

I N D I C E

INTRODUCCION.

Página.

CAPITULO 1.

Aspectos generales del curso de Física I y teorías del aprendizaje consideradas. 5

CAPITULO 2.

Objetivos, contenidos y experiencias de aprendizaje de la primera unidad de Física I. 28

CAPITULO 3.

Evaluación de las experiencias de aprendizaje diseñadas para el curso de Física I. 62

CONCLUSIONES. 100



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INTRODUCCION

Antecedentes y justificación:

En 1978, ante el cambio de los planes de estudio de la secundaria, y sabiendo que esto generaría cambios en el perfil del estudiante que ingresaba al C.C.H., los profesores - que impartimos la materia bajo la dirección de los jefes del Area de Ciencias Experimentales y de la materia de Física, - del ciclo 78-79, realizamos un examen de diagnóstico sobre los temas de Física que aparecían en los programas de la secundaria.

Dicho examen se aplicó a prácticamente todos los alumnos de primer ingreso del plantel Oriente, (5000 alumnos --- aproximadamente) y el examen se calificó por medio de un programa de computación, siendo catalogado el examen como de --- confiabilidad media y dificultad media; del análisis de los resultados y su confrontación con los objetivos del colegio y el área en particular, se llegó a establecer en un taller de Física I un nuevo programa de esta materia, pero de la --- discusión de él surgieron dos nuevas modalidades para la impartición del curso.

Las tres modalidades en que se impartió el curso de Física I fueron en 1979 las siguientes:

- La empleada en el inicio del colegio y que se basa en un libro de experimentos, como el de Introducción a las Ciencias Físicas del IPS de Educational Services Incorporated de Editorial Reverté.

- La forma llamada "dosificada", acordada en el taller de Física mencionado antes y en la cual, aunque la metodolo-

gía científica se ve en forma integral, se enfatizan diferentes aspectos de ella en cada materia del área, quedando para Física I el diseño, realización y análisis de experimentos.

- La forma "globalizadora", también acordada en el taller de Física y que desde el ciclo 78-79 se llevó en grupos piloto, en la cual desde entonces he participado activamente diseñando los problemas de aprendizaje y exámenes. En esta modalidad desde el principio se enfrenta a los estudiantes a problemas, (cuyas características se enlistan en el siguiente párrafo), para que los resuelvan aplicando una metodología científica, desarrollando algunas de sus técnicas y pretendiendo que aprendan así de manera más viva los conceptos físicos.

Los problemas planteados deben reunir las siguientes características, además de adecuarse a los temas de Física.

- a) Ser concretos y lo más relacionados con la vida diaria.
- b) Que su resolución implique la aplicación de una metodología científica.
- c) Que los materiales empleados para la resolución sean accesibles.
- d) Que estén a nivel de los estudiantes, pero que representen un reto para ellos.

El grupo de profesores que llevamos esta metodología de enseñanza realizamos reuniones cada semana durante ese ciclo para intercambiar experiencias y realizar evaluaciones. Sin embargo, aunque a nuestro parecer esta forma rendía frutos - de acuerdo con nuestra experiencias anterior, no se realizó una evaluación comparativa con las otras dos modalidades citadas anteriormente, debido a la falta de tiempo y recursos.

Al paso del tiempo muchos profesores han ido incorporándose a la modalidad "globalizadora", de tal manera que prácticamente ya sólo quedan en la actualidad en el plantel Oriente dos modalidades, la empleada desde el inicio del Colegio con un libro de texto y la "globalizadora"; en el segundo caso las actividades de aprendizaje se dan de manera un tanto desorganizada y sin una base pedagógica al menos desde un punto de vista formal, y en parte a lo que este trabajo pretende contribuir es a dar una base teórica a esta modalidad.

El problema que presenta la materia de Física a este nivel, como tal vez en otros, es el hecho de que los conocimientos obtenidos por los estudiantes no son significativos, es decir, los conceptos físicos tales como: masa, volumen, peso e inclusive área son confundidos, y si mucho recuerdan algunas definiciones de memoria pero vacías de significado, ya que ante una situación real y concreta no los pueden aplicar, ni tampoco entienden principios físicos relativos a ellos y mucho menos pueden hacer abstracciones.

No se intenta dar en este trabajo una solución a un problema de la enseñanza de la Física tan difícil como el señalado; pero sí, a través de la investigación de las teorías del aprendizaje y su aplicación y evaluación, dar alguna aportación acerca del aprendizaje obtenido por los estudiantes para algunos conceptos físicos.

Delimitación del problema.

En este trabajo se pretende diseñar experiencias de aprendizaje para una Unidad de Física I del primer semestre del Colegio de Ciencias y Humanidades, que se imparte a grupos de 25 a 30 alumnos en 5 horas semanales de clase en aula laboratorio, con una duración de 16 semanas aproximadamente.

Para la elaboración del marco teórico conceptual se toman en cuenta las conclusiones del estudio de las teorías del aprendizaje de Jean Piaget, algunos elementos de la teoría de Ausubel trabajados por M. A. Moreira en el campo de la Física y de la teoría de Pichon Riviere, se consideran los objetivos del Colegio, del área de Ciencias Experimentales y en particular de la materia de Física I.

Los planteamientos y proposiciones están en concordancia con las características del plantel, los alumnos y profesores, - las que han sido observadas durante 12 años de impartir dicho curso. Entre estas características podemos citar las siguientes:

Con respecto al plantel, sus condiciones, al igual que en la Universidad son de austeridad, lo que limita el uso de instrumentos y materiales costosos así como otras restricciones respecto a los trabajadores administrativos y académicos.

En cuanto a los objetivos del Colegio de Ciencias y Humanidades de Ciencias Experimentales y de la materia de Física I, podemos mencionar como comunes y fundamentales que los alumnos apliquen el método científico experimental a problemas concretos, adquiriendo los conocimientos de Física de esta materia. Pero la concepción del método científico es diferente para los distintos grupos de profesores, por lo que el alumno sólo aprenderá algunas técnicas que él podrá evaluar para aplicar a posteriores investigaciones, formándose su propia concepción de metodología científica.

Los problemas dados a los estudiantes relacionados con la primera Unidad del programa de Física I contienen los conceptos físicos de densidad, masa, volumen, área y longitud, - medición, incertidumbre, error en la medida, unidades, gráficas y fórmulas empíricas.

Se realizó una evaluación comparativa de las tres modalidades en que se lleva el curso en el ciclo 84-85,

Hipótesis:

Va que los estudiantes de la materia de Física I de este plantel del Colegio de Ciencias y Humanidades cursan Este bajo las dos modalidades antes descritas, se espera un aprendizaje diferente de los conceptos físicos en cada modalidad. Se espera una mayor eficiencia con la versión globalizadora y que la evaluación de ambas modalidades ayudará a diseñar procesos de enseñanza de mayor calidad.

1. Aspectos Generales del Curso de Física I y teorías -- del Aprendizaje consideradas.

Para elegir teorías del aprendizaje adecuadas a lo que se desea que los alumnos aprendan, es necesario primero conocer cuales son los objetivos propuestos. A continuación los mencionamos, de los más generales a los más particulares:

1.1 Objetivos Generales del CCH.

"Los objetivos Generales del ciclo bachillerato del CCH son:

- 1.- El desarrollo integral de la personalidad del educando, su realización plena en el campo individual y su cumplimiento satisfactorio como miembro de la sociedad.
- 2.- Proporcionar la educación a nivel medio superior indispensable para aprovechar las alternativas profesionales o académicas tradicionales y

modernas, por medio del dominio de los métodos fundamentales de conocimiento (los métodos experimentales e históricos social) y de los lenguajes (español y matemáticas).

- 3.- Constituir un ciclo de aprendizaje en que se -- combinen el estudio en las aulas, en el laboratorio y en la comunidad.
- 4.- Capacitar a los estudiantes para desempeñar trabajos y puestos en la producción y los servicios por su capacidad de decisión y de innovación y conocimientos y por la formación de su personalidad que implica el plan académico" (1)

A mi parecer estos objetivos son ambiciosos, ya que una institución sólo puede contribuir en algo a la formación de la personalidad de los estudiantes; así pues, estos objetivos serán sólo los lineamientos en que esta contribución -- apuntarla, según los iniciadores del Colegio de Ciencias y Humanidades.

1.1.2 "Objetivos Generales del Area de Ciencias Experimentales".

Que el alumno:

- Adquiera los conocimientos de las materias del Area de Ciencias Experimentales a nivel medio superior.
- Aplique el método científico experimental a problemas concretos de la naturaleza empleando los conocimientos y habilidades adquiridos en las -

(1) Gaceta UNAM, 3a. Época, Vol. III, N^o 36, C.U. Nov. 1971.

materias del área.

- Relacione los conocimientos y habilidades adquiridos en las otras tres áreas del plan de estudio del bachillerato, con el área de Ciencias Experimentales.
- Juzgue situaciones que le presenten con actitud crítica y analítica" [2].

1.1.3 Objetivos de Física I.

Los objetivos de Física I y el programa fueron elaborados después de realizarse una serie de actividades por la mayoría de los profesores del plantel que imparten la materia; Estas se iniciaron con un examen de diagnóstico, el cual fue aplicado, como ya se mencionó en la introducción a casi todos los alumnos que ingresaron al ciclo escolar 78-79 al plantel. Los resultados fueron analizados en un taller de donde surgió el programa que se sigue hasta la fecha con dos modalidades, una llamada dosificada porque los objetivos se van asignando poco a poco en cada unidad, y la otra integral que se adoptó en grupos piloto. [3].

Los objetivos del curso son, en resumen, que el alumno: Diseñe, realice y analice experimentos, obteniendo, además - modelos matemáticos que aplique después.

De la lectura de estos objetivos se desprenden varias - características de la educación que se pretende dar en el - C.C.H.

- [2] Compilación de programas, CCH UNAM, dirección de la unidad académica del bachillerato, secretaría académica, -- 75-76.
- [3] Astudillo Reyes, Virginia et al, programa de Física I -- CCH Plantel Oriente 78-79.

1. Es fundamentalmente formativa,
2. Es integral, en cuanto que trata de relacionar las diferentes disciplinas y dar elementos para la formación global de la personalidad del individuo, lo que es de capital importancia siendo los estudiantes adolescentes,
3. Asigna a ella una responsabilidad social, al buscar en los estudiantes actitudes críticas y analíticas que los lleven a ser factores de cambio,

En cuanto el Area de Ciencias Experimentales, se habla de aplicar el método científico experimental a problemas concretos de la naturaleza. En esta afirmación está implícita una corriente de pensamiento que concibe la ciencia y su método como un todo que pretende descubrir las leyes y principios de la naturaleza para transformarla. La importancia de que sea experimental se debe a que el criterio de verdad del conocimiento es que se ajuste con la mayor precisión a la realidad y no sólo que sea coherente con un cuerpo lógico de ideas, porque las ciencias de la naturaleza no son ciencias formales aunque las utilicen. Debo aclarar -- aquél que no consideró a la ciencia ni su metodología como algo totalmente acabado y delimitado, ni pienso que las leyes y principios de la Naturaleza sean "descubiertas" en un sentido estricto por un investigador, sino más bien creo que son el resultado de la interpretación que él hace de los fenómenos estudiados y depende en mucho del marco cultural de la época en que el investigador vive.

Otro aspecto importante dentro del Area de Ciencias Experimentales es la aplicación a problemas concretos, que desde mi punto de vista implica que el nuevo conocimiento permite predecir el comportamiento de la naturaleza y su mejor utilización.

De esta manera la ciencia surge de la naturaleza a través de experiencia y vuelve a ella transformándola con la aplicación, cerrándose así un ciclo que es a menudo olvidado, aun por los investigadores, debido a lo arduo que resulta el trabajo en etapas intermedias. Pero siendo la ciencia y su método de investigación un proceso completo, debe ser enseñada así, más aún en la época de formación del individuo, que es la etapa en la que se encuentran los estudiantes del ciclo - Bachillerato.

Es muy común que los estudiantes acepten las leyes físicas de manera dogmática, ya que creen en ellas sólo porque están en libros, las dice el profesor o el investigador, son expresadas en forma matemática, tiene apariencia lógica, etc. Pero rara vez piensan que son ciertas en la medida en que reflejan la realidad y permiten la comprensión de la naturaleza.

1.2 Teorías del Aprendizaje consideradas.

Por todo ello, es necesario que se dé otro enfoque a la enseñanza de la física auxiliándose de métodos didácticos -- más efectivos. Después de estudiar algunas teorías del -- aprendizaje: conductistas, neoconductistas, de Gestalt, de -- Piaget, de Ausubel y de Pichon Riviere, encontré que la de -- Piaget era la más adecuada por apegarse mejor a la manera en que los conceptos y teorías de la ciencia han evolucionado -- históricamente (4).

Con respecto a la aplicación de la teoría de D. Ausubel hecha por Moreira y la explicación de la teoría del mismo -- autor, encontré que pueden ser útiles algunos elementos, como las técnicas de evaluación, pero en lo general no estoy de -- acuerdo con su concepción de aprendizaje, ya que en la forma que desarrolla su teoría, aunque maneja conceptos semejantes

(4) Navarro, Rocio et al, Teoría del aprendizaje, Méx., SEPLAN UNAM.

a los de Piaget, es muy notorio el hecho de que considerará -- que el conocimiento aprendido por el estudiante se obtiene -- sólo a través del profesor, libros y materiales didácticos en los cuales el conocimiento ya está dado y organizado lógicamente (5). Esto sin duda es una gran simplificación del trabajo por parte del estudiante pero no lo hace que obtenga el conocimiento de la naturaleza misma. Sin embargo, me parece peligroso enseñar de una manera en que el conocimiento ya es elaborado, pues hace a los estudiantes, en el mejor de -- los casos, dependientes y acriticos, no permitiendo que desarrollen sus capacidades para elaborar o reelaborar el conocimiento a partir de ciertos experimentos o teorías.

En cuanto a la teoría de grupos operativos creada por - Pichon Riviere, ésta considera que la información científica debe transformarse en operaciones que los estudiantes realicen tendiendo a la indagación de lo desconocido y no como conocimientos acumulativos, ya que al operar se modifica tanto el objeto sobre el que se opera como el individuo. Lo que coincide en mucho con la teoría de Piaget, aunque pone un - mayor énfasis en el aspecto psicológico y social, por lo que de esta teoría se hará una aplicación didáctica más concreta como lo son las técnicas de dinámica de grupos y algunos conceptos de grupos operativos que servirán para describir el trabajo con el grupo (6).

(5) Moreira, Marco A., Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física, Ed. da Universidade, Porto Alegre, 1983.

(6) Bleger, Jose, Temas de Psicología (Entrevistas y grupos), Buenos Aires, Ed. Nueva Visión, 12a. ed., 1980.

1.2.1 Teoría de J. Piaget.

La teoría de Piaget no es precisamente una teoría del aprendizaje sino que ésta queda incluida dentro de su teoría científica del desarrollo cognoscitivo, Piaget tomó como base de su teoría varias disciplinas: La Biología, la Psicología y la Filosofía. El método empleado es el que él llama crítica, y utiliza las técnicas de análisis clínicos, y con éste desarrolla su epistemología psicogenética en la que se plantea como pregunta ¿Cómo se desarrollan en el individuo las capacidades cognoscitivas que posee el adulto promedio? El aspecto psicogenético se refiere al hecho de que realiza sus estudios en los individuos desde su nacimiento hasta la adolescencia, para investigar cómo se va desarrollando su inteligencia. (7).

Para Piaget la Epistemología es la teoría del conocimiento válido, visto como un proceso que va de menor a mayor validez. Para las ciencias es claro que esta validez está dada por la mayor precisión con que el conocimiento predice la realidad y éste sufre cambios como resultados de los problemas o situaciones críticas que se han presentado en el desarrollo histórico de la humanidad y de la ciencia que va ligado a él.

Pero para alcanzar lo real es necesario tomar en cuenta la relación entre el sujeto y el objeto de conocimiento en la cual, aparte de la Psicología, la Lógica y la Biología, influyen fuertemente aspectos históricos e ideológicos. Por lo tanto el estudio de un problema epistemológico de una ciencia debe ser abordado desde todos sus aspectos; Piaget pone atención en los aspectos de la Biología, Psicología y la Lógica - (8).

(7) Piaget, Jean Psicología y Epistemología, Barcelona, Ed. - Ariel, 1979.

(8) Op. cit.

Los problemas epistemológicos de la Física serían entonces ¿Cómo se llega a los hechos, según una objetividad creciente, y cuáles son la significación y el proceso de la coordinación gradual entre los marcos deductivos o lógico matemáticos y la experiencia? (9).

Aquí se entiende objetividad creciente como la mayor precisión en la predicción de los fenómenos.

1.2.1.1 Teoría del Aprendizaje de Jean Piaget.

Para entender esta teoría se mencionan varios conceptos empleados en ella:

Uno de estos conceptos es el de la estructura mental; - que se puede entender como la organización interna lógica -- más general de una serie de operaciones íntimamente relacionadas entre sí, que caracterizan la forma en que el individuo se relaciona con la realidad y la interioriza. Está com puesta a su vez por subestructuras menos generales.

Esta estructura mental interacciona dialécticamente con los objetos de conocimiento a través de operaciones físicas o mentales, por lo que se va modificando en diferentes etapas de desarrollo del individuo (10).

Podemos entender el concepto de operación como una acción que es interiorizada en la mente y el esquema como la forma característica de operar de un individuo.

(9) Piaget, Jean, tratado de Lógica y conocimientos científicos IV. Epistemología de la Física, Argentina Ed. Paidós 1979.

(10) Curso de introducción a la teoría de Jean Piaget, CCH -- plantel Oriente, Méx. D.F., 18 al 28 Sept. de 1984, Profa. Domínguez Castillo Carolina.

Aprender, según esta teoría, es un proceso de construcción o reconstrucción de la realidad; para ello la estructura mental hace uso de la inteligencia.

La *inteligencia* es para Piaget "un término generico que designa las formas superiores de organización o de equilibrio de las estructuras cognoscitivas". Y es así mismo, "la adaptación mental más avanzada". Ahora bien, "La adaptación se puede definir como un equilibrio entre la asimilación y la acomodación, que es como decir un equilibrio de los intercambios entre el sujeto y los objetos". (11).

La "Asimilación" es un proceso en el cual se incorporan objetos de conocimiento a los esquemas de conducta con lo que estos son modificados de manera funcional, esto es, en forma similar a como fisiológicamente el organismo absorbe sustancias y las transforma en función de su propia estructura. En forma reciproca a la acción de un organismo sobre el medio, se da la acción inversa, la "acomodación", y que es la reacción del medio sobre el organismo, y psicológicamente son los cambios que en la estructura mental se dan por el nuevo conocimiento adquirido.

El equilibrio del pensamiento operatorio no es el reposo sino un intercambio de transformaciones que se compensan unos a otros. Para agrupar las operaciones e indagar como se constituyen genéticamente se pueden determinar las condiciones de ese equilibrio.

Las condiciones en el caso de "grupos" matemáticos son cuatro y en el caso de "agrupaciones" cualitativas son cinco.

(11) Piaget, Jean, tr. Juan Carlos Foix, *La Psicología de la Inteligencia*, Ed. Psique, Buenos Aires, 1969.

1º Dos elementos cualesquiera de una agrupación pueden componerse entre sí y engendran de tal manera un nuevo elemento de la misma agrupación; dos clases distintas pueden estar reunidas en una clase de conjunto que las engloban; dos relaciones $A < B$ y $B < C$ pueden unirse en una relación $A < C$ que las contiene, etc. Psicológicamente, esta primera condición expresa, pues, la coordinación posible de las operaciones.

2º Toda transformación es reversible. Así es cómo las dos clases o las dos relaciones reunidas ahora pueden ser -- nuevamente disociadas, y cómo, en el pensamiento matemático, cada operación directa de un grupo implica una operación inversa (sustracción por adición, división por multiplicación, etc.) Esta reversibilidad es sin duda el carácter más específico de la inteligencia, pues si la acción motriz y la percepción tienen que ver con la composición, permanecen irreversibles. Un hábito motor tiene sentido único y aprender a efectuar los movimientos en el otro sentido equivale a adqurir un nuevo hábito. Una percepción es irreversible, ya que cada vez que ocurre la aparición de un elemento objetivo nuevo en el campo perceptivo, hay "desplazamiento de equilibrio", y, si se restablece objetivamente la situación de partida, -- la percepción se modifica por los estados intermedios. Contrariamente, la inteligencia puede construir hipótesis y luego rechazarlas para volver al punto de origen recorrer un camino y emprender el camino a la inversa, sin modificar las -- niociones empleadas.

3º La composición de las operaciones es "asociativa" -- (en el sentido lógico del término), es decir, que el pensamiento sigue estando libre de hacer rodeos, y que un resultado obtenido por dos caminos diferentes sigue siendo en los -- dos casos el mismo. Este carácter parece igualmente propio de la inteligencia: tanto la percepción como la acción motriz

sólo conocer los itinerarios únicos ya que el hábito se halla estereotipado, y ya que, en la percepción, dos itinerarios distintos terminan en resultados diferentes (por ejemplo, una misma temperatura percibida según distintos términos de comparación no parece la misma). La aparición del rodeo es característica de la inteligencia sensomotriz, y cuando más activo y móvil es el pensamiento, más influyen sobre él los rodeos, pero no es sino en un sistema de equilibrio permanente, donde el término final de la búsqueda se mantiene invariable.

4º Una operación combinada con su inversa queda anulada (por ejemplo, $+1-1=0$). Por el contrario, en las formas iniciales del pensamiento del niño, la vuelta al punto de partida no está acompañada de una conservación de este último: por ejemplo, después de haber formulado una hipótesis que rechaza luego, el niño no encuentra ya intactos los datos del problema, en virtud de que se hallan en parte deformados por la hipótesis rechazada.

5º En el dominio de los números, una unidad agregada a sí misma da lugar a un nuevo número, por aplicación de la composición (1): hay iteración. Al contrario, un elemento cualitativo repetido no se transforma: hay entonces tautología: $A + A = A$."

En sus investigaciones J. Piaget, distinguió cuatro etapas de desarrollo que son:

- inteligencia sensoriomotriz
- inteligencia pre-operativa
- operaciones concretas
- operaciones formales.

En la primera se carece de la capacidad de representación, dándose sólo acciones de exploración.

En la segunda aparece la representación simbólica, en -

el lenguaje y conductas de imitación.

La etapa de operaciones concretas se caracterizan porque se pueden realizar operaciones mentales en que las acciones -- reales se reemplazan por otras, por medio de objetos reales. En la cuarta se desarrolla el pensamiento hipotético-deductivo. (12).

Los factores que pueden modificar el desarrollo de las etapas encontradas por Piaget en sus estudios son:

1. La herencia o maduración interna.
2. La transmisión social
3. La experiencia física de los objetos de conocimiento y su acción sobre ellos.
4. La experiencia lógico matemática.

De los factores que alteran el desarrollo de la inteligencia, según Piaget, son sumamente importantes los dos primeros, pero sobre ellos es difícil o casi imposible influir desde un salón de clase, mientras que los últimos dos tal vez sean menos definitivos, pero sobre ellos sí se puede incidir y de ahí su importancia didáctica que más tarde volverá a ser señalada.

Para una aplicación didáctica, las etapas encontradas -- por Piaget, como fases del desarrollo de la inteligencia en diferentes edades, se pueden interpretar como si fueran ocurriendo sucesivamente en un individuo cuando se enfrenta a un nuevo objeto de conocimiento (13).

En este trabajo no se pretende hacer un estudio epistemológico de los conceptos que el estudiante obtenga. Sólo se toman los aspectos más generales de las investigaciones --

(12) Piaget, Jean, op. cit.

(13) Curso de Introducción a la teoría de Piaget op. cit.

de Piaget para desprender de ellos algunas hipótesis de trabajo y llegar a una aplicación didáctica, adecuándola a la situación concreta del curso en cuestión.

Estas hipótesis podrían ser, en primer lugar, que el conocimiento científico es obtenido de manera significativa--- cuando se opera concreta o formalmente sobre el material concreto o técnico del que ha de obtenerse la información.

Sin embargo, existe una diferencia entre hacer ciencia y enseñar a hacerla. El científico al abordar un problema - investiga la información técnica al respecto, pero para ello tiene ya una serie de operaciones formales con respecto a -- ese contenido que hace que esta información sea significativa y por tanto puede partir de ella para proseguir su investigación. Los estudiantes, por el contrario, si no han tenido contacto con la realidad física en la que se sustenta un conocimiento, si investigan éste solamente en teoría a través de libros y otro material con el que intentan operar formalmente, no lo lograrán, ya que esta información carecerá de significado real y por lo tanto su aprendizaje por este camino no será mecánico.

Por ello, dependiendo de los esquemas iniciales de --- los alumnos, es decir, de la etapa en que están operando --- frente a determinado contenido, es la forma en que se les deben presentar los problemas para que les sean significativos y que descubran el conocimiento que se intenta que aprendan.

Otra hipótesis que se podría desprender de esta teoría es la siguiente:

Como el aprendizaje es significativo cuando la estructura mental se modifica a través de la adaptación, después de un momento crítico en que hay desequilibrio, se pueden crear

entonces situaciones problemáticas, que llamaría "problemas críticos", como un recurso didáctico. Estas situaciones son las experiencias de aprendizaje, objeto de este trabajo, y deben cumplir fundamentalmente las siguientes condiciones: - no deben ser un problema trivial ya conocido por los estudiantes en el que sólo substituyen datos en una fórmula o lo resuelven mecánicamente. El problema debe estimularlos a -- pensar como emplear los conocimientos que ya tienen y como -- obtener los que les faltan y emplearlos en la solución. Para ello deben asumir la responsabilidad de resolverlo, lo -- que no siempre ocurre. El problema debe ser pensado tomando en cuenta las operaciones necesarias para resolverlo, tanto las que deben poseer ya los estudiantes como las que se desea que integren a sus esquemas mentales anteriores. Estas operaciones deben contener los conocimientos que se desean -- enseñar.

A pesar de formular los problemas bajo estas condiciones, Estos no serán críticos para todos los estudiantes, debido a que la población no es homogénea en cuanto a esquemas mentales con respecto a los contenidos del curso. Para algunos el problema será trivial y únicamente repetirán operaciones ya aprendidas. Para otros el problema puede estar -- fuera de nivel, ya que no han formado previamente las operaciones indispensables para intentar resolverlo. Sólo para -- algunos el problema sí será crítico, es decir si habrán integrado nuevas operaciones obteniendo un aprendizaje significativo. El problema didáctico es cómo hacer que esto ocurra -- para la mayoría de los estudiantes.

1.2.1.2 Consecuencia Didáctica.

El pensamiento es para Piaget una acción interiorizada,

donde los esquemas intelectuales se confrontan con un nuevo hecho, dando lugar a nuevos esquemas con los que a su vez se construyen nuevas operaciones. Por lo tanto, para encontrar una aplicación didáctica a la teoría de Piaget, debe tomarse en cuenta que el estudiante debe actuar sobre el objeto de conocimiento, por lo que el profesor debe preguntar se cuales son las operaciones que están asociadas a las nociones que desea que el alumno aprenda y entonces provocar las situaciones que lo lleven a construir las operaciones pertinentes, atendiendo para ello a una investigación previa de cual es el esquema anterior del estudiante frente al contenido.

Va que el alumno debe investigar por su cuenta, para crear esta situación se debe problematizar de tal forma que para dar una solución deba construir las operaciones que lo lleven a las nociones asociadas a ellas. (14).

Para programar un curso se recomienda hacerlo en unidades de investigación, es decir centradas en un problema, y los contenidos deben pensarse en forma de acciones y operaciones; los objetivos deben mencionar no sólo nociones sino operaciones que incluyan las habilidades de asociatividad y reversibilidad, así como la relación de todas ellas en un todo integrado. (15).

Criterios para la elaboración de Objetivos.

Para la programación se deben tomar en cuenta primero los objetivos generales, que deben tener las siguientes características:

- Deben quedar enunciados como operaciones o procesos.
- Deben adecuarse a los intereses de los alumnos y a su vida diaria.
- Deben adecuarse a las capacidades del alumno (esquemas).

[14] Navarro Islas, et. al, op. cit.

[15] Stevan, Ma, Elena et al, Selección y organización de experiencias de Aprendizaje Núm. 3 Méx. SEPLAN-UNAM.

- La formulación de los objetivos debe ser integral y no atomizada.
- Debe favorecer la movilidad del pensamiento (reversibilidad y asociatividad) (16).
- Debe de integrarse en lo posible a otras disciplinas.

Criterios para el diseño de Experiencias de aprendizaje.

Las unidades de investigación deben estructurarse de tal manera que sirvan como ejes de investigación ni muy amplios - que incluyan gran cantidad de conocimientos, ni muy cerrados, que resulten obvios, es decir, que no den lugar a gran cantidad de investigaciones que se dispensen, pero sí puedan resolverse por diferentes procesos que apunten a un fin concreto.

Las actividades de aprendizaje deben ser problemas que los estudiantes vean como proyectos de acción que ellos mismos desarrollarán.

El problema debe presentarse con claridad y de manera viva para que tenga significado resolverlo y, como se dijo antes, debe atender a los esquemas previos de los estudiantes, relacionarse con la realidad conocida por ellos y que su solución sea susceptible de ser comprobada.

En la aplicación de esta técnica didáctica debe tenderse al trabajo en equipo para que los estudiantes puedan comparar sus hipótesis, aprendan a comunicar sus ideas con claridad y a reflexionar sobre las ideas de los demás, para lo que se pueden emplear técnicas de dinámica de grupos. Como la discusión socializada.

Debe también otorgarse a los estudiantes la mayor libertad posible para su investigación.

Criterios para el diseño de exámenes.

La evaluación. Como de acuerdo con J. Piaget la capacidad de resolver problemas implica capacidad para formular y analizar un problema, formular hipótesis, elaborar planes de trabajo y analizar e integrar datos, la evaluación no puede establecerse a partir de pruebas objetivas, tales como las de opción múltiple y en general aquellas de respuesta cerrada, pero sí debe esta evaluación ser sistemática, planeada y organizada. para ser confiable (17):

La aplicación de esta didáctica basada en la teoría de Piaget requiere, según Aebli (18), de condiciones especiales reducción de contenidos, formación de profesores, laboratorios bien equipados, entre otras. En este trabajo sólo me es posible y de manera muy limitada, incidir en los contenidos y su presentación, gracias a los cursos de didáctica a los que he asistido y al estudio de estas teorías. Aebli Hans realizó un experimento para enseñar el cálculo de perímetros y superficies de rectángulos a niños empleando métodos didácticos tradicionales y otro fundamentado en Piaget. Los resultados y conclusiones obtenidas por él indican que el método basado en Piaget fue más eficaz. Sin embargo esto no es notorio entre los alumnos aventajados de ambos grupos, al menos en cuanto a los exámenes practicados. Esto se debe a que en el examen de diagnóstico estos alumnos podían realizar operaciones abstractas en cuanto a ese contenido; por tanto los métodos didácticos no reflejaron un cambio significativo entre estos alumnos que tenían desde el principio una mayor capacidad de abstracción.

1.2.2 Teoría del Aprendizaje de David Ausubel

Para D. Ausubel la estructura cognoscitiva de un individuo es una organización compleja, que se forma a través --

(17) Stevan, Ma. Elena, et al, op. cit.

(18) Aebli Hans, una Didáctica fundada en la Psicología de Piaget. Buenos Aires, Ed. Kapelusz, 1973.

de los procesos de conocimiento, y los nuevos conceptos serán retenidos en la medida que en la estructura cognoscitiva previa existan conceptos relevantes e inclusivos que estén claros, los cuales servirán de apoyo al nuevo conocimiento. De esta manera el aprendizaje será significativo, modificándose además la estructura específica con la que ha interactuado el conocimiento nuevo.

Por tanto, para diseñar la enseñanza según esta teoría, es necesario conocer la estructura preexistente, es decir, los conceptos, ideas, proposiciones y las interrelaciones entre ellos.

Ausubel introduce el concepto de "estructura subyacente o substrato". Esta es una estructura de conocimiento previa con la cual el nuevo conocimiento se relaciona y que le da significado integrándose a ella. Se utilizará la palabra "sustrato" por ser más corta como tecnicismo, con el sentido explicado.

Si no existen estos "sustratos" en los estudiantes, se utilizan como recurso didáctico los "organizadores previos" (19).

"Los organizadores previos" son materiales introductorios conceptos, técnicas, teorías, métodos, etc., que poseen un nivel de generalización, de abstracción e inclusividad más alto que lo que se desea enseñar y su finalidad es servir de puente entre lo que el alumno ya sabe y lo que va aprender, de manera que el aprendizaje tenga significado. Los organizadores previos vienen a ser un sustituto de los "sustratos" o bien un complemento a ellos.

(19) Moreira Marco A. op. cit.

Puede parecer contradictorio que para que los estudiantes aprendan ciertos conceptos deban ver antes otros de mayor generalidad, obstrucción e inclusividad. Sin embargo, es necesario, para que los conceptos menos generales no estén dispersos y carezcan de significado. Así, por ejemplo, el estudiante debe tener una información aunque sea superficial de lo que es la Ciencia antes de abordar los conceptos científicos. Posteriormente al poseer ya conocimientos más particulares, el conocimiento más general los incluye y se verá enriquecido cobrando un mayor significado. Por lo tanto estos organizadores previos no deben verse a gran profundidad al inicio, sino sólo como una base para los otros conocimientos.

Para Ausubel la organización del conocimiento en las estructuras cognoscitivas posee un orden jerárquico. Por lo tanto, desde esta perspectiva, las condiciones para que el aprendizaje sea significativo son dos principalmente:

1. El aprendizaje debe estar lo suficientemente organizado y con lógica para que pueda ser asimilado por las estructuras previas.

2. Deben existir estas estructuras previas (20) o "substratos" que le den significado al nuevo material o bien dar antes a los estudiantes los conceptos que formen en ellos -- los organizadores previos.

Diferencias entre las teorías de Ausubel y Piaget.

Para Moreira existen las siguientes:

En la asimilación, para Ausubel el conocimiento nuevo interactúa con conceptos y proposiciones específicas de la estructura cognoscitiva y no con toda ella. Además es un --

proceso continuo y las modificaciones relevantes en el aprendizaje ocurren no como resultado de ciertas edades, sino en forma creciente de diferenciación e integración de los conceptos. (21).

Existen además, desde mi punto de vista, diferencias -- más profundas y definitivas: en la "estructura cognoscitiva" de Ausubel existen conceptos, ideas, proposiciones, etc. como formas pasivas, mientras que en la "estructura mental" de Piaget existen operaciones como formas activas del pensamiento que hacen que éste pueda integrar a él nuevos conocimientos y operaciones que lo hagan más capaz de obtener conocimientos de la realidad.

De esta diferencia de conceptos se desprende que para Piaget el estudiante puede extraer el conocimiento como el científico lo hace, de la realidad misma y no solamente como lo supone Ausubel, de un material de enseñanza en donde el conocimiento ya esté perfecta y lógicamente estructurado para ser asimilado con poco esfuerzo por parte del alumno, que en este sentido es sólo un receptor y quien desde luego tampoco podrá cuestionar la validez del conocimiento dado.

Por ello no es de extrañar que no se dé en esta teoría importancia al aprendizaje por descubrimiento.

A pesar de estas diferencias, se pueden tomar algunas técnicas de evaluación trabajadas por Moreira, aunque él mismo hace la aclaración de que son una muestra estática de la estructura cognoscitiva. Desde luego se hace uso también de otras técnicas que las complementen y sean más afines a la teoría de Piaget, que es el fundamento principal de este trabajo.

Otro aspecto de lo expuesto por Moreira (22) que es digno

(21) Moreira op. cit.

(22) Moreira op. cit.

no de tomarse en cuenta son las actividades que se recomiendan al profesor para la organización de la enseñanza:

1. Determinar la estructura conceptual y proposicional - de la materia, es decir, encontrar los conceptos fundamentales y establecer relaciones y un orden lógico entre ellos.

2. Identificar los "substratos" adecuados para la materia.

3. Diagnosticar cuáles de ellos están disponibles en la estructura cognoscitiva de los alumnos.

4. Enseñar de acuerdo a éstos y de no haber "substratos" auxiliarse de organizadores previos.

Estas actividades, aunadas a las anteriores, dadas en el apartado (1.2.1.2), son una guía para organizar la unidad de Física I, tomando los aspectos activos del pensamiento (operaciones) y estudiando también la estructura cognoscitiva para complementar la investigación.

1.2.2.1. Conceptos y Técnicas empleadas

Los conceptos empleados en la teoría y algunos incluidos en este trabajo ya han sido explicados. En cuanto a las técnicas, la que se empleará ha sido desarrollada por Moreira para determinar la "estructura cognoscitiva" de los alumnos, se consideran tres aspectos:

1. Las técnicas se basan en un modelo de "estructura cognoscitiva" según el cual el contenido cognoscitivo es visto - como una red de unidades ligadas entre sí.

2. Estas técnicas tratan de llegar a un mapeo de la estructura cognoscitiva según un modelo propuesto y no revelan como esta estructura opera para pensar.

3. Las técnicas no se han utilizado lo suficiente para asegurar su validez (23).

De estas técnicas lo más simple para que pueda ser aplicada por los alumnos es la de "Mapas Conceptuales" (24), la cual se explicará más adelante junto con su aplicación.

1.2.3 Teoría de Grupos Operativos de Pichon-Riviere.

La teoría de grupos operativos considera que la información científica no debe transmitirse a los estudiantes como conocimientos acumulativos, sino debe transformarse en operaciones que ellos realicen tendiendo a la indagación y, al igual que la teoría de Piaget, considera que al operar se modifican tanto el objeto de conocimiento como el individuo que opera (25).

Esta teoría pone más atención en los aspectos psicológicos y sociales y en esto radica su diferencia con la de Piaget, aunque este último no desprecia este aspecto.

El grupo se puede definir como una estructura intermedia entre el individuo y la sociedad, que forma una unidad en la que existe un proyecto explícito o implícito en común. La operatividad es el estilo con el cual el grupo aborda la tarea, esto es, el grupo aprende que los modelos elaborados le sirven para interpretar lo ya estudiado y predecir algunos fenómenos, pero es la realidad concreta la que ha de enriquecer su marco de referencia; este equilibrio entre teoría y -

(23) Moreira, op. cit.

(24) Ibid

(25) Bleger, José, Temas de Psicología, Buenos Aires, 12 ed. Nueva Visión, 1980.

práctica le da el grupo un criterio de estabilidad (26). Esta idea es similar a la vista en J,2.J,1 con respecto al equilibrio en el proceso de adaptación.

1.2.3.1 Conceptos y técnicas.

Conceptos Centrales de esta teoría.

Tarea: Es la finalidad que persigue el grupo como tal: es la para que del trabajo y queda expresada en términos generales. Se llama también tarea explícita.

Tarea implícita: Se denomina a la del coordinador del grupo, que consiste en integrar al grupo para que alcance su objetivo, destruyendo los obstáculos que lo impidan, que son - en mucho de orden psicológico, como ansiedades y miedos que se manifiestan en diferentes etapas del desarrollo de la tarea.

La temática: Es lo que va a investigar, el contenido del trabajo grupal, puede ser general de una unidad o particular de un tema, siempre relacionado con la tarea explícita.

La técnica: Es el cómo del trabajo de grupo; aquí es donde podemos hablar de técnicas de dinámica de grupo que permiten la integración de ellos, técnicas para iniciarlos en el trabajo grupal y para que éste se desarrolle adecuadamente.

El Encuadre: Es la delimitación clara y bien definida del trabajo grupal, tanto de contenido como de forma, que debe ser un "contrato" grupal junto con el coordinador, que se considera parte del grupo; deben pues delinearse las funciones y responsabilidades; Este debe darse en la primera sesión (27).

(26) Hoyos Medina Carlos "la noción de grupos" en el aprendizaje su operatividad Perfiles Educativos Núm. 7 CISE

(27) Zarzar Charur, Carlos, "La dinámica de los grupos de aprendizaje desde un enfoque operativo", Perfiles Educativos Núm. 9, Méx., CISE UNAM. 1980!

2 Objetivos contenidos y Experiencias de Aprendizaje de la Primera Unidad de Física I.

En este capítulo se plantean los objetivos generales -- del curso, formulados en términos de operaciones, para que -- estén de acuerdo con la concepción didáctica obtenida en el capítulo anterior, exponiendo también:

Los contenidos de la Primera Unidad del curso.
 Las experiencias de aprendizaje que serán aplicadas.
 Las técnicas empleadas para la aplicación de estas expe
riencias.

2.1 Objetivos Generales del Curso de Física I. (28)

Los alumnos adquirirán un aprendizaje significativo sobre las propiedades generales y específicas de la materia, -- operando en forma concreta o formal para la resolución de -- problemas críticos que se les presenten. Todo esta encamina
do a lograr que los alumnos:

- a) Construyan uno o varios procesos de investigación para la resolución de cada problema, en que las opera
ciones sean asociativas y de composición (ver 1.2.1.1 cap. I).
- b) Construyan procesos inversos de investigación u ope
raciones reversibles (1.2.1.1 cap. I). Estos se lle
varán a cabo proporcionándoles problemas complementa
rios en que se invierten los papeles de los concep
tos incluidos en el problema original. (29)

(28) Astudillo, Virginia, et. al. op. cit.

(29) Piaget, Jean, La Psicología de la Inteligencia, op. cit.

2.2 Técnicas didácticas para el trabajo grupal y en --- equipos.

29

En un principio se emplearán técnicas de dinámica de grupos operativos, que se describirán más adelante, para lograr la integración del grupo y obtener su participación y compromiso con las metas del curso. Posteriormente se llevará a cabo el examen de diagnóstico.

Después se comenzará a trabajar asignando tareas de investigación bibliográfica en forma individual, que serán discutidas en el grupo y luego de cada tarea de este tipo se planteará un problema de investigación para ser resuelto por equipos. Este problema deberá resolverse en forma teórico-experimental y el grupo analizará las diferentes soluciones; después se resolverán otros problemas similares continuándose a lo largo del curso con las investigaciones individuales y por equipo y discusiones grupales. Se llevarán a cabo exámenes de dos tipos, el primero para evaluar el curso, que no contará como calificación de los alumnos, y el segundo que será para evaluar a los estudiantes. En todo este proceso el profesor tendrá el papel de asesor y guía.

2.2.1 Técnicas de grupos operativos empleadas.

En la primera sesión, para lograr el compromiso y cooperación de los estudiantes que deben estar totalmente implicados en el proceso de aprendizaje, se les dará el "encuadre" del curso (30), aplicando en las 3 sesiones siguientes otras técnicas para iniciar a los estudiantes en el trabajo de investigación en equipo y para formar estos equipos.

2.2.1.1 El Encuadre.

Los puntos que éste debe cubrir son:

(30) Zarzar Charur, Carlos, op. cit., pp 27.

1. Encuadre histórico-institucional, que es el lugar -- del grupo dentro de la institución, en este caso el C.C.H.

2. Encuadre teórico, o sea el lugar del curso dentro -- del plan de estudios, en este caso Física I en el plan del -- bachillerato del C.C.H. y del Area de Ciencias Experimenta-- les.

3. Tarea: es la meta final del curso: obtener conoci-- mientos significativos de los contenidos de Física I que pue-- dan ser empleados por los estudiantes para interpretar la -- realidad en cualquier momento que lo requieran.

4. Metodología de trabajo del curso: Los alumnos traba-- jarán en equipos de un número máximo de 6, donde todos ellos tendrán igual responsabilidad y deberán realizar investigacio-- nes teóricas y experimentales, que los lleven a resolver los problemas planteados, obteniendo de estas investigaciones los conocimientos del curso de Física I relacionados con dichos problemas. Posteriormente se realizarán una discusión gru-- pal para enriquecer los conocimientos teóricos obtenidos y -- otros problemas que servirán para comprobar si los conoci-- mientos alcanzados han sido o no significativos.

5. Contenidos: aquí se les explicarán los contenidos de todo el curso de Física I tratando de relacionarlos y dar -- una imagen global y estructurada de ellos.

6. Material Didáctico: Se les informa del material de laboratorio y las normas de trabajo en el mismo, así como la bibliografía del curso, que es la del Programa de Física I -- (31).

(31) Astudillo Reyes V., et al, op. cit.

7. Funciones y Responsabilidades del coordinador y de los estudiantes: Estas se han mencionado en parte en los puntos 4 y 5, pero se hace hincapié en que los que aprenden son los estudiantes y para ello deben participar muy activamente resolviendo los problemas planteados.

La responsabilidad del coordinador (profesor) es la de guía; busca los problemas y situaciones que promuevan la obtención del conocimiento, tratando de detectar y eliminar los obstáculos que impidan el aprendizaje. Otra de sus tareas es evaluar el aprendizaje obtenido y dar a conocer esto a los estudiantes para retroalimentar el proceso de enseñanza-aprendizaje.

8. Evaluación y cómo se llevará a cabo: Este punto se aclara que se llevará a cabo dos tipos de exámenes, uno para evaluar el curso y otro para evaluar a los estudiantes; además, la evaluación de los alumnos tomará en cuenta sus trabajos de investigación y su participación en las discusiones en clase.

9. Número de sesiones y horario: Son aproximadamente 16 semanas de clases para todo el curso de Física I, es decir, 32 sesiones de 2 horas y 16 de 1 hora. Para la primera Unidad, que cubre la mitad del curso, son aproximadamente 16 sesiones de 2 horas y 8 de 1 hora.

El horario es diferente para cada grupo.

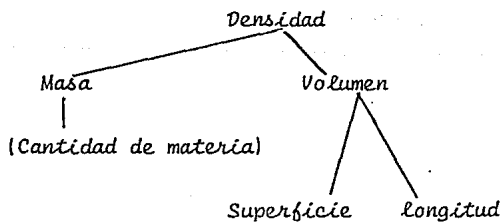
Por último, antes de entrar a los problemas de investigación, se aplicará el examen de diagnóstico a grupos que llevan las dos modalidades en que este curso se imparte y que se mencionaron en la Hipótesis de la Introducción. Este examen se detalla con sus resultados en el cap. 3.

2.3 Contenidos de la Primera Unidad del Curso de Física

I.

La primera unidad de este curso está integrada por los siguientes conceptos: densidad, masa, volumen, superficie y longitud; dentro del esquema conceptual [32] que los integra y relaciona a través de las relaciones matemáticas que se en encuentran en la tabla [2.3A] que se pretende sean encontradas por los estudiantes al operar sobre ellos, aprendiendo además las técnicas y conceptos experimentales y de análisis tales como: medición, magnitud, unidades, errores, precisión, incertidumbre, variables, datos, gráficas, pendientes y realización operaciones formales para aplicar este aprendizaje a otros problemas y para explicar y entender conceptos más generales sobre la materia.

Esquema Conceptual para los conceptos de la Primera Unidad del Curso de Física I.



Los contenidos están tomados del programa que se sigue hasta la fecha en el plantel y corresponde a los temas y unidades siguientes: temas 2 y 4 unidad I, temas 1, 2 y 3 unidad III, tema 1 unidad IV; organizados de manera diferente [33].

[32] Moreira, op. cit.

[33] Astudillo, et al, op. cit.

Tabla (2.3A)

Algunas relaciones entre los conceptos Físicos de la Primera Unidad relevantes para los Problemas de Investigación Propuestos.

	a Masa	b Volumen	c Area	d Longitud
1 Densidad (D)	$D \propto M$ para $V = cte$ 1, a	$D \propto \frac{1}{V}$ para $M = cte$ 1, b	$D \propto \frac{1}{A}$ para $M = cte$ y $l = cte$ 1, c	$D \propto \frac{1}{l}$ para $M = cte$ y $A = cte$ 1, d
2 Masa (M) (Cantidad de materia)		$M \propto V$ para $D = cte$ 2, b	$M \propto A$ para $D = cte$ y $l = cte$ 2, c	$M \propto l$ para $D = cte$ y $A = cte$ 2, d
3 Volumen (V) Puede ser el de un -- prisma rectangular -- recto.	es igual que 2, b		$V \propto A$ para $l = cte$ 3, c	$V \propto l$ para $A = cte$ 3, d
4 Area (A) de la base del prisma	es igual a 2, c	es igual a 3, c		$A \propto \frac{1}{l}$ para $V = cte$ 4, d
5 Longitud (l) de la altura del prisma.	es igual a 2, d	es igual a 3, d	es igual a 4, d	

En este esquema la densidad es el concepto que integra los conceptos de masa y volumen, aunque estos deben diferenciarse antes de llegar al concepto de densidad; igualmente - el volumen es el concepto que integra a los de superficie y longitud, que deben relacionarse y diferenciarse.

Las relaciones entre estas magnitudes, que deberán ser encontradas por los estudiantes para algunos problemas propuestos con prismas rectangulares rectos, se muestran en la tabla siguiente. (2.3A).

Los estudiantes deben encontrar algunas de ellas como - 2.b, en formas experimental, y deducir otras como las 2.c y 2.d.

Después de esto se indaga si el alumno puede con esta - información deducir algunas de las restantes y aplicarlas a otros cuerpos de diferente forma y generalizar a sólidos irregulares, líquidos y gases. Las relaciones 3.c, 3.d y 4.d, se plantearán en algunos problemas para que se resuelvan matemáticamente.

2.4 Experiencias de Aprendizaje para la Primera Unidad del Curso de Física I.

En este trabajo se denomina experiencias de aprendizaje fundamentalmente a los problemas de investigación, a las técnicas de dinámica de grupos que para su aplicación han sido empleadas y a los comentarios de los alumnos y propios de la realización de estos problemas.

Los problemas de investigación de esta Unidad contienen los conceptos físicos dados en la tabla (2.3A) para algunos - casos particulares, y son presentados como problemas a resol-

ver por los estudiantes, empleando para ello investigaciones bibliográficas y experimentales. Se pretende que para una mayoría de los estudiantes estos problemas sean "críticos" en el sentido que se discutió en el Capítulo anterior.

Los problemas de investigación siguen una secuencia tal que lleve a los alumnos a ir elaborando procesos que poco a poco sean más complejos e integren más operaciones y conceptos.

Así, en el primer problema se les pide en un principio sólo encontrar el perímetro de un campo circular de un cierto diámetro y en una segunda fase mostrar empíricamente que su resultado es válido y la generalidad de la fórmula empleada.

En el segundo problema, se pide desde el inicio que se muestre empíricamente la generalidad de la fórmula empleada para calcular áreas de círculos dados sus diámetros.

El tercero pide la aplicación de la fórmula del volumen de un prisma rectangular recto para encontrar dos de sus dimensiones, teniendo además que asociar los conceptos y unidades de volumen y capacidad, dándose como datos la altura y capacidad del tanque, las operaciones que los alumnos deben realizar son más complejas ya que deben asociar varios conceptos para encontrar la solución que además no es única, lo cual no es común en los problemas que generalmente se les plantean.

En el cuarto problema se les pide que calculen el número de clips contenidos en cajas cerradas, teniendo otras cajas también cerradas pero con un número conocido de clips es

crito. sobre de ellas.

Aquí los alumnos deben encontrar no sólo la solución sino también la manera de obtener datos que les permitan el hacer cálculos, ya que en ningún momento se les sugiere pesar las cajas; esto ellos deben de inducirlo empleando el concepto de masa y sus propiedades tales como el principio de conservación y su relación con densidad, aunque sólo lo hagan de manera implícita.

Por último en el quinto problema se les solicita que calculen el porcentaje de aluminio y cobre contenidos en cuerpos de bronce, proporcionándoles cuerpos de estos tres metales y pidiéndoles que diseñen un experimento explicando en que propiedades de estos metales se basaron para su investigación.

En este problema deben emplear el concepto de densidad y hacer hipótesis acerca de como está conformada la aleación a nivel microscópico, aunque lo hagan de manera implícita.

La complejidad de operaciones que implica este problema es mayor, ya que deben aplicar el concepto de densidad de manera novedosa y organizar todas las operaciones experimentales y matemáticas necesarias para llegar a la solución.

De esta manera cada vez se les dan menos datos y herramientas para que solucionen los problemas, con lo que se intenta que ellos mismos elaboren el proceso y lleven a cabo las operaciones lógico matemáticas y empíricas necesarias.

1er. Problema de Investigación: Obtener el perímetro de un terreno de forma circular, a partir de su diámetro.

Planteamiento de Problemas: Para cercar un terreno de forma circular, se requiere conocer su perímetro, sabiendo que tiene un diámetro de 60 m.

Proceso de Investigación (1a. parte)	Objetivo	Conceptos	Operaciones	Operaciones inversas	Investigación bibliográfica Complementaria	Bibliografía
Los estudiantes diseñarán un proceso para comprobar experimentalmente en el laboratorio los cálculos teóricos que realicen con las fórmulas que recuerdan para resolver el problema.	-Encontrar criterios de validez para discriminar las presencias por ellos.	- magnitud - longitud - unidad de medida - medición - fórmula - perímetro - diámetro - radio.	Los alumnos: -Medirán las longitudes: diámetro y perímetro de los círculos que ellos trazan. -Demostrarán la validez de su fórmula para círculos menores que el problema,	-trazarán círculos de medidas proporcionadas por el profesor - Aplicarán la fórmula comprobada en círculos menores a el círculo del problema. - Calcularán los diámetros de círculos cuyos perímetros les sean dados.	Investigarán los conceptos de: - magnitud - magnitud fundamental y derivada. - unidades del S. I. - Medición.	Murphy Smoot. Física principios y problemas. Ed. CECSA Zebrowski Física un enfoque para técnicos. Ed. McGraw. - Halliday - Resnick Física I y II Ed. CECSA. - Ciencia y Desarrollo sep-oct. 1984 núm. 58 año X pp. 91-102.

Proceso de Investigación (2a parte)	Objetivo	Conceptos	Operaciones	Operaciones inversas	Investigación bibliográfica Complementaria.	Bibliografía
- Comprobarán que precisión han obtenido con sus cálculos y modelos en el laboratorio realizando mediciones en un terreno del plantel de menor medida que el propuesto en el problema.	- Encontrar límites para la precisión de sus medidas.	- error en las medidas. - Precisión - Incertidumbre.	- Calcularán las diferencias entre el perímetro teórico y el empírico. - Explicarán las posibles causas de la diferencia. - Indicarán la incertidumbre esperada al medir el perímetro de un círculo como el propuesto en el problema.	- Estimarán posibles incertidumbres en los mayores y menores. Explicarán factores que podrían causar errores en otras medidas.	- error en la medida - precisión - incertidumbre en la medida - exactitud - promedio - error absoluto, relativo, y porcentual. - cifras significativas.	Murphy Smoot op cit. González Nuñez J. A. Gráficas Ecuaciones UNAM Alvarenga Maxim Física General Ed. Harla.

Comentarios sobre la aplicación del Primer Problema de Investigación.

Antes de dar a los alumnos el primer problema, se les deja investigar los conceptos de las referencias bibliográficas (columna 6a) de dicho problema y se discuten en grupo haciendo aclaraciones sobre ellos, por ejemplo: según las definiciones encontradas en los libros "magnitud es todo lo que puede ser - medido". Al preguntarles si una mesa es una magnitud contestan que sí, puesto que la pueden medir; se les aclara que pueden - medirle ciertas propiedades: largo de alguna de sus partes, an cho, altura, área, volumen, masa, etc. pero no en sí todo lo - que es la mesa, es decir, una magnitud puede ser una propiedad de los objetos que es factible de ser medida directa o indirec tamente, pero los objetos en sí no son magnitudes.

Posteriormente se les plantea el problema acerca del perímetro de un círculo y ellos realizan operaciones encontrando - diferentes resultados aplicando las siguientes fórmulas.

$$\begin{aligned} \text{Perímetro} &= 2\pi \times \text{radio}, \text{ perímetro} = \pi \times \text{diámetro}, \\ \text{Perímetro} &= \pi \times (\text{radio})^2 \end{aligned}$$

Se les pide que verifiquen que su resultado es correcto. Algunos tratan de probarlo geométricamente de manera incorrec- ta o suponiendo lo que quieren demostrar; se les pide que lo - hagan de manera experimental y tardan cierto tiempo en hacer - un dibujo a escala en su cuaderno o utilizan monedas y miden - con un hilo el perímetro, con lo cual encuentran que son co- - rrectas las dos primeras fórmulas y que son equivalentes.

Para reforzar estos conocimientos se les pide que calcu- - len perímetros para círculos de diámetro dados, por ejemplo 2 cm, 3cm, 8cm y que los midan con un hilo para comparar los re-

sultados y obtienen diferencias de 0,1 a 0,2 cm entre los cálculos y las medidas. Con este material se discuten los factores experimentales que pueden provocar errores.

Se les pide también para que inviertan el proceso que calculen diámetros de círculos cuyos perímetros se les proporcionan y que digan también cuales son los radios correspondientes.

Para la 2a. parte de este problema, como ya se empezó a hablar de error, se les pide resuelvan un cuestionario con los conceptos de la 6a. columna y se discuten en clase, definiendo precisión e incertidumbre en la medida y explicando el cálculo de errores y que son las cifras significativas y como redondear una cifra.

Después se les pide que tracen un círculo de 6m. de diámetro, es decir, 10 veces menor que el del problema y que apunten cual es el error esperando en el perímetro de este círculo, esto es, que calculen el perímetro y la incertidumbre de éste, tomando en cuenta que la precisión es de aproximadamente 1 dm. debido a la forma en que se mide la cuerda para trazar el círculo, por lo que la incertidumbre en la medida del diámetro es igual a 0,05m y al calcular la incertidumbre esperada para el perímetro esta da por resultado $IP = \pi \times ID = 3.1416 \times [0.05 \text{ m}] = 0.15708 \text{ m}$. por lo que el cálculo teórico del perímetro con su incertidumbre es $P = 18.8495 \pm 0.15708 \text{ m}$; se les hace notar que dado que la primera cifra significativa de la incertidumbre es del orden de décimas no tiene caso trabajar con tantas cifras inciertas por lo que quedaría mejor expresado el perímetro redondeando las cifras como sigue: $P = 18.8 \pm 0.2 \text{ m}$. Cuando realizan sus mediciones del perímetro, con estos datos se hace una tabla y como éstas difieren se calculan los errores. Por ejemplo, se obtuvo lo siguiente:

Perímetro	Error absoluto	Error relativo	Error porcentual
1 18.7 m	0.1 m	0.0053	0.53%
2 18.9 m	0.1 m	0.0053	0.53%
3 19.0 m	0.2 m	0.0106	0.06%
4 18.8 m	0.0 m	0.0	0
5 18.5 m	0.3 m	0.016	1.6%

$$\text{Promedio} = \frac{18.7 + 18.9 + 19.0 + 18.8 + 18.5}{5} = 18.78 \text{ m} \quad 18.8 \text{ m.}$$

Error absoluto = medida - promedio

Error relativo = $\frac{\text{error absoluto}}{\text{promedio}}$

Error porcentual = error relativo x 100

Los errores de los datos 1 a 4 caen dentro de lo esperado, siendo menores o iguales a la incertidumbre, mientras que el quinto es mayor; se les pregunta ¿por qué será mayor?, ellos responden que tal vez la medición se hizo con menor cuidado y que también existían irregularidades en el trazo del círculo y en el piso.

Por otro lado la información del error porcentual nos indica que tan confiable son nuestras medidas; se hace notar a los estudiantes que de ser éste muy alto debe revisarse todo el proceso y afinarse; con esto se concluye el primer problema

Comentarios sobre la aplicación del segundo Problema de Investigación.

Va que los alumnos propusieron para el primer problema la fórmula $\text{Perímetro} = \pi \times r^2$ y ésta resultó falsa, al pedirles -- una fórmula para el área del círculo proponen $\text{Área} = \pi \times r^2$ y -

2° Problema de Investigación: "Obtener el área de un círculo a partir de su diámetro".

Planteamiento del Problema: Se quiere calcular el área de un círculo sabiendo su diámetro, comprobando que la fórmula empleada sirve para calcular el -- área de cualquier círculo.

Proceso de Investigación	Objetivo	Conceptos involucrados	Operaciones	Operaciones inversas	Investigación Bibliográfica complementarias.	Bibliografía
Los estudiantes planean y realizarán un proceso para comprobar que la fórmula encontrada y propuesta por ellos para calcular el área de un círculo es correcta.	-Comprender el concepto de área y aplicarlo sumando varias porciones de áreas para integrar una mayor.	- área - unidades de medida de superficie.	Los alumnos: - Medirán directamente el diámetro de los círculos que tracen, así como las áreas de los mismos, trazando en su interior figuras regulares de las que puedan determinar su área para luego sumaras hasta integrar el área del círculo o colocarán estos círculos sobre el papel milimétrico y sumarán las áreas de esta cuadrícula. -Demostrarán que la fórmula es válida para varios círculos	-Calcularán los diámetros de círculos cuya área sea conocida.	- Investigarán los conceptos de: - área - unidades de superficie - fórmulas para áreas de otras figuras.	Murphy Smoot op cit. Arquimedes Caballero C. y otras tablas Matemáticas Ed. Esfinge

tardan un poco en encontrar un método para comprobarla, para lo cual unos trazan cuadrados dentro del círculo y otros dibujan los círculos sobre un papel milimétrico y para comprobar sus cálculos cuentan los cuadros dentro del círculo. Se les deja investigar un cuestionario sobre unidades de superficie y sus equivalencias y se les dan algunos problemas de cálculo de áreas de otras figuras para que los resuelvan y algunas conversiones de unidades; estos problemas se revisan en clase discutiendo los procedimientos de resolución.

Antes de pasar al tercer problema se les pide a los --- alumnos que investiguen una técnica para encontrar la relación entre dos variables físicas, a través de datos obtenidos de un experimento, dándoles como bibliografía la siguiente:

- González, J. A.
Gráficas y Ecuaciones
U. N. A. M.
- Guerra Vela, Claudio y Sotelo González Humberto
Manual de Laboratorio de Física
Centro de Instrumentos
U. N. A. M.

Como de su lectura surgen dudas se les da una breve explicación sobre esta técnica explicando que no sólo es útil para comprobar fórmulas sino sobre todo sirve para deducirlas.

Para esta explicación se les hace un repaso de sus cursos de matemáticas donde se les daba una fórmula, por ejemplo, $Y=3X$, y de ella obtenían una tabla de valores para "X" y "Y" que graficaban. Se les dice que la técnica experimen-

tal es un proceso inverso y que para el estudio de la relación entre dos variables de un fenómeno donde las otras magnitudes son constantes, primero se obtienen medidas para estas variables tabulándolas, después se realiza la gráfica, si es posible se calcula la pendiente y de ahí se obtiene la fórmula. Con los datos obtenidos en el primer problema que resolvieron los alumnos. Se realiza una tabla, por ejemplo:

diámetro	Perímetro	
1.0 cm	3.1 cm	Todas las medidas tienen una incertidumbre mínima de 0.05 cm.
2.5 cm	7.8 cm	
4.0 cm	12.5 cm	
5.0 cm	15.7 cm	
8.0 cm	25.1 cm	

Estos datos se grafican, colocando el diámetro en el eje horizontal y el perímetro en el eje vertical.

Después de dibujar los puntos en la gráfica se dibujan las incertidumbres con rectángulos y se traza la línea que los une, como muestra la figura (2.4A).

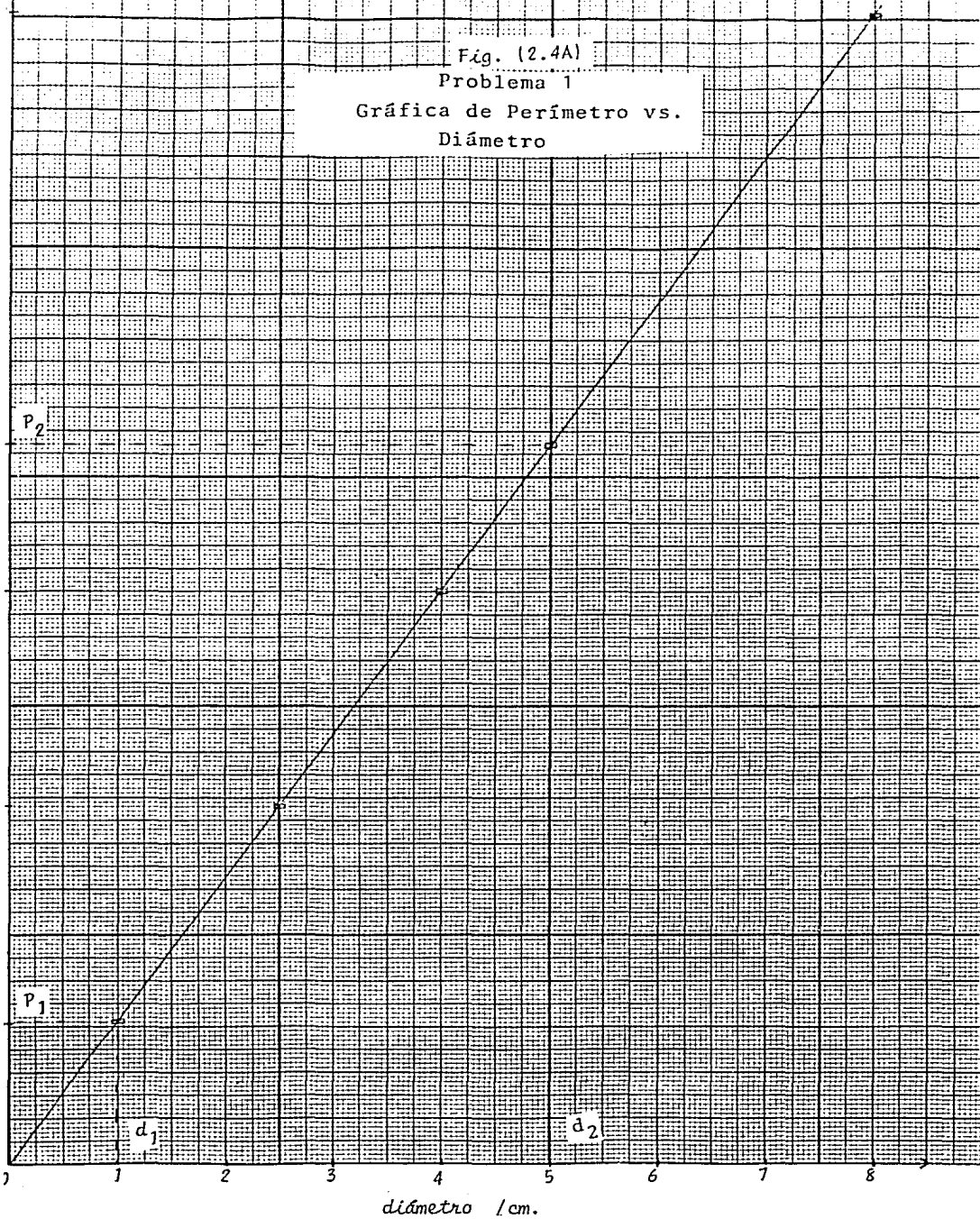
$$\text{Se calcula la pendiente } m = \frac{y_2 - y_1 = p_2 - p_1}{x_2 - x_1 = d_2 - d_1} = \frac{(15.7 - 3.1) \text{ cm}}{(5.0 - 1.0) \text{ cm}} = \frac{12.6 \text{ cm}}{4.0 \text{ cm}}$$

$$= 3.15 \text{ que es aproximadamente ---}$$

igual a π y de ahí se obtiene la fórmula perímetro = π x diámetro, que nos dice que el perímetro es π veces el diámetro, o dicho de otro modo, que el diámetro cabe π veces en el perímetro.

Fig. (2.4A)

Problema 1

Gráfica de Perímetro vs.
Diámetro

diámetro /cm.

Se les hace notar que siempre que la gráfica muestre una línea recta inclinada para la relación de las variables "X" y "Y" y parta del origen se obtendrá una fórmula cuyo modelo general es $Y=mX$, donde "Y" será la variable del eje vertical de la gráfica, "X" la variable del eje horizontal y m la pendiente de dicha recta, que debe ser calculada con la fórmula $m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$, haciéndose la observación de que no es conveniente calcular $m = \tan$ donde x es el ángulo de inclinación de la recta, ya que este ángulo varía según la escala elegida para las variables.

Se realiza en forma semejante la gráfica inversa, colocando ahora el perímetro en el eje horizontal y el diámetro en el vertical.

$$\begin{aligned} \text{Se calcula la pendiente } m' &= \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{d_2 - d_1}{P_2 - P_1} = \frac{(5.0 - 1.0) \text{ cm}}{(15.7 - 3.1)} = \frac{4.0}{12.6} \text{ cm} \\ &= \frac{4.0}{12.6} \text{ cm} \end{aligned}$$

$m' = 0.317$ de donde diámetro = 0.317 perímetro, fórmula que nos dice que el diámetro es la fracción 0.317 ó $\frac{1}{\pi}$ de el perímetro, o bien, que si el perímetro lo dividimos entre es igual al diámetro.

Ambas fórmulas $P = \pi \cdot d$ ó $d = \frac{1}{\pi} \cdot P$ son equivalentes, ya que cualquiera de ellas se obtiene de despejar de la otra la variable deseada.

Se deja a los alumnos como ejercicio encontrar la fórmula del perímetro de algunos polígonos regulares en relación con la medida de sus lados, dándoles valores en una tabla, y pidiéndoles el nombre de estos polígonos.

Por ejemplo:

<u>lado</u>	<u>Perímetro</u>
2 cm	12 cm
4 cm	24 cm
5 cm	30 cm
8 cm	48 cm
10 cm	60 cm

Este problema no es resuelto por la mayoría de los alumnos sino solamente cuando han revisado sus apuntes y algunos comprueban la fórmula obtenida sustituyendo los valores de los lados para obtener los perímetros correspondientes.

3er. Problema de Investigación: Obtener valores para el largo y ancho de la base de un prisma rectangular recto, conociendo su volumen y altura

Planteamiento del Problema: Se desea contruir un tanque en forma de un prisma rectangular recto con una profundidad de 3,5 m. y que pueda contener 140,000 Litros de agua.

¿Cuales deberán ser sus otras medidas?

Proceso de Investigación	Objetivos	Conceptos Involucrados.	Operaciones	Operaciones inversas	Investigación Bibliográfica	Bibliografía
<p>Los estudiantes:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Calcularán las medidas solicitadas construyendo un modelo a escala para verificar si estas son correctas. - Calcularán la incertidumbre en el volumen y por lo tanto el margen de error esperado en el volumen del tanque problema. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprenderán el concepto de volumen. - Aplicarán este para la resolución del problema - Aplicarán sus conocimientos del cálculo de incertidumbres. 	<ul style="list-style-type: none"> - volumen - área - unidades de volumen - factores de escala. 	<p>Los alumnos:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Calcularán las medidas solicitadas observando que pueden existir diferentes soluciones. - Construirán un modelo a escala. - Calcularán el volumen de su modelo, - Verificarán que el volumen del modelo a escala concuerde con el volumen del tanque problema dentro del margen de error esperado. 	<ul style="list-style-type: none"> - Calcularán el volumen de prismas conociendo sus dimensiones. - Calcularán volúmenes de otros cuerpos conociendo sus dimensiones. 	<p>Investigarán los conceptos de: volumen.</p> <p>Las unidades de medida de esta magnitud.</p> <p>El cálculo de incertidumbre en el volumen.</p>	<p>Arquimede Caballero C. op. cit. González He. J. A. Melin C. Jaime et. al. Notas de Física UNAM. Párr Millan Ignacio Gu para Curs de Física II y III, Química I y III folleto del Plantel Oriente.</p>

Comentarios sobre la aplicación del tercer problema de investigación.

Antes de la aplicación de este problema se les deja a los estudiantes la investigación de los conceptos y unidades de la 6a. columna y se comentan en clase; posteriormente se les plantea el problema. La primera dificultad que se les presenta es entender cuales son los datos y como utilizarlos dentro de la fórmula para el volumen del prisma. Una vez -- que entienden la relación entre capacidad y volumen, discutiendo estos conceptos entre ellos, tienen la dificultad de convertir las unidades; para hacerlo generalmente recurren a dos datos conocidos por ellos que son que $1 \text{ dm}^3 = 1 \text{ litro}$ ó $1 \text{ cm}^3 = 1 \text{ ml}$ y finalmente encuentran que $14000 \text{ litros} = 140 \text{ m}^3$. El problema siguiente es que deben dar un valor arbitrario al ancho o largo de la base; optando por números enteros, las soluciones que dan son:

ancho = 2m y largo = 20m. o ancho = 1 m y largo = 40m ó
ancho = 5m y largo = 8m.

La escala que eligen es que 1 cm represente a 1m y con esto construyen su modelo con cartón, plástico, etc. Se les solicita que antes de observar que cantidad de agua puede -- contener su modelo, calculen:

- cuántos cm^3 de su modelo representan 1 m^3 del tanque problema.
- cuántos ml de agua que contenga el modelo representa 1 litro de agua para el tanque problema.
- la incertidumbre en el volumen de su modelo, dado que las dimensiones de el mismo fueron medidas con regla.

Con respecto al inciso (a). calculan los volúmenes del tanque del problema y el modelo, obteniendo:

$$V \text{ problema} = 140 \text{ m}^3 = 20\text{m} \times 20\text{m} \times 3,5\text{m},$$

$$V \text{ modelo} = 2\text{cm} \times 20\text{cm} \times 3,5\text{cm} = 140 \text{ cm}^3.$$

de donde concluyen que 1cm^3 representa 1 m^3 ,

Con respecto al inciso (b) calculan las capacidades de ambos tanques, obteniendo:

$C \text{ problema} = 140\text{m}^3 = 140000$ litros ya que 1m^3 contiene 1000 litros.

$C \text{ modelo} = 140\text{cm}^3 = 140 \text{ ml}$ ya que en 1cm^3 cabe 1ml de donde 1ml representa 1000 litros.

Para el inciso (c) tienen algunas dificultades por lo que aquellos alumnos que los han calculado bien pasan al pizarrón a explicar el procedimiento. Si nadie lo resolvió es explicado por el profesor.

Así, por ejemplo, si las dimensiones propuestas fueron ancho = 2cm, largo = 20cm y altura=3.5cm dado que la incertidumbre es 0.05cm tendríamos como medidas mínimas

ancho mín. = $(2,0 - 0.05) \text{ cm} = 1.95\text{cm}$.

largo mín. = $(20,0 - 0.05) \text{ cm} = 19.95\text{cm}$.

alturamín. = $(3.5 - 0.05)\text{cm} = 3.45\text{cm}$.

de donde obtenemos un volumen mínimo de:

$$v \text{ mín.} = 1.95\text{cm} \times 19.95\text{cm} \times 3.45\text{cm} = 134.21\text{cm}^3 \text{ o redondeando } V \text{ mín.} = 134 \text{ cm}^3 \text{ que se separa } 6 \text{ cm}^3 \text{ del volumen de } 140\text{cm}^3.$$

Si calculamos el volumen con las medidas máximas posibles tendríamos.

$$\text{ancho máx.} = [2,0 + 0,05] \text{ cm} = 2,05 \text{ cm,}$$

$$\text{largo máx.} = [20,0 + 0,05] \text{ cm} = 20,05 \text{ cm,}$$

$$\text{altura máx.} = [3,5 + 0,05] \text{ cm} = 3,55 \text{ cm,}$$

por tanto $V \text{ máx.} = 2,05 \text{ cm} \times 20,05 \text{ cm} \times 3,55 \text{ cm} = 145,91 \text{ cm}^3$, o redondeando a cm^3 , $V \text{ máx.} = 146 \text{ cm}^3$, que también se desvía 6 cm^3 del volumen de 140 cm^3 .

Para esas dimensiones el volumen esperado midiendo con precisión de $0,1 \text{ cm}$ es $V = 140 \pm 6 \text{ cm}^3$. Se hace notar a los alumnos que la incertidumbre en el volumen es muy grande debido a que no es una medida directa y cuando se efectúan cálculos para obtener una magnitud a partir de otra u otras, la incertidumbre es mayor que la de las magnitudes medidas. Por otro lado se redondean las incertidumbres hasta unidades porque no tiene caso tener décimas de unidades si aún en unidades es incierta la cantidad, en este caso el volumen.

Se les pide que calculen ellos ahora la incertidumbre con sus otras dimensiones propuestas, ya que verán que resultan diferentes.

Finalmente se observa que para el problema dado, la incertidumbre en la capacidad del tanque es de $6,000$ litros si lo si la precisión de las medidas de éste fueran $0,1 \text{ m}$.

Para concluir se les presentan varios problemas de volumen, por ejemplo:

- Calcular el volumen de una esfera de 2 cm de radio.
- Calcular el volumen de un cubo de 4 cm de lado.
- Calcular el volumen de un cilindro de radio 3 cm y 5 cm de altura.

- Calcular la altura de un cilindro de radio = 1cm y de volumen = $9,4 \text{ cm}^3$,
- Calcular el radio de un cilindro de altura = 2cm y volumen de $14,16 \text{ cm}^3$.

4º Problema de Investigación: Determinar el número de clips contenidos en cajas cerradas, conociendo la masa de cajas que contienen un número conocido de clips.

Planteamiento de Problemas: Se tienen 3 cajas de clips que contienen una 30, otra 60 y otra 90 clips, estas cerradas y selladas al igual que otras 6 cajas de las cuales se ignora cuantos clips contienen. Se sabe que los clips son todos iguales y las cajas también. Diseñar un proceso experimental por medio del cuál se puedan tener datos para calcular cuántos clips hay en las cajas problema.

Proceso de Investigación	Objetivos	Conceptos involucrados	Operaciones	Operaciones Inversas	Inv. Bibliográfica Comp,	Bibliografía
Los estudiantes diseñarán un experimento para obtener datos y calcular el número de clips contenidos en las cajas problema. Se les pedirá después que calculen la masa de la caja vacía y de un clip. Una vez que tengan sus mediciones se les pedirá que las confirmen.	Comprender el concepto de masa y aplicarlo en la resolución del problema.	- masa - unidades de masa - instrumentos de medida - peso - unidades de peso.	Los alumnos: - pesarán las cajas para obtener datos. - calcularán lo que se les solicita por medio del manejo de sus datos. - comprobarán sus predicciones con una gráfica.	- Verificarán si sus predicciones son correctas calculando la masa de los clips que suponen hay en cada caja y sumando la masa de la caja, todo antes de la comprobación. - También realizarán estas operaciones con una gráfica.	- Conceptos de: masa y peso - Unidades de masa y peso - Instrumentos de medida de estas magnitudes.	Murphy Smoot op. cit. Alvarenga Maximo op. cit. Ciencia y desarrollo op. cit. González J. A. op. cit.

Comentarios sobre la aplicación del 4º Problema de inves
gación.

Se plantea el problema a los estudiantes sin decirles -- que deben pensar primero como obtener los datos para hacer -- los cálculos convenientes.

La mayoría de los alumnos tardan en llegar a plantear -- que necesitan datos y algunos incluso intentan solucionarlo - sin ellos haciendo hipótesis de que el número de clips es pro
porcional al número de identificación de la caja, hasta que - algunos otros empiezan a mencionar pesar las cajas para obte-
ner datos, los cuales son aproximadamente los siguientes:

Caja	Masa/g	Se les prohíbe abrir las - cajas y pesar los clips.
de 30 clips	17.7	
de 60 clips	30.6	
de 90 clips	43.5	
I	58.7	
II	16.0	
III	24.6	
IV	40.0	
V	10.8	
VI	34.0	

Trabajando con estos datos, algunos resuelven el problema cal
culando el número de clips de las cajas por regla de tres, sin tomar en cuenta que la caja tiene masa también. Otros sí toman esto en cuenta y lo resuelven restando, por ejemplo, a la caja de 60 clips la de 30 clips con lo que obtienen:

$$\begin{aligned} \text{Masa de Caja con 60 clips} - \text{masa de caja con 30 clips} &= 30.6\text{g} \\ 17.7\text{g.} &= 12.9\text{g, de donde } 30 \text{ clips} = 12.9 \text{ g} \\ &\text{y } 1 \text{ clip} = \frac{12.9}{30} \text{ g} = 0.43 \text{ g.} \end{aligned}$$

y obtiene la masa de la caja restando a la caja de 30 clips - la masa de 30 clips:

masa de caja con 30 clips + masa de 30 clips = 17.7 g - 12.9g
 = 4.8g, es decir, masa de caja = 4.8g.

Algunos estudiantes comprueban estos resultados restando a la masa de la caja de 90 clips la de 60 clips.

masa de caja con 90 clips - masa de caja con 60 clips = 43.5g
 - 30.6g = 12.9g = masa de 30 clips.

Observando que la diferencia es igual se convencen que -
 están bien o calculan la masa de la caja con la caja de 60 --
 clips. Cuando ya están satisfechos calculan el número de ---
 clips de las cajas problema restando primero la masa de la ca
ja vacía y dividiendo después entre la masa de un clip.

ejemplo:

Masa caja I = 48.7 g. Masa de clips de caja I = 48.7g - 4.8g

Masa de clips de caja I = 43.9 g

ny número de clips caja I = $\frac{43.9 \text{ g}}{0.43 \text{ g}} = 102$

Con el mismo procedimiento calculan los clips de todas -
 las cajas obteniendo la tabla.

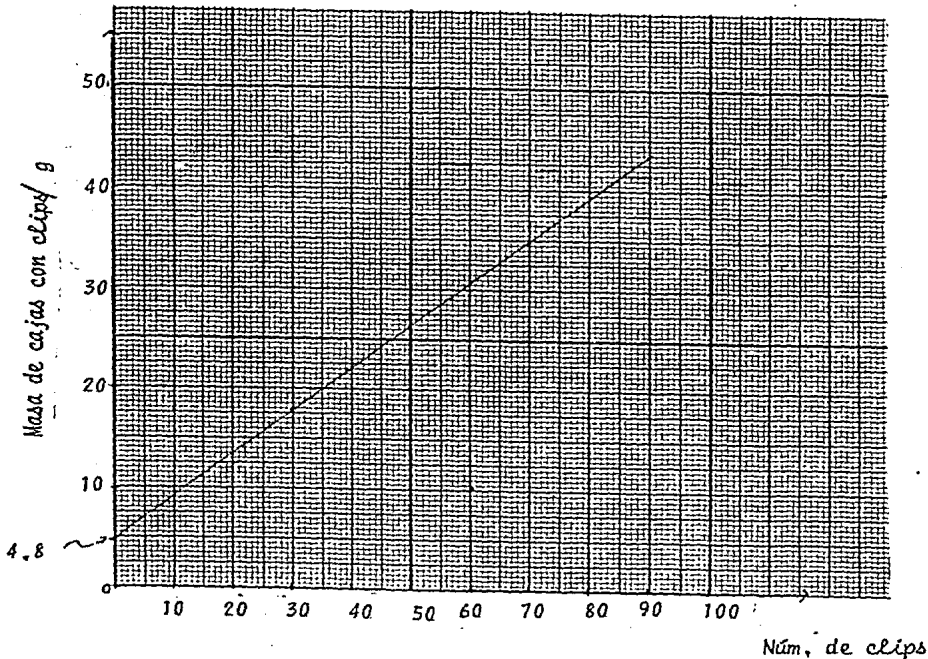
Caja	Núm. de Clips,
I	102
II	26
III	46
IV	82
V	14
VI	68

Los alumnos que resuelven correctamente el problema no -
 tienen dificultad en seguir todo el proceso sin confundirse.
 Posteriormente se les solicita comprueben sus resultados per

mitiéndoseles que abran las cajas y cuenten los clips, los pesen y pesen la caja vacía, con lo que quienes siguieron un -- proceso correcto llegan a comprobar que sus cálculos están de acuerdo con las medidas obtenidas experimentalmente.

Ningún alumno propuso resolver el problema por medio de una gráfica, por lo que se les deja realizar la gráfica de ca jas de clips vs. masa de las cajas para las cajas de 30, 60 y 90 clips, colocando la masa en el eje vertical y el número de clips en el eje horizontal.

La gráfica que obtienen es la siguiente:



Al unir los puntos de esta gráfica, la primera observación es que la recta no pasa por el origen. Al preguntar a los - alumnos ¿Qué significa esto? ¿Por qué para 0 clips existe -- una masa en el eje vertical? ellos responden que es la masa de la caja vacía.

Se les pide calcular la pendiente y obtienen $m = 0.43$

Se les hace la observación de que deben escribir también las unidades de dicha pendiente y obtienen $m = 0,43 \text{ g/clip}$.

O sea que la masa de 1 clip es 0.43 g.

Se les pide que en la gráfica busquen cuántos clips tienen las cajas problema y con este ejercicio se da fin al 4º Problema.

5² Problema de Investigación: Determinar el porcentaje en volumen de aluminio y cobre en cuerpos de una aleación de estos metales.

Planteamiento del Problema: Se tienen varios cuerpos de diferente tamaño de cobre, aluminio y de una aleación de ellos (bronce). Diseñar una investigación de la cuál se obtengan datos para calcular el porcentaje de aluminio y de cobre en el bronce de los cuerpos presentados.

Proceso de Investigación	Objetivos	Conceptos	Operaciones	operaciones inversas	Investigación Bibliográfica complementaria	Bibliografía
Los alumnos investigarán en que propiedad se pueden basar para obtener datos con los cuales pudieran resolver el problema y diseñar el experimento que los lleve a determinar esta propiedad.	Comprender el concepto de densidad y aplicarlo para la resolución del problema.	- masa - volumen - densidad	Los alumnos: - Obtendrán empíricamente los datos de masas y volúmenes. - Calcularán las densidades. - Utilizarán estos datos para la resolución del problema o harán hipótesis acerca de como emplear las densidades obtenidas.	Por medio de problemas complementarios, se les pedirá que calculen: - La densidad de un bronce que contenga 40% de Al y 60% de Cu en volumen. - La masa de un cuerpo de cobre de cierto volumen. - El volumen de una esfera de Al de cierta masa.	- Conceptos de: densidad, porcentaje, aleación. - unidades de la densidad,	Ciencias y desarrollo op. cit. Melín C. Jaime op. cit.

Comentarios sobre la aplicación del 5º Problema.

Se presenta el problema a los estudiantes y si no tienen idea de que datos obtener se les indica que investiguen las propiedades de la materia para que de ellas encuentren cuál o cuáles les sirven para la resolución del problema.

Después de esto ellos sugieren investigar la densidad de estos cuerpos; investigan sobre este concepto y sus unidades y diseñan el experimento para obtener dichos datos y calcular el promedio de cada material.

Así obtienen:

Para el aluminio una densidad de 2.7g/cm^3 .

para el cobre una densidad de 9.8g/cm^3

y para el bronce una densidad de 8.7g/cm^3 .

Con estos datos se les pide que calculen el porcentaje de cada elemento en el bronce. Esta operación no la pueden desarrollar y el problema parece ser que los problemas que resolvieron en cursos anteriores referentes a cálculo de porcentaje no fueron entendidos.

Se les plantea entonces el problema inverso, por ejemplo ¿Cuál sería la densidad de una aleación de Al y Cu en la que hubiera 50% de Al y 50% de Cu?

Este sí es resuelto por algunos estudiantes. Después se les dan otros porcentajes, en volumen, por ejemplo 20% Al y 80% Cu y se les pregunta ¿Cómo será si es mayor la cantidad de Al?

Después de resolver estas cuestiones, algunos alumnos resuelven el problema o al menos plantean las ecuaciones.

Se toman los porcentajes en volumen por que el modelo - ⁶⁰ matemático es más simple y es más fácil de entender para los estudiantes.

$$\text{densidad del bronce} = \text{densidad de Al } X + \text{densidad de Cu } Y \dots (1)$$

$$\text{donde: } X = \frac{\text{Porcentaje en volumen de Al}}{100} \text{ y } Y = \frac{\text{Porcentaje en volumen de Cu}}{100}$$

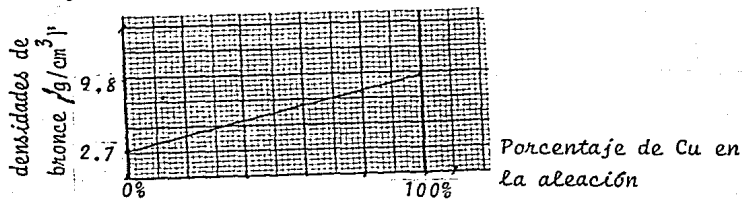
$$X + Y = 1 \dots (2)$$

encontrando que el bronce esta formado por:

4.76% de Al y 95.24% de Cu.

Otros lo resuelven por tanteo y lo verifican.

Finalmente se hace una gráfica de densidad de varias supuestas aleaciones, extrapolando los puntos densidad del Al, 0% de Al y densidad de Cu, 100% de Cu.



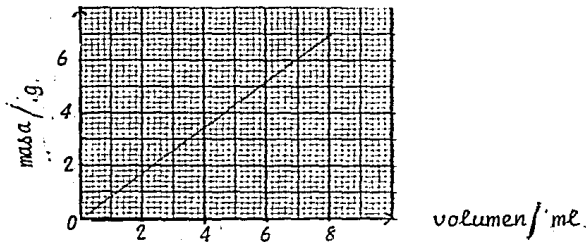
y en ella localizan la solución del problema.

Se hace notar que para la resolución del problema se hicieron varias hipótesis:

- que al unirse los elementos en la aleación ocupan el mismo espacio, es decir, no cambian su densidad,
- que la densidad es la misma para objetos de la misma substancia, lo cual dado que se utilizaron cuerpos de

diferente tamaño se observó que parece ser cierto, pero hay diferencias que se pueden deber a los errores en la medida - del volumen debido a la incertidumbre.

Para comprobar esta segunda hipótesis, realizan un experimento con líquidos, en el que se observará la relación entre la masa y el volumen para un líquido, por ejemplo alcohol aquí dado que no hay gran incertidumbre en la medida del volumen, se obtienen muy buenos resultados; la gráfica correspondiente es como la que se muestra:



Finalmente se les dan varios problemas de densidad, masa y volumen.

3 Evaluación de las Experiencias de Aprendizaje diseñadas para el curso de Física I.

Los fines de la evaluación son comprobar en que medida se han alcanzado las metas de enseñanza propuestas. La evaluación es una interpretación que se hace de una medida en relación a alguna o algunas normas preestablecidas.

La evaluación podemos clasificarla en tres grupos:

- *Diagnóstica*, cuya función es conocer la situación real de los alumnos con respecto a los contenidos del curso, al inicio del mismo, para tomar las medidas pertinentes.
- *Formativa*, con la cuál se pretende ir conociendo el avance de los alumnos durante el curso de manera de ir retroalimentando esta información al curso.
- *Sumaria*, para obtener la evaluación final de los objetivos alcanzados después de alguna o algunas unidades o el curso completo. (34).

Para obtener una evaluación comparativa entre el curso de Física I desarrollado a base de las experiencias de aprendizaje descritas en el capítulo anterior y el que se desarrolla con un libro de prácticas como el I. P. S. se realizarán:

Evaluaciones diagnóstica y sumaria de grupos que llevarán el curso en las dos modalidades descritas, las cuáles serán analizadas e interpretadas.

[34] Santos Rochín, Rosa Ma., Evaluación de Aprovechamiento Escolar N^o 4, pp 27-32 SEPLAN.

3.1 Técnicas de Evaluación empleadas.

Los exámenes estarán integrados en primer lugar por un mapa conceptual, técnica empleada por M. A. Moreira [35] para estudiar la estructura cognoscitiva, una tabla de conceptos para complementar este mapa conceptual y problemas en -- que se emplean técnicas de prueba de ensayo.

3.1.1 Técnica de mapas conceptuales.

En Esta se pide a los alumnos que escriban en una hoja blanca varios conceptos que se le dan en orden alfabético, -- de tal manera que coloque más cerca aquéllos que más se relacionan, después se les pide dibujar un rectángulo encerrando el concepto o conceptos más generales e inclusive, que dibuje ovalos encerrando los conceptos no muy generales pero que incluyan a otros y por último que dejen sólo los conceptos más particulares. Posteriormente se les pide que unan con -- líneas conceptos que se relacionan entre sí, escribiendo un número en cada línea y que hagan un listado con estos núme-- ros mencionado la relación que existe entre los conceptos -- apareados.

Al intentar aplicar este examen a los estudiantes de Física I del C. C. H., se observó que no podían realizarlo; no entendían cómo o bien no eran capaces de describir la razón por la cual relacionaban los conceptos entre sí, por esto intenté hacer una adaptación de este Mapa Conceptual a la que llamo Diagrama Conceptual y que consistió en lo siguiente:

Va que los alumnos no indican por qué relacionan dos conceptos entre sí, para investigar esto y qué tanto saben de estos conceptos se les pidió la tabla de conceptos que forma la

(35) M. A. Moreira, op. cit.

2^o parte de los exámenes y que se da a continuación,

2^o Parte

Tabla de Conceptos.

Realice una tabla como la que se muestra, en una hoja dando espacio suficiente para sus respuestas.

Conceptos	Definición	¿Cómo mide estas magnitudes y con qué instrumentos?	¿Con qué unidades mide estas magnitudes?
Densidad			
Longitud			
Masa			
Superficie			
Volumen			

Se explica a los estudiantes que deben llenar la tabla - escribiendo: sus definiciones para cada concepto, los instrumentos de medida para esas magnitudes y sus correspondientes unidades.

3.1.2 Técnicas de Pruebas de Ensayo.

Las pruebas más convenientes siguiendo la metodología dé dáctica coherente con Piaget son las de tipo ensayo, ya que - en ellas se pueden observar las siguientes capacidades de los alumnos: analizar, explicar, comparar, encontrar relaciones, inferir, generalizar, integrar, distinguir, expresar ideas, - dar orden lógica, razonar, resumir, señalar observaciones, ob tener conclusiones, etc.

Algunas recomendaciones para evaluar estas pruebas son:

- No ver el nombre del alumno para evitar prejuicios.
- Tener una respuesta modelo con la cuál comparar.
- Clasificar la respuesta de cada pregunta en todas las pruebas y luego pasar a la otra pregunta, para no perder los criterios de comparación con la respuesta tipo.
- Separar las respuestas en grupos de calidad con varios niveles.
- Cuando se realizan exámenes en que los alumnos deben mostrar ciertas habilidades, se pueden hacer listas de cotejo o comparación, que son el listado de estas habilidades u operaciones que se espera que los alumnos realicen durante el desarrollo del examen. (36).

Las pruebas de ensayo se aplicaron para la 3a. y 4a. -- parte; en la 3a. parte se pide resolver varios problemas indicando el procedimiento y los resultados.

En la 4a. parte, que sólo se aplicó en la evaluación sumaria, se pide obtener algunas conclusiones de los problemas resueltos.

Los problemas de la 3a. y 4a. partes se indicarán en los apartados correspondientes a las evaluaciones Diagnóstica y Sumaria.

3.2 Evaluación Diagnóstica.

Como se mencionó antes, ésta tiene como objetivo estudiar qué información tienen los estudiantes sobre los conocimientos que se impartirán, para tener una idea de como abordar el

(36). Santos Rochín Rosa Ma., Evaluación del Aprovechamiento - Escolar N° 4 SEPLAN.

curso; en este caso tiene aparte la función de servir de comparación para analizar cuál es el avance de los estudiantes al comparar con la evaluación sumaria.

3.2.1 Examen de Diagnóstico.

El examen de diagnóstico se aplicó a 106 alumnos de primer ingreso al C. C. H., que formaban 6 grupos, 3 que llevan como libro de texto *Introducción a las Ciencias Físicas*, I.P.S., atendidos por la Profesora Laura González Carrillo, y tres grupos donde se aplicó la propuesta del capítulo 2 de este trabajo, atendidos por mí.

El examen constó de tres partes: la primera con el Diagrama Conceptual presentado en el apartado 3.1.1, la segunda parte en la tabla de Conceptos, también presentada en el mismo apartado, y la tercera parte que se formó con los siguientes problemas:

- 1.- ¿Cuál es la densidad de un cubo que mide 2cm de arista y cuya masa es de 56g?
- 2.- ¿Cuál es el volumen de un prisma de aluminio cuya masa es de 19g, si la densidad del aluminio es de 2.7g/cm^3 ?
- 3.- Un alambre de cobre mide 25cm de largo y pesa 3.0g ¿cuánto medirá un alambre de cobre de 40g de igual diámetro?
- 4.- Una moneda de bronce de aluminio que pesa 7.8g tiene un diámetro de 1.8cm ¿qué cantidad de bronce se requiere para hacer una moneda de 2cm de diámetro de igual espesor que la primera?

- 5.- Un alambre de 60cm de largo tiene un volumen de 90 cm^3 ¿cuál será la longitud de un alambre de 120 cm^3 si es del mismo diámetro que el anterior?

3.2.2 Análisis e Interpretación de los resultados del Examen de Diagnóstico.

Para realizar el análisis del examen de diagnóstico, -- los exámenes se enumeraron para cada grupo, asignando un número a cada alumno que se mantuvo en todos sus exámenes para poder compararlos. Posteriormente los resultados de los exámenes se vaciaron en tablas como las siguientes:

- Para el diagrama conceptual.

Núm. de Conceptos alumno	Conceptos Centrales	Conceptos secunda--	Conceptos últimos	Relaciones D M V S L	Defini
					ciones
					D M V S L

Instrumentos de medida	Unidades
D M V S L	D M V S L

donde las literales representan lo siguiente:

D - densidad, M - Masa, V - volumen, S - superficie L - lon
gitud.

Con respecto a los diagramas conceptuales se observó -- que estos se caracterizaron por ser muy diferentes unos de otros, y además los conceptos no se encerraron en figuras, -- por lo que se clasificaron en centrales, secundarios y últimos según la posición que ocupaban.

Los computos con respecto a esta parte son los siguien

tes:

Tabla 3.2 A

Grupos que llevaron el libro de texto (primera modalidad)

Grupos	Núm de alumnos	Conceptos centrales	Conceptos secundarios	Conceptos últimos
		D M V S L	D M V S L	D M V S L
2 2 2	12	2 6 7 2 2	4 3 4 8 8	6 3 1 2 2
2 2 1	19	7 5 3 6 5	5 7 8 7 6	5 5 3 4 5*
1 1 0	24	2 1 3 2 6 2**	1 5 7 1 3 1 2 9	7 4 9 5 1 3
sumas	55	1 1 2 4 1 2 1 4 9	2 4 1 7 2 5 2 7 2 5	1 8 1 2 1 3 9 2 0

* dos alumnos no realizaron el diagrama

** los diagramas del grupo 110 se caracterizaron por el hecho de que colocaron sólo un concepto como central y tal vez - son los únicos en que podría haber cierta uniformidad.

Tabla 3.2 B

Grupos que llevaron el curso con problemas de investigación (segunda modalidad).

Grupos	Núm de alumnos	Conceptos centrales	Conceptos secundarios	Conceptos últimos
		D M V S L	D M V S L	D M V S L
1 1 2	19	10 6 1 2 1	5 7 1 1 7 1 0	3 5 4 8 7*
2 1 1	13	3 5 3 3 0	5 4 5 8 8	5 4 5 2 5
1 0 4	19	6 2 3 9 0	3 6 9 5 1 1	8 6 4 3 6*
suma	51	1 9 1 3 5 1 4 1	1 3 1 7 2 5 2 0 2 9	1 6 1 5 1 3 1 3 1 8
Suma Total	106	3 0 3 7 1 7 2 8 1 0	3 7 3 4 5 0 4 7 5 4	3 4 2 7 2 6 2 2 3 8

* Hubo alumnos en estos grupos que no realizaron el diagrama. En este caso los tres grupos colocaron en general sólo un

Grupos de la segunda modalidad (experimental)

Relaciones entre conceptos.

Grupos	Núm de alumnos	D=M	D=V	D=S	D=L	M=V	M=S	M=L	V=S	S=L	V=L
112	19	5	8	16	10	16	5	0	4	10	0
211	13	9	4	3	2	7	6	4	6	6	4
104	19	8	6	5	4	13	4	0	5	15	4
suma	51	22	18	24	16	36	15	4	15	31	8
Porcentajes		43	35	47	31	71	29	8	29	61	16
TOTAL 6 grupos	106	55	33	38	36	70	32	14	37	72	20
Porcentajes		52	31	36	34	66	30	13	35	68	19

De estos resultados observamos lo siguiente:

Los conceptos que más se relacionaron en todos los grupos fueron: S L, D M y M V, en ese orden, aunque no de manera uniforme ya que en el 110 fué mayor la relación D M en el 112 D M y M V y en 211 M V.

Entre los grupos que llevaron las dos modalidades se observa que antes de cursar la materia muestran las siguientes tendencias:

Los grupos de la primera modalidad asocian más D M que los de la segunda, mientras que los de esta asocian un poco más D S y D V, la diferencia entre como asocian M V no es significativa y la asociación de S L es prácticamente la misma.

Los cómputos con respecto a las definiciones, instrumentos de medida y unidades son los siguientes:

Tabla 3.2 E

Grupos de la primera modalidad (tradicional)

Grupos	Núm de alumnos	Definiciones					Instrumento de Medida					Unidades				
		D	M	V	S	L	D	M	V	S	L	D	M	V	S	L
222	12	4	8	5	1	1	1	0	1	0	1	4	3	2	1	2
221	19	0	2**	8	4	10	0	9	2	1	12	0	13	7	0	12
110	24	12	2	10	10	17	3	16	4	6	20	0	22	14	12	24
Suma	55	16	12	23	15	28	4	25	7	7	33	4	38	23	13	38
Porcentaje		29	22	42	27	57	7	45	13	13	60	7	69	42	24	69

** 4 alumnos la definen como peso

Tabla 3.2 F

Grupos de la segunda modalidad (experimental)

Grupos	Núm de alumnos	Definiciones					Instrumentos de Medida					Unidades				
		D	M	V	S	L	D	M	V	S	L	D	M	V	S	L
112	19	0	0*	6	3	7	1	1	3	0	6	0	3	3	1	9
211	13	0	2**	9	6	10	1	3	1	1	7	0	8	1	2	11
104	19	0	5	9	9	14	0	7	5	2	12	0	6	7	3	16
Suma	51	0	7	24	28	18	2	11	9	3	25	0	17	11	6	36
Porcentaje		0	14	47	35	61	4	22	18	6	49	0	33	22	12	76
Suma TOTAL	106	16	19	47	33	59	6	36	16	10	50	4	55	34	19	77
Porcentaje		15	18	44	31	56	6	34	15	9	47	4	52	32	18	73

* 1 alumno define masa como peso

** 4 alumnos definen masa como peso

En cuanto a la definición de los conceptos se observa lo siguiente:

En los grupos de ambas modalidades los conceptos mejor definidos son longitud, volumen y superficie; este último ya muy deficientemente, aunque ninguno es definido por la mayoría, si acaso longitud entre los alumnos del grupo 211 de la segunda modalidad, el concepto de masa se confunde con el de peso por algunos alumnos y el concepto de densidad sólo fue definido por algunos alumnos de dos de los grupos de la primera modalidad.

Los conceptos fueron en muchos casos definidos con las propias palabras del alumno; en los casos de superficie y longitud emplean referentes empíricos casi siempre y por lo general consideran la longitud como un segmento recto y la superficie como una área plana, para el volumen, la masa y la den-

sidad si emplean conceptos abstractos como espacio y cantidad de materia. Se observa que existe relación entre la definición de longitud hecha en sus propias palabras y los instrumentos para medirla y sus unidades, correspondiendo el mayor porcentaje para las unidades, que es por lo visto lo que más tienen presente.

En cuanto a los instrumentos de medida se observa que - después de los correspondientes a longitud el que identifican para medir la masa es la balanza, esto es más bien indicando por el grupo 110 de la primera modalidad que en general es el que mejor respondió.

Con respecto a las unidades también después de las de longitud las mejor identificadas son las de masa; como antes, principalmente por el grupo 110, aunque también son mencionadas por algunos alumnos de otros grupos.

Los resultados obtenidos con respecto a los problemas - son los siguientes:

Tabla 3.2.G

Grupos de la primera Modalidad (tradicional)
P r o b l e m a s

Grupo	Nº de alumnos	Tabla 3, 2, G																					
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16						
		V	U	F	D	U	T	F	V	U	T	P	L	U	T	P	M	U	T	P	L	U	T
222	12*	1	1	4	0	4	0	1	1	3	0	1	1	2	1	0	0	0	0	3	3	2	2
121	19**	0	0	0	0	1	0	3	3	3	3	6	5	3	3	0	0	0	0	10	10	9	9
110	24	13	13	16	13	13	13	5	5	12	5	5	5	7	5	0	0	0	0	7	5	5	5
Sumas	55	14	14	20	13	18	13	9	9	18	8	12	11	12	9	0	0	0	0	20	18	16	16
Porcentajes		25	25	36	24	33	24	16	16	33	15	22	20	22	16	0	0	0	0	36	33	29	29

- * 4 alumnos no resolvieron ningún problema
 ** 5 alumnos no resolvieron ningún problema.

Significado de las literales:

- D - densidad M-Masa, V-volumen, S-superficie, L-longitud
 F - Fórmula de la magnitud de la derecha
 U - Unidades de la magnitud de la izquierda
 P - Procedimiento para resolver el problema
 T - Problema totalmente bien resuelto.

Tabla 3. 2. H

Grupos de la segunda modalidad (experimental)

Grupo	Nº de alumnos	Problemas																					
		1				2				3				4				5					
		V	U	F	D	U	T	F	V	U	T	P	L	U	T	P	M	U	T	P	L	U	T
112	19*	3	2	2	2	3	2	5	3	3	3	5	5	4	4	0	0	5	0	7	5	4	4
211	13	0	0	6	0	1	0	3	2	2	2	5	5	6	5	0	0	0	0	6	6	6	6
104	19	4	4	4	4	3	3	0	0	14	0	10	10	9	9	0	0	11	0	10	10	11	10
Sumas	51	7	6	12	6	7	5	8	6	9	5	20	20	19	18	0	0	16	0	23	21	21	20
Porcentajes		14	12	24	12	14	10	16	12	18	10	39	39	37	35	0	0	31	0	45	41	41	39
Suma																							
TOTAL	106	21	20	32	18	25	18	17	15	27	13	32	31	27	0	0	16	0	43	39	37	36	
Porcentajes		20	19	30	17	24	17	16	14	25	12	30	29	29	0	0	15	0	41	37	35	34	

* 4 alumnos no respondieron ningún problema

En la resolución de los problemas se observa que el resuelto con mayor facilidad fue el quinto, en el que relacionan volumen y longitud; este problema fue resuelto por algunos alumnos más de la segunda modalidad que los de la primera, sin embargo, la diferencia es muy pequeña.

En los problemas en que se observan mayores diferencias en cuanto a su resolución es el tercero, que relaciona masa con longitud de alambres de igual área transversal; este problema fue resuelto por más de los alumnos de la segunda modalidad (35%) que de la primera modalidad (16%), mientras que con el primer problema referente a densidad ocurrió lo contrario: lo resolvieron el doble de alumnos de la primera modalidad (24%) que alumnos de la segunda modalidad (10%).

Las dificultades que se encontraron en la resolución de los problemas son probablemente las siguientes:

- Con respecto al primer, desconocían cómo obtener el volumen de un cubo dada la arista, desconocían cómo calcular la densidad; aunque si comparamos las tablas 3.2.E y 3.2.F con las 3.2.G y 3.2.H en las columnas correspondientes a definición de la densidad y a la resolución del problema observamos que son menos los alumnos que la definen (16%, todos de la segunda modalidad), que los que resuelven el problema (17%; algunos de la segunda modalidad), lo que tal vez signifique que aunque no entienden el concepto han mecanizado la fórmula para calcular la densidad; por último, un problema que se observa es que dividen al revés, aunque indican $D = \frac{M}{V}$, dividen volumen entre masa. -- Comparando las tablas mencionadas antes vemos que si bien no conocían las unidades al hacer las operaciones sí las unidades al hacer las operaciones sí las obtienen, pero esto para ellos parece ser más un resultado matemático desligado de su significado físico.
- Con respecto al segundo problema, las dificultades pa...

ra los alumnos que conocían la fórmula $D = \frac{M}{V}$ fue el no saber despejar, para los demás el desconocer la relación entre estas magnitudes.

- Con respecto al tercer problema se observa que aunque definen casi en iguales porcentajes masa, longitud y área alumnos de ambas modalidades, en la resolución del problema más alumnos de la segunda modalidad encuentran que pueden resolverlo por regla de tres; la dificultad de los otros estudiantes es que no encuentran la manera de relacionar estas magnitudes. Algunos escriben que no recuerdan la fórmula, lo que revela que piensan que deben existir fórmulas en los libros para todos los problemas y que sin ellas no se pueden resolver.
- En el cuarto problema, la dificultad es que no pueden encontrar la relación entre las magnitudes diámetro y masa, lo cual sería demasiado pedir cuando no encuentran relaciones más simples, algunos intentaron resolverlo por regla de tres. Aquí se observa que no reflexionan acerca de las limitaciones de suponer que todas las magnitudes son directamente proporcionales en la primera potencia.
- El quinto problema, como ya hablamos mencionado, fue el más fácil y esto coincide con el mayor porcentaje en sus diagramas conceptuales que relaciona estas dos magnitudes y además también si observamos los porcentajes totales en la tabla 3.2.F: estos dos conceptos son los más definidos por ellos.

Generalmente se observa que los alumnos que definieron

los conceptos son los que resolvieron los problemas,

Se puede entonces concluir que existen algunas diferencias entre los alumnos de las modalidades antes de iniciar el curso, encontrándose también generalidades que ya se han mencionado, las que de alguna manera podrán influir en los resultados finales y que deberán ser tomadas en cuenta,

3.3 Evaluación Sumaria.

Esta tendrá los siguientes objetivos: estudiar el cambio en el aprendizaje de los estudiantes comparando con su evaluación diagnóstica y evaluar la propuesta del curso de Física I organizado en problemas de investigación, comparando los resultados de éste, con el impartido en base a un libro de Prácticas.

3.3.1 Examen Sumario.

Este examen se aplicó a 106 alumnos de ambas modalidades contenido del examen de diagnóstico, es decir, el diagrama conceptual y la tabla de conceptos y la tercera y cuarta partes están formadas por los siguientes problemas:

3º Parte

- 1.- ¿Cuál es la densidad de un cubo que mide 2cm de arista y cuya masa es de 56g.?
- 2.- ¿Cuál es el volumen de un prisma de aluminio cuya masa es de 19g? La densidad del aluminio es de $2,7\text{g}/\text{cm}^3$.

- 3.- Se sabe que 1cm^2 de cartón pesa 20g y se desea saber cuál es la superficie de una pieza de cartón de -- 1200g que es de la misma clase de cartón y de igual espesor?
- 4.- Un alambre de cobre de 25cm de largo pesa 3.0g icuán to medirá de largo un alambre de cobre de 40g de --- igual espesor?.
- 5.- Un alambre de 6cm. tiene un volumen de 20cm^3 iCuál será la longitud de un alambre de 120cm^3 , si tiene la misma área transversal que el primer alambre?
- 6.- Un cilindro de diámetro 2cm. tiene un volumen de -- 8cm^3 iCuál será el diámetro de un cilindro de igual altura que el anterior que tenga 6cm^3 de volumen?
- 7.- Se tiene una moneda de bronce que pesa 7.8g. y tiene un diámetro de 1.2cm iQué cantidad de bronce se requiere para hacer una moneda de 2cm. de diámetro, de igual espesor que la primera?
- 8.- Si en una probeta con agua sumergimos un cuerpo de cobre de 1cm^3 y un cuerpo de aluminio de 2cm^3 iCuál desplaza más agua, si el de cobre tiene una masa de 9g. y el de aluminio una masa de 5.4g. ? Explique.

4^º Parte

- 1.- ¿Cuál es el volumen de un cilindro cuyo diámetro de la base es de 2cm y su altura es de 3cm?.
- 2.- Las medidas de un rectángulo son: largo 4cm y ancho 2.5cm.
- a) ¿Cuál es su área?
- b) Si se midió con una regla de precisión 0.1cm -----
¿Cuál es la incertidumbre del área del rectángulo?
- 3.- Se midieron varios cables de igual área transversal, obteniéndose los siguientes datos:

volumen de los cables (cm ³)	largo de los cables (cm)
0.5	1.0
1.0	2.0
2.0	4.0
2.5	5.0
3.5	7.0

- a) Realizar la gráfica de volumen contra largo, colocando el volumen en el eje vertical.

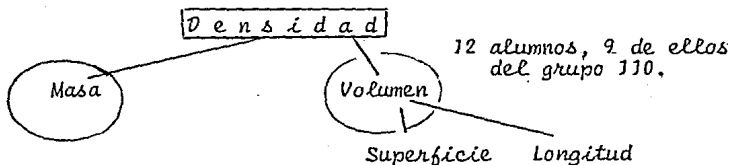
- b) Calcula la pendiente, indicando sus unidades.
- c) ¿Qué representa físicamente esta pendiente?
- d) ¿Cuál es la relación matemática, obtenida a partir de la gráfica?
- 4.- Diseña un experimento para encontrar la relación entre la masa y el largo de los cables del problema anterior.

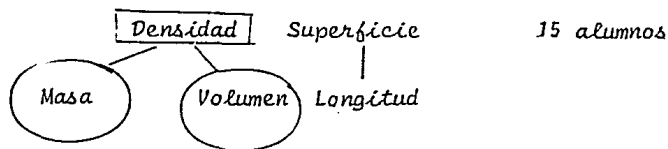
3.3.2 Análisis e Interpretación de los resultados del -- Examen Sumario.

Para realizar el análisis, se procedió a vaciar los datos en igual forma que en el examen de diagnóstico numerando los exámenes de los estudiantes de tal modo que conservaran el mismo número.

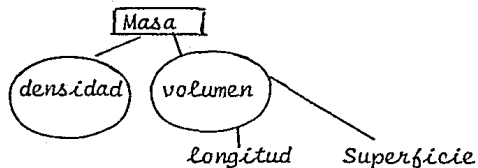
En cuanto a los diagramas conceptuales, se obtuvo una -- tendencia de ellos a la uniformidad y además los conceptos -- fueron encerrados en figuras geométricas, contrariamente a -- los obtenidos en el examen de diagnóstico; los resultados se reportan a continuación:

Entre los grupos de la primera modalidad (tradicional) se obtuvieron los siguientes diagramas:

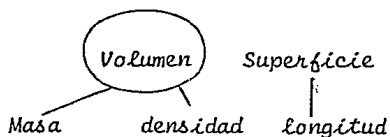




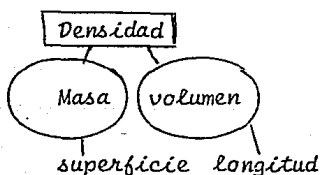
15 alumnos



4 alumnos



2 alumnos



4 alumnos



5 alumnos

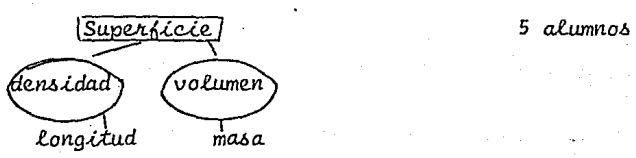
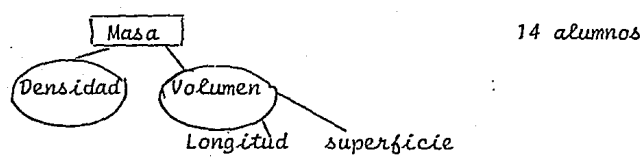
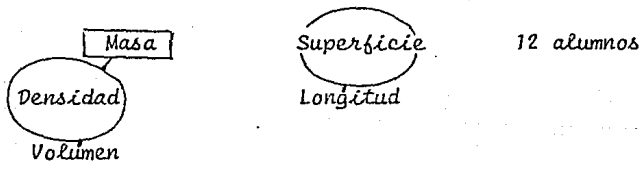
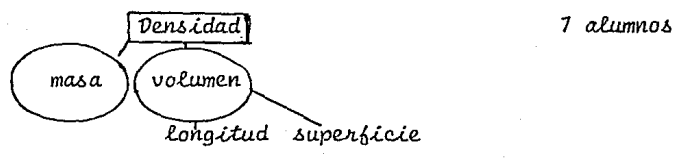
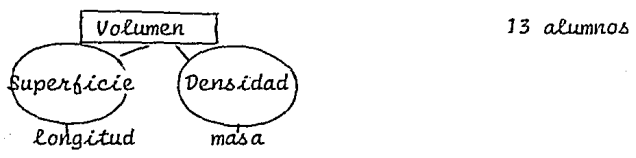
y otros 13 diagramas muy diferentes.

En los primeros 5 diagramas presentados se observa, como ya dijimos, la tendencia a la uniformidad. Los conceptos más generales para la mayoría son densidad (83%) después masa y volumen.

Por último la longitud y la superficie se encuentra relacionados con el volumen o entre sí, excepto en 2 de estos 5 - diagramas.

El sexto lo único que tiene en común es el concepto de densidad como integrador.

Entre los grupos de la segunda modalidad (experimental) se obtuvieron los siguientes diagramas:



En estos 5 diagramas observamos uniformidad, como en los de la primera modalidad, estos tienen en común varios aspectos, como conceptos más generales están en primer término la masa 57%, el volumen 25% y densidad 14% y superficie menos de 10%. Como segundos conceptos en cuanto a generalidad estarían densidad 86%, volumen 51% y masa y superficie con menores porcentajes, y como últimos conceptos longitud y superficie, aunque también aparece la masa en dos de ellos.

Lo primero que se aprecia entre los diagramas de las dos modalidades es que hay asociaciones que se repiten en casi todos ellos, como entre masa, volumen y densidad y entre superficie, volumen y longitud, aunque hay algunas extrañas como masa y superficie o masa y longitud.

Estas asociaciones y diagramas se parecen y algunos son iguales al esquema propuesto en el segundo capítulo, apartado (2.3).

Otras observaciones son que mientras que en los grupos de la primera modalidad el concepto integrador es principalmente la densidad en los grupos de la segunda modalidad es la masa o el volumen. Esto podría deberse a que los alumnos de la primera modalidad dan más importancia a la densidad porque este concepto lo conocen mejor, ya que así era en el examen de diagnóstico y sobre todo en el grupo 110. Sin embargo, como veremos en cuanto a la definición del concepto, este fue mejor definido por los alumnos de la segunda modalidad. En lo personal sospecho de que el que sus diagramas presenten diferentes conceptos como integradores depende no tanto de los conceptos elaborados por ellos en forma independiente, sino de la presentación del material que los lleva a elaborar diferentes asociaciones entre ellos, además en el curso se enfatiza que la masa y el volumen son propiedades generales de la -

materia, mientras que la densidad es una propiedad característica de las sustancias lo que es una buena razón para situar a la masa y al volumen como conceptos más generales.

Para poder realizar una comparación con las asociaciones hechas en el examen de diagnóstico se dan los siguientes cómputos a este respecto.

Tabla 3.3.A

Grupos de la primera modalidad (tradicional).

Relaciones entre conceptos

Grupos	Núm de alumnos	D \leftrightarrow M	D \leftrightarrow V	D \leftrightarrow S	D \leftrightarrow L	M \leftrightarrow V	M \leftrightarrow S	M \leftrightarrow L	V \leftrightarrow S	S \leftrightarrow L	V \leftrightarrow L
222	12	11	12	3	3	5	4	1	7	6	9
221	19	15	16	2	4	3	0	5	7	10	3
110	24	19	14	0	0	4	1	0	5	10	10
Sumas	55	45	42	5	7	12	5	6	20	26	22
Porcentajes		82%	76%	9%	13%	22%	9%	11%	36%	47%	40%

Tabla 3, 3, B

Grupos de la segunda modalidad (experimental)

Relaciones entre conceptos.

Grupos	Núm de alumnos	D \leftrightarrow M	D \leftrightarrow V	D \leftrightarrow S	D \leftrightarrow L	M \leftrightarrow V	M \leftrightarrow S	M \leftrightarrow L	V \leftrightarrow S	S \leftrightarrow L	V \leftrightarrow L
112	19	15	7	5	0	17	6	0	17	7	8
104	13	12	12	0	0	10	2	0	7	9	6
211	19	19	14	0	5	9	4	0	15	9	7
Sumas	51	46	33	25	5	26	12	0	39	25	21
Porcentajes		90%	64%	1%	1%	51%	24%	0%	76%	49%	41%

Comparando las tablas 3.2.C y 3.2.B de la evaluación diagnóstica con las tablas 3.3A y 3.3B de la evaluación sumaria, observamos que mientras que en el examen de diagnóstico las magnitudes que más se asociaron fueron superficie y longitud en la primera modalidad y masa y volumen en la segunda en el examen sumario fueron masa y densidad en ambas modalidades, después densidad con volumen en la primera modalidad y en tercer lugar superficie con longitud en la primera modalidad y densidad con volumen en la segunda modalidad. Vemos pues que hay algunas diferencias entre los conceptos asociados por los grupos de una y otra modalidad, pero en ambos casos hubo un desplazamiento entre considerar la relación superficie con longitud y la de relacionar densidad con masa y con volumen; las asociaciones entre masa y volumen también bajaron en número, aunque esto fue más notorio en los grupos de la primera modalidad. En estos resultados podemos apreciar:

- En primer lugar, parece ser que los diagramas conceptuales varían con el aprendizaje de los conceptos a través de prácticas dirigidas o problemas de investigación.
- En segundo lugar, que estos diagramas tienden a uniformarse cuando un grupo pasa por un curso igual.
- En tercer lugar, que estos diagramas difieren un poco de acuerdo con la modalidad o presentación del contenido del curso.

Cabría aclarar que si bien se presentó un esquema sobre estos conceptos en el capítulo dos, no se pretendía que este fuera el ideal o correcto, puesto que si bien yo coloqué a la

densidad como concepto integrador de masa y volumen, esto no indica que para todos éste sea el concepto más inclusivo y general, es decir, diferentes diagramas como algunos de los presentados por los estudiantes podrían ser defendidos y argumentados desde diferentes puntos de vista, aunque también hay relaciones entre estas magnitudes que no parecen ser muy directas, como masa y superficie o masa y longitud, pero pocos estudiantes hicieron estas asociaciones.

Con respecto a la parte del examen referida a definiciones, instrumentos de medida y unidades, se observó que tanto en el examen sumario como en el de diagnóstico, para definir superficie y longitud, recurrieron otra vez a referencias empíricas y nuevamente definen superficie como área plana y longitud como una distancia recta; pocos alumnos de la segunda modalidad la ejemplifican con el perímetro de algunas figuras geométricas. Aparecen también descripciones de la densidad como una medida de qué tan juntos están los átomos o moléculas y esto en ambas modalidades; por último, con respecto a los conceptos de masa y volumen, mencionan a la primera modalidad como cantidad de materia, algunos como el peso y pocos alumnos de la segunda modalidad se refieren a ella como una medida de la inercia que presenta un cuerpo y hacen referencia a que es una propiedad general de la materia. Con respecto al volumen, lo definen como espacio que ocupa un cuerpo, igual que en el examen de diagnóstico, otros lo confunden con masa, es decir, lo definen como la cantidad de materia que contiene un cuerpo.

En las siguientes tablas se presentan los resultados con respecto a definiciones, instrumentos de medida y unidades.

TABLA 3.3.C

Grupos de la primera modalidad (tradicional)

Grupos	Nº de alumnos	Definiciones					Instrumento de medida					Unidades				
		D	M	V	S	L	D	M	V	S	L	D	M	V	S	L
222	12	1	6	10	1	4	10	11	10	10	10	11	10	11	2	10
221	19	14	2	15	5	10	12	19	10	14	18	10	19	15	11	15
110	24	13	10	4	7	8	10	19	14	10	10	11	17	15	12	14
Suma	55	28	18	29	13	22	32	49	34	34	38	32	46	41	25	39
Porcentajes		51	33	52	24	41	58	89	62	62	70	59	83	74	45	71

25 alumnos de estos grupos definieron masa como peso

TABLA 3.3.D

Grupos de la segunda modalidad. (experimental)

Grupos	Nº de alumnos	Definiciones					Instrumento de medida					Unidades				
		D	M	V	S	L	D	M	V	S	L	D	M	V	S	L
112	19	18	10	7	4	10	10	15	7	6	9	12	13	16	5	15
104	13	3	6	6	7	10	8	13	12	11	12	13	12	12	12	12
211	19	13	15	15	11	15	14	17	13	13	19	13	18	19	11	15
Suma	51	34	31	28	22	35	32	45	32	30	41	37	44	47	28	42
Porcentajes		67	61	55	44	70	62	89	62	59	80	73	87	92	55	83

15 alumnos definen masa como peso.

Comparando los resultados del examen de diagnóstico de - ambas modalidades en las tablas 3.2.E y 3.2.F, observamos que algunos alumnos de la segunda modalidad definieron la densi-- dad, mientras que no lo hizo ninguno de la segunda modalidad; en cuanto a las otras definiciones, la única en que difieren es la de masa en que el doble de alumnos de la primera modali-- dad con respecto a la segunda la define. En cuanto a instru-- mentos de medida y unidades, los de la primera modalidad tie-- nen una pequeña diferencia a favor.

Tabla 3.3.E

Diferencias de porcentajes entre los exámenes sumarios - y de diagnóstico de los grupos de la primera modalidad. (tradicional).

Definiciones					Instrumentos de medida					Unidades.				
D	M	V	S	L	D	M	V	S	L	D	M	V	S	L
22	11	10	-3	-10	51	44	49	49	10	52	14	32	21	2

Diferencias de porcentajes entre los exámenes sumarios y de diagnóstico de los grupos de la segunda modalidad.

Definiciones					Instrumentos de medida					Unidades.				
D	M	V	S	L	D	M	V	S	L	D	M	V	S	L
67	47	8	9	9	58	67	44	53	37	73	54	70	43	7

Acerca de estos resultados deben hacerse varias aclaraciones:

Podría pensarse que los resultados negativos en la tabla 3.3.E (*) y las diferencias negativas que resultarían de hacerse cálculos grupo por grupo entre las Tablas 3.3.C y 3.2.E y las tablas 3.3.D y 3.2.F., indican que los alumnos han olvi

dado en vez de aprender durante el curso de Física I, sin em gargo, debe tomarse en cuenta que hubo un cambio de alrede-- dor de un 10% en la muestra, ya que después del examen de -- diagnóstico entraron nuevos alumnos y otros desertaron en el transcurso del semestre y hay que considerar que algunos de ellos copiaron y esto fue más frecuente en el examen de diag nóstico, ya que se sentían más inseguros.

Analizando estos resultados observamos lo siguiente: En ambas modalidades los porcentajes con respecto a definicio-- nes aumentaron menos que los referentes a instrumentos de me dida y unidades, lo que se explica ya que durante las prácti cas utilizan varios instrumentos de medida. Por ello apren-- den con su experiencia el uso de ellos y sus unidades para - medir las magnitudes correspondientes. En cuanto a las defi niciones, como son elaboraciones más abstractas, la influen-- cia del experimento es un poco menor o de resultados a más - largo plazo.

Con respecto a las definiciones observamos que en gene-- ral son mayores los porcentajes de los grupos de la segunda modalidad en comparación con los grupos de la primera modali-- dad, especialmente en cuanto a los conceptos de densidad y - masa; para los conceptos de superficie y longitud como son - más abstractos los definen con referentes empíricos.

Para la 3a. parte del examen los resultados son:

TABLA 3.3,F
Problemas 3^a parte

Grupo	Nº de alumnos	1 U F D u T	2 F V u T	3 P S u T	4 P L u T
222	12	9 9 9 8 11 8	10 10 11 10	11 16 11 11	12 12 13 12
221	19	8 16 9 8 15 8	1 1 6 1	10 10 10 10	4 4 12 4
110	24	13 13 13 13 19 13	11 9 12 9	11 11 11 11	10 10 10 10
Suma	55	30 38 31 29 45 29	21 20 29 20	32 32 32 32	26 26 35 26
Porcentajes		55 70 56 53 82 53	38 36 53 37	59 58 58 58	48 47 64 47

Grupo	5 P I L u T	6 P d' u T	7 P M u T	8 R Razonamiento correcto.
222	7 7 12 7	0 0 11 0	0 0 11 0	10 6
221	1 1 10 1	0 0 8 0	0 0 7 0	2 2
110	10 10 12 10	0 0 12 0	0 0 12 0	7 7
Suma	18 18 34 18	0 0 31 0	0 0 30 0	19 15
Porcentajes	32 32 62 32	0 0 56 0	0 0 54 0	35 27

Significado de las literales

D - densidad M - masa, V - volumen, L - largo, S - superficie
d - diámetro

F - fórmula de la magnitud a la derecha

u - unidades de la magnitud a la izquierda

P - procedimiento para resolver el problema

R - resultado correcto

T - problema correcto en su totalidad.

Grupos de la segunda modalidad (experimental)

TABLA 3.3.G

Grupo	Nº de alumnos	1						2				3				4			
		V	u	F	D	u	T	F	V	u	T	P	S	u	T	P	L	u	T
112	19	10	10	10	10	12	10	12	8	10	8	8	18	18	18	13	13	13	13
104	13	2	2	2	2	10	2	4	4	4	4	5	5	5	5	12	7	13	7
211	19	10	17	12	10	12	10	12	12	17	12	8	18	18	18	10	10	14	10
Suma	51	22	29	24	22	34	22	28	24	31	24	41	41	41	41	25	30	40	30
Porcentajes		44	58	47	44	67	44	36	47	61	47	81	81	81	81	69	59	80	59

TABLA 3.3. G

Grupo	5				6				7				8 R Razonamiento correcto	
	P	L	u	T	P	d	u	T	P	M	u	T		
112	13	13	14	13	1	0	13	0	0	0	9	0	0	0
104	9	8	8	8	1	0	2	0	0	0	9	0	2	2
211	12	12	12	12	1	0	10	0	0	0	10	0	10	5
Suma	34	33	34	33	3	0	25	0	0	0	28	0	12	7
Porcentajes	67	66	67	66	6	0	50	0	0	0	56	0	23	14

Debido a que algunos de los problemas del examen de diagnóstico 3a. parte y del sumario 3a. parte son iguales, se realizó una comparación entre ellos por modalidades, los resultados son los siguientes:

En ambos exámenes son iguales los problemas 1, 2 y 5 y el

3 del examen de diagnóstico es igual al 4 del examen sumario y el 5 del examen de diagnóstico es igual al 7 del examen sumario.

Diferencias de porcentajes entre los resultados de los problemas iguales del examen sumario y de diagnóstico.

TABLA 3.3.H

Para grupos de la primera modalidad. (tradicional)

diferencia	¹ V u F D u T	² F V u T	^{3y4} L u T	^{4y7} M u T	⁵ P L u T
Porcentajes	30 45 20 29 49 20	22 20 20 22	26 27 42 31	0 0 54 0	* * -4 -1 33 3

Para grupos de la segunda modalidad (experimental)

diferencia	¹ V u F D u T	² F V u T	^{3y4} L u T	^{4y7} M u T	⁵ P L u T
Porcentajes	30 46 23 32 53 34	40 35 43 37	30 20 43 24	0 0 40 0	22 25 26 27

* Una vez más, este resultado negativo puede deberse a que, como ya mencionamos, no todos los alumnos fueron los mismos aunque sí en su mayoría y esto ocurrió con los grupos de ambas modalidades.

De la tabla 3.3.H observamos que para los primeros cuatro problemas comparados no hay diferencias significativas entre los grupos de ambas modalidades y es digno de tomarse en cuenta el bajo número de alumnos que resolvieron estos problemas. El que resuelven mejor es el primero, aunque los de la segunda modalidad resuelven en mayor porcentaje el segundo. Una de las dificultades para resolverlos correctamente es mu-

chas veces el hacer mal las operaciones, es común que dividen al revés y en el segundo problema no saben despejar, pero es muy notorio el aumento en cuanto al conocimiento de las unidades, con respecto al problema 4 del examen sumario que es --- igual al 3 de diagnóstico, se podría pensar que un cierto número de alumnos entienden la relación de proporcionalidad entre el largo y la masa de alambres de igual área transversal y material pero es extraño que para el problema 5 sean menos los alumnos que lo resuelven y que no relacionen volumen con longitud, esto hace pensar que resolvieron el problema 4 por regla de tres mecánicamente, sin reflexionar; los alumnos de la segunda modalidad resuelven mejor el problema 5, lo que -- puede deberse a que los estudiantes de la primera modalidad -- no realizan prácticas de medición de longitudes específicamente, como el primer problema de investigación que realizaron -- los alumnos de la segunda modalidad. Esto refuerza lo observado con respecto a las diferencias de definiciones, instrumentos y unidades de longitud.

Con respecto a los problemas 3, 6 y 8, no es posible -- comparar con el examen de diagnóstico, pero éstos pueden ayudarnos a interpretar que han aprendido los estudiantes.

- El problema 3 relaciona superficie con la masa para -- piezas de cartón homogéneas de igual espesor. Los alumnos de la segunda modalidad responden correctamente en mayor porcentaje (23%) y esto puede deberse, como ya se mencionó en el -- análisis de la 2a. parte del examen, a la realización del segundo problema de investigación.

- El problema 6 relaciona el diámetro de cilindros con sus volúmenes siendo iguales sus alturas.

Este problema no fue resuelto por ningún alumno, sólo 4 alumnos de la segunda modalidad pudieron plantearlo pero no --

llegaron a resolverlo, esto demuestra que los conceptos y sus relaciones matemáticas no se han elaborado lo suficiente para que realmente sus conocimientos los lleven a un nivel real de aplicación.

- El problema 8 contiene datos de masa y volumen de dos cuerpos uno de aluminio y otro de cobre y se pregunta cuál -- desplaza más agua. En este problema queda de manifiesto la confusión entre estos dos conceptos, ya que muchos alumnos lo responden razonando que el que desplaza más agua es el que -- tiene mayor masa, otros pocos lo asocian a la densidad y pocos estudiantes 27% de la primera modalidad y apenas 14% de la segunda modalidad responden correctamente, dando el razonamiento adecuado. Cabe aclarar que varios alumnos lo responden bien pero lo explican mal, ya que mencionan que el aluminio desplaza más agua porque tiene mayor masa y lo que tiene es mayor volumen, lo que confirma la confusión de estos conceptos. La diferencia a favor de los grupos de la primera modalidad se debe posiblemente a que ellos realizan una práctica en que miden por desplazamiento de agua en una probeta el volumen de trozos de mármol, mientras que los alumnos de la segunda modalidad no tienen una experiencia equivalente. Para subsanar esto y tratar de solucionar su confusión entre masa y volumen propondría tomar este problema (8) como un problema de investigación, dejando que lo resuelvan razonando -- sus hipótesis y después diseñen el experimento para probar dichas hipótesis.

Para la aplicación, de la cuarta parte del examen se tuvieron algunas dificultades, como que no se pudo llevar a cabo sino hasta dos meses después de terminado el curso de Física I.

Los resultados reflejan pues el olvido de algunos conceptos que no han quedado claros para el alumno y que han perdido significado en ese lapso, aunque ante una nueva experiencia podrían tal vez ser rescatados.

Grupos de la primera modalidad. (tradicional)

TABLA 3.3.1

PROBLEMAS 4ª PARTE

Grupos	Nº de alumnos	1				2(a)				(b)	3(a)				(b)	(c)	(d)	4	H	P	M	D
		F	V	u	T	F	A	u	T		G	m	cte	Fe								
110	24	10	10	13	10	15	15	10	15	0	17	0	0	8	4	10	0					
220	12	1	1	1	1	8	8	4	8	0	10	0	0	2	0	2	0					
221	19	1	1	9	1	14	14	3	14	0	14	0	0	2	0	3	1					
Sumas	55	12	12	23	12	38	38	27	38	0	41	0	0	12	4	15	1					
Porcentajes		22	22	43	22	69	69	50	69	0	74	0	0	22	7	28	2					

Significado de las literales:

- F - fórmula de la magnitud a la derecha
 u - unidad de la magnitud a la izquierda
 T - total de alumnos que respondieron correctamente
 V - volumen, m - pendiente de la recta, cte - significado físico de m, Fe - fórmula empírica, H - hipótesis, P - procedimiento experimental, MD - Manejo de los datos.

Observaciones de las respuestas:

En los problemas 1 y 2 (a) se dió como correcto el resultado aún cuando no estuvieran bien las unidades pero sí la fórmula.

En cuanto al problema 2 (b) nadie lo tuvo bien, sólo algunos escribieron la precisión de la regla como si fuera la incertidumbre del área.

La gráfica se consideró correcta aun cuando no unieron los puntos o no prolongaron la recta al origen.

En el problema 3 (b) no calcularon la pendiente y 4 alumnos indicaron que era igual a 30° ó 45° .

96

En el problema 3 (c) correspondiente al significado físico de la pendiente, ningún alumno respondió, que fuera el área transversal de los cables, pero 26 alumnos (50%) respondieron que era la relación entre volumen y longitud.

En el problema 3 (d) escribieron la fórmula aunque sin unidades y se consideró buena la respuesta.

El problema 4 se dividió en tres partes:

En la hipótesis se dio como buena, cualquier suposición explícita o implícita de relación entre las variables, volumen y longitud.

En el procedimiento, se dio como buena cualquier respuesta en que indicaban que deben pesarse y medirse los alambres.

En el manejo de datos, se dio como buena cualquier respuesta que indicará que se debían graficar o realizar operaciones para encontrar la relación entre las variables.

Grupos de la segunda modalidad. (experimental)

TABLA 3.3.J

Grupos	Nº de alumnos	1				2(a)				(b)	3(a.)			(b)(c)	(d)	4		
		F	V	u	T	F	A	u	T	IA	G	m	cte	Fe	H	P	M.D.	
112	19	10	10	12	10	12	11	11	11	0	18	10	9	9	2	5	2	
104	13	5	3	10	3	8	8	1	8	0	13	5	3	3	2	3	3	
201	19	10	10	15	10	8	18	8	18	0	17	8	2	7	6	10	4	
Suma	51	25	28	37	23	28	37	20	37	0	48	23	14	19	10	18	9	
Porcentajes		50	45	72	45	55	72	40	72	0	95	45	27	37	20	35	17	

Observaciones de las respuestas:

En el problema 2 (b) se observó que 3 alumnos intentaron resolverlo restando o sumando la incertidumbre lineal a las -

medidas de largo y ancho, pero no hicieron más y 15 alumnos sólo escribieron la incertidumbre lineal.

En el problema 3 (b), 8 alumnos escribieron la fórmula - para la pendiente pero no la calcularon bien.

En el problema 3 (c), algunos indicaron que la pendiente relacionaba volumen con longitud.

En el problema 3 (d), igual que los alumnos de la primera modalidad, no escribieron las unidades de la pendiente.

Comparando los resultados de este examen para los grupos de estas dos modalidades vemos que:

En cuanto al primer problema, un porcentaje de alumnos - dos veces mayor de la segunda modalidad que de la primera lo resolvió. Esto se puede deber al segundo problema de investigación del Cap. 2 e indica que en algunos alumnos sí quedó como un conocimiento la fórmula para el área del círculo y que el volumen de prismas es base del área \times altura, aunque el -- porcentaje es bajo y no se sabe que tanto sea sólo una aplicación mecánica de la fórmula.

En el problema 2 (a) los porcentajes son casi iguales. En el problema 2 (b) la única diferencia, es que algunos alumnos de la segunda modalidad, al menos unos cuantos recordaron que es la incertidumbre lineal y como obtenerla de la -- precisión, por lo demás sólo 3 intentaron llegar más lejos, - pero nadie calculó la incertidumbre en el área, por lo que éste no fué un conocimiento significativo y deben incluirse por tanto otros problemas de investigación para que el aprendizaje acerca de la incertidumbre y los errores en las medidas -- sean significativos para los alumnos.

En el problema 3 con respecto a las gráficas no hubo mu-

cha diferencia cuantitativa, si acaso cabe señalar que los -- alumnos de la primera modalidad, como se dijo antes, no pro-- longaron la recta al origen y a veces no unieron los puntos -- y algunos hicieron gráficas de barras, mientras que los de la segunda modalidad hicieron la gráfica correcta o no la hicieron.

En el problema 3(b), se observa que un buen porcentaje -- (65%) de los alumnos de la segunda modalidad no han olvidado como se obtiene la pendiente pero algunos (20%) no realizan -- bien las operaciones, mientras que los alumnos de la primera modalidad lo han olvidado por completo.

En cuanto al significado físico de la pendiente, sólo al -- guos alumnos de la segunda modalidad respondieron y no lo -- hicieron los de la primera modalidad, debe entonces insi-- stirse en problemas de interpretación de gráficas, ya que de otra manera éstas siempre carecerán de sentido para los estudian-- tes.

En el problema 3 (d), se observa que los alumnos de la -- primera modalidad recurrieron a una deducción lógica de los -- datos, que además era muy simple, pues el largo era el doble del volumen; esta deducción no la hicieron los alumnos de la segunda modalidad. Por la forma en que están estas respues-- tas parece ser que el hecho de recordar la técnica para la ob-- tención de fórmulas empíricas a través de la pendiente les im -- pidió usar la lógica y muchos que podían haber encontrado la fórmula sin obtener la pendiente no lo hicieron, esto indica, tal vez que en los problemas de investigación debería inducir se a los alumnos a resolverlos no sólo empleando las técnicas, fórmulas y procesos ya aprendidos, sino también a deducir la respuesta, si no en forma exacta al menos aproximada.

Esto es importante, ya que algunas veces se hacen mal -- los cálculos y sobre todo actualmente con el uso de las calcu-- ladoras en que oprimir mal una tecla puede dar un resultado --

erróneo, por eso un cálculo aproximado puede servir para corregir estos errores y otros,

En el problema 4 las diferencias en las respuestas están en cuanto a la hipótesis y manejo de datos ya que respondieron mejor los grupos de la segunda modalidad, pero son muy pocos los alumnos que lo resuelven. Deben darse a los alumnos más diseños de investigación aunque no realicen los experimentos, si esto no es posible por el tiempo limitado que se tiene para impartir un curso. Estos diseños deben ir de lo más simples a más complicados e incluir investigación bibliográfica y obtención de hipótesis, este problema del examen u otros parecidos podrían dejarse de tarea a los alumnos.

Este trabajo intenta cumplir, dentro de ciertos límites, con los objetivos del Colegio de Ciencias y Humanidades y en particular con los del Área de Ciencias Experimentales y de Física I (Cap. 1), aunque ya se indicó que estos son ambiciosos y un tanto ambiguos. Así, por ejemplo, el que los alumnos apliquen el Método Científico Experimental en Física I no es del todo explícito, ya que existen diferentes concepciones de lo que es el método científico. En mi curso sólo se les dan a los estudiantes algunas técnicas y pautas muy generales, como por ejemplo, que se formen criterios de validez científica y que apliquen algunas técnicas de medición y manejo de datos - para llegar a establecer relaciones matemáticas entre dos variables, indicando a los alumnos que esto no es el método científico, ya que éste tiene muchas formas de aplicación dependiendo del problema que se desea resolver. En cuanto a que los alumnos relacionen los conocimientos y habilidades con las otras tres áreas, no se dan elementos en este trabajo para que esta ocurra a un nivel mayor que en otras modalidades del curso. Sin embargo sí existe relación con las materias de matemáticas principalmente, con la de redacción, ya que redactar los informes de sus investigaciones y en menor grado con la de Historia cuando tratan en ella el tema de método científico.

En relación a que los alumnos juzguen con actitud crítica y analítica las situaciones que se les presenten, esto sí se plantea en este trabajo, ya que es lo que se pretende al enfrentarlos a los problemas de investigación (Cap. 2). Con respecto a los objetivos de Física I éstos quedan incluidos dentro de los objetivos de los problemas de investigación.

En cuanto a las teorías de Aprendizaje la realización de este trabajo me puso en contacto con la de D. Ausubel y me llevó a tratar de profundizar más en la de J. Piaget, aunque -- considero que apenas estoy empezando a dar los primeros pasos para comprender mejor el proceso de enseñanza-aprendizaje.

je. Mi concepto de aprendizaje ha ido sufriendo cambios, lo que me ha llevado a reflexionar sobre mi propio aprendizaje de todos los conocimientos adquiridos, en particular de Física, por lo que este trabajo ha contribuido a mi formación como profesora y como estudiante de Física. El concepto que en la actualidad tengo del aprendizaje, es lo que he entendido de la teoría de Piaget, de la cuál hay aún muchas cosas que no he aprendido hasta el grado de aplicación, como son las transformaciones de operaciones formales. 101

Encuentro interesantes también las teorías de D. Ausubel y de Pichon Riviere, pero requiero de más tiempo para estudiarlas y encontrar aplicaciones didácticas para integrarlas a mi trabajo como profesora. En cuanto a las teorías conductistas pienso que si bien tienen limitaciones, como podría ser para formar estudiantes críticos, tienen también su campo de aplicación.

Los problemas de investigación propuestos se basaron en gran parte en los conceptos de J. Piaget que he podido comprender o reelaborar y observé después de su aplicación, por los comentarios de los alumnos acerca de las dificultades encontradas y como resultado de los exámenes, lo siguiente: después de que los alumnos resuelven el primer problema de investigación es necesario realizar varios problemas matemáticos donde calculen errores en la medida y determinen precisión e incertidumbre para los mismos problemas y también que indiquen la precisión e incertidumbre de varios instrumentos de laboratorio, ya que según se observó estos conceptos no fueron asimilados por los estudiantes.

En la aplicación del segundo problema de investigación, dado que definen superficie como área plana, se les pediría que determinaran área de objetos como esferas, cilindros, etc. y podrían dárseles problemas matemáticos de cálculos de áreas con sus correspondientes incertidumbres para otras figuras geométricas.

Para la parte que corresponde a la técnica para encontrar la relación matemática entre dos variables, sería conveniente - realizar más problemas, ya que los realizados son insuficientes; así podría pedírseles que graficaran dos variables dándoles la relación entre ellas, en otro problema pedirles que encuentren la relación matemática dándoles la gráfica y pedirles también que den una tabla de valores para las variables y en un tercer tipo de problemas darles una tabla de valores para dos variables y pedirles que hagan predicciones sobre la relación entre las variables, antes de hacer los cálculos correspondientes.

Antes de proponerles el tercer problema de investigación, ya que hay confusión entre masa y volumen, se les podría dar como problema de investigación un problema parecido al del examen sumario, proporcionándoles dos cuerpos, uno de aluminio y otro de cobre de diferentes tamaño, y pedirles que elaboren una hipótesis de cuál desplaza más agua de un recipiente y por qué y después la verifiquen. Se pueden dar diferentes pares de cuerpos a diferentes equipos.

Una vez aclaradas las dudas de este problema, para que puedan realizar el tercero sin tantas dificultades, se realizarían antes problemas matemáticos de cálculo de incertidumbres en volúmenes de cubos y después se les presentaría el tercer problema de la propuesta del capítulo 2.

Después de aplicar el cuarto problema de investigación de la primera propuesta, debido a que hay confusión entre masa y peso, podría pensarse en un problema para diferenciar estos conceptos, incluso pedir a los estudiantes que pensarán en algún experimento en el que se pudiera observar la diferencia entre estas dos magnitudes.

Antes de aplicar el quinto problema, dado que tiene un grado de dificultad muy grande para los alumnos, se podría primero obtener la densidad de sólidos y líquidos y después, invirtiendo el problema pedir que encontraran la densidad de la -

unión de dos líquidos en cierta proporción dada, habría que tener cuidado de que los líquidos fueran inmiscibles para -- que sus cálculos se pudieran comprobar y para que esta propiedad quedara clara, luego hacer la experiencia con líquidos miscibles y que de ahí sacaran conclusiones; después de esto ya se les podría dar el quinto problema de investigación del Cap. 2.

De acuerdo con los resultados de los exámenes y de los comentarios de los estudiantes, se observa que los conceptos más difíciles de definir parecen ser los de longitud y superficie. Esto se debe pienso a que son los más abstractos. Al principio yo pensaba que estos por ser básicos debían quedar perfectamente elaborados para que se comprendieran los de volumen y densidad, pero esto no es así, ya que estos otros son más concretos. Entonces la presentación de los conceptos de longitud y superficie sirve para que éstos se integren en el concepto de volumen, pero aunque se introduzcan actividades para esclarecer estos conceptos o generalizarlos no se puede pretender que en un curso sean totalmente elaborados por los estudiantes, quienes seguramente en otros cursos o actividades enriquecerán el significado de ellos así como de todos los de más. Sobre los conceptos de masa y volumen existe confusión, pero sí parece ser que tienen un significado más real para algunos alumnos, después del curso, lo mismo ocurre con densidad.

Otra observación que se desprende de los resultados de los -- diagramas conceptuales hechos por los estudiantes en los exámenes, es que parecen indicar que los conceptos físicos no se elaboran en forma independiente unos de otros y que siempre -- ante una nueva experiencia, a medida que se profundiza en el aprendizaje de un concepto, su reelaboración modifica también los conceptos asociados a él.

Con respecto a los conceptos de medición, errores, precisión, incertidumbre y modelos matemáticos, faltó hacer una mayor exploración en los exámenes, ya que sólo se indaga a nivel de --

aplicación de ellos pero no de su significado, lo que hubiera aportado más información sobre su aprendizaje. También en la parte de problemas debieron incluirse otros para explorar hasta donde aplicaban ciertos conceptos y los relacionaban, estos problemas para examen deben diseñarse considerando los resultados, a pesar de estas fallas algo se encontró sobre las diferencias en el aprendizaje de los grupos que siguieron las dos modalidades, tal como se indica en el Cap. 3, y debe considerarse que los problemas de los exámenes se pensaron sin saber exactamente por donde se encontrarían aspectos interesantes para investigar en cuanto al aprendizaje de los conceptos y no es sino hasta ahora que se tienen resultados que se puede investigar más.

Por todo ello este trabajo no es más que un primer paso en un proceso de investigación en que hay una retroalimentación en todos sus aspectos; teóricos, en cuanto a las teorías del --- aprendizaje y a los conceptos de ellas que se pueden considerar para una aplicación en el curso de Física I; y otros experimentales, en cuanto a que esta experiencia y sus resultados permiten hacer nuevas hipótesis de trabajo, es decir, organizar otras actividades de aprendizaje y también indagar acerca del nuevo aprendizaje con exámenes más adecuados y un análisis estadístico, que no se hizo en este trabajo, por ser una --- primera exploración.

Este trabajo desde su inicio, intereso a varios profesores --- del plantel y de otros planteles del Colegio de Ciencias y --- Humanidades que imparten las materias de Física y del Area de Ciencias Experimentales y dado que el trabajo fue aprobado --- dentro del programa de regularización académico es de esperar se que sea discutido y analizado por los profesores en los Seminarios de Area que organiza la Jefatura de Sección del Area de Ciencias Experimentales, para la difusión de los trabajos de Complementación y Regularización Académicas y en los cu-ales ya se comentó este trabajo cuando era un proyecto.

Por otro lado, al acceder a una plaza de las que en la actualidad existen ya en el Colegio de Ciencias y Humanidades, que me permita dedicar tiempo al trabajo académico extraculase po-dré complementar y profundizar este trabajo y diseñar proble-

mas de investigación para los cursos de Física I y II, además de lo que al respecto realicen otros profesores que como ya - menciona se interesaron por el trabajo.

B I B L I O G R A F I A

- Gaceta UNAM, 3a. Época, Vol. III, N° 36, C. U. Nov. 1971.
- *Compilación de Programas*, CCH-UNAM, dirección de la unidad académica del bachillerato, Secretaría académica, '75-'76.
- *Astudillo Reyes, Virginia, et al*, programa de Física I CCH plantel Oriente '78-'79.
- *Navarro, Rocío, et al*, teoría del aprendizaje, Méx, SEPLAN-UNAM.
- *Moreira, Marco A.*, Uma abordagem cognitivista ao ensino da Física, Ed. da Universidade, Porto Alegre, 1983.
- *Bleger, José*, temas de Psicología (Entrevistas y grupos), - Buenos Aires, Ed. Nueva Visión, 12a. ed., 1980.
- *Piaget, Jean*, Psicología y Epistemología, Barcelona, Ed. -- Ariel, 1979.
- *Piaget, Jean*, tratado de lógica y conocimientos científicos IV, Epistemología de la Física, Argentina Ed. Paidós, 1979.
- *Curso de introducción a la teoría de Piaget*, CCH plantel -- Oriente, Méx. D.F., 18 al 28 de Sept. de 1984 Profa. Domínguez Castillo Carolina.
- *Piaget, Jean*, tr. Juan Carlos Foix, La Psicología de la Inteligencia, Ed. Psique, Buenos Aires, 1969.
- *Stevan, Ma. Elena et al*, Selección y organización de experiencias de aprendizaje, Núm. 3, Méx, SEPLAN-UNAM.
- *Aebli Hans*, Una Didáctica fundada en la Psicología de Piaget Buenos Aires, Ed. Kapelusz, 1973.
- *Hoyos Medina Carlos* "La noción de grupos" en el aprendizaje su operatividad Perfiles Educativos Núm. 7 CISE.

- Zarzar Charur, Carlos, "La dinámica de los grupos de aprendizaje desde un enfoque operativo", Perfiles Educativos " " N.º 9, Méx. CISE UNAM, 1980.
- González Nuñez J. A., Gráficas y Ecuaciones, UNAM.
- Alvarenga Máximo, Física General, Ed. Haula.
- Santos Rochín, Rosa Ma., Evaluación del Aprovechamiento Escolar, N.º 4, SEPLAN- UNAM.