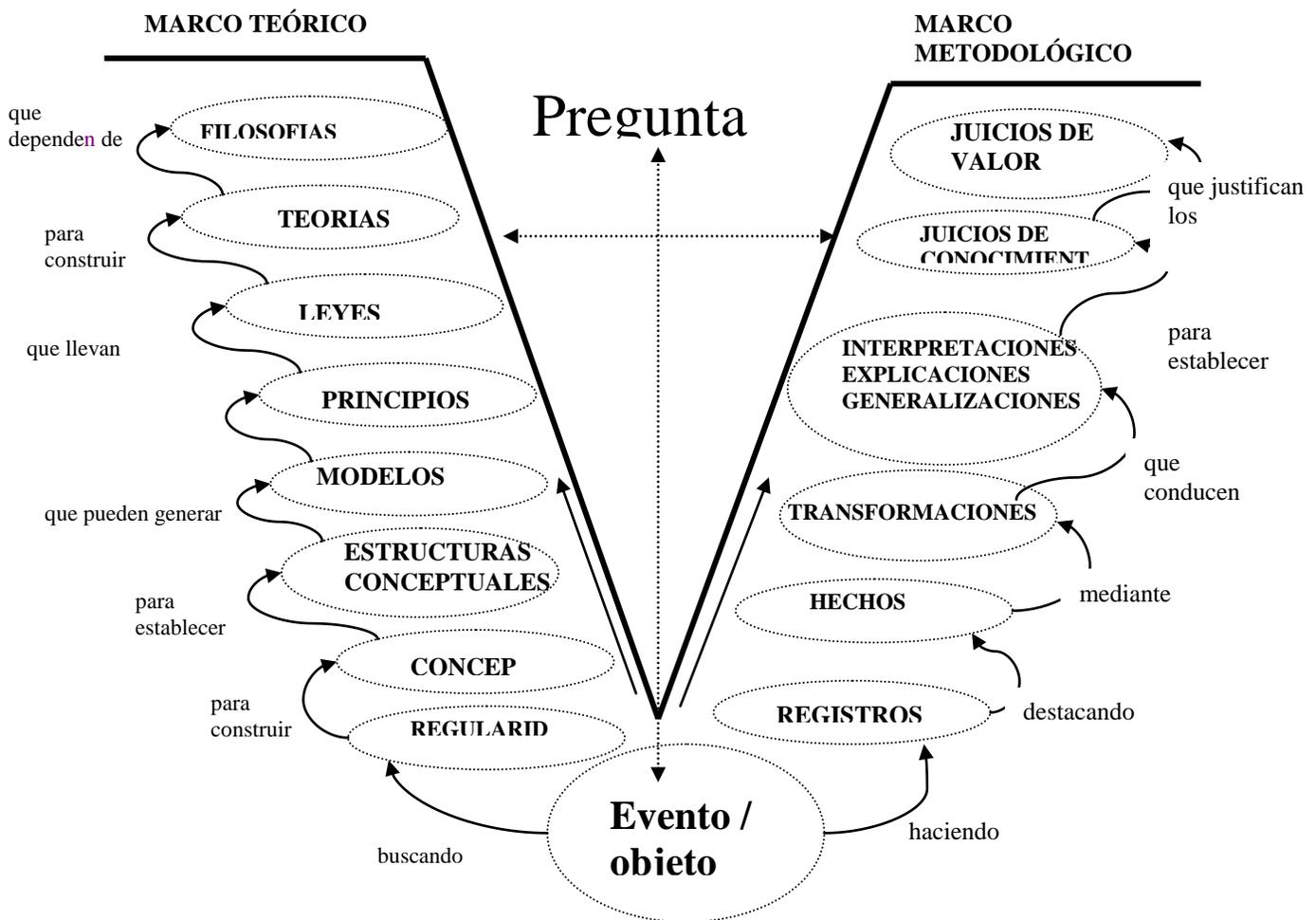


Gráfico 9. La V epistemológica de Gowin

En el centro de la V está la cuestión básica, es la pregunta que informa sobre el punto central de la investigación, diciendo en esencia lo que fue investigado. La pregunta central pertenece tanto al dominio conceptual como al metodológico.

En el extremo inferior de la V están los eventos, que ocurren naturalmente o que el investigador hace que ocurran con el fin de hacer registros a través de los cuales los fenómenos de interés pueden ser estudiados y/o los objetos seleccionados para análisis.

El lado izquierdo se refiere al dominio conceptual del proceso de investigación: allí están los conceptos-clave y los sistemas conceptuales usados, los cuales generan principios que, a su vez, dan origen a teorías que tienen, subyacentes, determinados sistemas de valores o filosofías.

El lado derecho de la V tiene que ver con la parte metodológica de la investigación. Bajo el rótulo de registro y transformaciones se incluyen observaciones, anotaciones, medidas, datos, categorías, tablas, gráficos, estadísticas usadas en la investigación. Las afirmaciones se refieren a los resultados, pudiendo ser de conocimiento o de valor (referentes al valor de ese conocimiento).

En términos simples, se puede decir que el lado izquierdo de la V corresponde al pensar, mientras que el lado derecho es relativo al hacer. Sin embargo, todo lo que se hace está guiado por los conceptos, teorías y filosofías o sea, por el pensar. Por otro lado, las respuestas a las cuestiones básicas, pueden llevar a nuevos conceptos, a la reformulación de conceptos ya existentes y, ocasionalmente, a nuevas teorías y filosofías. Eso significa que existe una constante interacción entre el dominio metodológico y el dominio conceptual.

Utilización de la V epistemológica de Gowin para conocer la estructura y el proceso de construcción del conocimiento generado a partir de la comprobación de la Hipótesis I de la investigación.

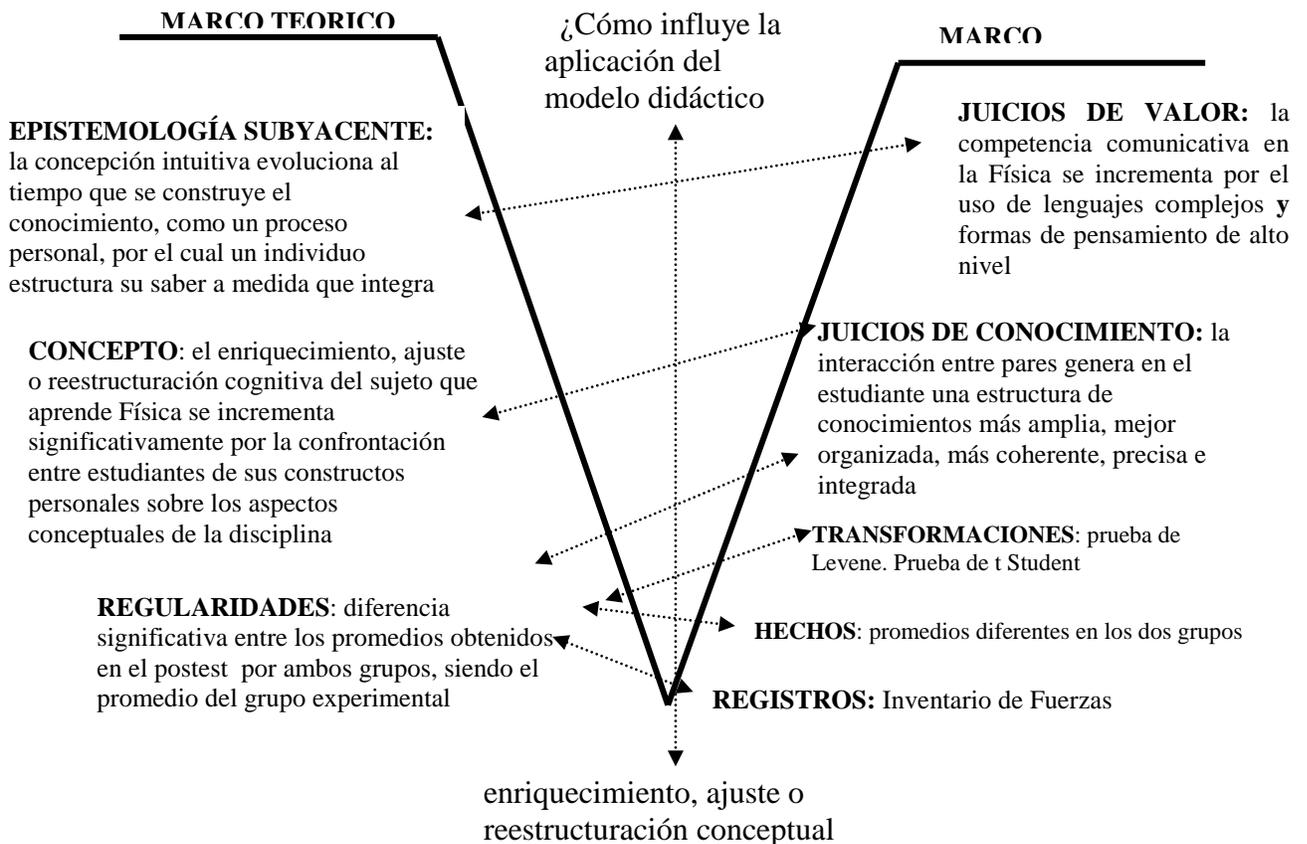


Gráfico 10. La estructura y el proceso de construcción del conocimiento generado a partir de la comprobación de la Hipótesis I de la investigación.

Utilización de la V epistemológica de Gowin para conocer la estructura y el proceso de construcción del conocimiento generado a partir de la comprobación de la Hipótesis II de la investigación.

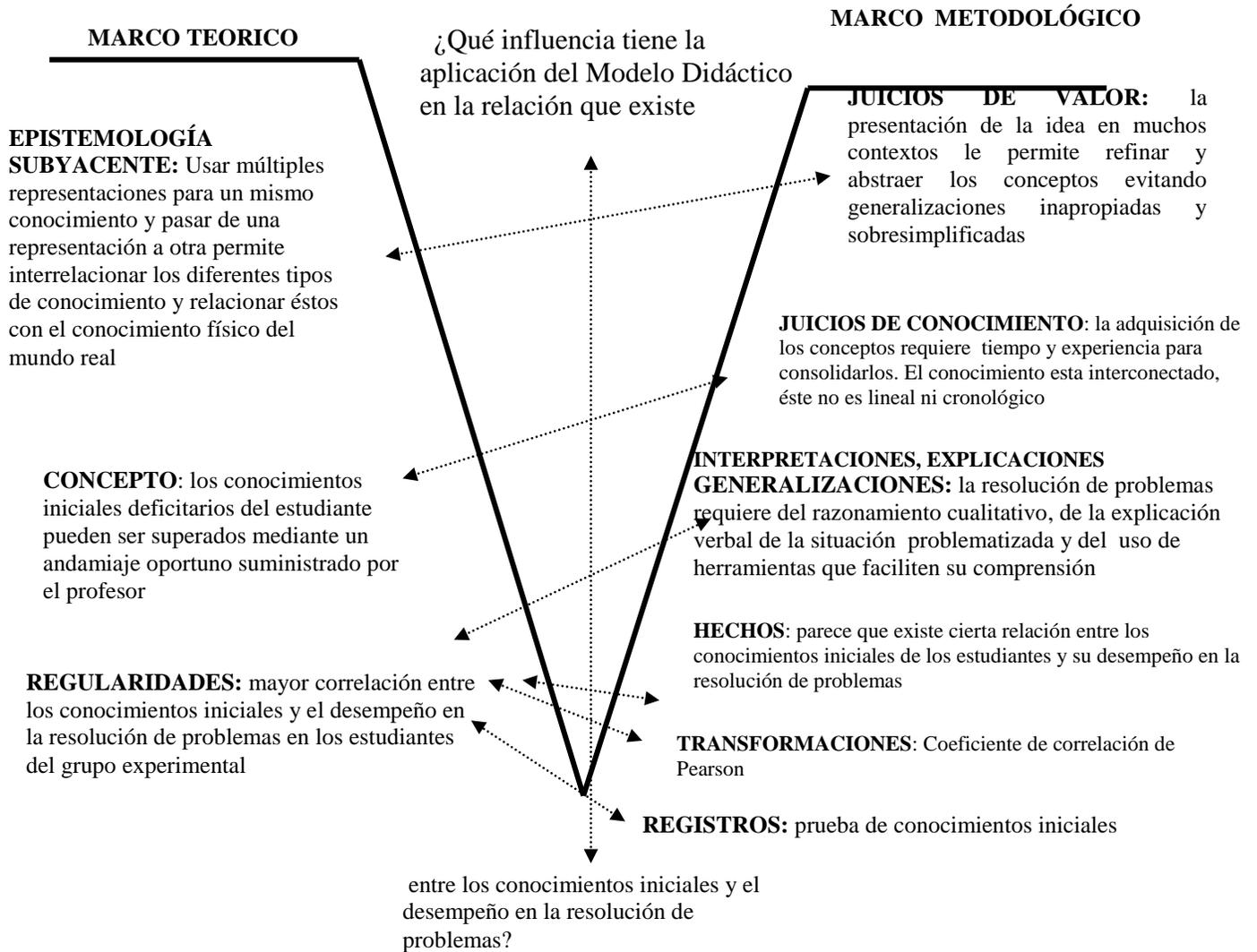


Gráfico 11. La estructura y el proceso de construcción del conocimiento generado a partir de la comprobación de la Hipótesis II de la investigación.

Utilización de la V epistemológica de Gowin para conocer la estructura y el proceso de construcción del conocimiento generado a partir de la comprobación de la Hipótesis III de la investigación.

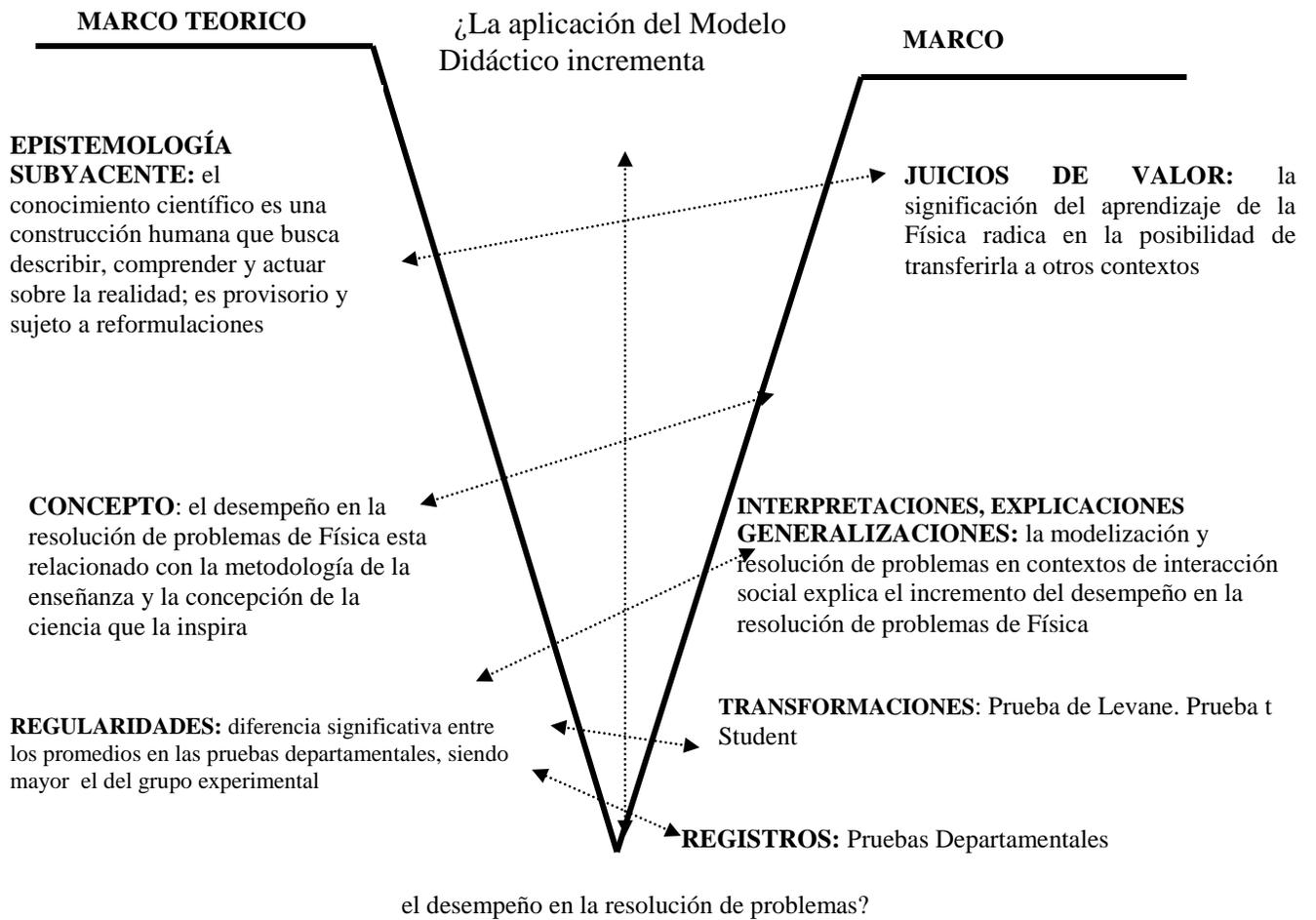


Gráfico 12. La estructura y el proceso de construcción del conocimiento generado a partir de la comprobación de la Hipótesis III de la investigación.

Utilización de la V epistemológica de Gowin para conocer la estructura y el proceso de construcción del conocimiento generado a partir de la comprobación de la Hipótesis IV de la investigación.

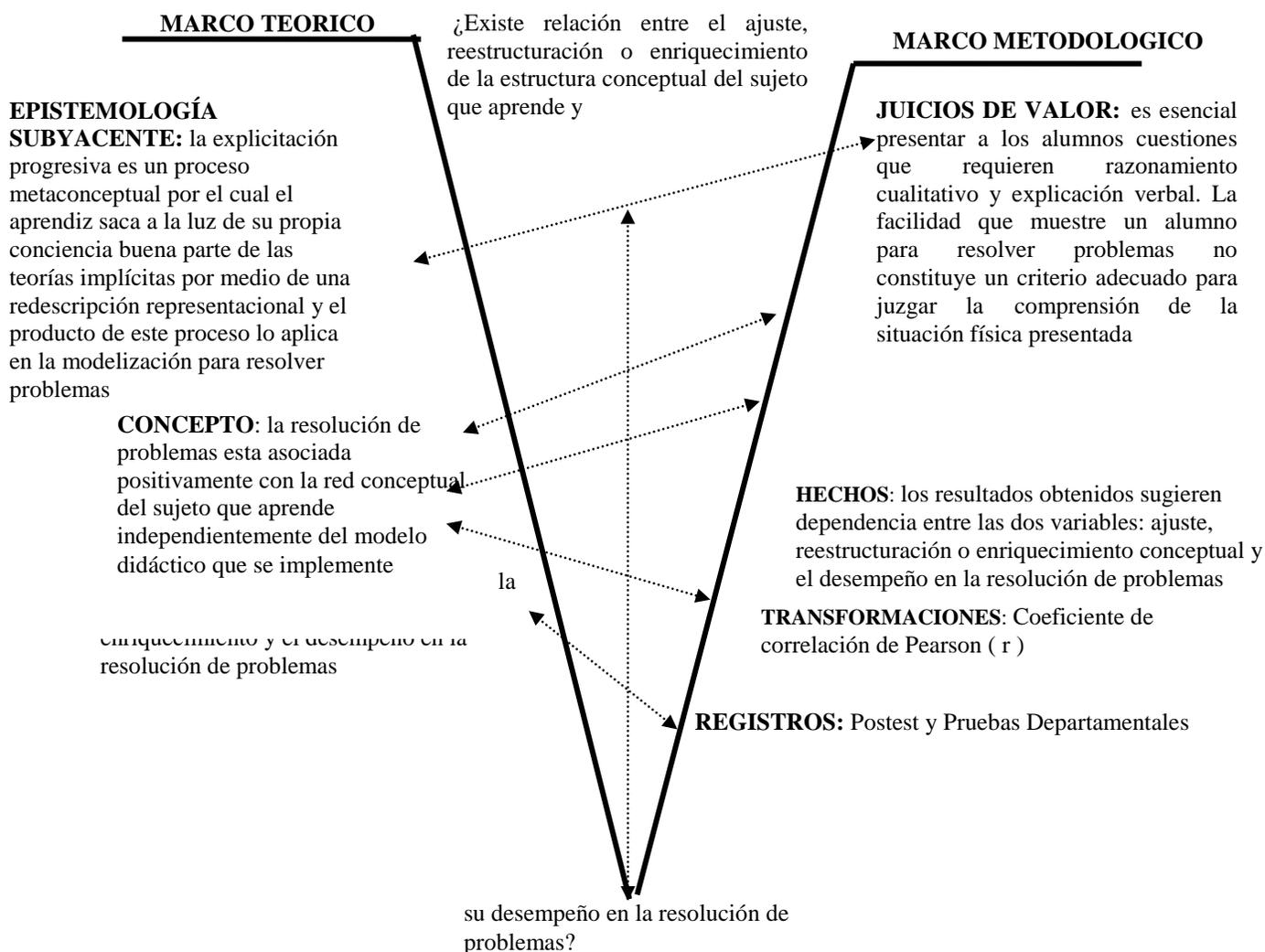


Gráfico 13. La estructura y el proceso de construcción del conocimiento generado a partir de la comprobación de la Hipótesis IV de la investigación.

El gráfico muestra la estructura conceptual que se deriva de la comprobación de las hipótesis, el modelo didáctico apoyado en los pilares de la red conceptual y finalmente los principios pedagógicos que orientan el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Física

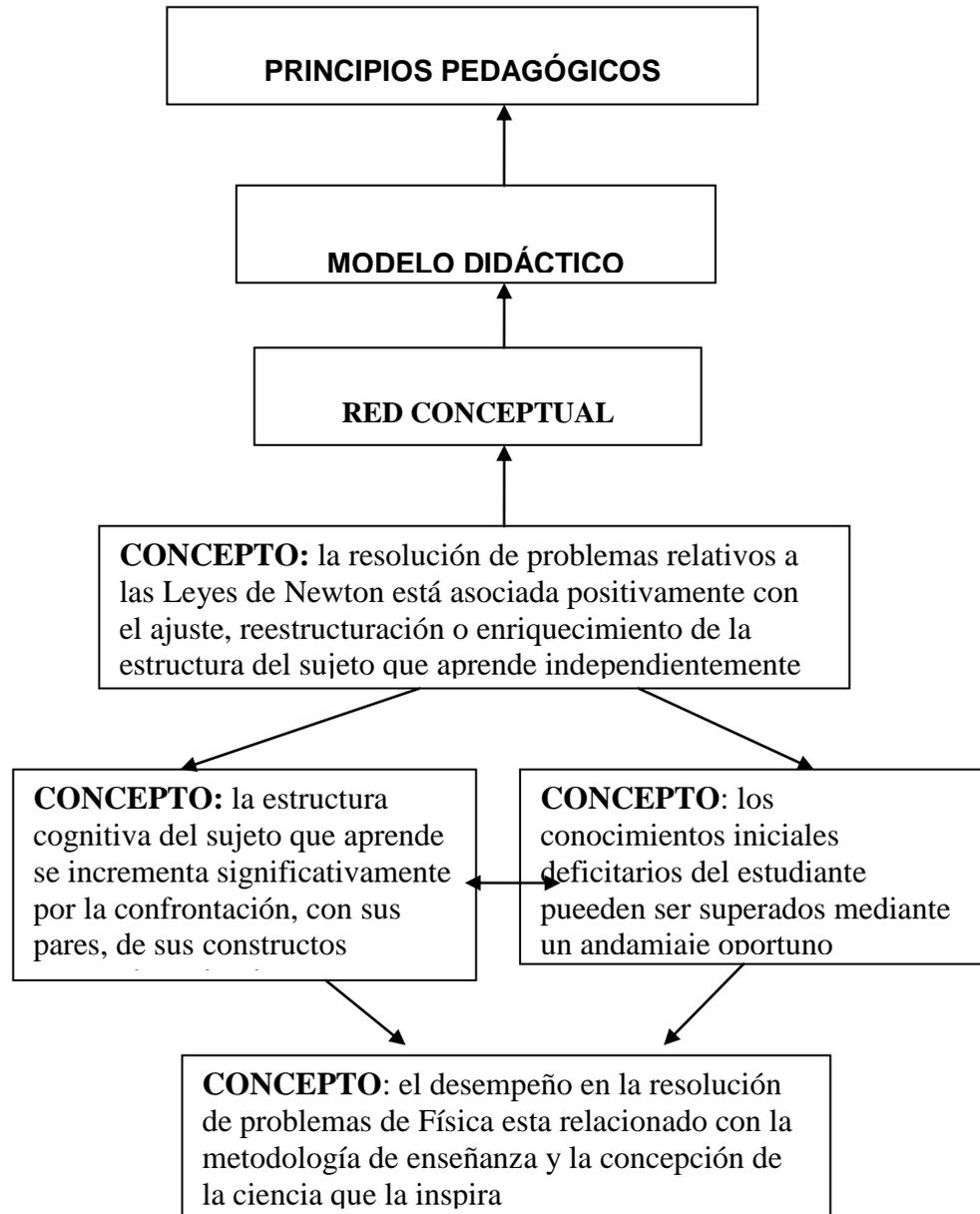


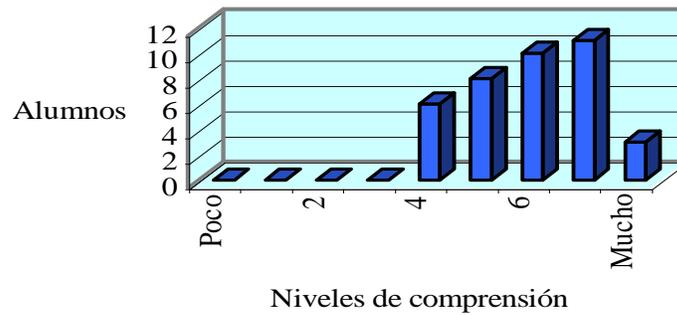
Gráfico 14. Relación entre la estructura conceptual, el modelo didáctico y los principios orientadores de la acción pedagógica

A continuación se presentan las gráficas de las respuestas al cuestionario de opinión administrado a los alumnos.

1. Aspectos cognitivos

- Comprensión.

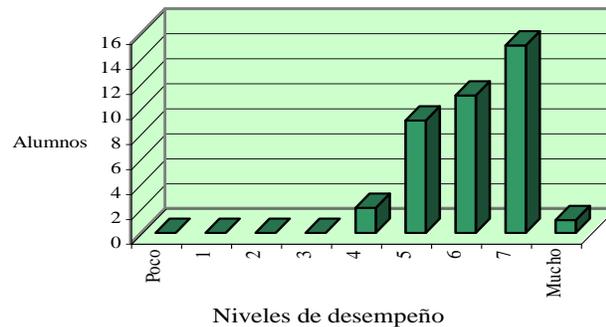
Gráfico 15. Contribución del Modelo a la comprensión de la asignatura



Todos los alumnos opinan que el Modelo Didáctico Diferenciado, Integrado y Cooperativo contribuye a aumentar notablemente la comprensión de la signatura.

- Desempeño

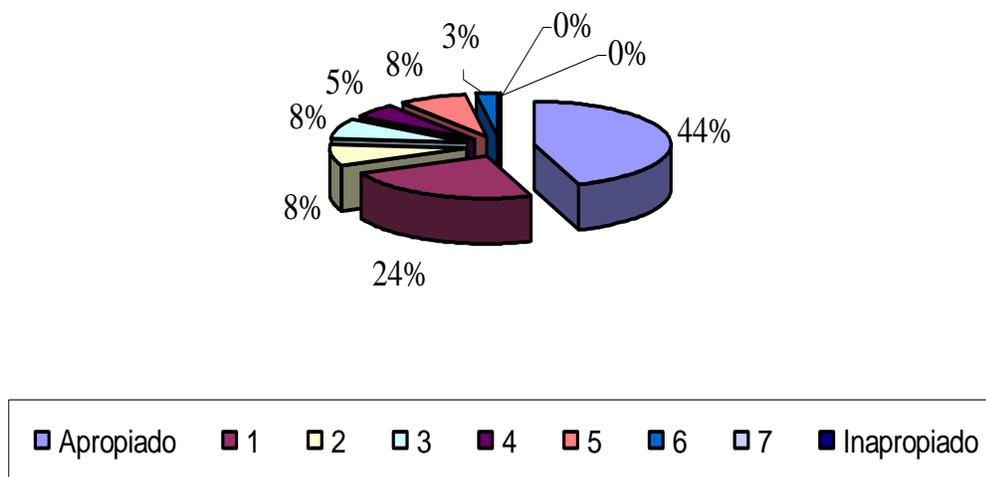
Gráfico 16. Contribución del Modelo en el desempeño en la asignatura



El 92% de los estudiantes opinan que el Modelo Didáctico Diferenciado, Integrado y Cooperativo influye notablemente en su desempeño en la asignatura mientras que el 5% considera su influencia nula o insignificante.

- Evaluación de los aprendizajes.

Gráfico 17. Pertinencia de la evaluación de los aprendizajes



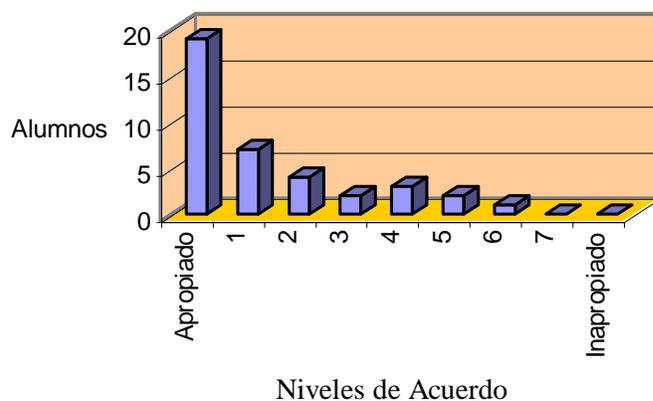
El 92% de los estudiantes opinan que la evaluación de los aprendizajes es apropiada un 11% de ellos no la consideró tan apropiada. Ninguno la consideró inapropiada.

## 2. Afectivos.

- Conocimiento de sí mismo como estudiante

En la próxima página se muestra la representación gráfica de los resultados

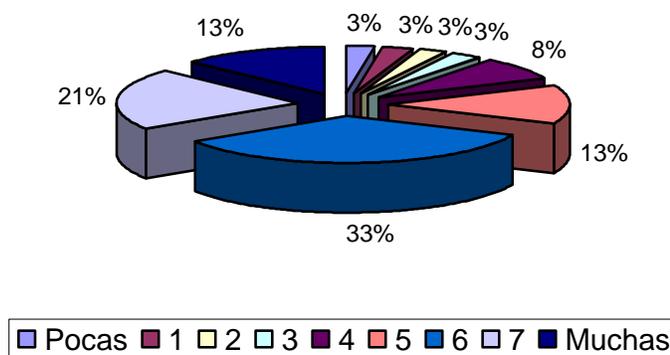
Gráfico 18. Contribución del Modelo al conocimiento de sí mismo como estudiante



El 84% de los alumnos consideran que el Modelo es apropiado para disponer de oportunidades que le permiten conocerse a sí mismo como estudiante, mientras que aproximadamente el 8% no lo considera así.

- Participación en las clases

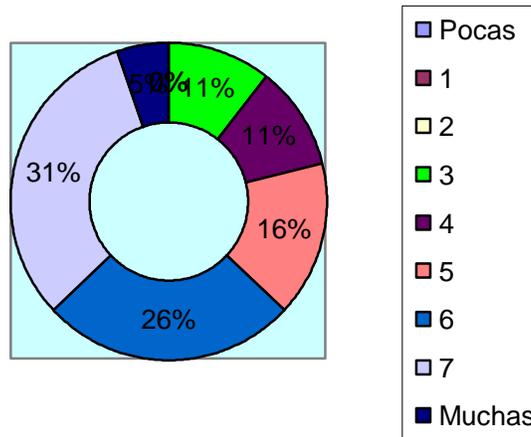
Gráfico 19. Contribución del Modelo en la creación de oportunidades para participar



El 82% de los estudiantes consideran que el Modelo les ofrece suficientes oportunidades para participar en clase, solamente el 11% consideró que las oportunidades de participación en clase fueron escasas.

- Relación con los compañeros

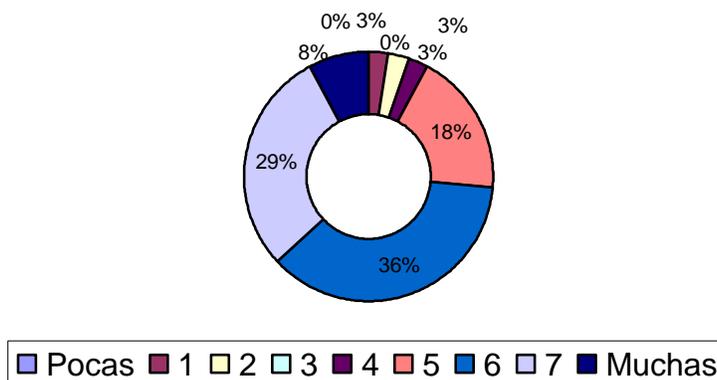
Gráfico 20. Contribución del Modelo en las relaciones con sus pares



Aproximadamente el 82% de los alumnos opinan que la utilización del Modelo Didáctico Integrado, Diferenciado y Cooperativo les permite mejorar sustancialmente las relaciones con sus pares.

- Relación con el profesor

Gráfico 21. Contribución del Modelo con el mejoramiento de las relaciones con el profesor

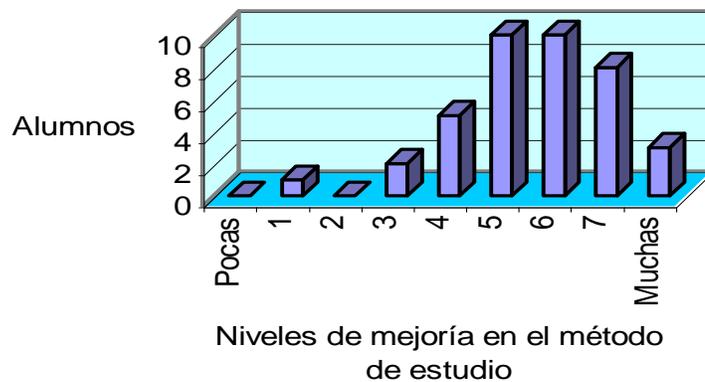


El 92% de los estudiantes consideran que al trabajar con el Modelo Didáctico Diferenciado, Integrado y Cooperativo se mejoran notablemente las relaciones con el profesor. Solamente el 5% de los estudiantes consideran que el Modelo tiene poco efecto sobre la mejoría de estas relaciones.

### 3. Logísticos

- Método de estudio

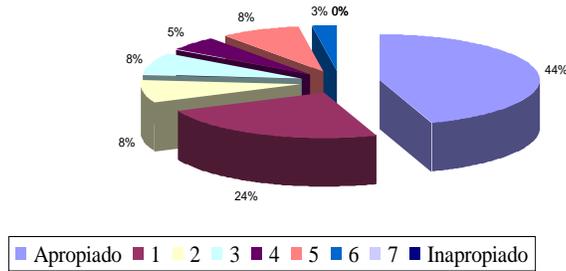
Gráfico 22. Contribución del Modelo para mejorar el método de estudio



El 82% de los alumnos consideran que el Modelo Didáctico Diferenciado, Integrado y Cooperativo les proporciona herramientas cognitivas y afectivas para mejorar su método de estudio en Física. Solamente el 10% la consideró relativamente baja y ningún alumno negó dicha influencia.

- Utilización del libro de texto como apoyo didáctico

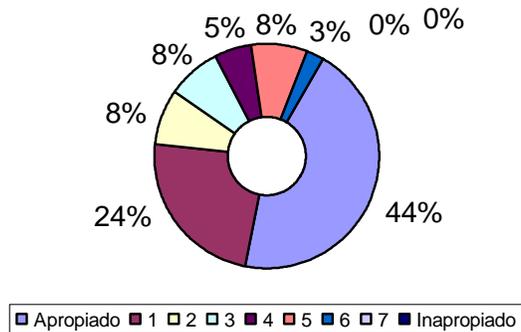
Gráfico 23. Contribución del Modelo en la utilización del texto como recurso didáctico



El 47% de los estudiantes considera que el Modelo Didáctico Diferenciado, Integrado y Cooperativo tiene una gran influencia en el uso como recurso didáctico que ellos le dan al libro de texto. Un 32% de ellos considera que efectivamente el Modelo genera la necesidad de utilizar el texto como apoyo y un 21% opina que el Modelo influye poco o nada en esa decisión.

- Elección del libro de texto

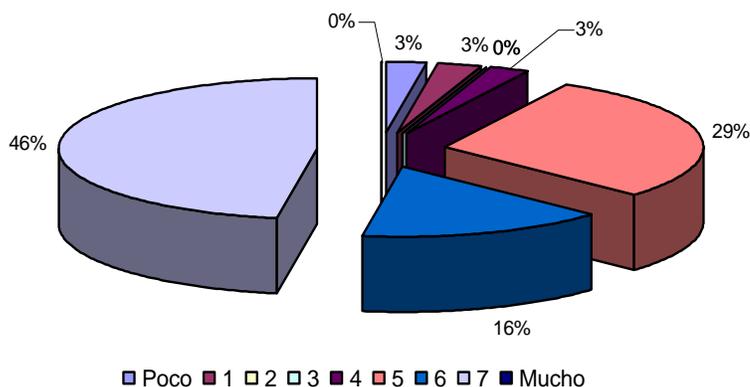
Gráfico24: Elección del libro de texto



Aproximadamente el 90% de los alumnos considera que el Departamento hizo una elección apropiada del texto. Ningún estudiante consideró inapropiado el texto.

- Implementación del Modelo

Gráfico 25. Correspondencia entre la implementación del Modelo y la información dada



El 96% de los estudiantes consideran que la manera como se implementó el Modelo Didáctico Diferenciado, Integrado y Cooperativo se correspondió con la información que le suministró el profesor al respecto. Sólo un 4% niega tal correspondencia.

Las respuestas a las preguntas abiertas pueden ser consultadas en el anexo. La evaluación de la reacción de los estudiantes no constituye el foco central de la investigación. Sin embargo, es importante señalar, como se observa en el análisis de las gráficas anteriores, que las respuestas de los estudiantes a los aspectos cognitivos, afectivos y logísticos vinculados a sus aprendizajes y al valor agregado que le aporta el Modelo Didáctico Diferenciado, Integrado y Cooperativo son altamente positivos.

## CAPITULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES PARA FUTURAS INVESTIGACIONES

#### **I Efectos de la aplicación del modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo en el aprendizaje de los estudiantes e implicaciones para la enseñanza de la Física.**

La significación estadística de las hipótesis planteadas permite entender mejor el proceso de aprendizaje y las claras implicaciones que tienen los resultados para la enseñanza de la Física. En efecto de la interpretación de los resultados se concluye:

1. El modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo, diseñado para que el estudiante sistemáticamente tenga la oportunidad de confrontar o complementar con sus pares los constructos personales que sostiene, acelera el proceso de reestructuración, ajuste o enriquecimiento conceptual resultando una estructura de conocimientos más amplia, mejor organizada, más coherente, precisa e integrada. En consecuencia el alumno mediante el uso de lenguajes complejos y formas de pensamiento de alto nivel manifiesta competencia comunicativa en la física clásica.
2. Los conocimientos iniciales que tienen estudiantes con relación a un dominio específico generalmente tienen un claro componente perceptivo y concreto, creen que los fenómenos pueden describirse en función de las propiedades y cambios observables, que éstos se presentan en estados desconectados entre sí, piensan que sólo cambia lo que se altera y que además, lo que permanece no necesita

explicación. El modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo aborda la resolución de problemas a partir de cuestiones que requieren razonamiento cualitativo y explicación verbal del contexto problematizado para:

- Estimular el *uso múltiples de representaciones* para un mismo conocimiento y hacer que los estudiantes pasen de una representación a otra para ayudarlos a interrelacionar los diferentes tipos de conocimientos y a relacionar éstos con el conocimiento físico del mundo real,
- Que haga *referencias hacia delante y hacia atrás*. Los conceptos requieren tiempo y experiencia para consolidarlos y no podemos esperar que los estudiantes dominen completamente un tópico para pasar a otro. El nuevo tópico debe ser introducido usando el conocimiento anterior y a medida que avanza debe hacer referencias para establecer asociaciones, de forma tal, que el estudiante pueda percibir que el conocimiento está interconectado, que éste no es lineal ni cronológico.
- Que *explore extender los contextos*. La comprensión inicial de las ideas necesariamente está limitada por el contexto en el cual se introduce. Para que las ideas sean útiles se requiere que se puedan generalizar y para generalizar se requiere que sean abstractas. Mediante un proceso de comparación (búsqueda de semejanzas y diferencias) la mente humana construye las ideas o nociones sobre la cosa para luego generalizar a partir de esos atributos. Las generalizaciones incorrectas se realizan cuando se toman atributos no relevantes de la idea. Algunos estudiantes generalizan a partir de dos ejemplos y tienen dificultades para reevaluar y cambiar sus generalizaciones cuando se le dan nuevos ejemplos. La presentación de la idea en muchos contextos le permite al estudiante

refinar y abstraer los conceptos evitando generalizaciones inapropiadas y sobresimplificadas.

Estas actividades de aprendizaje le proporcionan al estudiante andamiaje para superar la situación inicial y así mejorar su desempeño en la resolución de problemas con relación al grupo que aprende con el modelo didáctico convencional.

3. El modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo se fundamenta en principios que le dan una clara orientación epistemológica y metodológica: el conocimiento científico es una construcción humana que busca describir, comprender y actuar sobre la realidad; es provisorio y sujeto a reformulaciones. La metodológica es coherente, al menos, con la concepción de la ciencia que la inspira y con el objetivo que plantea la enseñanza de la Física en el Nivel Básico Universitario: la superación del pensamiento intuitivo mediante la redescrición de las representaciones de lo real en formatos o géneros discursivos, crecientemente formalizados, mediante un proceso de confrontación del alumno con problemas potenciales, en contextos de interacción social que induzcan la comunicación de sus propias concepciones, esto explica el incremento del desempeño en la resolución de problemas de Física cuando se administra el modelo didáctico diferenciado, integrado y cooperativo con relación a al modelo convencional en los alumnos que cursan esta asignatura en el Nivel Básico Universitario.
4. Que la resolución de problemas relativos a las leyes de Newton esté asociada positivamente con el ajuste, reestructuración o enriquecimiento de la estructura conceptual del sujeto que aprende, independientemente del modelo didáctico administrado, tiene claras implicaciones para la enseñanza de la Física: el profesor debe brindar oportunidades para que el alumno reconceptualice sus concepciones intuitivas y los estudiantes deben ser intelectualmente activos en la

comprensión de los conceptos si quieren abordar con éxito la resolución de problemas y tener una profunda comprensión de la Física.

## II. Implicaciones teóricas de los resultados

Para los efectos de una mejor comprensión de las implicaciones teóricas de los resultados de la investigación se considera conveniente referirse a la perspectiva epistemológica de Toulmin (1972).

Toulmin no establece el clásico contraste epistemológico entre ciencia y no-ciencia o entre ciencias experimentales y ciencias sociales. En su lugar, clasifica las actividades humanas en disciplinas profesionalizadas, sean consideradas científicas o no, en contraste con aquellas actividades humanas que no tienen carácter disciplinar. En este contexto, las disciplinas son *empresas racionales en evolución que implican un proceso de selección y comprensión colectiva de poblaciones conceptuales* caracterizadas por: a) un conjunto de problemas específicos conceptuales o prácticos; b) la existencia de una comunidad profesional crítica; c) un punto de vista general y compartido por la disciplina; d) estrategias y procedimientos aceptados y e) poblaciones conceptuales en evolución vinculadas a los problemas específicos. Toulmin distingue también entre *disciplinas explicativas* cuyo objetivo es la descripción y explicación de los problemas específicos que les atañen, y *disciplinas prácticas* que pretenden la solución de problemas prácticos y, en consecuencia, la orientación rigurosa de procesos concretos de transformación de la realidad. Se concluye entonces, que la didáctica de la física es una disciplina explicativa práctica emergente.

En este orden de ideas, desde el punto de vista teórico, los resultados la investigación constituyen un apoyo empírico de las teorías sobre las que se sustentó el diseño del Modelo Didáctico Diferenciado, Integrado y Cooperativo.

Por una parte, se construye un modelo explicativo de *las concepciones o constructos del aprendiz* –la comprensión humana- con el aporte de teorías proveniente de diferentes áreas del saber: física, filosofía de las ciencias, didáctica de las ciencias, lingüística cognitiva, psicología cognitiva y psicología social, en un proceso de integración de valiosos y efectivos resultados de las investigaciones educativas de la última década.

Se analizan las investigaciones sobre los principales obstáculos epistemológicos y ontológicos que enfrenta el aprendiz en su proceso de ajuste, enriquecimiento o reestructuración conceptual y modelización en la resolución de problemas, para, no sólo fundamentar el diseño, sino también para establecer los criterios que deben ser aplicados cuando se seleccionan, reformulan o elaboran los recursos didácticos que requiere el modelo.

A partir del referencial teórico desarrollado para reelaborar el modelo explicativo de la comprensión humana, se derivan los principios que guían las propuestas constructivistas del aprendizaje de las ciencias. Se analizan algunas experiencias a la luz de esos principios, con la finalidad de generar un proceso de reflexión y teorización crítica cuyo resultado es el modelo didáctico, la puesta en práctica en el aula universitaria y el consiguiente proceso de análisis de sus resultados..

### **III. Implicaciones de los resultados de la investigación en la gestión del conocimiento en las unidades académico-administrativas universitarias.**

La tradición universitaria venezolana privilegia *el conocimiento pedagógico de los profesores a escala individual*, entendido éste como aquellos saberes confirmados, experimentados y contextualizados del conocedor sobre el objeto a conocer

La modalidad de gestión de la investigación fueron las *Mesas Interdisciplinarias de Trabajo entre físicos, docentes, ingenieros y psicólogos*. El conocimiento grupal de las Mesas de Trabajo se puede entender como el conocimiento sinérgico, resultado de los saberes especializados de cada uno de los integrantes y de sus diferentes interacciones, fortalecidas éstas por la cohesión y confianza que se tienen. Estos saberes establecen las bases para la acción objetiva y el cumplimiento de la misión formadora universitaria.

Lo anterior implica que frente a la situación actual, en la que predomina dentro de la heterogénea comunidad universitaria el trabajo profesional solitario, es necesario crear espacios de reflexión teórica, de análisis y evaluación de la práctica, para establecer mayores y mejores mecanismos de comunicación entre campos disciplinares epistemológicamente alejados pero laboralmente próximos. La gestión del conocimiento por las unidades académico-administrativas de las universidades se convierte en una prioridad debido a la compleja actividad formadora: profesionales competentes que sean capaces de comprender, participar y decidir en procesos de creación y uso de productos científicos cuya influencia es determinante en la calidad de vida de todos los ciudadanos.

## **II. Recomendaciones para futuras investigaciones**

El interés por el estudio y la difusión de la colaboración en las aulas universitarias radica en dos motivos: el primero es que la interacción social juega un papel crucial en los procesos individuales de desarrollo cognitivo y el segundo es el valor intrínseco que tiene este tipo de actividades académicas al promover habilidades fundamentales en el ámbito social y afectivo. El profesional requiere, no sólo de competencias cognitivas para abordar el complejo mundo laboral del siglo XXI, sino además, de competencias sociales, afectivas y éticas que le faciliten la integración y adecuación a grupos interdisciplinarios y cambiantes.

En este orden de ideas, es importante profundizar en el estudio de cómo se construye el conocimiento durante la colaboración entre iguales, cuáles son los mecanismos –los tipos de interacción- que permiten a los estudiantes alcanzar esa comprensión compartida de los conceptos científicos.

Pueden orientarse estudios para determinar cuáles son los recursos didácticos, qué tipo de evaluación y cuál actuación docente estimula aquellas interacciones sociales que hacen posible la transformación de los sistemas cognitivos individuales existentes en el aula y aumenten las posibilidades de que los alumnos muestren mayores logros de aprendizaje cuando se les evalúa individualmente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALIBERAS, J., GUTIERREZ, R. e IZQUIERDO, M. (1989). *La didáctica de las ciencias: una empresa racional*. Enseñanza de las Ciencias, 7(3). 277-284.
- BOWDEN, J., DALL-ÁLBA, E., LAULLARD, D., MARTON, F., GRAMSDEN, P., STEPHANOU, A. y WASH, E. (1992) *Displacement, velocity and frames of reference: Phenomenography study of students' some implication for teaching and assessment*. American Journal of Physics, 60, 262-269.
- CAÑAL, P. y PORLAN, R. (1988). *Bases para un programa de investigación en torno a un modelo didáctico de tipo sistémico e investigativo*. Enseñanza de las Ciencias, 6 (1), 54-60.
- CARAMAZZA, A. McCLOSKEY, M. y GREEN, B. (1981). *Naive beliefs sophisticated subjects: misconception about trajectories of objects*. Cognition, 9, 117-123.
- CARAVITA, S y HALLEN, O. (1994). *Re-framing the problem of conceptual change*. Learning and Instruction, 4 (1), 89-11.
- CARRETERO, M. (2000). *Construir y enseñar las ciencias experimentales*. Aique Grupo Editor. S.A. Argentina.
- CASTRO, G. (1999). *El Asalto del Plural. Complejidad social, contextualización teórica y control empírico en la investigación social*. Ediciones FACES UCV.

Fondo Editorial Tropykos. Caracas.

CLEMENT, J. (1981). *Solving problems with formulas: some limitations*: Engineering Education, november 1981.

CLOSSET, J.(1983). *Le raisonnement sequentiel en electrocinétique*. Tesis Doctoral. Laboratoire de Didactique de la Physique dans L'Enseignement Superieur. UniversitParis VII

CROOK, CH. (1998). *Ordenadores y aprendizaje colaborativo*. Madrid: Morata.

CUSEO, J. (1992). *Cooperation and competion:Theory and research*. Cooperative Learning and College Teaching, 2(3), 5-10.

DRIVER, R. (1986). *Psicología cognoscitiva y esquemas conceptuales de los alumnos*. Enseñanza de las Ciencias, 4 (1), 3-15.

DRIVER, R. y EASLEY, J. (1978) *Pupils and paradigms: a review of literature related to concept development in adolescent science students*. Studies in Science Education, 10, 37-60.

DRIVER, R., GUESNE, E. y TIBERGHIE, A. (1989). *Las ideas científicas en la infancia y la adolescencia*. Madrid: MEC-Morata.

DUIT, R. (1993). *Research on students' conceptions, developments & trends*. Paper presented at the Third International Seminar on Misconception and Educational Strategies in Science and Mathematics. Cornell University, Ithaca, EEUU.

- DUSCHL, R. y GITOMER, D., (1991). *Epistemological perspectives on conceptual change: implications for educational practice*. Journal of Research in Science Teaching, 28(9), 839-858.
- ECHEITA, G. (1995). *El aprendizaje cooperativo. Un análisis psicosocial de sus ventajas respecto a otras estructuras de aprendizaje*. Hernández, P. y Melero, M. (comps). La interacción social en contextos educativos. Madrid. Siglo XXI.
- FERREIRA, A. y GONZÁLEZ, E. (2000). *Reflexiones sobre la enseñanza de la física universitaria*. Editorial Graó. Barcelona
- GABEL, D., SAMUEL, K., HELGESON, S., NOVACK, J y BUTZOW, J. (1998). *Research interests of secondary science teachers*. Journal of Research in Science Teaching, 23(2), 145-163.
- GANGOSO, Z. (1999). *Investigaciones en resolución de problemas en Ciencias*. Revista de Enseñanza de la Física, XII. (2), 5-21.
- GIL, D. (1983). *Tres paradigmas básicos en la enseñanza de las ciencias*. Enseñanza de las Ciencias, 1(1), 26-33.
- GIL, D. (1994). *Diez años de investigación en didáctica de las ciencias: realizaciones y perspectivas*. Enseñanza de las Ciencias, 12(2), 154-164.
- GÍL, D., CARRASCOZA, J y MARTÍNEZ, F. (2000). *Una disciplina emergente y un campo específico de investigación en Didáctica de las Ciencias Experimentales* com Perales, F y Cañal, P. Editorial Marfil, S.A. España.
- GÍL, D. Y TORREGROSA, J. (1987). *La resolución de problemas de física: una didáctica alternativa*. Ministerio de Educación y Ciencia. Madrid / Barcelona.

- GÍL, D. y VALDÉS, P. (1997). *La resolución de problemas de física: de los ejercicios de aplicación al tratamiento de situaciones problemáticas*. Revista de Enseñanza de la Física 10(2), 5-20.
- GIORDAN, A y DE VECCHI, G. (1997). *Los Orígenes del Saber. De las concepciones personales a los conceptos científicos*. Colección Investigación y enseñanza. Serie Fundamentos. Diáda Editora S.L. Sevilla.
- GRECA, I y MOREIRA, M. (1997). *Un Estudio Piloto sobre representaciones mentales, Imágenes, Proposiciones y Modelos Mentales respecto al concepto de Campo Electromagnético en alumnos de Física General, estudiantes de postgrado y físicos profesionales*. Ponencia presentada en el II Simposio de Investigación en Enseñanza de la Física. Buenos Aires.
- GREMO, J. (1980). *Problem Solving and Education: Issues in Teaching and Research*. Tuma y Reif (Eds). 9-23. LEA, Hillsdale
- GUITERT, M. y GIMÉNEZ, F. (2000). *Trabajo cooperativo en entornos virtuales de aprendizaje*. Duart, J. y Sangrá, A. (comps.). Aprender en la virtualidad. Editorial Gedisa, S:A. Barcelona. España.
- HELLER, P.y HOLLABAUGH, M. (1992). *Teaching Problem Solving Through Cooperative Grouping*. *American Journal of Physics*, Vol 60, 7(7), 154-196.
- HELLER, P y HUFFMAN, D. (1995). *Interpreting the Force Concept Inventory*. *The Physics Teacher*. 33(11), 504-511.
- HELLER, P., KEITH, R. y ANDERSON, S. (1992). *Teaching problem solving though cooperative grouping. Part I: group versus individual problem solving*. *American Journal Physics* 60(7), 627-636.

HESTENES, D. y HALLOUN, I. (1995). *Interpreting the Force Concept Inventory: A Response*. The Physics Teacher, 33(11), 502-511.

HESTENES, D. WELLS, M. y SWACKHAMER, G. (1992). *Force Concept Inventory*. The Physics Teacher. 30(3),141-151.

HESTENES, D., WELLS, M. y SWACKHAMER, G. (1992). *Force Concept Inventory*. The Physics Teacher, 30(3), 141-166.

HODSON, D. (1992). *In search of a meaningful relationship: an exploration of some issues relating to integration in science and science education*. International Journal of Science Education 14(5), 541-566.

INHELDER, B. y PIAGET, J. (1969). *The Psychology of the Child*. Nueva York: Basic Books.

JOHNSON, D. Y JOHNSON, R. (1993). *Cooperative, competitive, and Individualistic procedures for educating adults: A comparative analysis*. University of Minnesota, Cooperative Learning Center.

JOHNSON, D., JOHNSON, R., y HOLUBEC, E. (1992). *Advanced Cooperative Learning*. Edina, MN: Interaction Book Co.

JOHNSON y LAIRD, P. (1983). *Mental Model*. Cambridge (Mass.), Harvard University Press.

KUHN, T. (1962). *The Structure of Scientific Revolutions*. The University of Chicago Press, Chicago. Trad. Cast. 1983. Alianza Editorial. Madrid

LAKOFF, G. (1982). *Categories and Cognitive Models*. Berkeley Cognitive Science Report N° 2.

LAKOFF, G.(1993). *Metaphor and Thought*. Cambridge University Press.

LANG, F., MOREIRA, M y AXT, R. (1992). *Habilidad en preguntas conceptuales y en resolución de problemas de Física*. Enseñanza de las Ciencias. 10 (1).58-62.

LARKIN, J. Y REIF, F. (1979). *Understanding and Teaching Problem-Solving in Physics*. European Journal of Science Education. 1, 191-203.

LÓPEZ, B. Y COSTA, N. (1996). *Modelo de enseñanza-aprendizaje centrado en la resolución de problemas: fundamentación, presentación e implicaciones educativas*. Enseñanza de las Ciencias. 14(1), 45-61.

LÓPEZ, F (1991). *Organización del conocimiento y resolución de problemas en Física*. Centro de Publicaciones del Ministerio de Educación y Ciencia. C.I.D.E. Madrid.

LEDLOW, S. (1998). *Tips for climate Setting in Cooperative Learning Classrooms*. Arizona State University Prentice Hall Series in Educational Innovation.

MANZUR, E. (1997). *Peer Instruction A User's Manual*. Harvard University. Prentice Hall Series in Educational Innovation.

MARTÍNEZ, J. (1999). *Algunas reflexiones sobre las concepciones alternativas y el cambio conceptual*. Enseñanza de las Ciencias, 1999, 17(1), 93-107.

MAURINES, L.(1986).*Spontaneous reasoning on the propagation of visible mechanical signals*. International Journal of Science Education, 14 (3),279-293.

- McCLOSKEY, M.(1983). *Intuitive Physics*. Science American, 248(4):114-122.
- McDERMOTT, L. (1993). *¿Cómo enseñamos y cómo aprenden los estudiantes- una discordia?*. El diario americano de la física. 6 (4). Asociación Americana de Profesores de Física.
- McDERMOTT, L. (1998). Students' conception and problem solving in mechanics. Department of Physics, University of Washington, Seattle, Washington, USA. <http://www.phys.washington.edu/groups/peg/pbi.html>. Recuperado el 17 de marzo de 2001
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. (1999). *National Science Educational Standards*. National Academy Press: Washington, D.C.
- PEDUZZI, L; ZYLBERSZTAJN, A; MOREIRA, M. (1992). *As concepcoes espontâneas de problemas e a história da ciência numa seqüência de conteúdos em mecânica: o referencial teórico e a receptividade de estudantes universitários à abordagem histórica da relacao forza e movimento*. Revista Brasileira de Ensino de Física. 14.(4). 239-246.
- PFUNDT, H. y DUIT, R. (1991). *Students' alternative frameworks and science education*. (3rd ed.) Kiel: Institute for Science Education.
- PINTÓ, R., ALIBERAS, J. y GÓMEZ, R.(1996).*Tres enfoques de la investigación sobre concepciones alternativas*. Enseñanza de las Ciencias, 14(2), 221-232.
- PLÖETZNER, R. (1993). *How quantitative problem solving in mechanics improves by qualitative reasoning*. A17. In P. Brna, S. Ohlsson, & h. Pain (eds), *Proccesings of the World Conference on Artificial Intelligence in Education* (pp

282-289) Charlottesville, VA: Association for the Advancement of Computing in Education.

PLÖETZNER, R. (1995). *How Misconceptions Affect Formal Physics Problem Solving: Model-Based Predictions and Empirical Observations*. Proceeding of the Seventeenth Annual Meeting of the Cognitive Science Society, 248-252. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.

POZO, J. (1992). *Las ideas de los alumnos sobre la ciencia como teorías implícitas*. *Infancia y Aprendizaje*, 57. 3-22

POZO, J. y GÓMEZ, M. (2000). *Aprender y enseñar ciencia*. Ediciones Morata, S.L. Madrid. Segunda Edición.

PIAGET, J. (1973). *Psicología de la inteligencia*. Buenos Aires, Ed. Psique.

PIAGET, J. (1952). *The Origins of Intelligence in Children*. International Universities Press.

RODRÍGUEZ, L., FERNÁNDEZ, R. y ESCUDERO, T. (2002). *Aprendizaje entre iguales y construcción de conceptos*. *Infancia y Aprendizaje*, 25(3),277-297.

RESDISH, E. (1996). *New Models of Physics Instruction Based on Physics Education Research: Part 1*. Procede de la Conferencia de Deustchen Physikalischen Gesellschaft. Jena.

RIVANO, E. (1998). *Un modelo para la descripción y análisis de la metáfora*. *Revista Logos*, N° 9. La Serena, Chile: Universidad de La Serena..

<http://www.udec.cl/~prodocli/Rivano/METAFORA.htm>. Recuperado el 20 de abril de 2001

RUMELHART (1984). Modelos Mentales en <http://tip.psychology.org/models.html>

SABELLA, M. (1997). A Brief *Description of Preliminary Research Ideas*. Physics Education Research Group University of Maryland. <http://www2.physics.umd.edu/~wittmann/research/talkpapr.htm>. Recuperado el 3 de enero del 2002

SALINAS, J. y COLOMBO, L. (1993). *Epistemología e Historia de la Física en la Formación de los Profesores de Física*. Revista Brasileira de Ensino de Física.15(1-4),100-109.

SALINAS, J., CUDMANI, L. y PESA, M. (1996). *Modos espontáneos de razonar: un análisis de su incidencia sobre el aprendizaje del conocimiento físico a nivel universitario básico*. Enseñanza de las Ciencias, 14 (2), 209-220.

SIMON, H. (1995).*La teoría del procesamiento de la información sobre la resolución de problemas*, en Lecturas de Psicología del Pensamiento,. Carretero, M.; García Madruca , J (comps). Editoriaial Alianza Psicología. Madrid.

SLAVIN, R. (1995). *Cooperative Learning: Theory, research, and practice*. Center for Research on Effective Schooling for Disadvantaged Students the Johns Hopkins University. Second Edition.

TOULMIN, S. (1977). *La comprensión humana. Vol. I: El uso colectivo y la evolución de los conceptos*. Editorial Alianza. Madrid

VALERA, P. (1994) *La resolución de problemas en la Enseñanza de las Ciencias. Aspectos didácticos y cognitivos*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid.

VIENNOT, L. (1993). *Temps et causalité dans les raisonnements des étudiants*. Didaskalia 1, 13-27.

VIENNOT, L. (1996) *Raisonnement en physique, la part du sens commun*. De Boeck-Westmael, Bruxelles

## **ANEXOS**

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
DIRECCIÓN GENERAL DE ESTUDIOS DE POSTGRADO  
RÉGIMEN ESPECIAL DE DOCTORADO  
De la Física Aristotelica a la Mecanica Newtoniana:  
Un Modelo Didáctico para la conceptualización y resolución de problemas  
Tesis presentada como requisito parcial para optar al  
Grado de Doctora en Educación

Autora: Zulma Cirigliano Vecchio  
Tutora: Hilda Lopez de George  
Caracas, Febrero de 2003

## RESUMEN

Según las investigaciones revisadas los individuos para comprender el mundo traducen los eventos externos en modelos internos y razonan por manipulación de estas representaciones simbólicas y de las estructuras conceptuales que subyacen en ellos. Ahora bien, los modelos personales de los estudiantes no siempre coinciden con los conceptos científicos. Ellos difieren cualitativamente en cuanto su valor explicativo, pero comparten la característica de ser representaciones construidas acerca de lo podría ser la multiplicidad de cosas observables reducidas a una raíz común que permita captarlas como similares en su estructura, o la menos en su funcionamiento. La apropiación de los modelos científicos requiere de esfuerzos de iniciación en lenguajes complejos y en formas de pensamiento de alto nivel, razón por lo cual su enseñanza demanda un proceso progresivo intencional que se facilita por la confrontación o complementariedad con el otro.

El presente estudio tuvo como propósito fundamental, diseñar y conocer el efecto que tiene la aplicación de un modelo didáctico integrado, diferenciado y cooperativo en el ajuste, enriquecimiento o reestructuración conceptual y la modelización en la resolución de problemas.

Se realizó una investigación experimental mediante un diseño clásico en una muestra de 70 estudiantes cursantes de Física del Ciclo Básico Universitario. Los resultados se analizaron mediante un análisis de varianza y de correlación.

Los resultados permiten entender mejor el proceso de aprendizaje como ajuste, enriquecimiento o reestructuración de los constructos personales por la confrontación o complementariedad con los otros y derivar las implicaciones para la enseñanza de la Física: el profesor debe brindar oportunidades para que el alumno reconceptualice sus concepciones intuitivas y los estudiantes deben ser intelectualmente activos en la comprensión de los conceptos y en la modelización para resolver problemas.

Se analizan, además, el aporte teórico a la Didáctica de la Física y las implicaciones de la gestión del conocimiento en las unidades académico-administrativas universitarias.

Descriptor: ajuste, enriquecimiento o reestructuración conceptual, modelización, aprendizaje cooperativo, contributivo, modelo didáctico, modelo de la comprensión humana, Didáctica de la Física.

# CONTEXTO EN QUE SE UBICA EL PROBLEMA

Actualmente el incremento y la complejidad tecnológica ha invadido la casi totalidad de las actividades humanas y muchas de ellas demandan puestos de trabajo que requieren individuos técnicamente competentes.

Urgidos por cambiar esta concepción de enseñanza, en el ámbito de la Didáctica de las Ciencias se percibe en la actualidad una necesidad de fundamentar científicamente las estrategias metodológicas desarrolladas.

Esta investigación focalizó la atención en el diseño y estudio del efecto de la aplicación de un modelo didáctico que se fundamenta en la concepción que el aprendizaje individual de la física es el producto de una construcción social del grupo-clase mediada por la acción de un profesor que selecciona el contexto y lo problematiza.

# EL PROBLEMA

¿Cómo diseñar un modelo didáctico, sujeto a las restricciones de la práctica educativa universitaria,

-alumnos , contenido programático, horas de clase, texto preseleccionado y exámenes departamentales-

para que el alumno, partiendo de sus concepciones intuitivas, inicie un proceso de aprendizaje que le permita describir y comprender la realidad física, formulando hipótesis, diseñando modelos y evaluando resultados?.

# OBJETIVOS DEL ESTUDIO

## Objetivo General

Contribuir con la construcción del cuerpo de conocimientos teóricos de la Didáctica de la Física aportando un modelo empírico sujeto las restricciones dinámicas del aula universitaria

## Objetivos Específicos

Construir un modelo didáctico -sujeto a las restricciones de la práctica educativa universitaria- que partiendo de los conocimientos iniciales de los alumnos propicie la interacción entre pares para que los estudiantes enriquezcan, ajusten o reestructuren su red conceptual y participen en la construcción de representaciones que orienten la búsqueda de la solución de los problemas de la Física Newtoniana.

Conocer el efecto que tiene la aplicación del modelo sobre el enriquecimiento, ajuste o reestructuración conceptual y la modelización en la resolución de problemas en los alumnos cursantes de Física en el Nivel Básico Universitario.

## BASES TEÓRICAS

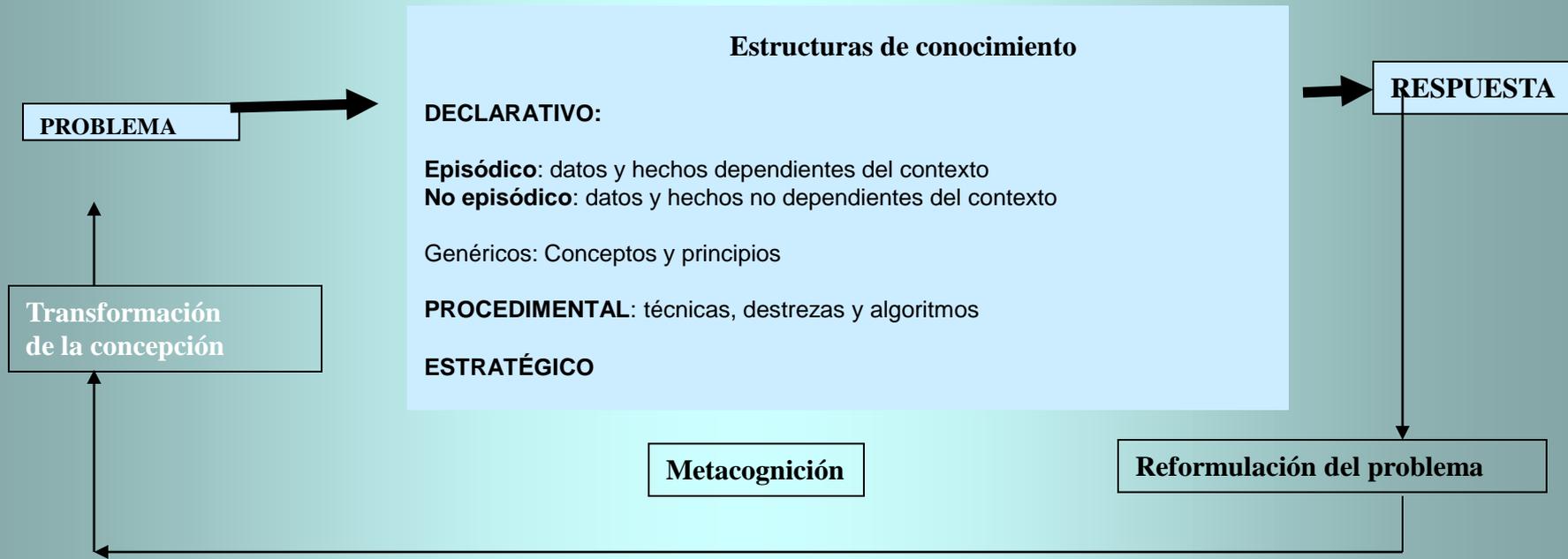
Los estudiantes, antes de iniciar el estudio formal de las ciencias, desarrollan preconceptos de los fenómenos que ellas estudian.

Los preconceptos o constructo del aprendiz son *ideas, imágenes coherentes, explicativas e intuitivas que utiliza el ser humano para razonar frente a situaciones-problema.*

La ciencia es un discurso distanciado de la realidad.

Son conocimientos contruidos a partir de una división artificial que tiende a dar autonomía a u campos nocionales llamados física, química, biología, ...  
Éstos producen *modelos* basados únicamente en las relaciones pertenecientes a su campo;

# ¿cómo aprende el ser humano?



# Las características relevantes del razonamiento preconceptual

## **Reducción funcional.**

En las situaciones físicas donde hay constancia de ciertas magnitudes, el alumno tiende a no tener presente las variables en las que el valor de la constante es independiente.

## **Razonamiento Causal lineal**

El alumno considera que sólo una causa es necesaria para producir un efecto. No suele tener en cuenta que una causa puede dar lugar a diversos efectos, ni que cada efecto no tiene por qué ser el resultado de una sola causa.

## **Dificultad en hacer las conexiones entre el mundo real y los modelos científicos**

, el conocimiento conceptual y el conocimiento cuantitativo y entre los aspectos locales y los aspectos globales de los eventos físicos. Situaciones que los físicos pueden considerar análogas pueden ser vistas por el estudiante como completamente diferentes, dependiendo si el contexto es del mundo real o de la Física.

El aprendizaje de la ciencia requiere de la construcción de estructuras conceptuales complejas para lo cual el aprendiz progresivamente realizará cambios epistemológicos, ontológicos y conceptuales

**Cambios epistemológicos:** hechos aislados----causalidad lineal ----interacción

**Cambios ontológicos:** estado--- ---- -procesos-----sistemas

**Cambios conceptuales :** cambios sin conservación  
cambios con conservación  
cambios cconservación y equilibrio

¿Cómo se efectúa la transición entre el pensamiento intuitivo y las formas de pensar propias de la ciencia ?

Hipótesis de la compatibilidad o la acumulación de saberes.

Hipótesis de la incompatibilidad o el cambio conceptual.

Hipótesis de la independencia o el uso del conocimiento según contexto.

Hipótesis de la integración jerárquica o de los diferentes niveles de representación y de conocimiento de la realidad.

# Los procesos fundamentales en la construcción del conocimiento científico en el aula son:

## 1. La reorganización teórica

Enriquecimiento  
o crecimiento de las concepciones

**Ajuste** la estructura preexistente para realizar procesos de generalización o discriminación, sin un cambio radical

**Reestructuración** requiere adoptar nuevos supuestos epistemológicos, ontológicos y conceptuales desde los que interpretar los escenarios y situaciones en ese dominio.

## **2. La explicitación progresiva:**

El aprendiz saca a la luz de su propia conciencia sus preconceptos por medio de una redescrición representacional.

Implica, además, una redescrición de las representaciones en formatos o géneros discursivos crecientemente formalizados

## **3. La integración jerárquica:**

la teoría intuitiva es subsumida por la teoría científica sin excluir la posibilidad de usar la teoría intuitiva en los contextos informales cotidianos.

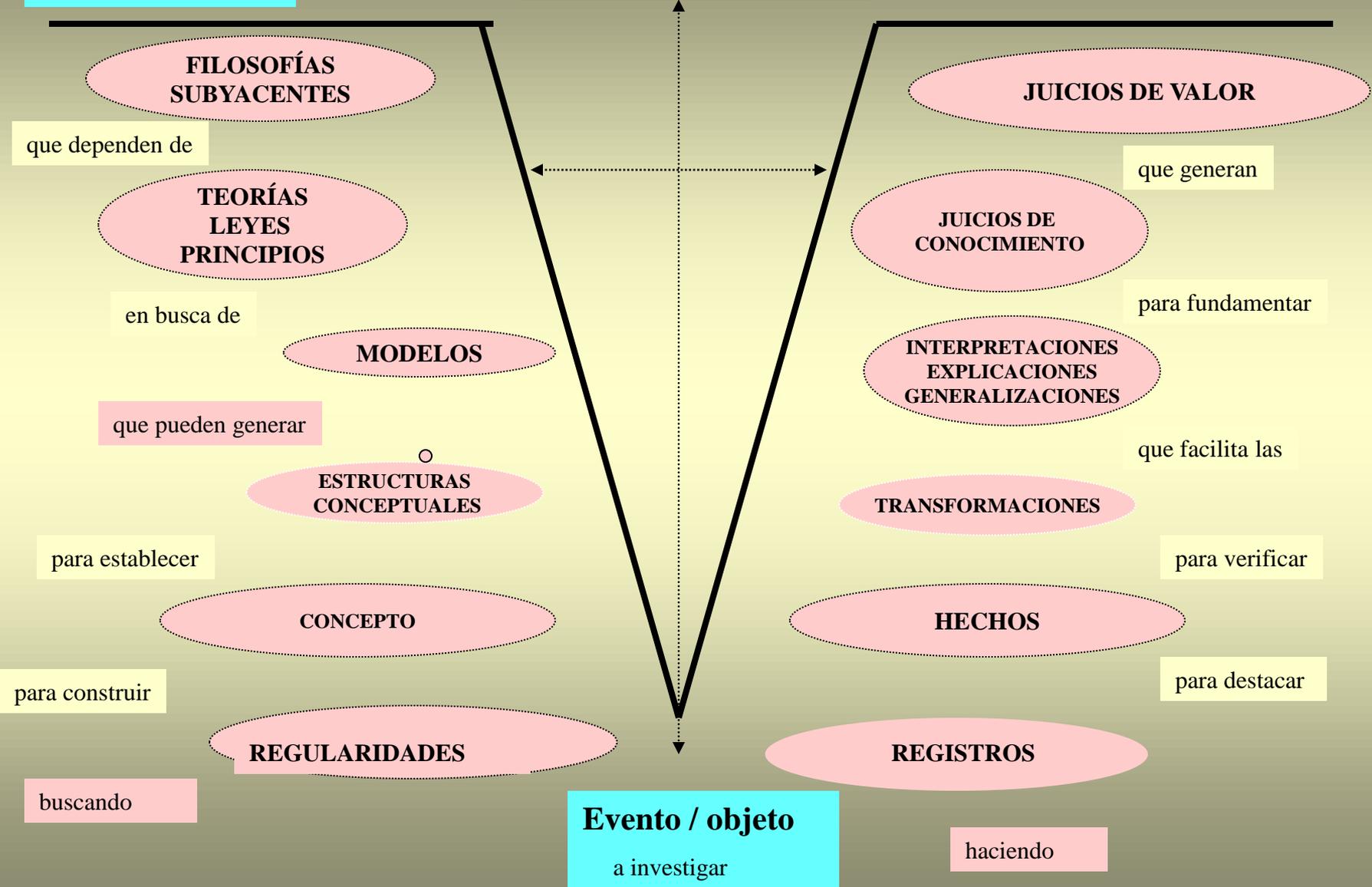
# **La V epistemológica de Gowin**

**Una herramienta para analizar la  
producción del conocimiento en  
las investigaciones**

# Pregunta central

## MARCO TEÓRICO

## MARCO METODOLÓGICO



# PREGUNTA QUE GENERA LA HIPÓTESIS I

¿Cómo influye la aplicación del modelo didáctico

MARCO TEORICO

MARCO METODOLOGICO

**EPISTEMOLOGIA SUBYACENTE:** La concepción intuitiva evoluciona al tiempo que se construye el conocimiento, como un proceso personal, por el cual un individuo estructura su saber a medida que integra los conocimientos.

**JUICIOS DE VALOR.** La competencia comunicativa en la física se incrementa por el uso de lenguajes complejos y formas de pensamiento de alto nivel

**CONCEPTO:** El enriquecimiento, ajuste o la reestructuración cognitiva del sujeto que aprende Física se incrementa significativamente por la confrontación entre estudiantes de sus constructos personales sobre los aspectos conceptuales de la Física.

**JUICIOS DE CONOCIMIENTO** La interacción entre pares genera en el estudiante una estructura de conocimientos más amplia, mejor organizada, más coherente, precisa e integrada

**INTERPRETACIONES. EXPLICACIONES. GENERALIZACIONES.** El alumno tuvo mayores oportunidades de reestructuración cognitiva ya que responde más acertadamente a las cuestiones conceptuales que se le plantean

**REGULARIDADES:** diferencia significativa entre los promedios obtenidos en el postest por ambos grupos, siendo mayor el promedio del grupo experimental.

**TRANSFORMACIONES:** Prueba de Levene. La prueba t de Student

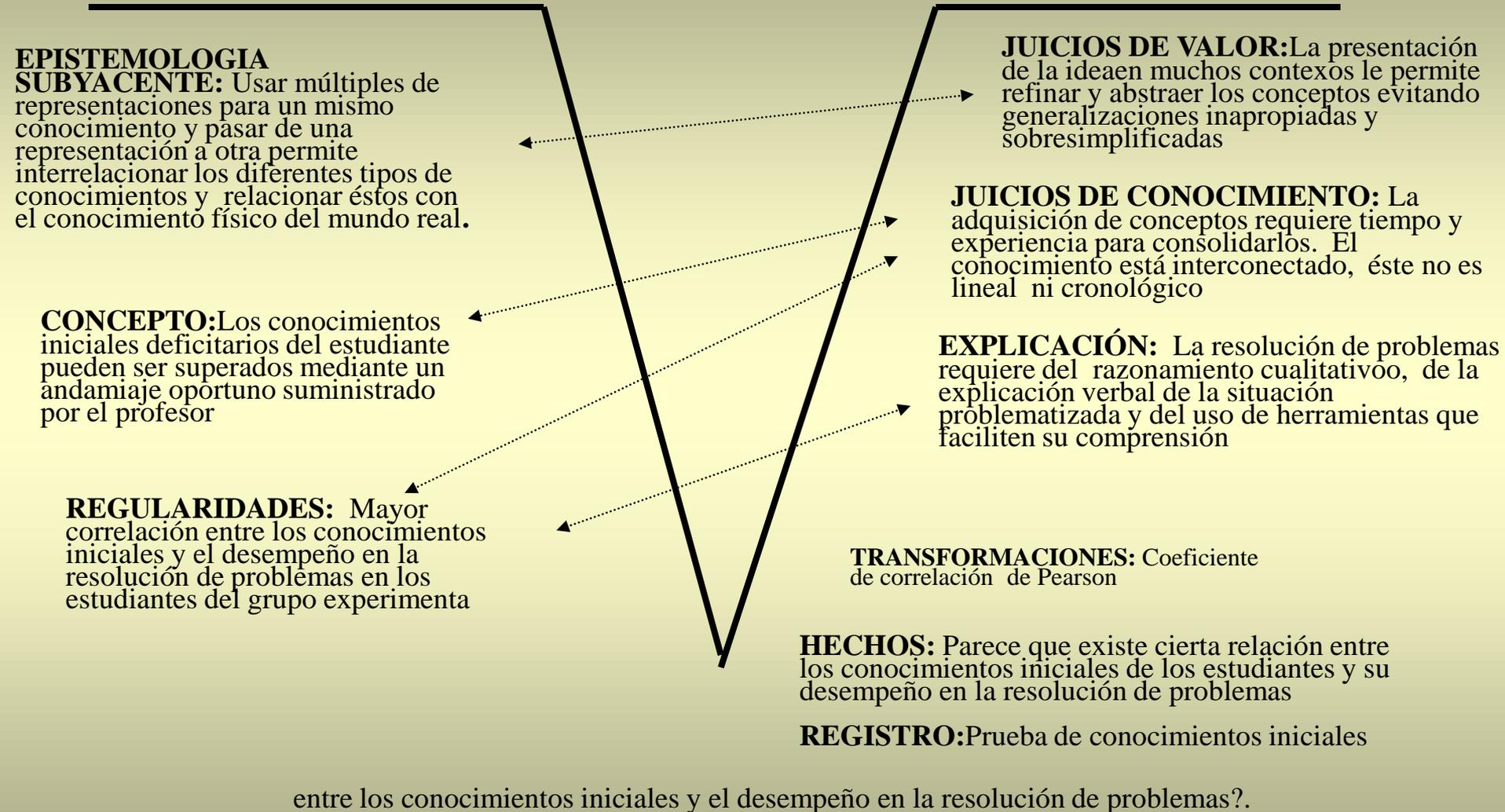
**HECHOS:** Promedios diferentes en los dos grupos

**REGISTRO:** Inventario de Fuerzas

enriquecimiento, ajuste o reestructuración conceptual?

## PREGUNTA QUE GENERA LA HIPÓTESIS II

¿Qué influencia la aplicación del Modelo Didáctico en la relación que existe



# PREGUNTA QUE GENERA LA HIPÓTESIS III

¿La aplicación de un modelo didáctico incrementa

## EPISTEMOLOGIA

**SUBYACENTE:** El conocimiento científico es una construcción humana que busca describir, comprender y actuar sobre la realidad; es provisorio y sujeto a reformulaciones.

**CONCEPTO:** El desempeño en la resolución de problemas de física esta relacionado con la metodológica de enseñanza y la concepción de la ciencia que la inspira

**REGULARIDADES:** Diferencia significativa entre los promedios en las pruebas, siendo mayor el promedio del grupo experimental

**JUICIOS DE VALOR.** La significación del aprendizaje de la Física radica en la posibilidad de transferir a otros ontextos a otros contextos

**JUICIOS DE CONOCIMIENTO:** La redescrición de las representaciones de lo real en formatos o géneros discursivos, crecientemente formalizados conduce a la superación del pensamiento intuitivo

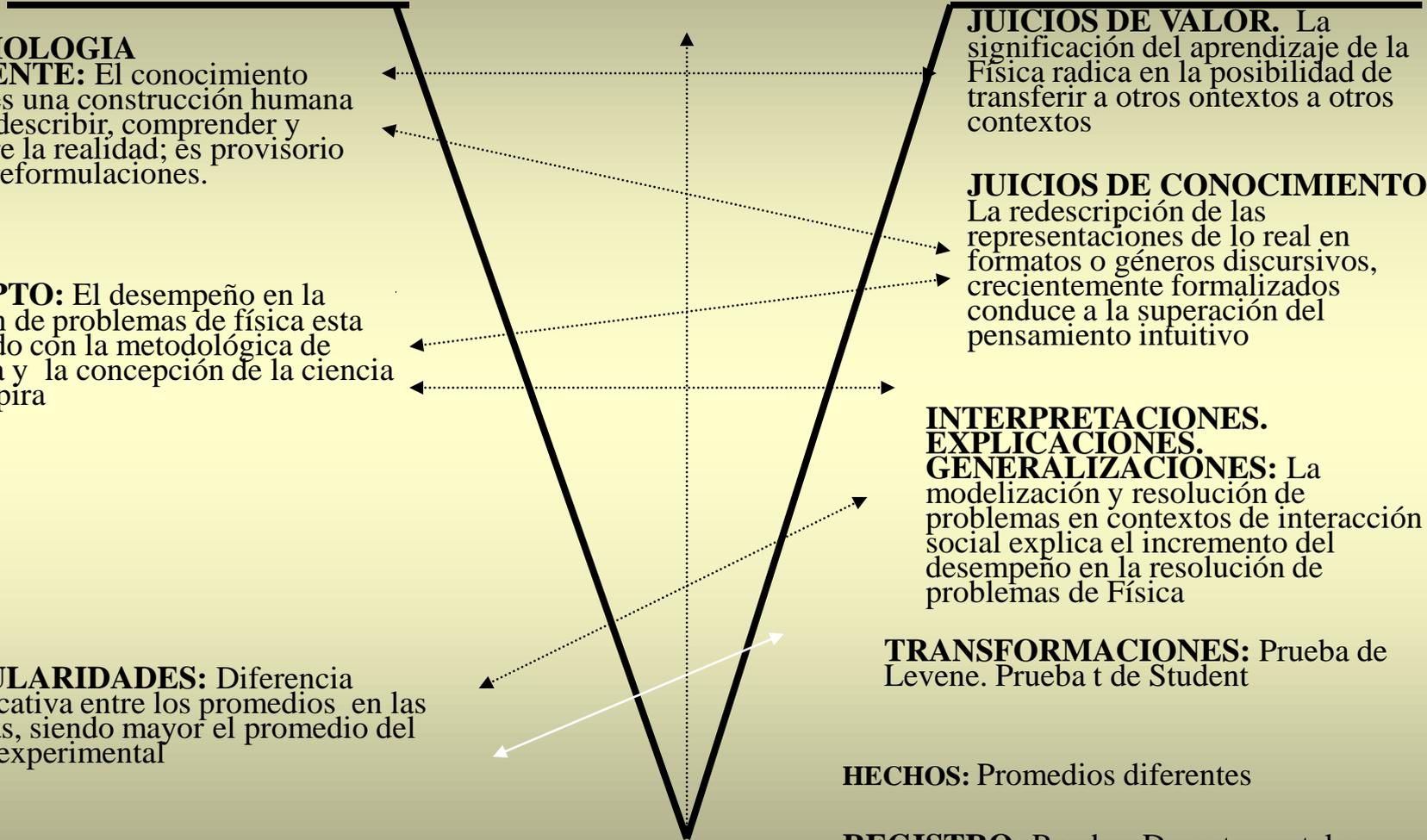
**INTERPRETACIONES. EXPLICACIONES. GENERALIZACIONES:** La modelización y resolución de problemas en contextos de interacción social explica el incremento del desempeño en la resolución de problemas de Física

**TRANSFORMACIONES:** Prueba de Levene. Prueba t de Student

**HECHOS:** Promedios diferentes

**REGISTRO:** Pruebas Departamentales

el desempeño en la resolución de problemas?



# PREGUNTA QUE GENERA LA HIPÓTESIS IV

¿ Existe relación entre el ajuste, reestructuración o enriquecimiento de la estructura conceptual del sujeto que aprende y

## **EPISTEMOLOGIA**

**SUBYACENTE:** La explicitación progresiva es un proceso metaconceptual por el cual el aprendiz saca a la luz de su propia conciencia buena parte de las teorías implícitas por medio de una redescrición representacional y el producto de este proceso lo aplica en la modelización para resolver problemas

**CONCEPTO:** La resolución de problemas está asociada positivamente con la red conceptual del sujeto que aprende independientemente del Modelo Didáctico que se implemente.

**REGULARIDADES:** Existe linealidad en la relación entre el ajuste, enriquecimiento o reestructuración conceptual del sujeto que aprende y el desempeño en la resolución de problemas

**JUICIOS DE VALOR.** Es esencial presentar a los alumnos cuestiones que requieren razonamiento cualitativo y explicación verbal. La facilidad que muestre un alumno para resolver problemas cuantitativos no constituye un criterio adecuado para juzgar la comprensión de la situación física presentada

## **INTERPRETACIONES. EXPLICACIONES.**

**GENERALIZACIONES.** Es condición necesaria, aunque no suficiente para tener un buen desempeño en la resolución de problemas de Física haber adquirido la estructura conceptual que demanda este tipo de situaciones

**TRANSFORMACIONES:** Coeficiente de correlación de Pearson ( $r$ ).

**HECHOS:** Los resultados obtenidos sugieren dependencia entre las dos variables: ajuste, enriquecimiento o reestructuración conceptual y el desempeño en la resolución de problemas

su desempeño en a resolución de problemas ?

**REGISTRO:** Postest y pruebas Departamentales

**PRINCIPIOS PEDAGÓGICOS**

**MODELO DIDÁCTICO**

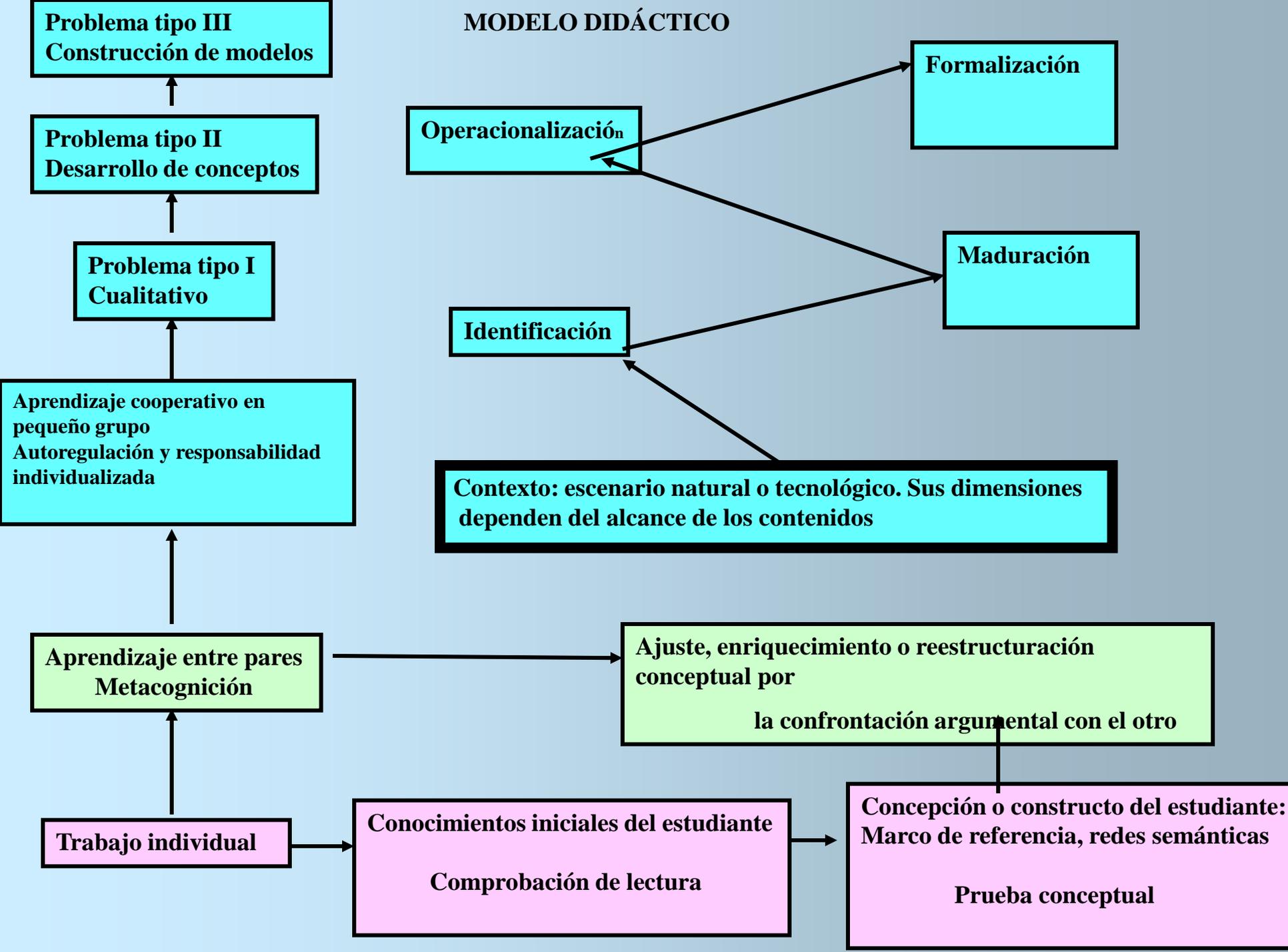
**RED CONCEPTUAL**

**CONCEPTO:** La resolución de problemas relativos a las leyes de Newton está asociada positivamente con el ajuste, enriquecimiento de la estructura conceptual del sujeto que aprende independientemente del Modelo Didáctico que se implemente.

**CONCEPTO:** La estructura del sujeto que aprende Física se incrementa significativamente por la confrontación de los constructos personales sobre los aspectos conceptuales de la Física

**CONCEPTO:** Los conocimientos iniciales deficitarios del estudiante pueden ser superados mediante un andamiaje oportuno suministrado por el profesor

**CONCEPTO:** El desempeño en la resolución de problemas de física esta relacionado con la metodológica de enseñanza y la concepción de la ciencia que la inspira



# PRINCIPIOS QUE FUNDAMENTAN EL MODELO DIDÁCTICO

El conocimiento científico es una construcción humana que busca describir, comprender y actuar sobre la realidad: Es provisorio y sujeto a reformulaciones.

El conocimiento previo determina cómo vemos la realidad, influenciando la observación.

Una definición metodológica debe ser coherente, al menos, con: la concepción de la ciencia que la inspira y con el objetivo que plantee su enseñanza.

Los profesores deben tener la oportunidad de aprender los contenidos que van a enseñar con la didáctica que se espera que ellos utilicen.

La adquisición de un nuevo conocimiento se da a partir de los conocimientos iniciales, siendo usualmente difícil y problemática.

El profesor debe idear estrategias que ayuden al alumno a confrontar sus preconceptos y a modelizar las situaciones físicas, a fin de darles oportunidad para que ellos entiendan los fenómenos, hagan inferencias y predicciones, decidan las acciones a tomar, controlen su ejecución e interpreten tanto las respuestas racionales como los errores en su **razonamiento**.

Si las dificultades conceptuales persisten entonces deben ser explícitamente dirigidos a través de múltiples retos y en diferentes contextos.

Principios  
vinculados  
con la formación  
de  
los profesores de  
ciencia

Principios  
vinculados  
con la Didáctica  
de  
la Ciencia

Los estudiantes deben ser intelectualmente activos en su comprensión de los conceptos, en la búsqueda de conexiones entre el mundo real, la situación física, y los diferentes modelos: gráficos, algebraicos y estadísticos.

No es suficiente que los alumnos tengan los recursos para aprender Física sino que además deben tener conciencia de ello y saber utilizarlo efectivamente.

**Principios  
vinculados  
con la actitud del  
estudiante de  
ciencia**

**Los profesores y los estudiantes deben tener la oportunidad de aprender con los otros, utilizando diversidad de estructuras que facilitan el trabajo cooperativo, -colaborativo-, –contributivo- y generando interacciones que creen el clima propicio para el trabajo grupal.**

# **CONCLUSIONES**

**I. EFECTOS DE LA APLICACIÓN DEL MODELO DIDÁCTICO DIFERENCIADO, INTEGRADO Y COOPERATIVO EN EL APRENDIZAJE DE LOS ESTUDIANTES E IMPLICACIONES PARA LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA.**

**II. IMPLICACIONES TEÓRICAS DE LOS RESULTADOS**

La Didáctica de la Física es una disciplina práctica emergente que requiere de desarrollos teóricos explicativos y de proposiciones prácticas efectivas.

**III. IMPLICACIONES DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN EN LA GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO EN LAS UNIDADES ACADÉMICO-ADMINISTRATIVA DE LA UNIVERSIDAD**

## **ANEXOS**

ANEXO A  
INSTRUMENTOS



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Proyecto Mesas de Trabajo

CADH-Ingeniería-Educación

## Prueba Diagnóstica

Nombre del alumno \_\_\_\_\_

### INSTRUCCIONES:

Esta es una prueba diagnóstica para planificar el curso de Física General I, a partir de sus conocimientos previos: Sus resultados se utilizarán para esclarecer asuntos que puedan presentar inconveniente, conocer los conceptos que presentan mayor dificultad a los estudiantes y así poder instrumentar estrategias específicas para ayudarlo a finalizar satisfactoriamente el curso.

La prueba tiene 30 ítems de opción múltiple y usted dispondrá de toda la sesión para completar el test.

En cada ítem, elija la respuesta que complete mejor el enunciado o que responda mejor a la pregunta y encierre en un círculo o marque con una x, según el caso, la opción correspondiente.

La calificación de la prueba servirá sólo para obtener información estadística con relación al dominio conceptual del curso y la posición de cada estudiante al inicio del mismo, de forma tal que pueda valorar sus logros posteriores. Esta calificación no tendrá efecto alguno sobre la evaluación del rendimiento del estudiante en la materia. Como la calificación que usted obtenga dependerá del número de ítems que responda correctamente, asegúrese de responderlos todos.

1. Dos pelotas metálicas son del mismo tamaño pero una pesa dos veces más que la otra. Las pelotas se dejan caer al mismo tiempo desde el techo de un edificio de un piso. El tiempo que tardarán las pelotas en llegar al suelo será:

1. aproximadamente la mitad del tiempo para la pelota más pesada
2. aproximadamente la mitad del tiempo para la pelota más liviana que para la pelota más pesada.
3. aproximadamente el mismo tiempo para las dos pelotas.
4. considerablemente menor para la pelota más pesada pero no necesariamente tanto como la mitad.
5. considerablemente menor para la pelota más liviana pero no necesariamente tanto como la mitad.

2. Las dos pelotas metálicas del problema anterior ruedan por una mesa horizontal y abandonan el borde de la mesa con la misma velocidad. En esta situación:

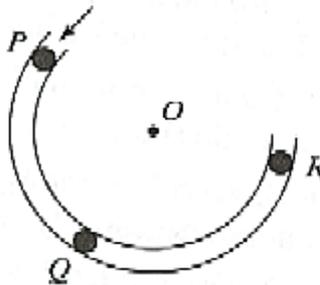
1. Las dos pelotas llegan al suelo aproximadamente a la misma distancia horizontal de la base de la mesa.
2. la pelota más pesada llega al suelo aproximadamente a la mitad de la distancia horizontal de la base de la mesa de lo que llega la pelota más liviana.
3. la pelota más liviana llega al suelo aproximadamente a la mitad de la distancia horizontal de la base de la mesa de lo que llega la pelota más pesada.
4. la pelota más pesada llega al suelo considerablemente más cerca de la base de la mesa que la pelota más liviana, pero no necesariamente a la mitad de la distancia horizontal.

5. la pelota más liviana llega al suelo considerablemente más cerca de la base de la mesa que la pelota más liviana, pero no necesariamente a la mitad de la distancia horizontal.
3. Una piedra que se deja caer a tierra desde el techo de un edificio de un solo piso:
    1. alcanza su máxima velocidad poco después de soltarla y luego a partir de allí cae a una velocidad constante.
    2. aumenta su velocidad mientras cae debido a que la atracción gravitacional aumenta considerablemente mientras la piedra está más cerca de la tierra.
    3. aumenta su velocidad porque una fuerza de gravedad casi constante actúa sobre ella.
    4. cae debido a la tendencia natural de todos los objetos a reposar en la superficie de la tierra.
    5. cae debido a los efectos combinados de la fuerza de gravedad que la empuja hacia abajo y la fuerza del aire que también la empuja hacia abajo.
  4. Un camión grande choca de frente con un carro compacto pequeño. Durante la colisión:
    1. El camión ejerce una fuerza mayor sobre el carro que la que el carro ejerce sobre el camión.
    2. El carro ejerce una fuerza mayor sobre el camión que la del camión sobre el carro.
    3. ninguno ejerce una fuerza sobre el otro, el carro es destrozado simplemente porque se interpone en el camino del camión.
    4. el camión ejerce una fuerza sobre el carro pero el carro no ejerce una fuerza sobre el camión.

5. la fuerza ejercida por el camión sobre el carro es igual a la fuerza ejercida por el carro sobre el camión.

**Utilice las afirmaciones y los dibujos presentados a continuación para responder las siguientes dos preguntas (5 y 6):**

La figura siguiente muestra un canal sin fricción cuya forma es la del segmento de un círculo con su centro en  $O$ . El canal ha sido anclado a la superficie horizontal de una mesa sin fricción. Usted está mirando desde arriba hacia la mesa. No considere



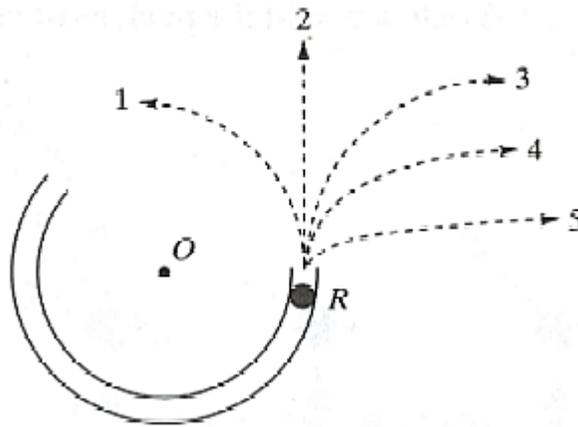
la fuerza ejercida por el aire. Una pelota es lanzada en el canal a alta velocidad en el punto P y sale por el punto R.

Considere las siguientes fuerzas:

- A. La fuerza de gravedad
  - B. una fuerza ejercida por el canal en la dirección de Q a O.
  - C. una fuerza en la dirección y sentido del movimiento
  - D. una fuerza que se dirige de O a Q.
5. ¿Cuál o cuáles de las siguientes fuerzas están actuando sobre la pelota cuando ésta se encuentra dentro del canal sin fricción en la posición Q?

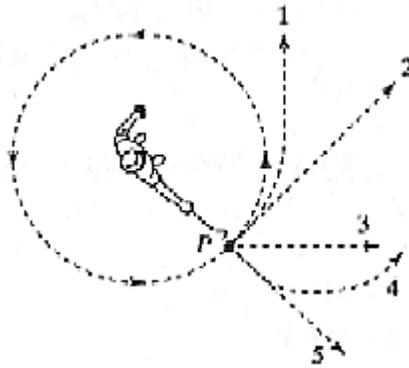
1. Solamente A
2. A y B
3. A y C
4. A, B, y C
5. A, C, y D

6. ¿Cuál de las siguientes trayectorias 1-5 seguirá aproximadamente la pelota después que salga del canal en R y se mueva sin fricción sobre la superficie de la mesa?



\_\_\_ 1. \_\_\_ 2 \_\_\_ 3 \_\_\_ 4 \_\_\_ 5

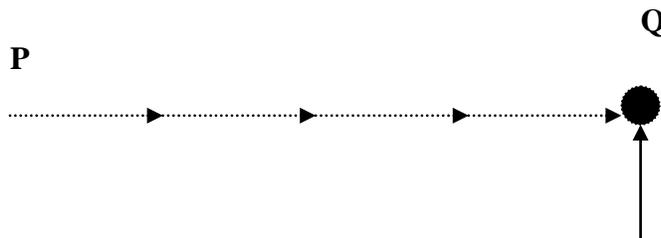
7. Se amarra una pelota de acero a una cuerda y se hace girar en una trayectoria circular en un plano horizontal, tal como se ilustra en la figura siguiente. En el punto P, repentinamente la cuerda se rompe cerca de la pelota. Si estos eventos son observados directamente desde arriba, ¿cuál de las trayectorias seguiría aproximadamente la pelota después de la ruptura de la cuerda?



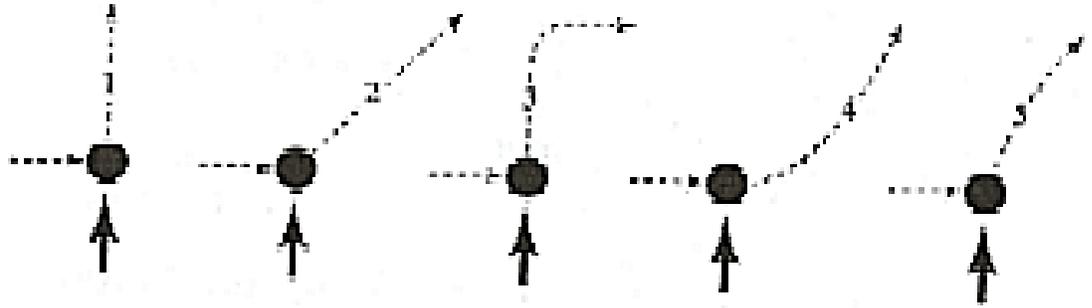
\_\_\_ 1. \_\_\_ 2 \_\_\_ 3 \_\_\_ 4 \_\_\_ 5

Utilice la figura y las afirmaciones siguientes para contestar las próximas cuatro preguntas (8-11).

La figura representa un disco de hockey deslizándose a una velocidad constante  $v_o$  en una línea recta desde el punto P al punto Q en una superficie horizontal sin fricción. No considere la fuerza ejercida por el aire. Usted está mirando el disco desde arriba. Cuando el disco llega al punto Q, recibe un veloz golpe horizontal en la dirección de la línea donde se ubica la flecha gruesa. Si el disco hubiera estado en reposo en el punto P, el golpe lo hubiese puesto en movimiento horizontal con una velocidad  $v_k$  en la dirección del golpe.



8. ¿Cuál de las siguientes trayectorias seguiría aproximadamente el disco después de haber recibido el golpe



\_\_\_ 1. \_\_\_ 2 \_\_\_ 3 \_\_\_ 4 \_\_\_ 5

9. La velocidad del disco inmediatamente después de haber recibido el golpe es:

1. igual a la velocidad  $v_o$  que tenía antes de recibir el golpe
2. igual a la velocidad  $v_k$  resultante del golpe e independiente de la velocidad  $v_o$
3. igual a la suma aritmética de las velocidades  $v_o$  y  $v_k$
4. menor que las velocidades  $v_o$  o  $v_k$

mayor que cualquiera de las dos velocidades  $v_o$  o  $v_k$  pero menor que la suma aritmética de las dos velocidades.

10. Con relación a la trayectoria sin fricción que usted ha seleccionado en la pregunta 8, la velocidad del disco, después de recibir el golpe:

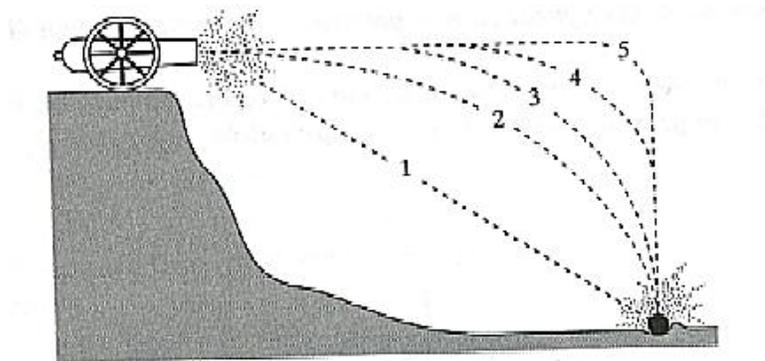
1. es constante

2. aumenta continuamente
3. disminuye continuamente
4. aumenta por un tiempo pero disminuye después
5. es constante por un tiempo y disminuye después

11. Con relación a la trayectoria sin fricción que usted ha seleccionado en la pregunta 8, la o las fuerzas principal(es) que actúa(n) en la pelota después de haber recibido el golpe es (son):

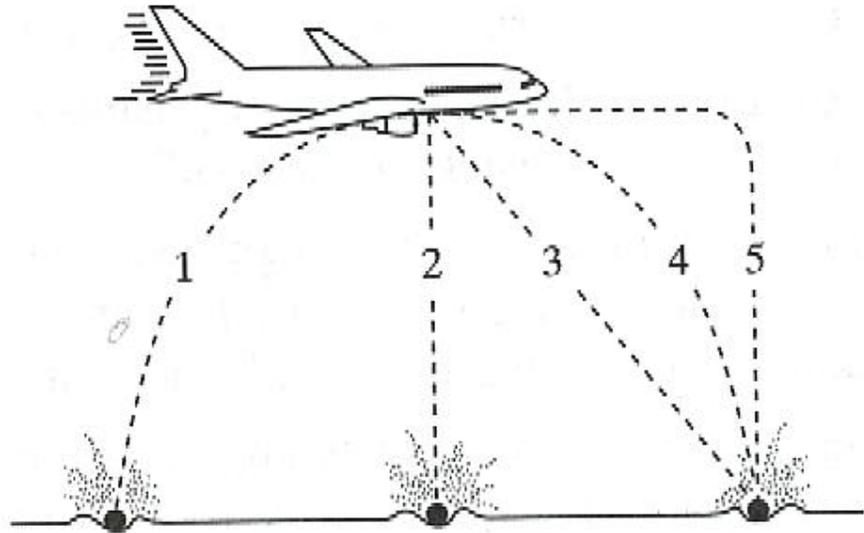
1. La fuerza de gravedad
2. la fuerza de gravedad y la fuerza horizontal en la dirección del movimiento
3. la fuerza de gravedad, la fuerza hacia arriba ejercida por la superficie y una fuerza horizontal en la dirección del movimiento
4. la fuerza de gravedad y la fuerza hacia arriba ejercida por la superficie
5. ninguna (ninguna fuerza actúa sobre el disco)

12. Se dispara una bala de cañón desde la cima de una montaña tal como se señala más abajo. ¿Cuál de las trayectorias 1-5 seguirá aproximadamente la bala de cañón?



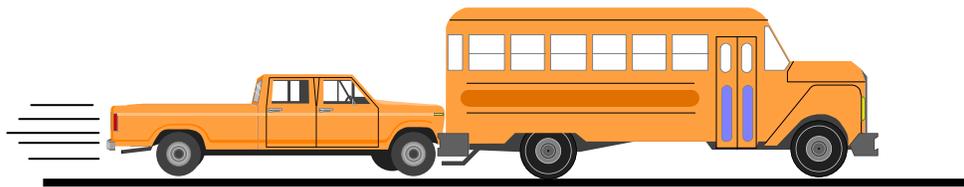
13. Un joven lanza hacia arriba una pelota de acero. Considere el movimiento de la pelota sólo después que ha dejado la mano del joven pero antes de que toque el suelo, y asuma que las fuerzas ejercidas por el aire son despreciables. Para estas condiciones, las fuerzas que actúan sobre la pelota son:
1. La fuerza de gravedad junto a una fuerza hacia arriba constantemente decreciendo.
  2. una fuerza hacia arriba constantemente decreciendo desde el momento que deja la mano del joven hasta que alcanza el punto más alto, en la vía hacia abajo hay una fuerza de gravedad creciendo constantemente a medida que la pelota se aproxima a la tierra.
  3. una casi constante fuerza de gravedad hacia abajo junto a una fuerza hacia arriba casi constantemente decreciendo hasta que la pelota alcanza su punto más alto, en el camino hacia abajo sólo hay una casi constante fuerza de gravedad hacia abajo.
  4. sólo una casi constante fuerza de gravedad hacia abajo.
  5. ninguna de las anteriores. La pelota cae a la tierra porque es su tendencia natural reposar en la superficie de la tierra.
14. Una pelota de bowling se cae accidentalmente de la carga de un avión mientras éste vuela en una dirección horizontal.

Si es observada por una persona parada en el suelo y viendo el avión como en la siguiente figura, ¿Cuál de los caminos 1-5 seguiría más de cerca la pelota de bowling después de dejar el avión?.



**Utilice las afirmaciones y figura siguientes para contestar las preguntas 15 y 16.**

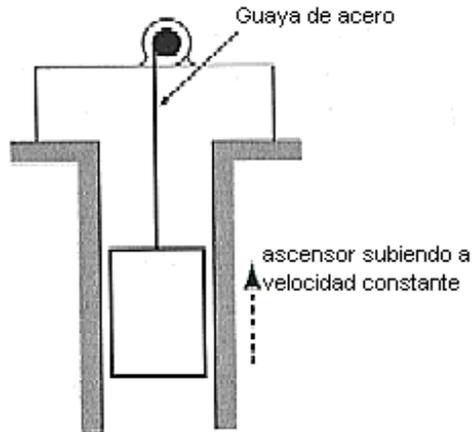
Un autobús sufre una avería y es empujado hacia su destino por una camioneta, tal como se señala en la siguiente figura:



15. Mientras la camioneta empuja el autobús y aumenta su velocidad hasta llegar a la velocidad constante,
1. la cantidad de fuerza con la cual la camioneta empuja al autobús es igual a aquella con la cual el autobús empuja la camioneta.

2. la cantidad de fuerza con la cual la camioneta empuja al autobús es menor que aquella con la cual el autobús empuja la camioneta
  3. la cantidad de fuerza con la cual la camioneta empuja al autobús es mayor que aquella con la cual el autobús empuja la camioneta.
  4. el motor de la camioneta esta prendido por lo tanto la camioneta empuja al autobús pero el motor del autobús está apagado por lo tanto éste no puede empujar al carro. El autobús es empujado hacia delante simplemente porque está en el camino de la camioneta.
  5. ni la camioneta ni el autobús ejercen ninguna fuerza sobre el otro. El autobús es empujado hacia adelante simplemente porque está en el camino de la camioneta.
16. Después que la camioneta alcanza la velocidad constante con la cual el conductor desea empujar al autobús,
1. la cantidad de fuerza con la cual la camioneta empuja al autobús es igual a aquella con la cual el autobús empuja al carro.
  2. la cantidad de fuerza con la cual la camioneta empuja al autobús es menor que aquella con la cual el autobús empuja al carro.
  3. la cantidad de fuerza con la cual la camioneta empuja al autobús es mayor que aquella con la cual el autobús empuja al carro.
  4. el motor de la camioneta está prendido por lo tanto ésta empuja al autobús, pero el motor del autobús no está prendido por lo tanto el autobús no empuja al carro. El autobús es empujado hacia delante simplemente porque está en el camino de la camioneta.
  5. ni la camioneta ni el autobús ejercen fuerza uno sobre el otro. El autobús es empujado hacia delante simplemente porque está en el camino de la camioneta.

17. . Un ascensor es elevado hacia arriba a una velocidad constante por un cable de acero como se señala en la figura más abajo. Todos los efectos de fricción son desestimables. En esta situación, las fuerzas en el ascensor son tales que



1. la fuerza hacia arriba del cable es mayor que la fuerza de gravedad hacia abajo.
2. La fuerza hacia arriba del cable es igual a la fuerza de gravedad hacia abajo.
3. la fuerza hacia arriba del cable es menor que la fuerza de gravedad hacia abajo.
4. la fuerza hacia arriba del cable es mayor que la suma de las fuerzas hacia abajo, de la gravedad y del aire.
5. ninguna de las anteriores. (El ascensor sube porque el cable se acorta, no porque una fuerza hacia arriba es ejercida por el cable sobre el ascensor).

18. La siguiente figura muestra a un joven meciéndose en un columpio. Empezó a columpiarse desde un punto más alto que P. Considere las siguientes fuerzas diferentes:

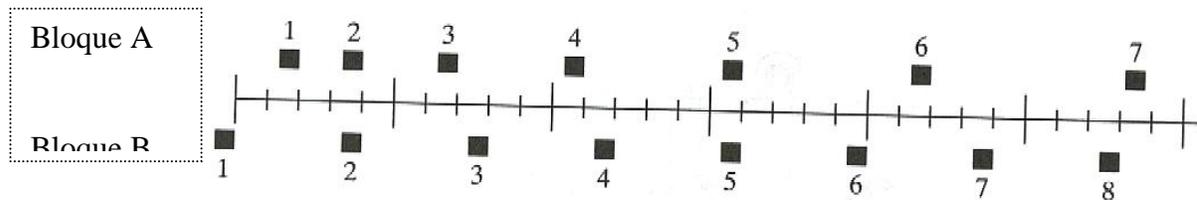


- A. la fuerza de gravedad
- B. una fuerza ejercida por la cuerda con dirección y sentido de P a O.
- C. una fuerza en la dirección del movimiento del joven
- D. una fuerza con la dirección y sentido de O a P.

¿Cuál de la(s) siguiente(s) fuerza(s) actúa(n) sobre el joven cuando él está en la posición P?

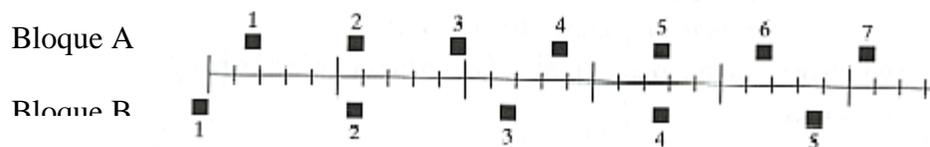
- 1. Sólo A
- 2. A y B
- 3. A y C
- 4. A, B y C
- 5. A, C, y D

19. Las posiciones de dos bloques a intervalos sucesivos de 0.20 segundos están representados por los números colocados encima de ellos en el siguiente dibujo. Los bloques se mueven hacia la derecha.



¿Hay algún instante en el cual los bloques tengan la misma velocidad?

1. No.
  2. Si, en el instante 2
  3. Si, en el instante 5
  4. Si, en los instantes 2 y 5
  5. Si, en algún instante durante el intervalo 3 a 4.
20. Las posiciones de dos bloques a intervalos sucesivos de 0.20 segundos están representados por los números colocados encima de ellos en el siguiente dibujo. Los bloques se mueven hacia la derecha.



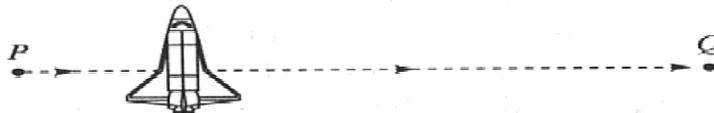
aceleraciones de los bloques se relacionan como sigue:

1. La aceleración de A es mayor que la aceleración de B.

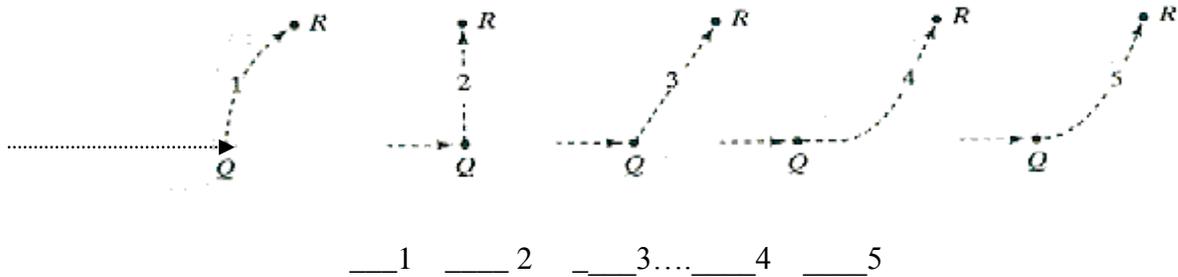
2. La aceleración de A es igual a la aceleración de B. Las dos aceleraciones son mayores que 0.
3. La aceleración de B es mayor que la aceleración de A.
4. La aceleración de A es igual a la aceleración de B. Ambas aceleraciones son 0.
5. No se proporciona suficiente información como para responder a la pregunta.

**Utilice la figura y las afirmaciones incluidas más abajo para responder las siguientes cuatro preguntas (21 a 24).**

Una nave espacial flota lateralmente en el espacio exterior desde el punto P hasta el punto Q como se muestra abajo. La nave no está sometida a fuerzas exteriores. Se enciende el motor de la nave en el punto Q y se genera un empuje constante (fuerza de la nave) en ángulos rectos a la línea PQ. Este empuje se mantiene constante hasta que la nave espacial alcanza al punto R en el espacio.



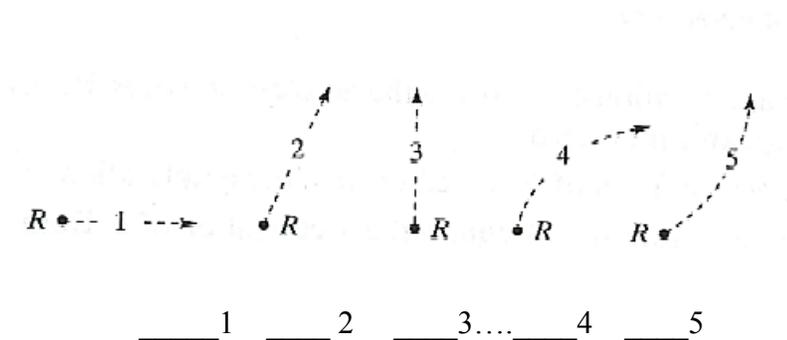
21. ¿Cuál de las trayectorias 1-5 indicados abajo representa mejor la de la nave entre los puntos Q y R?



22. A medida que la nave espacial se mueve desde el punto Q al punto R su velocidad es:

1. constante
2. aumenta constantemente
3. disminuye constantemente
4. aumenta por un tiempo y de allí en adelante es constante
5. constante por un tiempo y disminuye de allí en adelante.

23. Al llegar al punto R se apaga el motor y el empuje se hace cero.. ¿Cuál de las trayectorias 1-5 describirá la nave después del punto R?



24. Después de la posición R, la velocidad de la nave espacial:

1. es constante
2. aumenta continuamente
3. decrece continuamente
4. aumenta por un tiempo y después es constante
5. es constante por un tiempo y después decrece

25. Una mujer ejerce una fuerza horizontal sobre una caja. Como resultado la caja se mueve sobre el piso en dirección horizontal y a velocidad constante  $v_0$ .

La fuerza horizontal constante aplicada por la mujer

1. tiene la misma magnitud que el peso de la caja }
2. es mayor que el peso de la caja
3. tiene la misma magnitud que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja.
4. es mayor que la fuerza total que se opone al movimiento de la caja
5. es mayor que el peso de la caja o que la fuerza total que se opone a su movimiento.

26. Si la mujer de la situación anterior duplica la fuerza horizontal constante que ella ejerce sobre la caja para empujarla en dirección horizontal al piso, entonces, la caja se mueve

1. con una velocidad constante que es el doble de la velocidad  $v_0$  en la pregunta anterior.
2. Con una velocidad constante que es mayor que la velocidad  $v_0$  de la pregunta anterior pero no necesariamente el doble.
3. Por un momento con una velocidad que es constante y mayor que la velocidad  $v_0$  de la pregunta anterior, y de allí en adelante con una velocidad que aumenta constantemente.
4. Por un momento con una velocidad que aumenta y a partir de allí con velocidad constante.
5. Con una velocidad que aumenta continuamente.

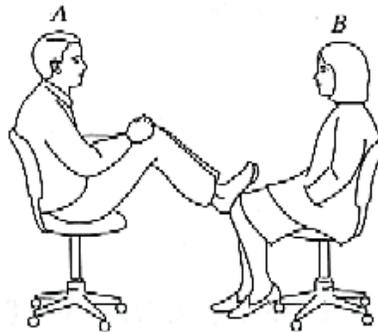
27. Si la mujer de la pregunta 25 repentinamente deja de aplicar la fuerza horizontal a la caja, entonces ésta

1. inmediatamente se detiene
2. continua moviéndose a velocidad constante por un tiempo y después se mueve lentamente hasta que se detiene.

3. Inmediatamente se mueve más lentamente hasta que se detiene
4. Continúa a velocidad constante
5. Aumenta su velocidad por un tiempo y después su movimiento se hace más lento hasta que se detiene.

28. En el siguiente dibujo, el estudiante A tiene una masa de 75 kg. y la estudiante B tiene una masa de 57 Kg.. Ellos están sentados en unas sillas de oficina idénticas, uno enfrente del otro.

El estudiante A coloca sus pies sobre las rodillas de la estudiante B, como se muestra en el dibujo. El estudiante A repentinamente empuja sus pies



provocando que las dos sillas se muevan

Durante el empujón y mientras los estudiantes todavía están tocándose el uno al otro.

1. Ningún estudiante ejerce fuerza sobre el otro
2. El estudiante A ejerce fuerza sobre el estudiante B, pero B no ejerce ninguna fuerza sobre A.
3. Cada estudiante ejerce fuerza uno sobre el otro pero B ejerce una fuerza mayor.
4. Cada estudiante ejerce una fuerza sobre el otro pero A ejerce una fuerza mayor.
5. Cada estudiante ejerce la misma fuerza uno sobre el otro.

29. Una silla de oficina está en reposo sobre el piso. Considere las siguientes fuerzas:

- A. La fuerza de gravedad
- B. Una fuerza hacia arriba ejercida por el piso
- C. Una fuerza neta hacia abajo ejercida por el aire

¿Cuál o cuáles de estas fuerzas están actuando sobre la silla?

- 1. Solamente A
- 2. A y B
- 3. B y C
- 4. A, B y C
- 5. Ninguna fuerza (como la silla está en reposo no hay fuerzas actuando sobre ella).

30. A pesar de un fuerte viento, un jugador de tenis le pega con su raqueta a una pelota de tenis, de tal manera que la pelota pasa encima de la malla y cae sobre el piso de la cancha de su oponente.

Considere las siguientes fuerzas:

- A. La fuerza de gravedad
- B. La fuerza del “golpe”
- C. La fuerza ejercida por el aire

¿Cuál o cuáles de las siguientes fuerzas actúa sobre la pelota de tenis, después que abandonó el contacto con la raqueta y antes de tocar el suelo?

- 1. Solamente A
- 2. A y B
- 3. A y C

4. B y C
5. A, B y C



---

GUÍA DE LECTURA

Antes de venir a tu clase es necesario que leas, en el libro texto recomendado, las secciones correspondientes al tema que se va a tratar. Al inicio de la clase completaras una pequeña prueba, con la cual sólo se intenta determinar si realizaste o no la lectura.

**Texto de Referencia:**

Serway; Raymond A. Física. Tomo I. 4ta. edición.(1997). McGraw-Hill Interamericana de Venezuela. Capitulo 2. P.p. 23 a 45.

Palabras claves:

- Partícula
- Posición
- Desplazamiento
- Gráfica posición-tiempo
- Velocidad Promedio.(Con relación a este concepto, en el texto, hay un error. Detéctalo y acláralo).
- Velocidad Instantánea
- Rapidez
- Gráfica velocidad-tiempo.
- Aceleración
- Gráfica aceleración-tiempo
- Resumen de Ecuaciones para el movimiento en una dimensión bajo aceleración constante.

- Caída Libre.

### GUÍA DE LECTURA

Antes de venir a tu clase es necesario que leas, en el libro texto recomendado, las secciones correspondientes al tema que se va a tratar. Al inicio de la clase completarás una pequeña prueba, con la cual sólo se intenta determinar si realizaste o no la lectura.

#### **Texto de Referencia:**

Serway; Raymond A. Física. Tomo I. 4ta. edición.(1997). McGraw-Hill Interamericana de Venezuela. Capítulo 3. P.p. 53 a 65.

#### Palabras claves para guiar la lectura:

- Sistema de referencia
- Sistema de coordenadas: Cartesianas y polares.
- Cantidad Escalar
- Cantidad Vectorial. Elementos
- Operaciones con Vectores(gráfica y analíticamente): Suma, Resta, Multiplicación por un Escalar.
- Magnitud o Módulo de un Vector.
- Componentes de un Vector

### GUÍA DE LECTURA

Como es de **TU** conocimiento, de acuerdo con el cronograma de actividades, los contenidos que se van a tratar próximamente están relacionados con:

- MOVIMIENTO EN DOS DIMENSIONES. CONCEPTOS BÁSICOS.

- MOVIMIENTO DE PROYECTILES.

Según el modelo de “APRENDIZAJE CON PARES” TU debes leer y preparar el material que se menciona a continuación. El mismo aparece el libro texto: Física. Tomo I. Capítulo 4. 4ta. edición. p.p.: 71 a 84.

- \*Vector de posición, desplazamiento, velocidad y aceleración.

- \*Trayectoria. Distancia recorrida.

- \*Rapidez.

- \*Interpretación geométrica del vector de velocidad y aceleración.

- \*Vector de aceleración constante.

- \*Vector de posición para el movimiento en dos dimensiones bajo la acción de una aceleración constante.

- \*Vector de velocidad para el movimiento en dos dimensiones bajo la acción de una aceleración constante.

- \*Componentes del vector “**g**”(aceleración de gravedad)

- \*Componente horizontal del vector velocidad en un movimiento bajo la acción de **g**.

- \*Componente vertical del vector velocidad en un movimiento bajo la acción de **g**.

- \*Componente horizontal del vector de posición en un movimiento bajo la acción de **g**.

- \*Componente vertical del vector de posición en un movimiento bajo la acción de **g**.

- \*Ecuación cartesiana(  $y=f(x)$  ) de la trayectoria en un movimiento bajo la acción de **g**.

- \*Alcance horizontal.

- \*Altura máxima.

- \*Interprete el siguiente párrafo que aparece en el texto en la pag. 80:

“ No olvide que las ecuaciones 4.17 y 4.18 son útiles para calcular h y R sólo si  $v_0$  y  $\theta_0$  se conocen y **sólo para una trayectoria simétrica**, como la mostrada en la figura 4.7.”

## GUÍA DE LECTURA

Siguiendo con el modelo de “INSTRUCCIÓN POR PARES”, y como parte de **tus** obligaciones como estudiante **universitario**, es preciso que leas y prepares el material que se tratará la semana que viene. A fin de orientar dicha lectura se recomienda que sigas las siguientes pautas.

Material de Lectura:

**1.-) Texto:** Física. Tomo I. Capítulo 4. P.p.: desde la 85 hasta la 89. Autor: Serway, Raymond.

**2.-) Guía de Trabajo Práctico.** Movimiento Circular.

**3.-) Guía de Movimiento Circular**

Palabras Claves:

- Aceleración Centrípeta
- Aceleración Tangencial
- Aceleración Total
- Radio de curvatura
- Vector Unitario Radial
- Vector Unitario Tangencial
- Movimiento Circular
- Movimiento Circular Uniforme
- Movimiento Circular Uniformemente Variado

## GUÍA DE LECTURA

En las semanas próximas, se inicia el estudio de la **Dinámica**. Con el fin de presentar la prueba de comprobación de lectura N° 5, se sugiere que prepares el siguiente material:

- Fuerza
- Equilibrio
- Sistemas de referencia inerciales
- Sistemas de referencia no inerciales
- Primera Ley de Newton
- Masa inercial. Masa gravitatoria
- Segunda Ley de Newton
- Peso
- Tercera Ley de Newton
- Diagrama de cuerpo libre
- Fuerza Normal
- Fuerza de fricción
- Fuerzas Centrales
- Fuerza Centrípeta
- Fuerza Tangencial
- Peralte
- Fuerzas Ficticias
- Fuerza Centrífuga

Todos estos aspectos se encuentran en el Texto: **Serway, R. Tomo I. Capítulo 5 y 6. P.p.:105 - 130 y 145 - 153.** Además debes leer el material titulado: **“ACERCA DEL MODELO NEWTONIANO DE LA MECÁNICA CLÁSICA” Y “FUERZAS DE FRICCIÓN”.**

## MODELOS DE PRUEBAS DE CONOCIMIENTOS INICIALES



UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Proyecto Mesas de Trabajo

CADH-Ingeniería-Educación

### PRUEBA DE COMPROBACIÓN DE LECTURA

Apellidos \_\_\_\_\_ y Nombres: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Cédula de Identidad: \_\_\_\_\_ Expediente: \_\_\_\_\_

Sección: \_\_\_\_\_

#### Cinemática. Movimiento en una dirección

##### Parte I. Selección Simple

**Instrucciones:** Marca con una “equis” (x) la alternativa correcta.(2 puntos c/u)

1.- Una piedra se arroja hacia arriba y alcanza una altura  $H$  antes de caer de nuevo al piso  $t$  segundos después. Su velocidad media durante el intervalo de tiempo  $t$  es:

- ( ) 0
- ( )  $H/2t$
- ( )  $H/t$
- ( )  $2H/t$
- ( ) Ninguna de las anteriores

2.- Un automóvil que viaja con una rapidez inicial  $v$  se para en un intervalo de tiempo  $t$ . Si la desaceleración durante este intervalo  $t$  es constante, ¿cuál de las siguientes afirmaciones es correcta para dicho intervalo?.

- ( ) La distancia recorrida es  $vt/2$
- ( ) La rapidez media es  $vt$
- ( ) La aceleración es  $-v/t$

- La distancia recorrida es  $vt^2/2$
- Ninguna de las anteriores

3.- Una pelota se arroja verticalmente hacia arriba; alcanza su punto más alto y regresa. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es la correcta?.

- La aceleración siempre está en la dirección del movimiento
- La aceleración siempre se opone a la velocidad
- La aceleración siempre está dirigida hacia abajo
- La aceleración siempre está dirigida hacia arriba
- Ninguna de las anteriores

4.- Un objeto se deja caer desde el reposo. Durante el primer segundo cae una distancia  $x_1$  y una distancia adicional  $x_2$  en el siguiente segundo; la relación  $x_2/x_1$  es:

- 1
- 2
- 3
- 5
- Ninguna de las anteriores

5.- Una piedra de masa  $M$  se lanza hacia arriba, con una velocidad inicial  $v_0$ ; alcanza una altura  $H$ . Una segunda piedra de masa  $2M$  se lanza hacia arriba con una velocidad inicial de  $2v_0$ . ¿Qué altura alcanzará?.

- $H/2$
- $2H$
- $H$
- $4H$
- $H$
- Ninguna de las anteriores

6.- Una pelota se arroja hacia arriba. Después de que se suelta su aceleración:

- permanece constante
- aumenta
- disminuye
- es cero
- Ninguna de las anteriores

7.- Una piedra de masa  $M_1$  se deja caer desde el techo de un edificio alto. Al mismo instante, otra piedra de masa  $M_2$  se deja caer desde una ventana 10m abajo del techo. La distancia entre las dos piedras durante su caída

- ( ) disminuye
- ( ) permanece en 10m siempre
- ( ) aumenta
- ( ) depende de la relación  $M_2/M_1$
- ( ) Ninguna de las anteriores

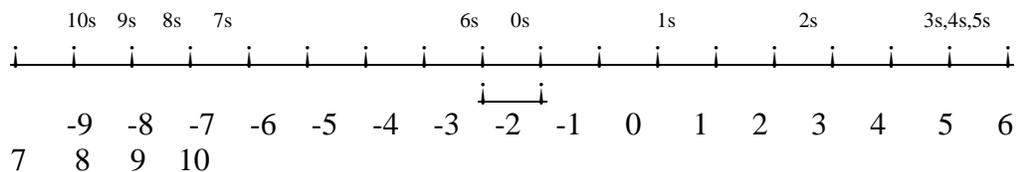
8.- Una maceta se cae desde el pretil de una ventana de un quinto piso. Exactamente cuando pasa por la ventana del tercer piso alguien deja caer accidentalmente un vaso con agua desde esa ventana. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es la correcta

- ( ) La maceta llega primero al piso y con una velocidad mayor que la del vaso
- ( ) La maceta toca el piso al mismo tiempo que el vaso, pero la rapidez de la maceta es mayor
- ( ) La maceta y el vaso tocan el piso al mismo instante y con la misma velocidad
- ( ) El vaso toca el piso antes que la maceta
- ( ) Ninguna de las anteriores

Parte II. Completación. (1 punto c/u)

**Instrucciones:** Completa los espacios en blanco con la respuesta correcta.

La siguiente ilustración muestra las posiciones de un móvil medidas en metros(m) con respecto a un observador ubicado en el origen 0 y que se mueve sobre una trayectoria rectilínea. El fenómeno se cronometró durante 10s.



.- La posición a los 7seg es \_\_\_\_\_(indique las unidades)

- El desplazamiento entre los 0seg y los 8seg es \_\_\_\_\_(indique las unidades)

- La distancia recorrida en 6seg es \_\_\_\_\_(indique las unidades)

- La velocidad promedio al final del recorrido es \_\_\_\_\_(indique las unidades)

### Sistemas de Coordenadas. Vectores

#### Parte I. Selección Simple

**Instrucciones:** Marca con una “equis” (x) la alternativa correcta.(2 puntos c/u)

1.- Dos puntos del plano tienen coordenadas polares  $(2.5m, 30^\circ)$  y  $(3.8m, 120^\circ)$ . La distancia entre ellos es aproximadamente:

- 90.01m
- 4.54m
- 3.39m
- Ninguna de las anteriores.

2.- Si la componente del vector **A** en la dirección de un vector **B** es cero, entonces:

- $\mathbf{A} \perp \mathbf{B}$
- $\mathbf{A} // \mathbf{B}$
- $\mathbf{A} = \mathbf{B}$
- Ninguna de las anteriores

3.- Sean **A** y **B** vectores tales que  $|\mathbf{A}| = 5$  y  $|\mathbf{B}| = 3$ , entonces debe ocurrir que:

- $|\mathbf{A} + \mathbf{B}| = 8$
- $|\mathbf{A} + \mathbf{B}| > 8$
- $|\mathbf{A} + \mathbf{B}| \leq 8$
- Ninguna de las anteriores

4.- La temperatura de un sistema es una cantidad:

- escalar
- vectorial
- a veces tiene comportamiento escalar y otras vectorial
- Ninguna de las anteriores

5.- Dado dos vectores **A** y **B** en el plano. Si  $\mathbf{A} + \mathbf{B} = \mathbf{0}$ , entonces podemos afirmar que:

el vector **B** tiene la misma dirección y sentido que el vector **A**, pero mayor magnitud

el vector **B** tiene la misma magnitud y sentido que el vector **A**, pero direcciones opuestas

el vector **B** tiene la misma magnitud y dirección que el vector **A**, pero sentido contrario

Ninguna de las anteriores

6.- Sean los vectores  $\mathbf{A} = 3\mathbf{i} + 2\mathbf{j}$  y  $\mathbf{B} = -7\mathbf{i} - 9\mathbf{j}$ . Se cumple que

$|\mathbf{A}| > |\mathbf{B}|$

$|\mathbf{A}| < |\mathbf{B}|$

$|\mathbf{A}| = |\mathbf{B}|$

Ninguna de las anteriores

7.- Si un punto del plano tiene coordenadas cartesianas (-3,3), entonces sus coordenadas polares son:

(4.24,45°)

(18,45°)

(4.24,135°)

(18,135°)

Ninguna de las anteriores

8.- Sean dos vectores **A** y **B** tales que  $\mathbf{A} = 2\mathbf{B}$ . Entonces

$\mathbf{A} \perp \mathbf{B}$

$\mathbf{A} // \mathbf{B}$

$\mathbf{A} = \mathbf{B}$

Ninguna de las anteriores

Parte II. Desarrollo.

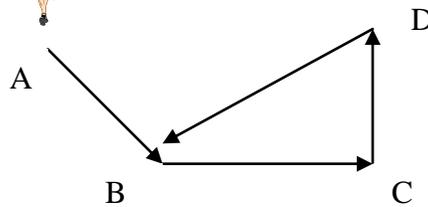
**Instrucciones:** Resuelve correctamente el siguiente planteamiento.(4 puntos)

.- Una persona pasea por la trayectoria mostrada en la figura. El recorrido total se compone de cuatro trayectos rectos. Al final del paseo:

a.- ¿Cuál es el desplazamiento resultante de la persona medido desde el punto de partida?

b.- ¿Cuál es la distancia total recorrida?

.....



AB = 6 m  
BC = 5 m  
CD = 4 m

### Cinemática. Movimiento en una dimensión

#### Parte I. Selección Simple

**Instrucciones:** Marca con una “equis” (x) la alternativa correcta.(2 puntos c/u)

.- Una piedra se lanza horizontalmente desde un acantilado de 20 m de altura con una velocidad inicial de 10m/seg. Una segunda piedra se deja caer simultáneamente desde ese acantilado. ¿Cuál de las siguientes afirmaciones es la correcta?

- ( ) Ambas chocan con el suelo con la misma velocidad
- ( ) Las dos llegan al suelo con la misma rapidez
- ( ) Durante el vuelo, es igual el cambio de velocidad de ambas piedras
- ( ) Durante el vuelo, es igual el cambio de rapidez de ambas piedras
- ( ) Ninguna de las anteriores

.- Una pelota de béisbol, al ser golpeada por un bateador, viaja hacia los jardines. La aceleración de la pelota durante el vuelo

- ( ) es la misma durante todo el trayecto
- ( ) depende de si la pelota va hacia arriba ó hacia abajo
- ( ) es máxima en la cúspide de su trayectoria
- ( ) depende de cómo se le pegó
- ( ) Ninguna de las anteriores

.- Dos pelotas se lanzan horizontalmente desde un edificio alto al mismo tiempo, una con velocidad  $v_0$  y la otra con velocidad  $v_0/2$

- ( ) La pelota con velocidad inicial  $v_0$  llega primero al piso
- ( ) La pelota con velocidad inicial  $v_0/2$  llega primero al piso
- ( ) Ambas pelotas llegan al suelo al mismo tiempo
- ( ) No se puede saber cuál llega primero si no se conoce la altura del piso
- ( ) Ninguna de las anteriores

.- Dos proyectiles, A y B se disparan desde el piso plano horizontal con velocidades iniciales idénticas. La velocidad inicial de A hace un ángulo  $\theta_A$  con la horizontal, y B hace un ángulo  $\theta_B$  también con la horizontal. Si  $\theta_A < \theta_B < 90^\circ$ ,

- ( ) el proyectil B dura más tiempo en el aire y viaja más lejos que A
- ( ) el proyectil B dura más tiempo en el aire y no llega tan lejos como el A
- ( ) el proyectil B dura más tiempo en el aire y alcanza mayor elevación que el proyectil A
- ( ) las dos primeras alternativas son correctas
- ( ) Ninguna de las anteriores

.- Un cazador le dispara a un pato que vuela horizontalmente a una altura H. El intervalo de tiempo entre el acertar al pato y cuándo éste llega al suelo depende de

- ( ) qué tan rápido volaba el pato
- ( ) cuán rápido volaba el pato y cuál era la altura H
- ( ) la altura H
- ( ) la altura H y la distancia entre el cazador y el pato cuando lo alcanzó la bala
- ( ) Ninguna de las anteriores

.- La figura muestra la trayectoria de una pelota. En el punto A, de altura máxima,

- ( ) la velocidad es cero, pero la aceleración no es cero
- ( ) la velocidad, no es cero, pero la aceleración es cero
- ( ) la rapidez es menor que en B, pero la aceleración es mayor en B

la velocidad y aceleración son perpendiculares

Ninguna de las anteriores

.- Una de las siguientes afirmaciones es incorrecta

Si la aceleración es cero el vector velocidad debe ser constante

Si el módulo de la velocidad es constante, la aceleración debe ser cero

Es imposible desplazarse a lo largo de una curva sin aceleración

El vector velocidad instantánea está siempre en la dirección del movimiento

El vector aceleración instantánea no siempre queda en la dirección del movimiento

.- En un determinado intervalo de tiempo la distancia total recorrida por una partícula a lo largo de su trayectoria es 5 m. Es imposible que su desplazamiento en ese mismo intervalo de tiempo tenga una magnitud de

0

1 m

3 m

5 m

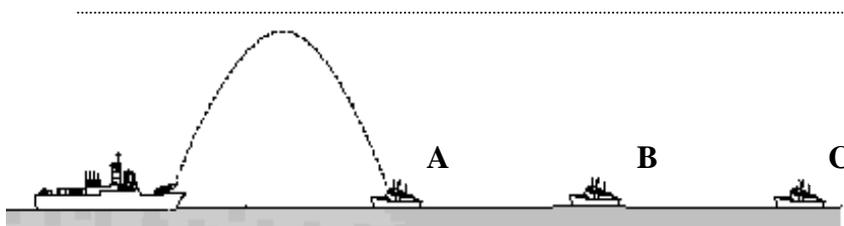
6 m

Ninguna de las anteriores

### Movimiento en dos dimensiones

La presente figura se refiere a las dos preguntas que siguen

Un buque de guerra dispara simultáneamente tres proyectiles A, B y C, de manera tal que alcanzan la misma altura máxima, pero tienen diferentes alcances horizontales.



- ¿Cuál de los barcos recibe primero el impacto?

- ( ) el barco A
- ( ) el barco B
- ( ) el barco C
- ( ) los tres barcos reciben el impacto simultáneamente
- ( ) Ninguna de las anteriores

- ¿Cuál de los tres proyectiles tuvo mayor rapidez inicial?

- ( )  $V_A > V_B > V_C$
- ( )  $V_A < V_B < V_C$
- ( )  $V_A = V_B = V_C$
- ( ) Ninguna de las anteriores

Parte I. Verdadero-Falso. (2 punto c/u)

**Instrucciones:** Para cada ítem se debe marcar una sólo respuesta con una “equis”.

ITEM	V	F
En un movimiento circular uniforme, el vector velocidad permanece constante		
En un movimiento circular uniformemente variado, la velocidad angular no depende del tiempo		
En un movimiento circular, el vector velocidad jamás es paralelo al vector de aceleración de la partícula		
En cualquier movimiento circular, el vector velocidad de la partícula es perpendicular al vector aceleración de la misma		
En todo movimiento circular, el vector de posición de la partícula es perpendicular al vector de velocidad		
En cualquier movimiento circular, el vector de aceleración es		

diferente de cero		
En un movimiento circular se cumple que $v = \omega R$ , donde $\omega$ es la velocidad angular; $v$ es la velocidad tangencial y $R$ es el radio de la circunferencia		
En un movimiento circular uniformemente variado la aceleración de la partícula tiene una componente tangencial y una componente radial		
En un movimiento circular, la componente radial de la aceleración se expresa $a_r = -\omega^2 R$ , donde $\omega$ es la velocidad angular y $R$ el radio de la circunferencia		
La componente tangencial del vector aceleración en un movimiento circular, viene expresada por $a_t = \alpha R$ , donde $\alpha$ es la aceleración angular y $R$ el radio de la circunferencia		

### Dinámica

Parte I. Verdadero-Falso. (1 punto c/u)

**Instrucciones:** Para cada ítem se debe marcar una sólo respuesta con una "equis". Una respuesta incorrecta elimina una correcta.

ITEM	V	F
La Dinámica es la parte de la Mecánica que estudia el movimiento desde el punto de vista de las causas que lo producen		
La ley de inercia establece que si no se ejercen fuerzas sobre una partícula, ésta debe estar quieta		
Toda partícula libre de la acción de fuerzas debe moverse con velocidad constante		
Cuando frenamos de repente nuestro carro, nos vamos hacia delante debido a la inercia del movimiento		
Un camión cargado de bloques acelera bruscamente, si los bloques no están sujetos caen hacia delante		
La segunda ley de Newton puede interpretarse como una relación entre las fuerzas que actúan sobre una partícula y la aceleración que ésta		

adquiere debido a la acción de tales fuerzas		
Si una partícula ejerce una fuerza sobre otra, ésta última reacciona sobre la primera con una fuerza de igual magnitud y del mismo sentido		
Para predecir el movimiento de una partícula, de masa conocida, basta conocer las fuerzas que actúan sobre ella		
La fuerza de fricción estática es constante		
La fuerza de fricción estática entre dos superficies, sólo aparece entre cuerpos en reposo		
La fuerza de fricción estática es variable, porque depende de las demás fuerzas que actúan sobre un cuerpo		
Si un cuerpo está en reposo y no tiende a moverse, la fuerza de fricción estática sobre él es nula		
La fuerza de fricción dinámica entre dos superficies, no puede ser mayor que la fuerza de fricción estática entre las mismas superficies		
La fuerza de fricción dinámica entre dos superficies nunca puede ser mayor que la fuerza de fricción estática máxima entre tales superficies		
La fuerza de fricción dinámica entre dos superficies dadas es constante		
Según el enfoque Newtoniano de la Mecánica, los únicos agentes capaces de modificar el estado de reposo o de M.R.U. de un cuerpo son las fuerzas		
De la segunda ley de Newton se obtienen las ecuaciones del movimiento de una partícula		
Existen fuerzas en la naturaleza que no actúan en pares de acción y reacción		
La unidad MKS de fuerza es el Joule		
Las fuerzas ficticias aparecen como resultado de hacer mediciones desde un sistema de referencia no inercial		

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
NUCLEO DE CIENCIAS BÁSICAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
CÁTEDRA DE FÍSICA GENERAL I

**PRUEBA PARCIAL N° 1**

Parte II. Desarrollo.

**Instrucciones:** Responde correctamente cada uno de los siguientes planteamientos.

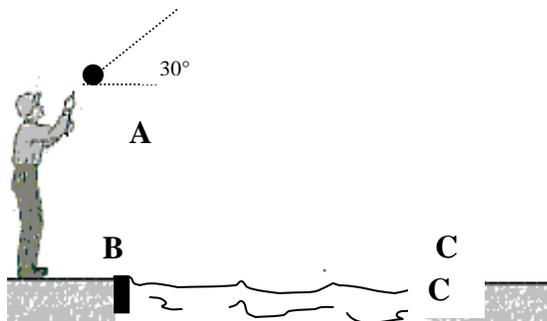
1. - Un grifo gotea a razón de una gota cada segundo, y se encuentra a 24,2m del suelo. Determine:

- a.- El tiempo que está cada gota en el aire.
  - b.- ¿Cuántas gotas pueden estar en el aire simultáneamente?
  - c.- ¿Cuál es la separación entre cada gota cuando una de ellas está a punto de chocar con el suelo?
- ( 4 puntos )

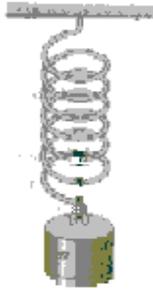
.2. – El joven que aparece en la figura siempre arroja pelotas con un ángulo de  $30^\circ$  desde el punto A.

- a.- Determine la rapidez mínima y máxima  $v_A$  con que deberán lanzarse de modo que caigan en la piscina.
- b.- Determine el tiempo entre los dos lanzamientos de modo que las pelotas golpeen los extremos de la piscina, B y C, en el mismo instante.
- c.- Determine la velocidad con la cual llegará cada pelota a su respectivo punto. ( 4 puntos)

....



3. .- Considere un sistema masa-resorte cuya configuración inicial es la indicada en la figura. ( 6 puntos )



$$\begin{aligned} t_0 &= 0 \\ x_0 &= A \\ v_0 &\geq 0 \end{aligned}$$

La aceleración de este sistema en ausencia de fricción viene dada por la expresión:

$$a(x) = -\frac{k}{m}x$$

donde  $k$  y  $m$  son constantes positivas.

**Las condiciones iniciales están dadas por  $t_0=0$ ,  $x(0)=x_0=A$  y  $v(t_0)=v_0>0$ .**

a.- Hallar analíticamente la velocidad en función de la posición, es decir  $v=v(x)$ .

Nota: Tomar sólo la solución positiva  $v\geq 0$ .

b.- Determine el dominio de  $v(x)$ .

c.- Determine el rango de  $v(x)$ .

d.- Sabiendo que  $\int \frac{dx}{\sqrt{a^2 - x^2}} = \text{Arcsen} \frac{x}{a}$ , hallar la posición en función del tiempo,

es decir  $x=x(t)$ .

e.- Comprobar que esta solución satisface las condiciones iniciales, es decir, comprobar que  $x(t_0)=A$  y que  $v(t_0)=v_0$ .

f.- Exprese  $x=x(t)$  sabiendo que  $A=1$ ,  $m=3$ ,  $K=9$  y  $v_0=3$ .

f.1.- Diga cuál es el máximo desplazamiento del objeto respecto al origen.

f.2.- Diga cuál es máxima rapidez del objeto.

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
NUCLEO DE CIENCIAS BÁSICAS  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
CÁTEDRA DE FÍSICA GENERAL I

**PRUEBA PARCIAL N° 2**

Parte II. Desarrollo.

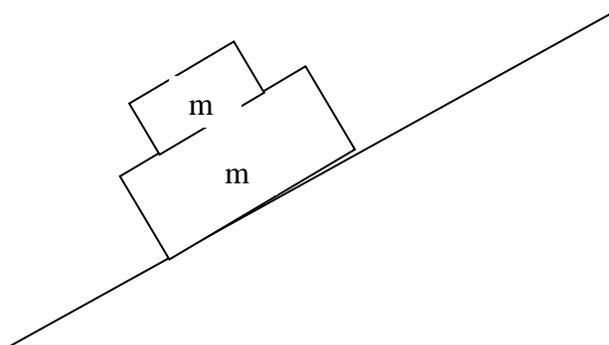
**Instrucciones:** Responde correctamente cada uno de los siguientes planteamientos.

1.- Una rueda de radio 0,5m empieza a girar desde el reposo y acelera de forma tal que su velocidad angular aumenta uniformemente a 200 rpm en 6 seg. Después de girar algún tiempo con esta última rapidez, se aplican los frenos y la rueda se detiene en 5 min. El número total de revoluciones de la rueda es de 3100.

Se pide: (9 puntos)

- El gráfico de la velocidad angular como función del tiempo, es decir  $\omega=\omega(t)$ . Identifique los tipos de movimiento.
- El tiempo total de rotación
- El ángulo total de giro expresado en radianes
- El número de vueltas que da con M.C.U.
- Hallar la aceleración total ( $a_T$ ) a los 3seg, 8seg y 782seg.

2.- Se tiene un plano inclinado  $60^\circ$  sobre la horizontal. Por él suben dos bloques  $m_1=1\text{ Kg}$  y  $m_2=0,1\text{ Kg}$  empujados por una fuerza externa  $F$  como se ilustra en la figura. Entre el bloque  $m_1$  y el plano inclinado no hay fricción, pero sí la hay entre los bloques  $m_1$  y  $m_2$  cuyos coeficientes son respectivamente  $\mu_e=0,4$  y  $\mu_d=0,2$ . Se pide: (9puntos)



a) La fuerza de fricción cuando: (a.1)  $F=20\text{New}$  y (a.2)  $F= 10\text{New}$

b) La aceleración de cada bloque cuando: (b.1)  $F=20\text{New}$  y (b.2)  $F=10\text{New}$

3.- Una moneda de 3.1 gr. descansa sobre un pequeño bloque de 20 gr. soportado por un disco giratorio. Si los coeficientes de fricción entre el bloque y es disco son  $\mu_e=0.75$  y  $\mu_d=0,64$ , en tanto que para la moneda y el bloque son  $\mu_e=0,52$  y  $\mu_d=0,45$ , ¿cuál es la velocidad máxima del disco en rpm sin que el bloque ni la moneda se deslicen sobre el disco? (8 puntos)



## UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

Proyecto Mesas de Trabajo

CADH-Ingeniería-Educación

### CUESTIONARIO

A continuación encontrará una serie de preguntas relativas al método de **aprendizaje entre pares** que se comenzó a utilizar este semestre en el curso de Física I.

**Le agradecemos de antemano su gentil colaboración al responder del modo más sincero posible para, de esa manera, conocer su opinión respecto al valor de ésta metodología como recurso de aprendizaje para ser utilizado, en el futuro, en ésta u otras asignaturas de la carrera.**

1. Describa con sus palabras la manera cómo Ud. Entiende el método de **aprendizaje entre pares**.

2. Considera Ud. Que la utilización de éste método contribuyó a:

Aumentar su <b>comprensión</b> de la asignatura	Poco 1 2 3 4 5 6 7 mucho
Aumentar <b>su interés</b> por la signatura.....	Poco 1 2 3 4 5 6 7 mucho
Aumentar su <b>participación</b> en las clases	Poco 1 2 3 4 5 6 7 mucho
Aumentar la utilización del <b>texto</b> como apoyo	Poco 1 2 3 4 5 6 7 mucho
Aumentar el <b>conocimiento de sí mismo como estudiante</b>	Poco 1 2 3 4 5 6 7 mucho
Mejorar su <b>desempeño</b> en la signatura	Poco 1 2 3 4 5 6 7 mucho

Mejorar su <b>método para estudiar la materia</b>	Poco 1 2 3 4 5 6 7 mucho
Mejorar su relación <b>con sus compañeros</b>	Poco 1 2 3 4 5 6 7 mucho
Mejorar su <b>relación con el profesor</b>	Poco 1 2 3 4 5 6 7 mucho

3. Considera que el **tiempo** que se empleó en la clase en el uso de este método debería:

Aumentar \_\_\_\_      Mantener igual \_\_\_\_      Disminuir \_\_\_\_

4. Considera que el **texto** utilizado como apoyo para el aprendizaje resultó:

Apropiado \_\_\_\_1 \_\_\_\_2 \_\_\_\_3 \_\_\_\_4 \_\_\_\_5 \_\_\_\_6 \_\_\_\_7\_\_\_\_ Inapropiado

5. Considera que la **evaluación** del aprendizaje de esta asignatura fue:

Apropiado \_\_\_\_1 \_\_\_\_2 \_\_\_\_3 \_\_\_\_4 \_\_\_\_5 \_\_\_\_6 \_\_\_\_7\_\_\_\_ Inapropiada

6. Considera que la manera como se implementó el método se correspondió con la información que le suministró el profesor al respecto

Poco \_\_\_\_1 \_\_\_\_2 \_\_\_\_3 \_\_\_\_4 \_\_\_\_5 \_\_\_\_6 \_\_\_\_7\_\_\_\_ Mucho

7. Le parece que pudiera ser de utilidad extender la utilización de este método a otras asignaturas

Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

8. Qué sugerencias o comentarios pudiera ofrecer en base a su experiencia como estudiante de este semestre, que contribuyan a optimizar la utilización de este método en esta u otras asignaturas de la carrera en el futuro.



**ANEXO B**  
**RECURSOS DIDÁCTICOS**

**UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**NÚCLEO DE CIENCIAS BÁSICAS**  
**DEPARTAMENTO DE FÍSICA**  
**CÁTEDRA DE FÍSICA GENERAL I**

**NORMATIVO DEL CURSO DE FÍSICA GENERAL I.**

El curso consta de cinco horas de clase teórica, impartidas por el profesor de la Cátedra.

La evaluación constará de tres **exámenes parciales**, ocho **pruebas de comprobación de lectura**, y un **trabajo de investigación**. Dichas evaluaciones conforman la Nota Previa de acuerdo con la siguiente distribución:

**1er. Parcial: 20%**

**2do. Parcial: 30%**

**3er. Parcial: 30%**

**Pruebas de Comprobación de Lectura: 10%**

**Trabajo de Investigación: 10%**

La fecha y hora de las pruebas parciales será fijada en los primeros días de clase, siendo los mismos de carácter departamental y acumulativo.

En caso de pérdida de algún parcial, este se llevará a cabo durante la última semana de clase del semestre, **previa solicitud por escrito** ante la Cátedra y con anexo de los soportes pertinentes. De ser procedente la solicitud, el alumno será informado por escrito en la penúltima semana del semestre. Esta prueba versará sobre la totalidad de los contenidos contemplados en el presente cronograma.

Las inasistencias a las actividades prácticas: pruebas de comprobación de lectura, ejercicios de pares, seminarios, etc. serán calificadas con 00 sin derecho a recuperación.

Cualquier observación que el estudiante desee hacer en relación con las calificaciones obtenidas en alguna evaluación debe ser realizada dentro de la semana siguiente a la entrega de la nota por parte de profesor en el aula de clase. Pasado este lapso, no se aceptará ninguna observación.

Las pruebas parciales son corregidas tanto por “resultado final” como por “**procedimiento**”, entendiéndose esto último como: **conjunto de cálculos y comentarios complementarios que integran la solución de un problema dado**. Dicho procedimiento deberá ser llevado a cabo de la manera más ordenada y clara posible, teniendo una ponderación de un (1) punto sobre cada parcial. Este punto se dará o no a juicio del profesor y es de carácter inapelable. Con este objeto se recomienda al estudiante enumerar las ecuaciones más relevantes y tomar en cuenta dicha numeración en el desarrollo de los cálculos. La claridad y coherencia del procedimiento será tomada en cuenta en la puntuación del problema.

NOTA: Cualquier modificación al presente normativo será discutida en Cátedra y notificada oportunamente.

## CONTENIDOS DEL PROGRAMA

**Tema I: Cinemática en una Dimensión.** Definiciones básicas: Sistema de Referencia, Sistema de Coordenadas, posición, desplazamiento, distancia, distancia recorrida, velocidad, rapidez, aceleración. Gráficas:  $x=x(t)$ ,  $v=v(t)$  y  $a=a(t)$ . Derivar las ecuaciones de la cinemática en una dimensión a partir del Cálculo: (a) movimiento con aceleración constante. Caída Libre. (b) movimiento general.

**Tema II: Cinemática en dos Dimensiones.** Vectores: modulo, dirección y sentido. Representación geométrica de un vector. Representación analítica del vector de posición a través de un par ordenado en Coordenadas Cartesianas. Componentes de un vector. Operaciones con vectores tanto geoméricamente como analíticamente. Producto escalar: definición e interpretación geométrica. Posición, desplazamiento, aceleración. Carácter vectorial de estas magnitudes. Distancia, distancia recorrida, rapidez. Carácter escalar de estas magnitudes. Coordenadas Polares. Derivar las ecuaciones de la cinemática en dos dimensiones a partir del Cálculo: (a) movimiento con aceleración constante. Movimiento de Proyectiles. Interpretación del movimiento de proyectiles como la superposición de dos movimientos: un M.R.U. y un M.R.U.V. (b) Movimiento Circular Uniforme(M.C.U.) y Movimiento Circular Uniformemente Variado (M.C.U.V.).

**Tema III: Dinámica.** Sistemas de referencia Inerciales y no Inerciales. Leyes de Newton. Interpretar la segunda ley como una ecuación diferencial. Masa Inercial y Masa Gravitatoria. Aplicación de las Leyes de Newton en la resolución de problemas en los que intervengan: cuerdas y poleas ideales, planos inclinados, fricción. Aplicación de las Leyes de Newton a problemas en los que

intervengan partículas con M.C.U. y M.C.U.V. Introducir el concepto de Campo de Fuerzas.

**Tema IV: Trabajo y Energía.** Trabajo. Energía Cinética. Demostrar utilizando las técnicas del cálculo el Teorema del Trabajo y la Energía. Fuerzas conservativas. Fuerzas no conservativas. Energía Potencial. Establecer la relación diferencial entre un campo de fuerzas conservativo y la energía potencial asociada. Analizar diagramas de Energía utilizando las técnicas del cálculo. Ley de la conservación de la Energía mecánica. Potencia.

**Tema V: Movimiento Oscilatorio.** Movimiento Armónico Simple (M.A.S): elementos y definiciones básicas. Interpretación del movimiento circular uniforme como la superposición de dos movimientos armónicos simples. Sistema Masa-Resorte como modelo de M.A.S. El Péndulo como caso aproximado de un M.A.S. Energía de un M.A.S. Análisis del diagrama de energía de un M.A.S. Oscilaciones Amortiguadas. Oscilaciones Forzadas. Respuesta de un sistema. Resonancia.

**Tema VI: Ondas.** Ondas Viajeras en una dimensión. Elementos. Expresión matemática de una onda viajera: Función de Onda. Ondas transversales. Ondas Longitudinales. Ondas Sinusoidales. Superposición de ondas sinusoidales. Energía y Potencia transmitida por una onda sinusoidal. Ondas Estacionarias en una dimensión. Elementos. Resonancia. Pulsaciones. Velocidad de Onda. Velocidad de Grupo.

## CRONOGRAMA

Semana	Días Hábiles	Contenidos
1	5	Tema I
2	4 (jueves)	Tema I
3	5	Tema II
4	5	Tema II <b>1er Parcial</b>
5	4 (miércoles)	Tema III
6	5	Tema III
7	5	Tema III y Tema IV
8	5	Tema IV
9	4 (miércoles)	Tema IV <b>2do. Parcial</b>
10	4 (viernes)	Tema V
11	5	Tema V
12	2	Tema V
12	3	Tema V y Tema VI
13	5	Tema VI

14	5	Tema VI
15	5	Tema VI <b>3er. Parcial</b>

## BIBLIOGRAFÍA

### Libro Texto:

- Serway, R. A. (1997). Física. Tomo I. (4ta. ed.). México: Editorial McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.
- Ferreira, E. J.; Mujica, P. A. y Toledo, J. A. FÍSICA. Problemario. U.C.A.B. Facultad de Ingeniería

### Libros de Consulta:

- Beer, F. B. y Johnston, E. R. (1998). Mecánica Vectorial para Ingenieros. (6ta. ed.). México: Editorial McGRAW-HILL INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V.
- Fishbane, P. M.; Gasiorowicz, S. y Thornton, S. T. (1994). Física para Ciencias e Ingeniería. Vol: I. México: PRENTICE-HALL HISPANOAMERICANA, S.A.

### Problemas resueltos:

- Figueroa, D. (1998). Física Para Ciencias e Ingeniería. Principios, Preguntas y Problemas Resueltos. Vol 1: CINEMATICA. Vol 2: DINAMICA. Vol 3: SISTEMAS DE PARTICULAS. Caracas: Gráficas León, C.A.
- Sebastián, J.M. (1999). Problemas de Física Universitaria y cómo resolverlos . Caracas: Grupo Ediciones CEDI.

### FUENTES ELECTRÓNICAS

- Software Interactivo para Serway, R. A. Física. Tomo I. (4ta. ed.). SD2000. Future Graph, Inc. Formato CD-ROM.

- Software Interactivo para Beer/Johnston. Mecánica Vectorial para Ingenieros. Dinámica. IBM y compatibles
- Consultas vía Internet con Serway, R. A.: URL <http://hw.ph.utexas.edu:80>
- Consultas vía Internet con Figueroa, D.: [figueroa@usb.ve](mailto:figueroa@usb.ve)
- Maple V Release 3.0 for Microsof Windows.
- Página web del Dpto. de Física. Cátedra de Física General I.
- Scientific Notebook. Software.
- <http://www.multired.com/educa/ivsansot/TRAPRAC.htm>
- <http://www.curtin.edu.au./curtin/dept/phys-sci/gravity/intermed/inter2.htm>
- <http://eta.physics.uoguelph.ca/tutorial/fbd/example.wagon.html>.
- <http://www.mcasco.com/p1outln.html>
- <http://www.glenbrook.k12.il.us/gbssci/phys/Class/newtlaws/u2l3a.html>
- <http://www.geocities.com/CollegePark/Den/2335/Newton.htm>
- <http://www.arts.richmond.edu/~rubin/pedagogy/131/131notes/Newton.html>
- <http://theory.uwinnipeg.ca/physics/circ/node8.html>
- <http://csep10.phys.utk.edu/astr161/lect/history/velocity.html>
- <http://www.jupiterscientific.org/sciinfo/examplesfeq.html>
- <http://www.manizales.unal.edu.co/cursofisica/sistem.html>



**PRIMER A CLASE**

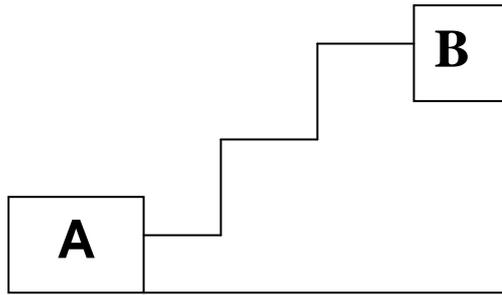
**ANALICEMOS JUNTOS PARA COMPRENDER MEJOR**

Supongamos que se lanza una pelota verticalmente y hacia arriba. Después de ascender hasta cierta altura máxima, el objeto se detiene; en este preciso instante, su velocidad se anula. Podemos preguntarnos entonces : ¿ se anula también, en dicho momento, su aceleración ?. Si la respuesta es afirmativa, ¿ cómo es esto posible, si el cuerpo comienza seguidamente a caer con velocidad creciente ?. Si la respuesta es negativa, ¿ cómo explicar que para un objeto momentáneamente en reposo la velocidad está variando ?. ¿ Cómo justificaría y defendería usted cada una de esta posturas ? ¿Cuál es la respuesta correcta y, más importante aún, por qué ?.

Obsérvese que el problema planteado es de **índole conceptual y no numérico**, es decir, exige para su solución el dominio de principios y conceptos, más allá del simple manejo de fórmulas y relaciones matemáticas abstractas. ¿Cómo logra el estudiante crear las bases conceptuales que le permiten resolver exitosamente los problemas de Física?

Analícemos la situación. El problema planteado es cómo convertirse en un alumno exitoso en Física. Debe tener presente en todo momento que el actor principal es precisamente usted. El aprendizaje es una tarea personal, que no puede ser delegada. Para ello dispone de unos recursos que deben ser bien administrados. Hoy, al inicio del año escolar, usted está en la situación A,

que puede ser caracterizada como de solucionador novato, y al final del año académico debe haber alcanzado la situación B, de solucionador experto.



Solucionador experto de problemas de Física  
Base conceptual estructurada por la aplicación sistemática del pensamiento crítico

Solucionador Novato de problemas  
Base conceptual débil

- Profesor
- Libro de texto
- Cuatro horas de clase semanales
- Horas de consulta con profesores
- Horas de consulta con asistente docente
- Horas de dedicación al estudio
- Interés y motivación personal



**La Estrategia Didáctica Diferenciada, Integrada y Cooperativa** es una metodología de enseñanza-aprendizaje de la Física que busca hacer énfasis, primeramente, en los conceptos y fundamentos que explican un fenómeno dado, y seguidamente, en la aplicación de estos conceptos a preguntas de tipo cualitativo antes de proceder a la resolución de problemas cuantitativos y genéricos producto de una creciente formalización. Sólo tiene sentido proceder a la resolución de una pregunta numérica si se comprenden a cabalidad y en profundidad las leyes físicas que respaldan la situación en cuestión; en caso contrario, el estudiante se limitaría a aplicar una serie de expresiones matemáticas carentes de significado, y la enseñanza que se derivaría del trabajo realizado sería escasa y engañosa.

En este orden de ideas, el Método está orientado hacia la participación directa de los estudiantes, mediante la interacción entre **pares**, con objeto de indagar conjuntamente la respuesta correcta a problemas y planteamientos de naturaleza básicamente **conceptual**. Previamente a la aplicación del método, se aplica una prueba de comprobación de lectura del material bibliográfico relevante al tema a cubrir.

A continuación se indican las fases que contempla la aplicación del método que nos ocupa:

1. Una vez que el profesor de la cátedra ha expuesto el marco teórico-conceptual del tema en cuestión, y antes de proceder a la solución de problemas numéricos, se formula una pregunta o problema conceptual. (1 minuto)

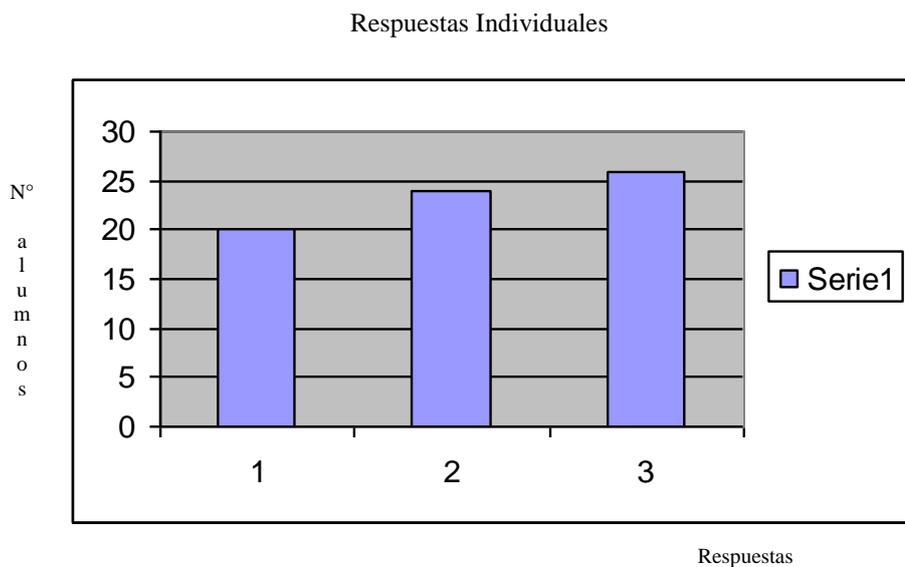
2. Comienza a correr un lapso de 1 minuto, durante el cual cada estudiante medita de forma individual sobre la pregunta formulada. Al cabo de dicho lapso, cada estudiante debe enunciar la respuesta que él o ella considera correcta.

3. Seguidamente, se pasa a la fase central del método: la interacción sus pares. En este lapso (2 a 3 minutos), cada uno de los integrantes tratará de defender ante su compañero de par la validez de su respuesta. En caso de que ambas respuestas sean coincidentes, los integrantes deben discutir cómo justificarían y argumentarían su postura ante un tercero.

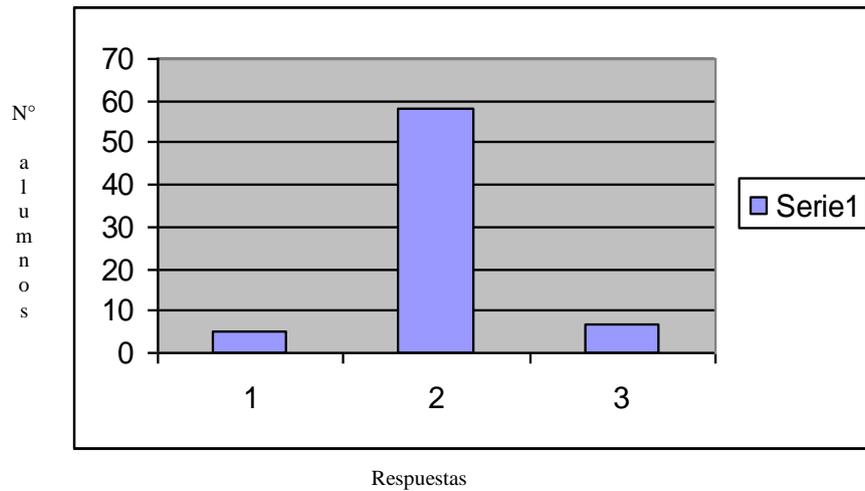
4. Terminada la tercera fase, comienza a contarse un lapso de 2 minutos, al cabo del cual cada estudiante debe responder nuevamente a la pregunta formulada, a la luz de las nuevas ideas y puntos de vista surgidos a raíz del trabajo de pares. Sin embargo, esta respuesta, como en la segunda fase, será totalmente individual.

5. Finalmente, se da a conocer la respuesta correcta, generándose así la discusión y reflexión final entre profesor y estudiantes.

Las veces que este método se ha aplicado se observa que la discusión con pares aumenta tanto el porcentaje de respuestas correctas como la confianza que va adquiriendo el alumno por el dominio conceptual. En la figura anexa se presenta una muestra de la influencia de la discusión en pares ante una Evaluación Conceptual.



### Discusión con pares



Después de esta actividad el estudiante está equipado cognitivamente para abordar gradualmente situaciones de complejidad creciente que comienzan por el análisis cualitativo de los problemas, en pequeños grupos, profundizar el análisis mediante la introducción de parámetros cuantitativos o nuevas variables y finalmente lograr la generalización de la situación mediante la formalización.

Los estudios realizados sobre el Método de Instrucción con Pares demuestran que, en general, el número de respuestas acertadas al cabo de la cuarta fase es mayor que el producido después de la segunda fase. Esto evidencia los beneficios del método; nada mejor para clarificar las propias ideas que tratar de expresarlas verbalmente y de manera convincente. Otra de las mejoras reportadas se refiere al éxito en la resolución de problemas de tipo cuantitativo, derivado de una comprensión más real y consistente de los principios físicos implicados en dichos problemas y el aprendizaje cooperativo que permite confrontar opiniones opuestas para encontrar soluciones mediante la argumentación y ayuda mutua.

Esperamos que este instructivo motive a nuestros estudiantes a incorporarse activamente en la aplicación del método, seguros como estamos de los invalorable beneficios académicos y personales que reportará su puesta en marcha

# **Aprender requiere constancia y manejo inteligente de los recursos. Te deseamos ÉXITO**

## **SIMULACIÓN DE LA PRIMERA FASE CON LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA DIFERENCIADA, INTEGRADA Y COOPERATIVA**

**Primero lo primero:** Hacer buen uso de los recursos

- Para aprovechar al máximo la clase magistral se debe leer antes de venir a clase es necesario que leas, en el libro de texto recomendado, las secciones correspondientes al tema que se va a tratar. Es necesario que esta lectura tenga una participación activa de tu parte, para ello debes hacer una primera lectura completa del tema asignado y luego decidir cuáles son los puntos que consideras fundamentales. Usualmente te entregaré un conjunto de palabras claves para guiar la lectura. Compara los puntos por ti seleccionados y los incluidos en esta guía. ¿Coinciden?. ¿Difieren?. Decide lo más conveniente para la comprensión de la lectura

Selecciona los elementos claves y compara con la guía de lectura anexa. Dispones de 15 minutos para ello.

En la simulación del método realice individualmente la lectura que te estoy asignando.

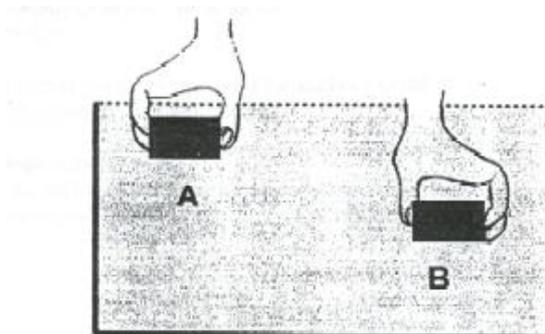
## GUÍA DE LECTURA

1. Definición de presión
2. Presión como función de la profundidad
3. Principio de Arquímedes
4. Principio de Pascal

- Atender a la clase y enfocar la atención en aquellos tópicos que no fueron de fácil comprensión en la lectura. Finalizada la exposición, podrán hacer las preguntas pertinentes para clarificar dudas.
- Finalizada la exposición y aclaradas las dudas aplicaremos el método de aprendizaje entre pares
- 

### **APRENDIZAJE ENTRE PARES EN LA ESTRATEGIA DIDÁCTICA DIFERENCIADA, INTEGRADA Y COOPERATIVA**

1. Imagínese que está sosteniendo dos bloques idénticos bajo el agua. El bloque “A” se sostiene al ras de la superficie del agua, mientras que el bloque “B” se sostiene a una

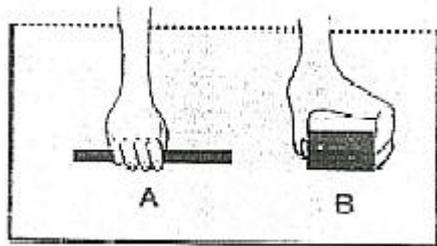


cierta profundidad. La fuerza necesaria para mantener al bloque “B” a dicha profundidad es:

- mayor que
- igual que
- menor que
- se requiere mayor información para responder

la fuerza requerida para mantener al bloque “A” en posición.

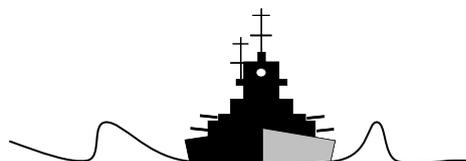
2. Imagínese que está sosteniendo bajo el agua dos bloques del mismo material y el mismo peso pero de formas diferentes. Ambos bloques están sostenidos a la misma



profundidad. La fuerza necesaria para mantener el bloque “A” a la misma profundidad que el bloque “B” es:

- mayor
- igual
- menor
- se requiere mayor información para responder

3. En la figura se representa un submarino que se quiere sumergir. Para ello el Capitán tendrá que:



- prender algún motor para que lo impulse hacia el fondo
- aumentar el peso del submarino mediante algún mecanismo
- tirar anclas para que éstas lo sumerjan.
- se requiere mayor información para responder

4. Se puede hacer flotar una aguja si se introduce en el agua en forma horizontal si se introduce verticalmente nunca flotará. Esto se explica porque:

- la aguja colocada verticalmente pesa más en el agua.
- colocada horizontalmente el peso se distribuye más equitativamente
- porque horizontalmente tiene mayor superficie en contacto con el agua.
- se requiere mayor información para responder

A. Una persona parada en el borde de un precipicio lanza una pelota hacia arriba y otra hacia abajo con la misma velocidad inicial. Sin tomar en cuenta la resistencia del aire, la pelota que toca al suelo con mayor velocidad es la que inicialmente se lanzó

1. hacia arriba
2. hacia abajo
3. ambas llegan con la misma velocidad
4. necesito más información para responder

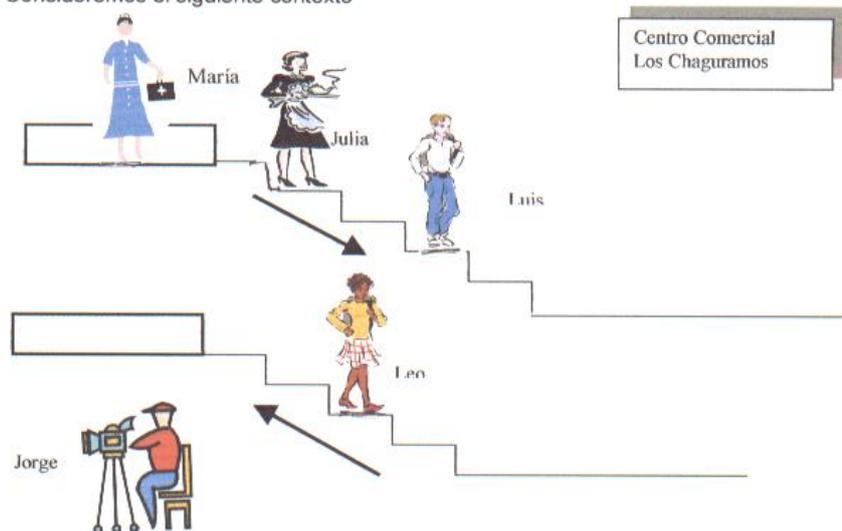
B. Cuando se deja caer un objeto y se supone que la resistencia del aire es despreciable, su aceleración es de  $9,8 \text{ m/s}^2$ . Si en lugar de dejarlo caer libremente lo empujamos, la aceleración es

1. menor que  $9,8 \text{ m/s}^2$
2.  $9,8 \text{ m/s}^2$
3. mayor que  $9,8 \text{ m/s}^2$

### Marcos de referencias y sistemas de coordenadas

1. Consideremos el siguiente contexto

1. Consideremos el siguiente contexto



A partir de la escena se hacen las siguientes afirmaciones.

A. Julia esta en reposo

- B. Julia y Luis se mueven en la misma dirección
- C. Sólo Jorge está en reposo
- D. Jorge y María se mueven, mientras Luis esta en reposo
- E. Leo y Julia se mueven en diferentes direcciones

1. ¿Quién o quienes han podido hacer la afirmación A?

- Leo y Jorge
- Luis
- María y Jorge
- Leo y Luis

2. ¿Quién o quienes han podido hacer la afirmación D?

- Leo, Jorge y María
- Luis
- Julia
- María y Jorge

3. ¿Quién o quienes han podido hacer la afirmación E?

- Leo, Jorge y María
- Luis
- Julia
- María y Jorge

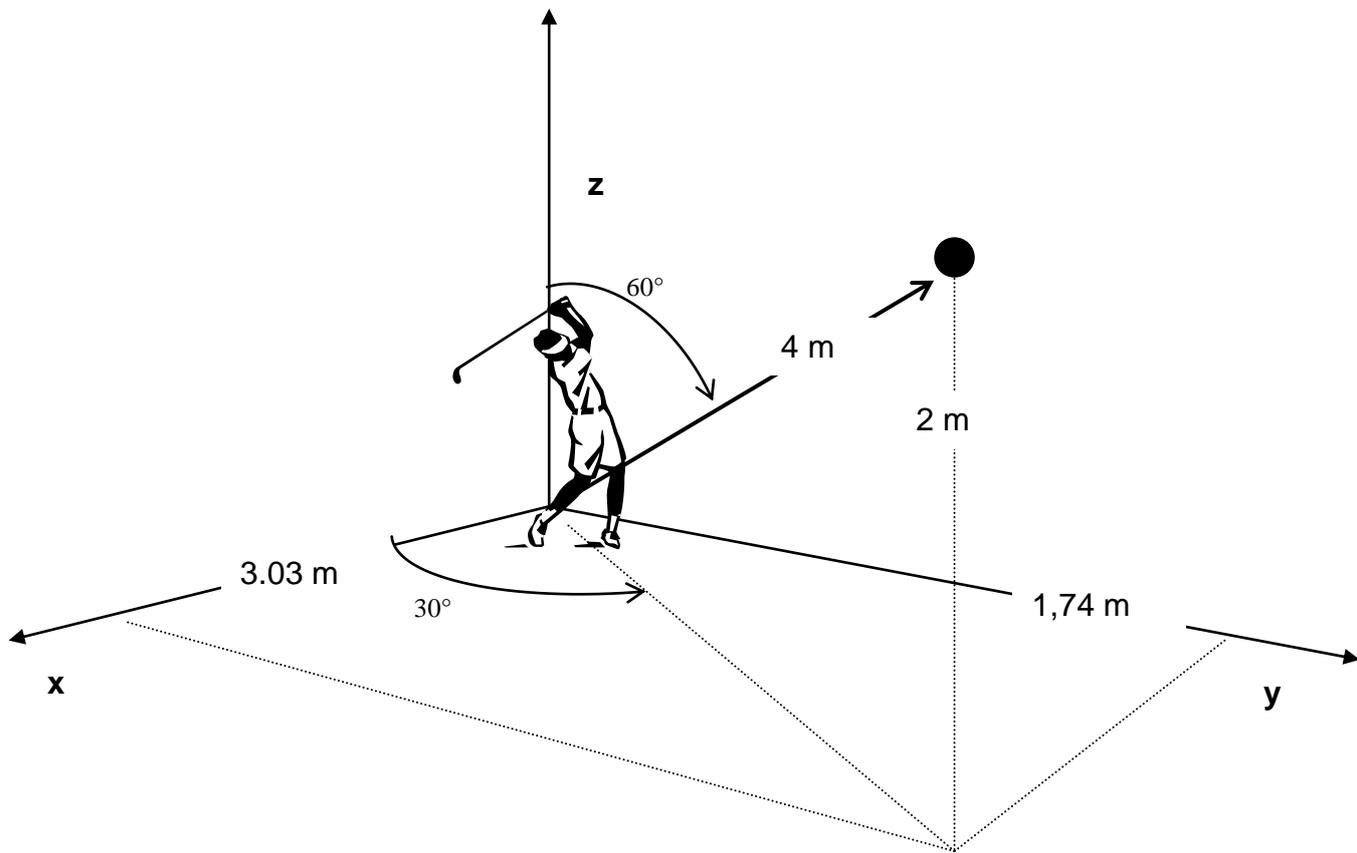
4. ¿Quién o quienes han podido hacer la afirmación B?

- Leo, Jorge y María
- Luis
- Julia
- María y Jorge

5. ¿Quién o quienes han podido hacer la afirmación C?

- Leo, Jorge y María
- Luis
- Julia
- María y Jorge

3. Cuatro observadores diferentes dan posición de la pelota con relación al jugador



$P_1 (3.03\text{m}, 1.74\text{m}, 2\text{m})$

$P_2 (1.74\text{ m}, 4\text{m}, 3.03\text{m})$

$P_3 ( 4\text{ m sen } 60^\circ , 4\text{sen } 60^\circ \text{ cos}30^\circ , 4\text{ m sen}30^\circ\text{sen}60^\circ)$

$P_4 (4\text{m sen } 60^\circ \text{ cos}30^\circ , 4\text{ sen } 60^\circ \text{ sen}30^\circ , 4\text{ m cos}60^\circ)$

Las afirmaciones correctas son:

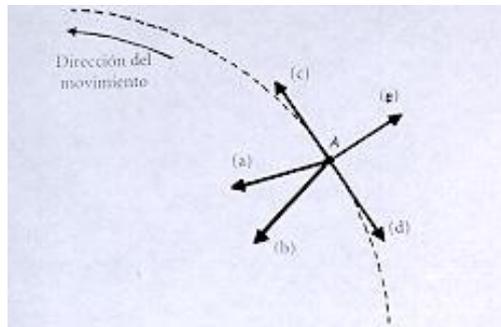
- A. Sólo las del observador 1
- B. Las de los observadores 1 y 4
- C. Las de los observadores 2 y 4
- D. Las de los observadores 2 y 3

## Cinemática. Movimiento en dos dimensiones

Dos pelotas se lanzan horizontalmente desde un edificio al mismo tiempo, una con velocidad  $v_0$  y la otra con velocidad  $v_0/2$

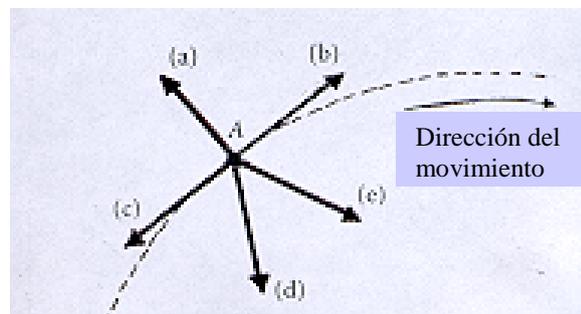
- 1. La pelota con velocidad inicial  $v_0$  llega primero al suelo
- 2. La pelota con velocidad inicial  $v_0/2$  llega primero al suelo
- 3. Ambas pelotas llegan al suelo al mismo tiempo
- 4. No se puede saber cuál llega primero si no se conoce la altura del edificio

2. Una partícula recorre la trayectoria indicada por la línea punteada de la figura. Cuando se encuentra en el punto A su velocidad aumenta. ¿Cuál de los vectores dibujados en ese punto se representa mejor esa aceleración?



- 1. con (c)
- 2. con (d)
- 3. con (e)
- 4. con (a)
- 5. con (b)

3. Una partícula recorre la trayectoria indicada por la línea punteada de la figura. Cuando se encuentra en el punto A su velocidad disminuye. ¿Cuál de los vectores dibujados en ese punto se representa mejor esa aceleración?



- 1. con (c)
- 2. con (d)
- 3. con (e)
- 4. con (a)
- 5. con (b)

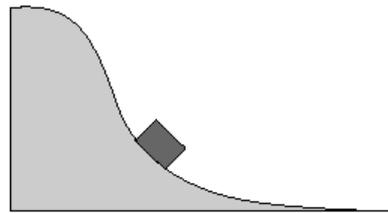
4. Dos proyectiles, A y B se disparan desde el piso plano horizontal con velocidades iniciales idénticas. La velocidad inicial de A hace un ángulo  $\theta_A$  con la horizontal, y B hace un ángulo  $\theta_B$  también con la horizontal. Si  $\theta_A < \theta_B < 90^\circ$ ,

- a) el proyectil B dura más tiempo en el aire y viaja más lejos que A.
- b) el proyectil B dura más tiempo en el aire y no llega tan lejos como el A.
- c) el proyectil B dura más tiempo en el aire y alcanza mayor elevación que el proyectil A.
- d) Tanto a como b son correctas.

5. Una nadadora a la mitad de un río ancho que fluye hacia el este a 2 km/h siente que se está cansando. Su velocidad de nado es 2 Km/h en agua tranquila. Si quiere alcanzar la orilla norte del río en el menor tiempo, debería

- a) enfilar al noroeste.
- b) enfilar directamente al norte.

6. Un carrito desciende por una montaña rusa como se muestra en la figura. Qué sucede con la velocidad y la aceleración en la dirección del movimiento a medida que el carrito desciende.



- 1. las dos disminuyen.
- 2. la velocidad disminuye pero la aceleración aumenta
- 3. las dos permanecen constantes
- 4. la velocidad aumenta pero la aceleración disminuye
- 5. las dos aumentan

7. La velocidad de una pelota que se lanza verticalmente hacia arriba disminuye por la influencia de la gravedad. Supongamos que:

- (a) usted filma el movimiento de la pelota y sin retroceder la cinta comienza a verla (la película comienza cuando la pelota alcanza el punto más alto y termina cuando toca el suelo)
- (b) Nosotros observamos el movimiento de la pelota desde un marco de referencia que se mueve con la misma velocidad inicial de la pelota.

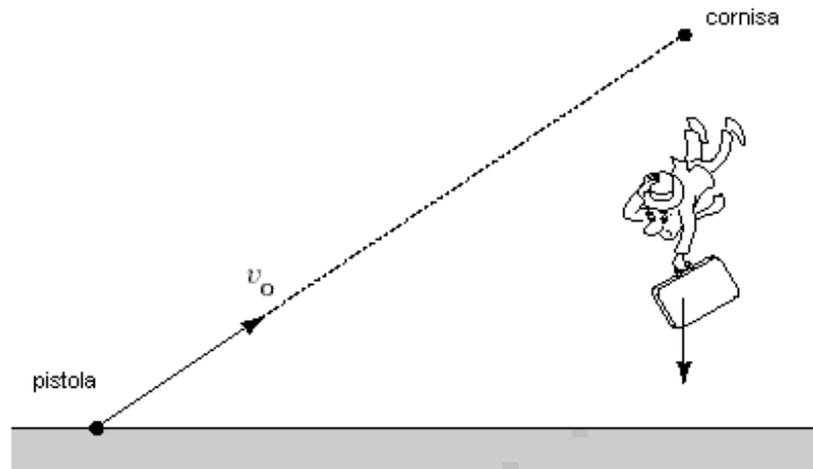
La pelota tiene una aceleración  $g$  dirigida hacia abajo en:

- 1. (a) y (b).
- 2. Sólo en (a)
- 3. Sólo en (b).
- 4. Ni en (a) ni en (b)

8. Durante la primera guerra mundial los alemanes tenían un cañón llamado Big Bertha que se usó para bombardear París. Los proyectiles tenían una velocidad inicial de 1.70 km/s a una inclinación de  $55.0^\circ$  con la horizontal. Para dar en el blanco, se hacían ajustes en relación con la resistencia del aire y otros efectos. Si ignoramos esos efectos, a) ¿cuál era el alcance de los proyectiles? b) ¿cuánto permanecían en el aire?.

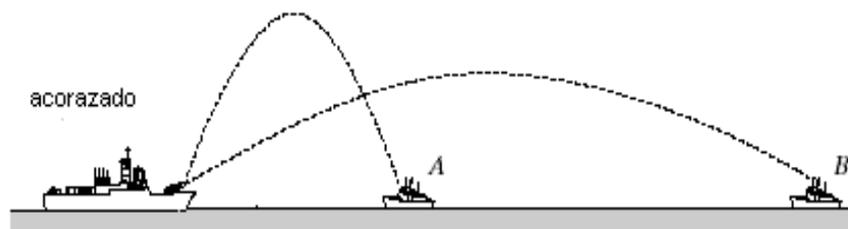
9. Considere la situación presentada en la figura. Se apunta cuidadosamente con una pistola a un peligroso criminal que esta sostenido en la cornisa de un edificio. En el instante en que se dispara el fusil y la bala sale con una velocidad  $v_0$  el criminal se resbala y cae ¿qué sucede?.

La bala



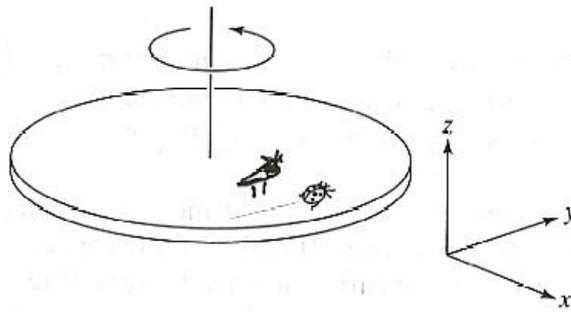
1. alcanza al criminal a pesar de tener una velocidad  $v_0$
2. alcanzará al criminal sólo si  $v_0$  tiene un valor suficientemente grande
3. no alcanza al criminal

10. Un acorazado dispara simultáneamente dos granadas a dos barcos enemigos. Si las granadas describen las trayectorias parabólicas pintadas en el dibujo, ¿cuál de las granadas pega primero?



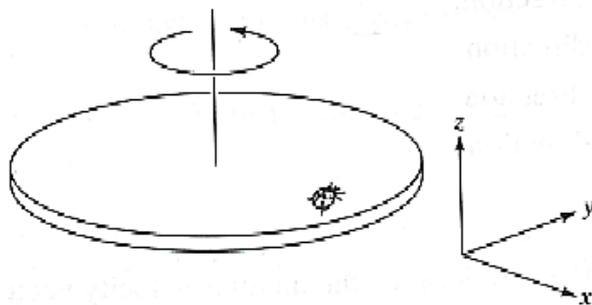
1. A
2. las dos al mismo tiempo
3. B
4. necesito más información para responder

1. Un coquito se posa sobre la superficie de una mesa giratoria y un grillo también se posa pero en el punto medio entre el coquito y el eje de rotación de la mesa. La mesa giratoria realiza una revolución completa cada segundo. La velocidad del grillo es la mitad de la del coquito.



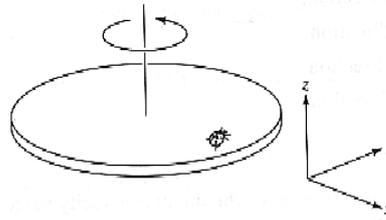
2. la misma que la del coquito
3. el doble de la del coquito
4. imposible de determinar

- 2 Un coquito se posa sobre una mesa giratoria que esta en movimiento. En el instante mostrado en la figura, la componente radial (cartesiana) de la aceleración del coquito está



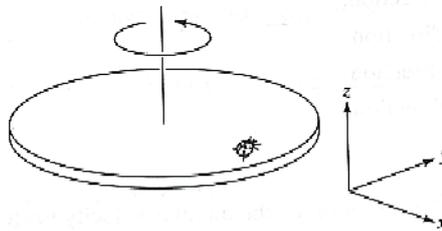
1. en la dirección de  $+x$
2. en la dirección de  $-x$
3. en la dirección de  $+y$
4. en la dirección de  $-y$
5. en la dirección de  $+z$
6. en la dirección de  $-z$

1. Un coquito se posa sobre una mesa giratoria que esta en movimiento. En el instante mostrado en la figura, la componente tangencial (cartesiana) de la aceleración del coquito está



1. en la dirección de  $+x$
2. en la dirección de  $-x$
3. en la dirección de  $+y$
4. en la dirección de  $-y$
5. en la dirección de  $+z$
6. en la dirección de  $-z$

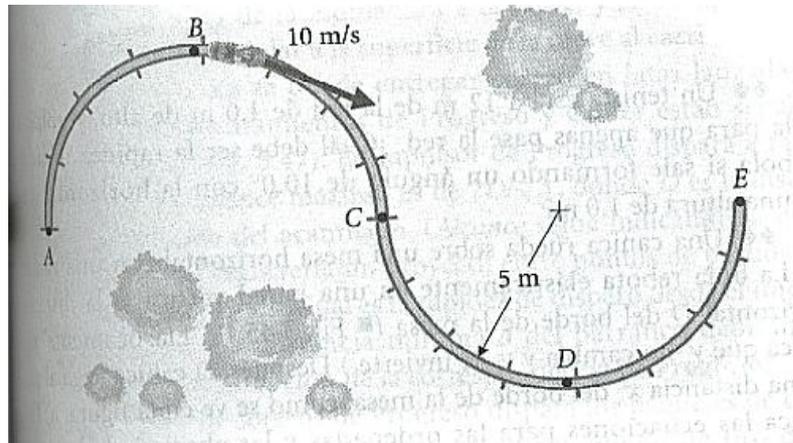
2. Un coquito se posa sobre una mesa giratoria que esta en movimiento. En el instante mostrado en la figura, el vector que expresa la velocidad angular del coquito está



1. en la dirección de  $+x$
2. en la dirección de  $-x$
3. en la dirección de  $+y$
4. en la dirección de  $-y$
5. en la dirección de  $+z$
7. en la dirección de  $-z$

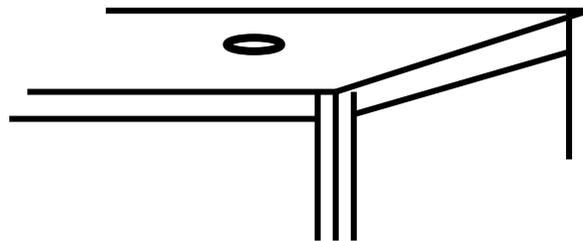
3. Dos semicírculos de 5m de radio, unidos en el extremo de un diámetro en el punto C, y están en el plano horizontal: Un carrito recorre la vía a 10 m/s. ¿Cuáles son la velocidad y la aceleración del carrito en los puntos A; B, C, D, y E? (*Sugerencia:* ¿Cuál es la curvatura de la vía en el punto C?).

...



### Dinámica

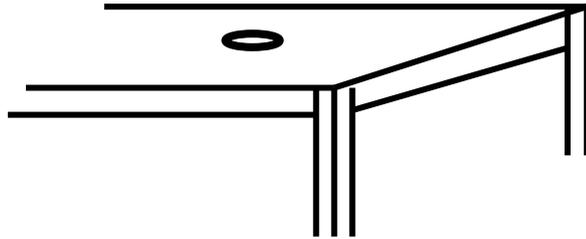
1. Inicialmente se ejerce una fuerza constante sobre un disco que reposa sobre un hockey de mesa. El roce entre el disco y la superficie de la mesa es despreciable. La fuerza actúa durante un corto intervalo de tiempo y hace que el disco adquiera una cierta velocidad final.



Para adquirir la misma velocidad final con una fuerza cuya intensidad sea la mitad, la fuerza deberá ser ejercida en un intervalo de tiempo

- 1. cuatro veces mayor
  - 2. dos veces mayor
  - 3. igual
  - 4. la mitad
  - 5. la cuarta parte
- que la fuerza inicialmente aplicada.

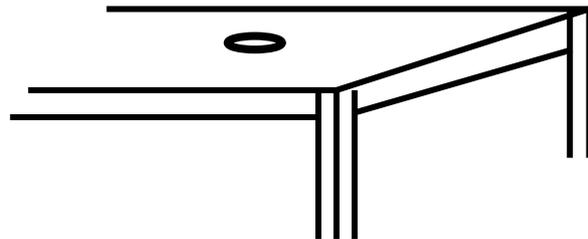
2. Se ejerce una fuerza constante por un corto intervalo de tiempo sobre un disco que esta inicialmente en reposo sobre un hockey de mesa. La fuerza le imprime al disco una cierta velocidad final. De igual manera, se ejerce una fuerza idéntica durante el mismo tiempo sobre otro disco, también inicialmente en reposo, que tiene el doble de masa que el primero. La velocidad final del disco de mayor masa es



- 1. un cuarto
- 2. cuatro veces
- 3. la mitad
- 4. el doble
- 5. la misma

que la del disco de menor masa

3. Se ejerce una fuerza constante por un intervalo corto de tiempo sobre un disco que está inicialmente en reposo sobre un hockey de mesa. Dicha fuerza le imprime al disco una cierta velocidad final. Supóngase que repetimos el experimento pero, en lugar del disco estar reposo, en el momento en que se le aplicó la fuerza, durante el mismo intervalo de tiempo, se está moviendo con velocidad constante en la dirección de la fuerza, entonces, el incremento de la velocidad del disco

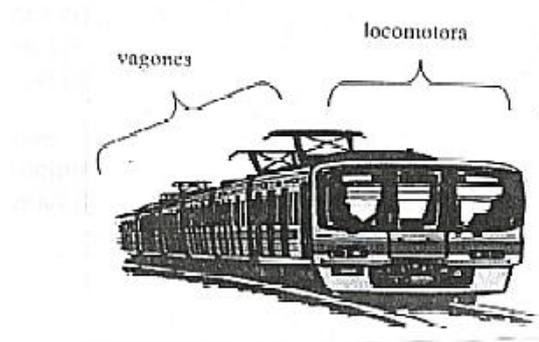


- 1. es el doble de su velocidad inicial
- 2. es igual a la raíz cuadrada de su velocidad inicial
- 3. es cuatro veces su velocidad inicial
- 4. es igual a la que tendría cuando parte del reposo

4. Considere una persona en el interior de un ascensor que está acelerándose hacia arriba. La Fuerza normal ejercida por el piso del ascensor sobre la persona es
- 1. más grande que
  - 2. idéntica a
  - 3. más pequeña

que el peso,  $p$ , de la persona

5. Una locomotora empuja una serie de vagones ¿Cuál es el análisis correcto de la situación?



- 1. el tren se mueve hacia delante porque la locomotora empuja hacia adelante con una fuerza un poco mayor que la fuerza con que empuja hacia atrás los vagones
- 2. porque la acción es siempre igual a la reacción, la locomotora no puede empujar a los vagones -los vagones empujan hacia atrás tanto como la locomotora empuja hacia delante- por lo tanto no hay movimiento
- 3. la locomotora consigue que los vagones se muevan porque al remolcarlos la fuerza en los vagones es momentáneamente mayor que la fuerza ejercida por los vagones sobre la locomotora.
- 4. la fuerza ejercida por la locomotora sobre los vagones es tan fuerte como la fuerza que ejercen los vagones sobre la locomotora, pero la fuerza de fricción en la locomotora es hacia delante y mayor que la fuerza de fricción en los vagones, la cual es hacia atrás y menor (+ pequeña).
- 5. la locomotora puede arrastrar a los vagones hacia delante sólo si su peso es mayor que el de los vagones.

6. Un carro recorre una curva manteniendo una rapidez constante. ¿Hay o existe una fuerza neta sobre el carro mientras recorre la curva?



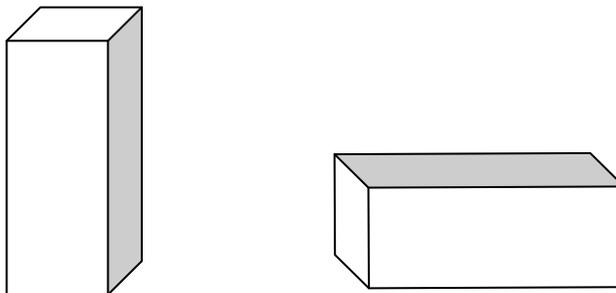
..

- 1. no, su velocidad es constante
- 2. si
- 3. Depende del radio de curvatura (de cuán cerrada sea la curva) y de la velocidad del carro.

7. En el siglo XVII, Otto Von Güricke, físico en Hagdeburg, ajustó dos hemisferios huecos de bronce y removió el aire de la esfera resultante con una bomba. Dos equipos de 8 caballos fueron incapaces de separar ambas mitades, no obstante, los hemisferios se separaron cuando recibieron aire nuevamente (se llenaron nuevamente con aire). Suponga que Von Güricke hubiera unido ambos equipos de caballos en un lado de los hemisferios y el otro lo hubiera atado (atornillado) al tronco de un pesado árbol. En este caso, la tensión sobre los hemisferios hubiera sido:

- 1. doble
- 2. exactamente igual
- 3. media (la mitad) de lo que era antes

8. Estás empujando una caja de madera sobre el piso a una velocidad constante. Decides girarla de forma tal que la superficie en contacto con el piso se reduce a la mitad.

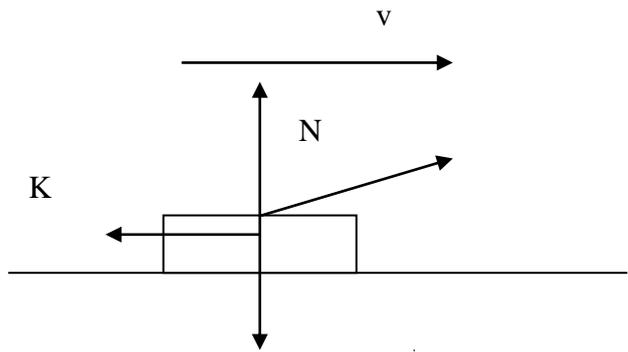


Con esta nueva orientación de la caja, la fuerza que ejercerás para empujarla sobre el mismo piso debe ser:

- 1. 4 veces más grande que
- 2. el doble de
- 3. igual que
- 4. la mitad de
- 5. 1/4 de

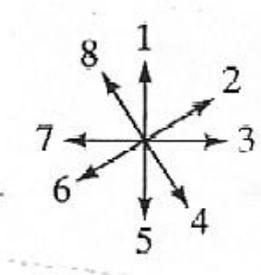
la fuerza requerida antes de haber cambiado la orientación de la caja

9. Un objeto se mantiene en un lugar por la fricción sobre una superficie inclinada. El ángulo de inclinación se aumenta hasta que el objeto comienza a moverse. Si la superficie se mantiene en este ángulo el objeto:
- 1. va más despacio
  - 2. se mueve a una velocidad constante
  - 3. se acelera
  - 4. ninguna de las anteriores
10. Eres un pasajero en un carro y no estas usando el cinturón de seguridad. Sin haber aumentado o disminuido la velocidad, el carro gira bruscamente hacia la izquierda y tu colisionas contra la puerta derecha. ¿cuál es el análisis correcto de la situación?
- 1. antes y después de la colisión hay una fuerza que te empuja hacia la puerta derecha
  - 2. a partir del momento de la colisión la puerta ejerce una fuerza hacia la izquierda sobre ti
  - 3. ambas
  - 4. ninguna de las anteriores
11. Considera que un caballo hala un buggy. ¿es cierta esta afirmación? "el peso del caballo y la fuerza normal ejercida por la tierra sobre el caballo constituyen un par de interacciones que siempre son iguales y opuestas, según la tercera ley de Newton"
- 1. si
  - 2. No
12. Considera un carro en reposo. Podemos concluir que la fuerza gravitacional ejercida por la tierra sobre el carro y la normal (fuerza que ejerce la tierra sobre el carro) son iguales y opuestas porque:
- 1. las fuerzas constituyen un par de interacciones
  - 2. las fuerza neta sobre el carro es cero
  - 3. ninguna de las anteriores
13. Una persona empuja un bloquea lo largo de una superficie horizontal áspera a una velocidad constante mediante la aplicación de una fuerza  $F$ . Los vectores en el diagrama que se representa, indican las direcciones correctamente, pero no necesariamente las magnitudes de las diversas fuerzas que actúan sobre el bloque. ¿Cuál de las siguientes relaciones entre las magnitudes de las fuerzas  $P$  (peso),  $N$  (fuerza de roce)  $N$  (normal) y  $F$  es verdadera?



- 1.  $F=K$  y  $N=P$
- 2.  $F=K$  y  $N>P$
- 3.  $F>P$  Y  $N<P$
- 4.  $F<P$  y  $N=P$
- ninguna de las anteriores

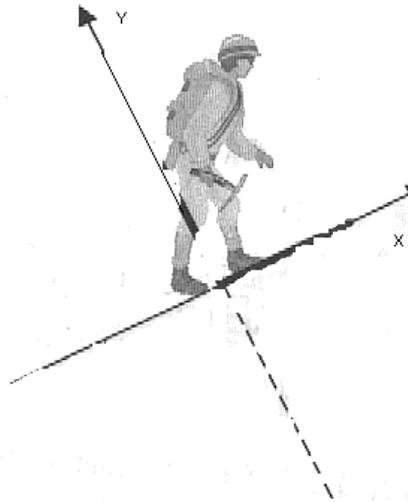
4. Un hombre intenta mover un carro pero no se mueve



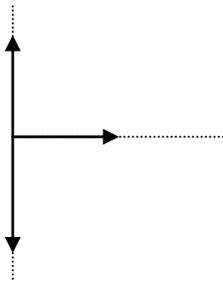
Los ocho vectores numerados en el diagrama representan las fuerzas a las cuales debe referirse cuando conteste la pregunta siguiente: ¿cuál es la mejor representación de las fuerzas aplicadas sobre el auto?

- 1. el vector 3
- 2. los vectores 3 y 7
- 3. los vectores 1,5,3 y 7
- 4. los vectores 3,7 y 5
- 5. ninguno de los vectores, el carro está parado

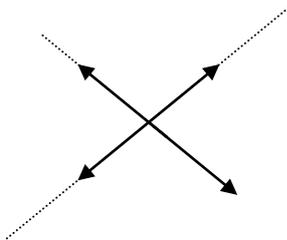
5. El escalador esta subiendo la pendiente sin resbalar. En el diagrama de cuerpo libre se define la dirección x como paralela a la pendiente, y la dirección y como perpendicular. Sea P el peso del escalador, N la normal y f la fricción ejercida por la roca sobre el escalador.



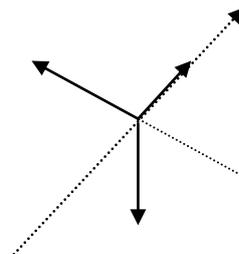
De los siguientes diagramas de cuerpo libre el que mejor describe la situación anterior es:



(a)



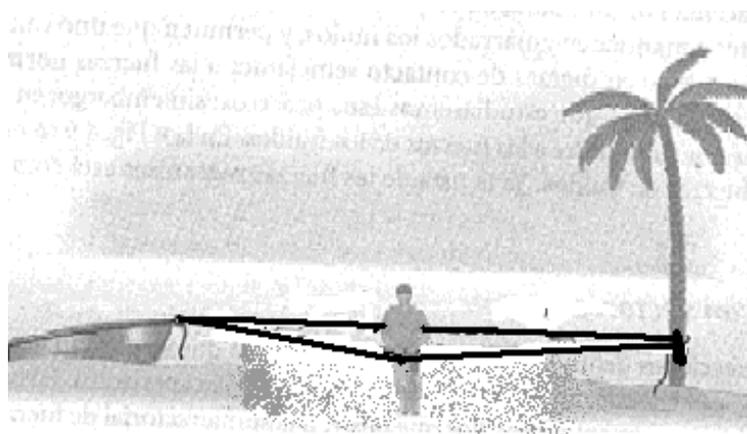
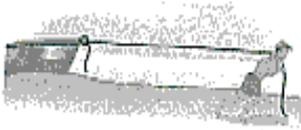
(b)



(c)

- \_\_\_ 1. a  
 \_\_\_ 2. b  
 \_\_\_ 3. c

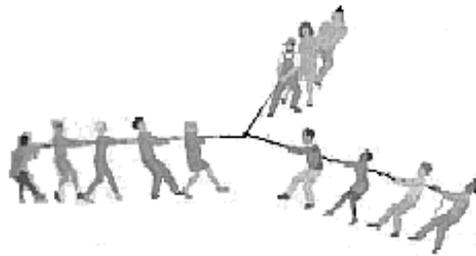
14. Como el pescador no pudo desatascar su lancha en la arena, se le ocurrió una idea: amarrar una cuerda al árbol y tirar de ella lateralmente. ¿ Cree que esta estrategia tenga resultado? Justifique su respuesta



...

## Taller de Resolución de Problemas: Un ejemplo

Tres equipos formados respectivamente por tres, cuatro y cinco personas, participan en una competencia que consiste en tirar la cuerda ¿Puede ser la competencia justa?  
¿Cuál equipo gana?



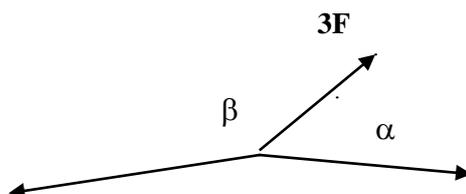
### Problemas tipo I

- Dominio general del tópico: determinar el contexto o marco peculiar en que se ubica la tarea. Describe cualitativamente el comportamiento de los objetos físicos e identifica aspectos relevantes.

*Implica reconocer que las fuerzas siguen las reglas de la suma vectorial, suponer que cada uno de los participantes de los equipos tienen la misma fuerza ( en módulo y dirección) e imaginarse cómo se mueve el conjunto cuando varían los ángulos formados por las cuerdas donde se sostienen las personas que conforman los equipos.*

- Representación:

*Se puede representar mediante un diagrama que excluye todos los aspectos irrelevantes para la situación (las personas y la cuerda) quedando sólo los vectores fuerzas y los ángulos*



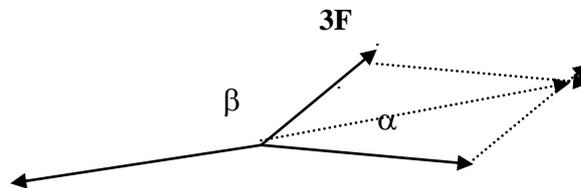
### Problema tipo II

- Calidad del razonamiento: Organiza lógicamente mediante la realización de procesos deductivos, inductivos o de extrapolación.

Cuando se hace la representación es más fácil visualizar que existe la posibilidad de que la fuerza neta en el nudo que une las tres cuerdas sea cero. En ese instante la competencia es justa. Para que la condición de cumpla, la suma vectorial de las fuerzas de los tres equipos debe ser cero.

$$3\vec{F} + 4\vec{F} + 5\vec{F} = \vec{0}$$

Ello implica que la suma de dos de ellos debe ser de igual módulo y dirección pero de sentido opuesto al tercer vector



- Evocación de la información pertinente a la tarea.  
*El triángulo se resuelve aplicando la ley de los cosenos o bien observando que la suma vectorial forma un triángulo rectángulo clásico, de lados 3-4-5.*
- Realiza procesos inferenciales relacionados con los datos procesados.  
*Ganará el equipo en el que uno de los participantes se resbale o deje de ejercer fuerza*

### Problemas Tipo III

Nivel de abstracción: intento de independizar el problema originalmente propuesto del contexto real que lo originó para generalizar.

Si se quiere que la fuerza neta sea cero en un punto donde actúan tres fuerzas  $F_1$ ,  $F_2$ , y  $F_3$  basta calcular

$$\cos \theta = \frac{F_1^2 + F_2^2 - F_3^2}{2F_1F_2}$$

donde  $\theta$  es el ángulo formado por  $F_1$ , y  $F_2$ .

## **ANEXO C**

### **PREGUNTAS ABIERTAS AL CUESTIONARIO A LOS ESTUDIANTES**



## CUESTIONARIO

A continuación encontrará una serie de preguntas relativas al método de **aprendizaje entre pares** que se comenzó a utilizar este semestre en el curso de Física I.

Le agradecemos de antemano su gentil colaboración al responder del modo más sincero posible para, de esa manera, conocer su opinión respecto al valor de ésta metodología como recurso de aprendizaje para ser utilizado, en el futuro, en ésta u otras asignaturas de la carrera.

1. Describa con sus palabras la manera cómo Ud. Entiende el método de **aprendizaje entre pares**.

2. Considera Ud. Que la utilización de éste método contribuyó a:

Aumentar su <b>comprensión</b> de la asignatura mucho	Poco 1 2 3 4 5 6 7
Aumentar <b>su interés</b> por la signatura..... mucho	Poco 1 2 3 4 5 6 7
Aumentar su <b>participación</b> en las clases mucho	Poco 1 2 3 4 5 6 7
Aumentar la utilización del <b>texto</b> como apoyo mucho	Poco 1 2 3 4 5 6 7
Aumentar el <b>conocimiento de sí mismo como estudiante</b> mucho	Poco 1 2 3 4 5 6 7

Mejorar su **desempeño** en la signatura Poco 1 2 3 4 5 6 7  
mucho

Mejorar su **método para estudiar la materia** Poco 1 2 3 4 5 6 7  
mucho

Mejorar su relación **con sus compañeros** Poco 1 2 3 4 5 6 7  
mucho

Mejorar su **relación con el profesor** Poco 1 2 3 4 5 6 7  
mucho

3. Considera que el **tiempo** que se empleó en la clase en el uso de este método debería:

Aumentar \_\_\_\_ Mantener igual \_\_\_\_ Disminuir \_\_\_\_

4. Considera que el **texto** utilizado como apoyo para el aprendizaje resultó:

Apropiado \_\_\_\_1 \_\_\_\_2\_\_\_\_3\_\_\_\_4\_\_\_\_5\_\_\_\_6\_\_\_\_7\_\_\_\_Inapropiado

5. Considera que la **evaluación** del aprendizaje de esta asignatura fue:

Apropiado \_\_\_\_1 \_\_\_\_2\_\_\_\_3\_\_\_\_4\_\_\_\_5\_\_\_\_6\_\_\_\_7\_\_\_\_Inapropiada

6. Considera que la manera como se implementó el método se correspondió con la información que le suministró el profesor al respecto

Poco \_\_\_\_1 \_\_\_\_2\_\_\_\_3\_\_\_\_4\_\_\_\_5\_\_\_\_6\_\_\_\_7\_\_\_\_Mucho

7. Le parece que pudiera ser de utilidad extender la utilización de este método a otras asignaturas

Si \_\_\_\_ No \_\_\_\_

8. Qué sugerencias o comentarios pudiera ofrecer en base a su experiencia como estudiante de este semestre, que contribuyan a optimizar la utilización de este método en esta u otras asignaturas de la carrera en el futuro.



Respuesta de los estudiantes a las preguntas abiertas al cuestionario sobre el  
Modelo Didáctico Diferenciado, Integrado y Cooperativo

1. Describa con sus palabras la manera como Ud. Entiende el método de aprendizaje entre pares

- Un método que ayuda al alumno a **ejercitar la materia en clase**, justo cuando puede preguntarle al profesor y estimula la práctica.
- Un método mediante el cual el profesor asigna ejercicios referidos a la materia durante la clase para **resolverlo en pareja** con el fin de que el alumno **comprenda mejor su materia**.
- Consiste en agrupar a los alumnos de dos en dos para la **resolución de un problema** ; al hacer esto, los conocimientos de los alumnos se intercambian **obligando a aclarar las dudas existente y a formularse nuevas preguntas**.
- Entiendo que ésta es la realización de **trabajos en parejas para lograr una mayor efectividad** en las actividades.
- Se busca que el alumno **lea, comprenda** el ejercicio planteado por el profesor y luego se establece **una discusión del problema en pareja**.
- Sirve para **entender algunos ejercicios mediante la ayuda de un compañero**.
- Mediante el método podemos **entender más o menos el tema antes de que el profesor lo explique**, lo cual es de gran utilidad porque así ya sabemos que se trata
- Involucra **un compartimiento de ideas** para así lograr un mayor conocimiento del tema que se está viendo.

- Consiste en reunir a los alumnos **en pares para responder problemas o preguntas conceptuales.**
- Lo dinámico del método es que de ésta manera **el alumno escucha diferentes opiniones y aprende mejor.**
- Nos ayuda a resolver tipos de ejercicios como los de los exámenes y a entenderlos por parejas.
- Realizar el estudio de los ejercicios **con la ayuda de un compañero**
- **Pruebas cortas, evaluación continua, trabajo en casa y en el aula.**
- **Primero uno razona uno mismo y luego comparte las ideas con los compañeros y se llega a mejores conclusiones.**
- Es una manera de que **entiendas y aprendas en clase la materia**, de tal manera **que sólo tengas que repasar y estudiar en casa.**
- Manera de **ayudarse entre sí para los exámenes.**
- Recibimos **un ejercicio el cual tratamos de resolverlo como si fuera un examen, sólo que puedes consultar con tus compañeros, para luego comparar los resultados y procedimientos con todo el salón.**
- Permitted **practicar en clase los problemas, aprendiendo de los compañeros y pudiendo consultar al profesor.**
- **Realización de exámenes al comienzo de cualquier tema.**
- Una manera de que **ambas personas aporten ideas de cómo plantear y resolver ejercicios.**
- **Cada vez que se comienza un tema nuevo se hace un quiz y al terminar dicho tema se hace un ejercicio evaluado (al igual que el quiz) para discutirlo.**
- Mediante el **intercambio con los compañeros** sobre un tema dado se **aprende uno del otro.**
- Es un método que evalúa la **comprensión de la lectura** y ayuda a **aclarar algunas dudas conceptuales.**
- Nos **motiva porque nos obliga a preparar la clase** y por lo tanto a **ser más participativos** ya que conocemos el tema.

8. Qué sugerencias o comentarios pudiera ofrecer basándose en su experiencia como estudiante en este semestre, que contribuyan a optimizar la utilización de este método en esta u otras asignaturas de la carrera en el futuro

- Pudieran crearse horas extras únicamente para ejercitar el método.
- Que ayuden en la ejercitación de la materia.
- Realizar esta actividad al final de cada clase para ver el nivel de comprensión del grupo de alumnos y así mismo estimular la participación en clase.
- Ninguna.
- Debería aplicarse al cálculo y a Química, ya que nos ayuda a entender bien los tipos de problemas.
- Que los problemas siempre sean enfocados para problemas no teóricos, sino prácticos. En este semestre la mayoría fue así.
- Más tiempo en los exámenes y recortar la materia ya que no da tiempo para darla y nos presionan.
- Que las actividades hechas tengan alguna ponderación en la nota definitiva.
- Debería ser usado en diversas asignaturas.
- Ayuda a una mejor comprensión de la materia y obliga a llevarla al día.
- El método fue muy apropiado ya que me ayudó mucho y me aclaró muchas dudas
- Ayuda a mantener la materia al día si uno se lo propone. Las pruebas le ayudan en la nota.
- Evaluación de alguna asignación realizada a través de éste método ayudaría a los estudiantes a buscar más interés en la materia de modo que se aprovecharía mucho mejor y a su vez serviría de ayuda para mejorar las notas.
- Que sean problemas con detalles en los que los estudiantes suelen caer.
- Creo que podrían utilizar más recursos en las clases para hacerlas más dinámicas y comprender mejor las explicaciones.
- Que aumenten las dificultades de los problemas resueltos en clase.
- Realizar mayor cantidad de pruebas. El problema es que debido al corto período del semestre, los frutos de este trabajo no se observan mucho.
- Que se debería extender a otras materias para que los alumnos con más facilidad ayuden a aquellos alumnos a los cuales se les dificulta más el aprendizaje de la materia.

- Se pudieran formar grupos de tres.
- Este método le permite a uno saber que tan bien o mal está y a que ritmo va el curso y compartir conocimientos.
- No todos

## CURRICULUM VITAE

Nombres y Apellidos: Zulma Cirigliano Vecchio CI: 2 773 673

### Actividades Académicas

Estudios	Institución	Culminación
Profesora de Educación Media mención Matemática y Física	Pedagógico de Caracas. Universidad Pedagógica Experimental Libertador	1964
Especialista en Ciencias Administrativas. Mención Planificación	Universidad Central de Venezuela	1988
Talleres y Seminarios de Matemáticas, Física y de Enseñanza de la Ciencia	Universidad Pedagógica Experimental Libertador, Centro Nacional para la Enseñanza de las Ciencias, UNESCO, Centro Latinoamericano de Física, Escuela Latinoamericana de Investigación en Enseñanza de la Física	A lo largo de mi vida laboral

### Actividades Profesionales

Cargo	Institución	Año Académico
Coordinadora de Proyectos Pedagógicos y Desarrollo Profesional	Escuela de Educación. Universidad Católica “Andrés Bello”	Actual
Profesora con categoría de Agregado en las siguientes cátedras: Enseñanza de la Matemática, Enseñanza de las Ciencias en el Departamento de Educación Integral y Preescolar Naturales. Didáctica Especial en el Departamento de Matemática y Física y Práctica Profesional Departamento de Biología y Química. Practicum I y II en la especialización en Gerencia Educativa y Procesos de Aprendizaje.	Escuela de Educación. Universidad Católica “Andrés Bello”	Actual
Jefe del Departamento de Educación Integral y Pre-escolar	Postgrado Humanidades y Educación. Universidad Católica “Andrés Bello” Escuela de Educación. Universidad Católica Andrés Bello	

Coordinadora de Física	Centro Nacional para la Enseñanza de las Ciencias. C
Directora	Unidad Educativa “Miguel Antonio Caro”
Adscrito a la División de Currículo	Oficina sectorial de Planificación y Presupuesto. Ministerio de Educación, Cultura y Deportes
Jefe de Departamento de Física y Profesora de Matemáticas y Física	Liceos Gustavo Herrera, Pedro Emilio Coll, Alejandro Petión, Juan Milá de la Roca, Francisco Isnardi.

### **Publicaciones**

Cuadernillos de: Cinemática, Leyes de Newton, Impulso y Cantidad de Movimiento, Estática, Electricidad y Magnetismo, Teoría de la Relatividad y Cuántica. Fondo Editorial CENAMEC

Enseñanza de la Matemática en Educación Básica: Fundamentos Epistemológicos y Psicológicos. CERPE. 1999

### **Diseño y desarrollo de material didáctico para la enseñanza**

**Saltarín:** software educativo para enseñar cambios en cuarto grado de EB. Fondo Editorial CENAMEC.

**Cinemática:** Equipo de Laboratorio para Primer año de Ciclo Diversificado en Ciencias. Fondo Editorial CENAMEC.

**El Telémetro:** Equipo de Laboratorio para Primer año de Ciclo Diversificado en Ciencias. Fondo Editorial CENAMEC.

**Movimiento en tres dimensiones:** Equipo de laboratorio para analizar el movimiento de una partícula que se mueve en el espacio siguiendo una trayectoria predeterminada.

**Construcción del número y los sistemas de numeración:** Material didáctico para la Educación Básica. Departamento de Proyectos Pedagógicos. UCAB.

**Mis recetas favoritas:** Material didáctico para enseñar el MCD, el mcm, las fracciones y proporciones. Departamento de Proyectos Pedagógicos. UCAB.

**Represento mi mundo:** Equipo para representar situaciones problemáticas matematizables e inventar nuevos problemas. Nivel de Educación Básica. Departamento de Proyectos Pedagógicos. UCAB.

**Las frutas lógicas:** material didáctico para desarrollar los procesos cognitivos de identificación de atributos, categorización, clasificación, secuenciación, seriación y el uso de conectivos lógicos: *y*, *ó*, *negación*, las operaciones de adición y sustracción. Nivel de Preescolar. Departamento de Proyectos Pedagógicos. UCAB.

### **Participación en la elaboración de diseños curriculares**

Diseño Curricular para la Educación Básica Experimental. Coordinadora del Equipo que lo implemento y coactora de la Unidad Generadora de Aprendizajes. OSPP. Ministerio de Educación. 1980.

Diseño Experimental de Formación Docente. OSPP. Ministerio de Educación. 1983

Participante en el Diseño Curricular de la Carrera de Educación Integral. Escuela de Educación. UCAB. 1988.

Diseño Curricular para la Educación Media Diversificada y Profesional. Coordinadora del Área de Física y autora de los Programas de Física para la transición y del ensayo. 1990.

Diseño Curricular para la Educación Básica. Proyecto dirigido por la Dra Hilda de George para la OSPP. Coordinadora de las Áreas de Ciencias Naturales y Matemáticas. 1996.