

# Un Modelo Didáctico para Enseñanza Aprendizaje de la Física

(A Didactic Model for the Physics Teaching-Learning)

José Ricardo Campelo Arruda

*Instituto de Física, Universidade do Estado do Rio de Janeiro*  
 Av. São Francisco Xavier 524, Rio de Janeiro, RJ - Brasil, CEP 20550-031  
 arruda@uerj.br

Recebido em 15 de outubro, 2002. Aceito em 17 de janeiro, 2003.

Este trabajo tiene como objetivo proponer una alternativa para la solución de dificultades en el aprendizaje de la Física, en correspondencia con las exigencias actuales. Esta nueva forma de enseñanza se fundamenta en el enfoque Histórico-Cultural, la Teoría de la Actividad y Generalización Teórica, y es desarrollada a través del método estructural-funcional para la organización del contenido a aprender y las regularidades de la actividad de estudio, que proporciona una posición más activa de los aprendices, a partir de la realización de acciones tan importantes como la modelación, la experimentación y la simulación en clase para la solución de problemas (teórico-prácticos). La realización de las acciones mencionadas en la resolución de problemas, permite a los estudiantes: comprender la importancia de la Ciencia Física y estructurar sus conocimientos acerca de la Física, atendiendo a los requisitos del pensamiento científico actual.

The aim of this work is to propose an alternative for the solution of difficulties present in learning Physics, in correspondence with the current demands. This new teaching form is based in the Historical-Cultural focus, the Theory of the Activity and Theoretical Generalization, and is developed through the structural-functional method for the organization of the content to learn and the regularities of the study activity that provides a more active position of the learners, starting from the realization of actions so important as the modeling, the experimentation and the simulation in classroom for the solution of problems (theoretical-practical). The realization of the actions mentioned in the resolution of problems, allows to the students to understand the importance of the Physical Science and to structure their knowledge about Physics, fulfilling to the requirements of the current scientific thought.

## I Introducción

La necesidad de articular los contenidos de la Física con los intereses prácticos de los alumnos y la búsqueda de lograr la enseñanza comprometida con las transformaciones técnico-científicas actuales, ha sido el centro de las atenciones y preocupaciones de las investigaciones en didáctica de la enseñanza de la Física.

La historia de la educación demuestra que existen intentos de diseñar procesos educacionales en correspondencia con las condiciones histórico-concretas de la época a que se refiere y en dependencia de las posibilidades que ofrece el desarrollo de la ciencia para el momento, aún cuando los modelos proyectados responden a diferentes niveles de concreción y a partes también diferentes del proceso pedagógico [Sierra, 1997].

Los desafíos de la práctica pedagógica son cada vez mayores y más complejos en la sociedad contemporánea. La enseñanza tradicional vigente en muchos sistemas convencionales es construido de certezas y éstas se valoran, tanto en la visión del profesor, como en la visión del estudiante;

además de ser normativo, prescriptivo, acompaña la lógica positivista de organización de la ciencia, en que la teoría precede la práctica.

La investigación realizada por [Arruda & Marin, 2001], apuntó que la enseñanza tradicional que prioriza la dicotomía entre la enseñanza de la parte teórica y la experimental, no favorece el desarrollo del pensamiento deductivo y con ello la capacidad de generalización de los conocimientos adquiridos, es una de las razones del fracaso de los estudiantes en el aprendizaje de la Física.

La conjunción teoría-práctica como principio pedagógico no puede tener un valor en sí misma, en razón de ser una unidad constitutiva de los elementos científicos y culturales que dan consistencia al sistema de conocimientos y habilidades de la asignatura de Física. Estos elementos se relacionan directamente a los conceptos, representaciones, valores, símbolos y habilidades, que estructurados apropiadamente constituyen el núcleo concreto del proceso enseñanza-aprendizaje de la Física.

La didáctica de la Física desarrollada bajo el principio dialéctico de la unidad teoría-práctica, ejecuta funciones de

carácter educativo y científico al mismo tiempo. La unidad correcta de esa relación exige un cambio de paradigma de la práctica pedagógica, es decir, cambiar el paradigma de la Pedagogía Tradicional, mecánico-cartesiano; modelo del alumno – tabula rasa, para el paradigma Histórico-Cultural; modelo del alumno activo [Anexo I], buscando garantizar al alumno actividades que proporcionan el desarrollo del conocimiento científico, la adquisición de habilidades y hábitos.

En esa perspectiva, según Vygotsky, una enseñanza orientada hasta una etapa de desarrollo ya logrado, es ineficaz del punto de vista del desarrollo general del estudiante; no es capaz de dirigir el proceso de desarrollo, va detrás de él. La teoría de la zona de desarrollo próximo origina una fórmula que contradice exactamente la orientación tradicional: la única enseñanza buena es la que avanza para el desarrollo.

Las ciencias naturales, en particular la Física, se basan en un proceso del pensamiento hipotético-deductivo, caracterizándose por una metodología científica, que parte de una hipótesis teórica, para desarrollarse en dirección a sus consecuencias lógicas. Estas se caracterizarán y, en una fase posterior, sufrirán una comprobación experimental bajo la forma de confirmación específica o aplicación práctica de una teoría.

Apoyados en estas concepciones, es posible la construcción teórico-formal de un modelo didáctico que se basa científicamente en el proceso enseñanza-aprendizaje de la Física, en correspondencia con las exigencias histórico-concretas, que recoja conocimientos y habilidades de manera integrada eliminando la dicotomía teoría-práctica, posibilitando superar las deficiencias existentes en la preparación de los estudiantes en Física.

## II Fundamentación teórica

El proceso de enseñanza-aprendizaje de la ciencia Física responde a las demandas y necesidades del desarrollo de la sociedad en cada período histórico. De esa manera, el proceso tiene como objetivo desarrollar integralmente al estudiante en el aspecto de la formación de su actividad cognoscitiva, del desarrollo del pensamiento y de sus conocimientos y habilidades, así como en el aspecto de su personalidad. Según Vygotsky, el desarrollo del hombre no puede concebirse como meta o fin, como un nivel estático o prefijado, que todo individuo debe alcanzar para convertirse en sujeto de su actuación. El hombre, que es agente activo del proceso de creación y de transformación del medio en que vive, tiene su desarrollo condicionado por ese medio [Leontiev, 1983].

Un objetivo de la enseñanza de la Física es proporcionar a los estudiantes las condiciones favorables para adquirir un conjunto de conceptos necesarios para interpretar fenómenos naturales y resolver problemas. El nivel de comprensión de esos conceptos y la extensión de su aplicabilidad

variarán, está claro, de acuerdo con la edad del estudiante y el tipo de instrucción dada. Infelizmente, varias personas, de varias partes del mundo, están de acuerdo que este objetivo raramente se alcanza [Tieberghien, 1986].

El estudio teórico realizado en esta investigación nos confirma que los fundamentos científicos desarrollados por Vygotsky constituyen un marco de gran importancia en el cambio de la concepción teórico-metodológica del proceso de enseñanza - aprendizaje de la Física. Para Vygotsky, la instrucción está en el inicio del aprendizaje y desempeña un papel fundamental en el desarrollo. “Comparado con otros psicólogos como, por ejemplo, Piaget que sugeriría que al aprendizaje sigue el desarrollo, y Skinner que iguala el aprendizaje al desarrollo, Vygotsky consideró que la instrucción precede y conduce al desarrollo” [Daniels, 1995]. “Cuando esto ocurre, ella impele o despierta una serie completa de funciones que están dormidas, en estado de maduración en la Zona de Desarrollo Próximo” [Vygotsky, 1989].

Compartimos con Vygotsky la concepción de que el aprendizaje antecede al desarrollo; así, es necesario que las instituciones de enseñanza y los profesores, identifiquem inicialmente las capacidades reales de los alumnos y su nivel de desarrollo potencial, con el objetivo de identificar formas metodológicas que permitan desarrollar actividades de enseñanza-aprendizaje capaces de promover la transición de la zona de desarrollo próximo, al nivel de desarrollo real del sujeto, para el logro de una enseñanza científica y desarrolladora.

En la investigación teórica queda claro que para Vygotsky es a través de la zona de desarrollo próximo que se percibe el nivel de desarrollo que el niño es capaz de lograr en el proceso de maduración. En este proceso de maduración el desarrollo del lenguaje es de gran importancia para el proceso de comunicación en la interacción social, pues, a través de la comunicación es posible establecer la mediación entre el sujeto y el objeto del conocimiento. A través de este proceso de las manifestaciones del pensamiento por el lenguaje, el niño es capaz de estructurar mentalmente la elaboración de conceptos y formas de organización de lo real, reflejando la relación entre sujeto y objeto del conocimiento intermediados por los instrumentos y signos [Vygotsky, 1993].

Para eso hay que usar en la introducción del nuevo material la lógica de la explicación y del significado (concepto físico), así como los vinculados a relaciones existentes en la estructura del conocimiento del estudiante, haciendo del nuevo material algo comprensible y asimilable por la estructura cognoscitiva del estudiante. La familiarización con los medios de enseñanza, objetos y fenómenos, el esclarecimiento de las vinculaciones entre ellos y la formación de nociones y conceptos físicos, constituyen el proceso de desarrollo de la capacidad de la observación, de la imaginación y del razonamiento lógico de los estudiantes.

En este contexto, la teoría de asimilación por etapas de las acciones mentales de Galperin, establece que el proceso de internalización de la actividad externa en interna es concebido como un ciclo cognoscitivo, donde se destacan etapas funcionales, que si bien no pueden ser consideradas de forma lineal, pueden ser separadas metodológicamente para su análisis. Estas etapas son [Beltrán & González, 1997]:

La primera etapa es la motivación, lo cual significa que para enseñarle algo a un alumno este debe tener cualquier motivo para aprender. La motivación para aprender es siempre determinada por valores que apoyan y justifican el aprendizaje como actividad de estudio.

La etapa de establecimiento da base orientadora de la acción debe ser un proceso en que los alumnos puedan construir juntos con el profesor, el modelo de la actividad que realizarán. El alumno dispondrá de todos los conocimientos necesarios sobre el objeto de la acción, las condiciones, las acciones que comprende la actividad a realizar, los medios de control y conocerá en esta etapa los límites de aplicación de esa actividad.

- El primero tipo de base orientadora de la acción, se caracteriza por una composición incompleta de la orientación. Las orientaciones están representadas de forma particular, el proceso de asimilación según este tipo de orientación se caracteriza por ser lento y por un gran número de errores en la solución de las tareas, es decir, ensayos y errores.

- En el segundo tipo de orientación, característica de la enseñanza tradicional, se da a los alumnos de forma elaborada todas las condiciones necesarias para el cumplimiento correcto de la acción, pero estas condiciones son particulares, sólo sirven para la orientación en un caso determinado.

- El tercer tipo de orientación tiene una composición completa y generalizada, aplicable a un conjunto de fenómenos y tareas de una determinada clase. La actividad, según este tipo de orientación, se forma rápidamente, con pocos errores y se caracteriza por su estabilidad, alto nivel de generalización con una mayor transferencia. De esta forma el alumno dispone de los conocimientos generalizados que son en sí la esencia de los conocimientos (invariantes del conocimiento) y el procedimiento operacional para la ejecución correcta de la actividad (invariantes de la habilidad). Esta orientación implica asimilar conocimientos concretos sobre la base de esquemas generales, permitiendo a los alumnos orientarse por las cualidades esenciales de la orientación en la solución de las tareas.

La etapa de formación de acción en el plano material o materializado, establece que cuando se asimila una actividad nueva, la primera etapa, es la material. En esta etapa se garantiza en el alumno la comprensión de la composición operacional de la acción, de su lógica interna, así como la posibilidad de ejercer el control objetivo del cumplimiento de cada una de las operaciones que forman parte de la actividad que construye y realiza.

La etapa de formación de la acción en el plano del lenguaje externo, constituye la traducción de la acción material (lógica de la acción) a una acción verbal. En esta etapa el objeto de la acción está representado en forma verbal externo (oral o escrita) y el proceso de transformación del objeto transcurre también en forma verbal externa: en forma de razonamiento en voz alta.

La etapa mental es la forma superior, aunque por su origen devine de la etapa material, inicial. La etapa mental de la acción significa que la acción, se realiza "para sí", sus elementos estructurales son las representaciones, los conceptos, las operaciones que se realizan "para sí". El cumplimiento de la acción completamente en forma mental significa que la acción recorrió el camino de la interiorización, convirtiéndose de externa en interna.

En este estudio se evidenció que, la actividad, por consiguiente, es un sistema de acciones que poseen una estructura, pasos internos, conversiones y desarrollo. Las acciones incluyen un cierto tipo de operaciones que se hacen en cierto orden y en correspondencia con un cierto procedimiento u objetivo. Estas pueden ser externas-prácticas e internas-intelectuales. En el contenido de la actividad práctica pueden entrar acciones intelectuales y en el contenido de las actividades intelectuales, acciones externas.

Denominamos acción al proceso que se subordina a la representación de aquel resultado que habrá de ser alcanzado, es decir, el proceso subordinado a un objetivo conciente. La actividad humana no puede existir de otra manera que en forma de acciones o grupos de acciones [Leontiev, 1983]. Para Galperin [Galperin, 1982], "La acción es la unidad básica del conocimiento, del pensamiento. Las acciones son los componentes fundamentales de la actividad, la estructura funcional de la acción humana, esta constituida por una parte orientadora, una parte ejecutora y otra del control".

Cuando el contenido y los procedimientos para el desarrollo de la actividad son dados al estudiante de forma directa por los profesores en el proceso de enseñanza-aprendizaje, se tiende a un tipo de actividad reproductiva por parte del estudiante; se dichos contenidos y procedimientos se dan de forma indirecta a partir de una actividad de estudio, el tipo de actividad del estudiante va a ser esencialmente productivo.

Todo esto tiene en cuenta la comprensión del contenido de la actividad, las acciones y operaciones utilizadas para hacer posible el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, familiarizando a los estudiantes con los procedimientos a ser ejecutados a través de la Base Orientadora de la Actividad de Estudio, donde se planifican los objetivos, los medios de instrucción y las condiciones necesarias para la realización de las acciones, durante las cuales se controlan los resultados.

De acuerdo con el modelo de actividad, podemos resaltar el producto de la acción, que en el proceso de enseñanza-

aprendizaje de la Física, debe estar presente en las acciones del profesor y del estudiante para que el producto de estas acciones alcance la efectividad deseada del proceso e identifique las causas de las dificultades en el aprendizaje, informando si el sujeto-mediado y el profesor-mediador del proceso están alcanzando los objetivos planificados durante el desarrollo de las actividades del proceso de enseñanza-aprendizaje. La base orientadora de la acción es el sistema de condiciones en que realmente se apoya el hombre al cumplir la actividad [Leontiev, 1983]. El alumno puede construir el sistema de conocimientos y establecer los modelos de las acciones a ejecutar con vista a la realización de la actividad, así como el orden de realización de los componentes de la acción: orientación, ejecución y control.

En la **orientación**, el alumno obtiene la idea clara de lo que el debe hacer, a través de las informaciones que el recibió con respecto al objeto o fenómeno estudiado. Esta etapa del proceso debe dar una idea clara de lo que el alumno debe hacer y cuál es la relación que debe establecer con el objeto de estudio. La orientación debe ser en forma generalizada para evitar que el alumno proceda por ensayos y errores, o que limita el logro en el desarrollo de habilidades y actividades conscientes sobre su acción. La esencia de la motivación de los estudiantes para el estudio de la Física, está en crear las condiciones para que éstos entiendan el nivel del conocimiento, habilidades y hábitos que ya poseen y el nuevo conocimiento que origina la aspiración de saber el nuevo, de adquirir las habilidades y hábitos que les faltan, de aprender a aplicar el conocimiento en soluciones de tareas teóricas y prácticas en su futura especialización.

En la etapa de **ejecución**, el alumno ejecuta las orientaciones para lograr los objetivos delimitados inicialmente. La construcción de un nuevo material ocurre en el proceso de recepción y comprensión de los conocimientos que constituyen la primera etapa del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física que, correctamente estructurado y organizado, origina una interacción dinámica entre el nuevo material y el nivel del conocimiento, habilidades y hábitos que ya se poseen. El objeto de la transformación para el nuevo conocimiento fundamentado en sus experiencias anteriores sobre los conceptos adquiridos provoca así la necesidad interior de dominar el nuevo concepto o ley de la ciencia, en particular, la Física y sus métodos de aplicación práctica.

En el **control**, es posible evaluar todo el proceso enseñanza-aprendizaje. Comparando los resultados logrados con las orientaciones, es posible evaluar si se cumplió la propuesta inicial. Al final de la etapa de control, se establece una relación entre lo planteado y los alcances obtenidos en el desarrollo del proceso y se levantan indicadores para efectuar nuevas orientaciones que desencadenan el próximo ciclo cognoscitivo en nivel y complejidad superior al punto inicial.

En la investigación realizada por [Arruda & Marin,

2001], se evidenció que la enseñanza a través de la Generalización Teórica, puede hacerse por medio del análisis de todos los conocimientos particulares, resumiendo el núcleo que sirve como base a cada caso particular para ver si todos estos casos son variantes del mismo objeto de estudio. Esta enseñanza significa que el objeto de estudio se presenta y se estructura como el conjunto de invariantes que es la unidad esencial del conocimiento de la cual derivan las demás; no es derivable de otro e incorpora un componente formativo que debe formar parte de una asignatura y que está integrado por los conocimientos y las habilidades específicas. De esa manera, esta enseñanza tiene como punto central unir lo esencial sobre el concepto y sus conexiones y relaciones con los fenómenos del contenido enseñado, proporcionando un grado mayor de integración del concepto físico, posibilitando así el conocimiento de la esencia de los fenómenos asociados al concepto estudiado.

En ese enfoque, determinar lo esencial consiste en conocer las características y propiedades del objeto de estudio y saber cuáles son las que lo caracterizan y lo distinguen de otros objetos de una cierta clase. Cuando estudiamos los conceptos físicos es necesario que seamos capaces de determinar lo esencial, es decir, sus propiedades y características pertinentes a la clase de fenómenos estudiados. Con base en este enfoque, las leyes de Newton son invariantes ante las transformaciones de Galileo. El espacio, el tiempo y la inercia(m) son invariantes del movimiento mecánico [Anexo II].

En esta concepción y con el nuevo enfoque metodológico para el ordenamiento del contenido de la asignatura Física estudiado, no existe intervalo de tiempo entre los fenómenos físicos presentados; por consiguiente, para cada clase de fenómenos estudiados se tiene la visión del todo, pero en niveles diferentes. Desarrollar en los estudiantes el pensamiento teórico, exige, sin duda, un cambio en las preposiciones del sistema de enseñanza, como lo propusieron Vygotsky, y sus seguidores, [Leontiev, 1983], [Galperin, 1982], [Davidov, 1974], [Talizina, 1988], entre otros.

De acuerdo con Leontiev [Leontiev, 1983], la estructura de la organización concreta de la actividad humana es determinada por las necesidades y por los motivos, el propósito, las condiciones y los medios para alcanzarlo, las acciones y las operaciones. La línea principal de la actividad es que esta siempre tiene un carácter dirigido al objeto; todos sus componentes presentan uno u otro contenido en forma de objeto y ella misma necesariamente está dirigida a la creación de cierto producto.

La asimilación del contenido físico sólo existe en forma de actividad de estudio cuando el estudiante prueba una necesidad interna y una motivación para tal asimilación. Las necesidades y el motivo de estudio orientan a los estudiantes al obtener conocimientos como resultados de la propia actividad transformadora; tal transformación revela, en un material de estudio, las relaciones interiores y esenciales cuyo

examen permite al estudiante seguir el origen de todas las manifestaciones externas del material a asimilar. La necesidad de estudio y la necesidad del estudiante de trabajar real o mentalmente con uno u otro objeto, ocurren con el objetivo de separar en él los aspectos generales y esenciales y particulares externos y sus interrelaciones. La asimilación debe tener carácter creativo, es decir, debe estar ligada a la transformación del material didáctico y a la obtención de un nuevo producto.

Para que hubiera la transformación creativa, sería necesario el proceso de la experimentación que generaría investigación y traería dudas cuyas respuestas buscan elucidar la solución del problema. La Actividad de Estudio es un conjunto de acciones y operaciones mentales o prácticas a ser realizadas por el estudiante. El desarrollo de una actividad de estudio sigue una lógica que establece las acciones siguientes:

***Transformación de los datos de la actividad de estudio de Física con el fin de poner al descubierto la relación universal del objeto estudiado;***

***Modelación de la relación diferenciada en forma objetiva, gráfica o por medio de símbolos;***

***Transformación del modelo de la relación para estudiar sus propiedades en forma pura;***

***Control sobre el cumplimiento de las acciones anteriores;***

***Evaluación de la asimilación del procedimiento general como resultado de la solución de la actividad de estudio de Física presentada.***

Cada una de estas acciones está compuesta por las correspondientes operaciones, cuyo conjunto cambia según las condiciones concretas en que se resuelve una u otra actividad de estudio [Davidov, 1991].

La actividad de estudio sólo ocurre cuando hay transformación reativa del material de estudio – la asimilación de conceptos físicos transmitidos verbalmente no es actividad de estudio. La actividad de estudio está vinculada ante todo con la transformación de cierto objeto, transformación en la que tras las peculiaridades externas del objeto se puede descubrir, fijar y estudiar su fundamento interno, esencial, del cual luego es posible extraer (o comprender) todas las propiedades externas de ese objeto.

La condición de la organización correcta de la actividad de estudio es la presentación a los estudiantes de la tarea de estudio cuya resolución requiere de ellos la experimentación con el material de estudio. La tarea de estudio no puede resolverse sin transformación. Su conducción es hecha por el profesor, pero la resolución de la tarea de estudio es hecha por el estudiante. La organización correcta de la actividad de estudio presupone que el profesor presenta al estudiante tareas, para cuya resolución es necesaria la orientación dirigida al análisis y la revelación, que por medio de la experimentación práctica y mental se convierte en hechos

observables – concretos.

La presentación y la solución de la tarea de estudio [Anexo III], demandan una organización especial del material de estudio para que los estudiantes puedan llevar a cabo las realizaciones correspondientes, a través de la experimentación material o mental relacionada con ellas. Con tal enfoque es posible organizar un curso de Física. La realización de la actividad de estudio de Física desarrollada también presupone que el profesor presta atención especial a la ejecución plena por parte de los estudiantes, de las acciones y operaciones de estudio. En síntesis, de acuerdo con la teoría de asimilación por etapas de las acciones mentales, el movimiento individual puede ser garantizado por la estructuración especial de la asignatura, cuando en el mismo comienzo de la enseñanza de la Física, se exponen los conceptos físicos más generales que forman la asignatura de Física, de acuerdo con el tercer tipo de aprendizaje según Galperin.

La elaboración del modelo didáctico presupone el diseño de un nuevo contenido de la Física, así como la modelación y experimentación del objeto físico a transformar, basado en la actividad de estudio. Esto es posible cuando los estudiantes efectúan aquellas transformaciones específicas de los objetos físicos, en su propia práctica laboral se modelan y recrean las propiedades internas del objeto que se convierten en contenido del concepto físico. Estas acciones que revelan y construyen las conexiones esenciales y generales de los objetos físicos, sirven de fuente para las abstracciones, generalizaciones y conceptos teóricos.

La base de la fundamentación realizada nos permitió un análisis de los principales presupuestos teórico-metodológicos, que sirvieron de fundamentos a la concepción de nuestro modelo didáctico para la enseñanza-aprendizaje de la Física.

### **III Presupuestos y principios que fundamentan el modelo didáctico**

Describiremos a continuación los principales presupuestos teórico-metodológicos que fundamentan el modelo didáctico necesarios para hacer la enseñanza de la Física más efectiva y motivadora.

**Los principales presupuestos teórico-metodológicos son:**

- *Considerar la estructura cognoscitiva de los estudiantes como punto de partida de la construcción del conocimiento científico;*
- *Realizar la actividad de enseñanza de la Física basada en el método científico y conducir a los estudiantes a una actividad típica de investigación científica;*
- *Realizar la actividad de enseñanza de la Física como trabajo colectivo y dirigido a los estudiantes;*

- *Garantizar en los estudiantes la condición de sujeto activo de su propio aprendizaje, dando significación y motivando su participación en el proceso enseñanza-aprendizaje de la Física;*

- *Ejecutar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, considerando el grupo de actividades que el estudiante (mediado) es capaz de realizar con la ayuda, colaboración y la orientación del Profesor (mediador).*

**El modelo didáctico tiene como eje los principios siguientes:**

- *Concepción sistémica estructural-funcional de organización de los contenidos de las asignaturas de la Física;*

- *Enfoque fenomenológico de los conceptos físicos, es decir, las relaciones recíprocas existentes entre los elementos de un concepto físico son: el modelo físico, el plan fenomenológico de la descripción de la realidad y el aparato formal de la teoría;*

- *Realizar la enseñanza basada en el método científico, utilizando la actividad de estudio como actividad colectiva y orientada hacia la formación del pensamiento deductivo de los estudiantes.*

## IV Actividad de estudio como metodología fundamental del modelo didáctico

El desarrollo rápido de la ciencia Física, su diferenciación y la estrecha vinculación de los distintos enfoques en el análisis de los problemas complejos, exigen del estudiante una capacidad especial, un pensamiento simultáneo en diferentes planos lógicos, es decir, la habilidad de construir varias cadenas lógicas y retener en la memoria una gran cantidad de informaciones. Cuando la enseñanza está organizada y estructurada correctamente, entre los conocimientos, las habilidades y los hábitos se origina una interacción dinámica que desempeña un importante papel en la actividad creativa del estudiante.

La planificación de la actividad cognoscitiva movilizará la atención y el razonamiento activo del estudiante, una vez que lo prepara para recibir el nuevo material, familiarizarse con los hechos, objetos y fenómenos cuyo estudio comprenden. La primera parte de la Actividad de Estudio se refiere a la orientación, es decir, en esta fase el profesor es fuente de información, tanto de los conocimientos de la asignatura, como del contenido de la actividad de estudio que se está formando. Esta parte consiste en preparar al estudiante para desarrollar la actividad de estudio y por consiguiente la adquisición de conocimientos y habilidades a través de la motivación.

*La formación de la base orientadora de la actividad de estudio, tiene como objetivos:*

- *Mostrar el contenido de la actividad de estudio al estudiante y el esquema de trabajo que deberá incluir todos los aspectos necesarios para la realización de las acciones de estudio por el estudiante;*

- *Elaborar las instrucciones sobre la actividad de estudio en forma generalizada. Así el procedimiento de identificación debe ofrecer una forma generalizada para trabajar y no una forma concreta;*

- *Elaborar la comprobación del sistema de características necesarias y suficientes, registrar los resultados en la forma generalizada, comparar con la regla lógica y por último las conclusiones.*

Definidas las acciones necesarias para la realización de la actividad de estudio, deben modelarse las acciones externas que faciliten la formación de las habilidades para que los estudiantes tengan una idea consciente y clara de todos estos conceptos. Esto permitirá al estudiante entender el contenido del conocimiento de la asignatura Física, así como la lógica que sigue la actividad de estudio con estos esclarecimientos, lo que garantizará la orientación de los estudiantes tanto en los conceptos como en la actividad de estudio a realizar.

La segunda parte de la actividad de estudio se refiere al aprendizaje y asimilación del objeto de estudio a ser transformado, es decir, el profesor tiene que ser el mediador que dirige la acción del estudiante. El profesor tiene que asegurar al estudiante un conjunto de tareas, el esquema de estudio, en que está presente el modelo de la actividad de estudio, los conocimientos que se deben asimilar, así como, el sistema de habilidades necesarias y los medios de control. Esta parte se constituye de la acción de estudio material o materializada, de los niveles: verbal externo, verbal interno y mental.

- **En la etapa denominada de acciones externas materializadas** los estudiantes tienen que resolver la situación-problema, teniendo que representarla en forma externa material o materializada. Esta etapa, además de estar relacionada con la situación-problema, sirve como recurso para la adquisición de habilidades, así como, para asimilar los conocimientos que se aplican para la realización de estas habilidades, es decir, el proceso de asimilación de los conocimientos siempre es el proceso de su aplicación en forma de habilidades.

En esta etapa, los estudiantes (mediados) deben realizar el trabajo independiente con la colaboración del profesor (mediador), teniendo como tarea principal asimilar todo el contenido operacional, así como hacer las conclusiones pertinentes a esta etapa. Deben formularse problemas diferentes de una cierta clase, aplicados en varias situaciones para hacer consciente la actividad de estudio en todas sus conexiones y relaciones.

- **En el nivel verbal externo** puede registrarse y controlar las acciones de estudio del estudiante en la solución de

la situación-problema y su producto. La función del control es muy importante para la formación de la atención del estudiante. Este control puede ser realizado por el estudiante a través de la actividad de estudio o puede ser mediado por el profesor o por mecanismos externos cuando se trata de una experimentación, la que requiere instrumentos necesarios para su realización. A la medida en que se desarrolla, el estudiante tiende a pasar de una acción de control externo hacia una acción interna.

- En el **nivel verbal interno** el estudiante resuelve la situación-problema independientemente, consciente de las operaciones que realiza concretando el trabajo desarrollado para la transformación del objeto de estudio.

- En el **nivel mental** todas las conexiones y relaciones adquieren un lenguaje interno. En esta etapa pueden ocurrir dos modos de interiorización: los estudiantes pueden guardar internamente todo el esquema y actuar como si ellos estuvieran aprovechándose de la imagen ilustrativa; otros no ven el esquema internamente, pero siguen un orden lógico – ellos actúan lógicamente [Gardner, 1994]. En esta etapa, debe alcanzarse la **generalización**, la síntesis máxima en la ejecución de la actividad de estudio y una independencia absoluta.

En síntesis, la creación de este Modelo Didáctico, adquiere una gran importancia para la didáctica de la Física, ya que brinda las bases científicas sobre las cuales se basan los elementos que componen el sistema didáctico y que integrados, instrumentan la práctica pedagógica del proceso enseñanza-aprendizaje de la Física.

## V Construcción del contenido en el modelo didáctico

El contenido está vinculado con la información científica y el conjunto de métodos y técnicas de trabajo de la ciencia Física, mediante conceptos, leyes, principios, teorías y el cuadro físico del mundo, así como las habilidades que necesitan las relaciones del alumno con el objeto de estudio.

De acuerdo con Salmina [Salmina, 1989], las investigaciones psicológicas demuestran que el desarrollo de uno u otro nivel de formación del conocimiento y el desarrollo del pensamiento se determinan por el contenido del conocimiento asimilado.

“Las investigaciones han demostrado que las informaciones factuales y los conceptos memorizados durante el curso tradicional tiene poca solidez. Un estudio realizado al respecto demostró que después de un curso rico en informaciones factuales, los alumnos sólo recordaban menos de 20% de los contenidos tan sólo seis semanas después del examen final [Feldberg, 1994]. Por eso, lo importante no es la cantidad de información acumulada por el alumno, sino la posibilidad del alumno de seleccionar los contenidos genera-

les y relevantes para comprender y solucionar la diferentes tareas” [Beltrán & González, 1997].

La estructuración de una asignatura en el modelo didáctico puede ser la forma sistémica estructural – funcional, fundamentada bajo el tercer tipo de base orientadora de la acción, dirigido a la formación de los conocimientos teóricos y de acuerdo con la teoría de asimilación por etapas de las acciones mentales de Galperin, que garantiza que el movimiento individual puede ser realizado por la estructuración especial de la asignatura, cuando en el principio de la enseñanza, se exponen los conocimientos más generales que forman la asignatura.

En este contexto, el objeto de estudio se presenta como un objeto complejo y tiene como objetivo la revelación del funcionamiento y desarrollo del objeto en sus características internas y externas. De esa manera, la tarea principal es la investigación del esquema del principio de desmembración del objeto, lo que en la conservación del todo, garantizará la posibilidad de su análisis.

Para Leontiev, no son los conceptos (ni, por consiguiente, los significados, ni los signos, ni los instrumentos), sino la actividad real que une al individuo con la realidad circundante, la que determina el desarrollo, tanto de la conciencia en su conjunto, como de algunas funciones psíquicas [Leontiev, citado en Talizina, 1988].

El aspecto principal de la estructuración de la asignatura de la Física a través del modelo sistémico estructural-funcional, es lo que permite describir el objeto complejo en su estado conservado, como si fuera en sincronía, resaltando en él la composición y estructura que garantizan su excelente funcionamiento, en un sistema mayor o la existencia estable en un medio circundante.

En la construcción de las asignaturas de Física que reflejan este tipo de investigaciones sistémicas, las características estables estructural-funcional de cada nivel del sistema se denominan invariantes del sistema [Anexo II]. El procedimiento para construir una asignatura en correspondencia con los principios del enfoque sistémico estructural-funcional de un programa de estudios de una asignatura de la Física, tiene que partir de la posición de que con la lógica de la estructuración, el programa debe formar cierto tipo (sistémico) de orientación en los fenómenos de la realidad estudiada.

## VI Sistema didáctico

El abordaje sistémico posee un enfoque basado en conceptos, procesos y procedimientos directamente relacionados con la teoría de sistemas. Un sistema corresponde a un conjunto de elementos ligados entre sí por una cadena de relaciones e interacciones, constituyendo un todo organizado que se relaciona dinámicamente con el medio externo. Está sujeto a los cambios continuos y siempre presenta una conducta o una acción específica. Corresponde a una entidad

constituida por elementos interactivos e interrelacionados entre sí y con el todo, integrados para alcanzar cierto objetivo.

Esta tendencia de conceptualizar el sistema como una entidad, y no como un aglomerado de partes, es coherente con la ciencia contemporánea que no aísla más los fenómenos en contextos estrictamente confinados, sino que incluye también el análisis de las interacciones y interrelaciones existentes entre ellos. A través de un análisis lógico y del estudio de las interacciones e interrelaciones existentes entre los procesos, se lista cada uno de los componentes del proceso sistémico, construyendo un modelo representativo.

En ese contexto, el Sistema Didáctico para la enseñanza-aprendizaje de la Física es: Un conjunto de elementos que se encuentran en completa interacción y que posee una lógica interna característica y en el que el movimiento de cada una de ellas se subordina a las regularidades del todo para resolver una tarea de estudio que constituye la secuencia de acciones a través de las cuales se podrá alcanzar el objetivo de la unidad o tema de una asignatura de Física.

Los procedimientos para instrumentalizar el sistema didáctico, desde el punto de vista sistémico, corresponden a la interacción de los elementos que realizan las actividades y acciones en el proceso enseñanza-aprendizaje de la Física y que son introducidos en el ambiente de un estudiante para que este interactúe con ellos. Esta interacción permite la construcción de conocimientos y la adquisición de habilidades por parte del estudiante, en el sentido de alcanzar los objetivos del aprendizaje especificados.

La instrumentación del Modelo Didáctico presentado es obtenida a través del sistema didáctico, que se fundamenta en el análisis sistémico de los elementos que lo componen: **problema, objeto, objetivo, contenido, metodología y evaluación**, analizándose la estructura y funciones de sus componentes, así como las interrelaciones entre estos elementos.

El Sistema Didáctico tiene una estructura y una secuencia instruccional; cada componente es caracterizado por su función en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física; la interacción de estos elementos es lo que establece el carácter sistémico del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física [Figura 1 y 2].

El sistema didáctico presenta como elementos de entrada la relación problema-objeto, objetivos-contenido, necesidades en el aprendizaje del estudiante que presenta el conocimiento previo como punto de partida para lograr los objetivos para los cuales el sistema didáctico fué planeado; tales objetivos serán concretados a través de la metodología y sus elementos estructurales que interactúan, determinando la dinámica del proceso, para alcanzar los objetivos generales de la asignatura de Física, los cuales son considerados

los elementos de salida [Figura 3].

La concepción del sistema didáctico es de sistema abierto por su interrelación con el currículo de las carreras (medio). Los elementos del sistema didáctico a su vez pueden ser considerados como subsistemas de orden inferior. La estructura general del proceso didáctico corresponde al proceso de sistematización de los componentes del sistema didáctico, estructurando el sistema de una manera general e identificando toda la estructura del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, ofreciendo la secuencia metodológica a ser desarrollada para la operacionalización de dicho proceso. Esta estructura se describe a seguir.

#### *Problema*

En el diseño curricular de una asignatura básica de Física se expresa la necesidad que tiene determinada especialidad del conocimiento de la ciencia Física objeto de estudio, lo que se define a partir de los contenidos (sistema de conocimientos y habilidades) necesarios, de las características del perfil profesional modelado, así como la caracterización personal de los estudiantes que ingresan en la universidad y su preparación precedente.

#### *Objeto de estudio*

Está definido por la ciencia Física y en correspondencia con el diseño del currículo que tiene los valores de los contenidos, los valores metodológicos y los históricos. El valor del contenido está en que él está constituido por los conceptos, las leyes y los principios de la Teoría Física, así como por sus relaciones, de manera que a todo ello le son inherentes un conjunto de habilidades relacionadas con el objeto de estudio. En el valor metodológico tenemos en cuenta tanto el método de investigación científica, basado en las actividades de estudio de Física, como en las potencialidades de éste en el desarrollo personal y profesional del estudiante. El valor histórico se manifiesta a través del desarrollo del contenido (teorías físicas) y de la metodología que desarrolla el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, de manera que el estudiante se percata de la naturaleza social del trabajo científico, de sus interrelaciones con la sociedad, así como se apropia de la visión de la materialidad y cognoscibilidad del mundo.

#### *Objetivos*

Al principio del proceso se realiza la definición de los objetivos de la asignatura relacionados con el contenido al cual serán aplicados, expresados en términos de aprendizaje, de conocimientos y habilidades. Esos objetivos describen, los resultados que se pretenden alcanzar a través del desarrollo del sistema didáctico se caracterizan en función del dominio y del tipo de aprendizaje pretendidos. Ellos concretan en el sistema didáctico, tanto en el marco educativo como instructivo, el problema de la construcción del conocimiento, que de esta manera queda resuelto.

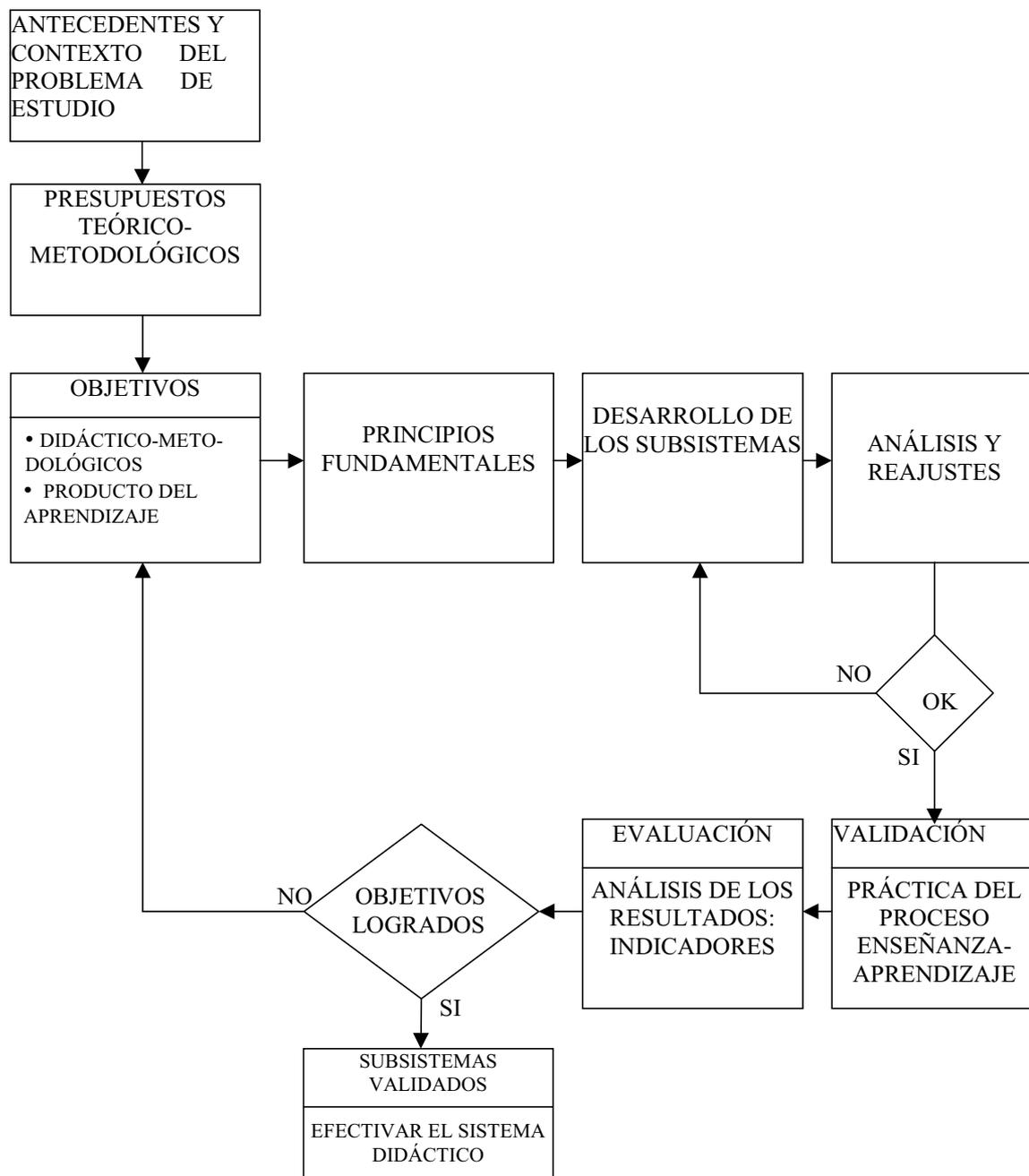


Figura 1. Esquema metodológico para el desarrollo de un Sistema Didáctico.

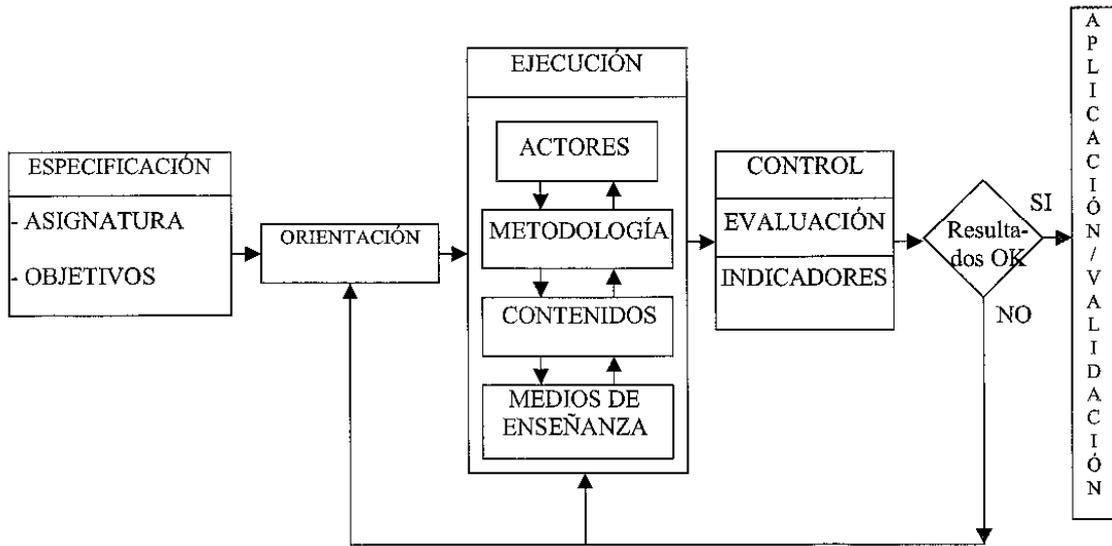


Figura 2. Modelo de Aplicación del Sistema Didáctico.

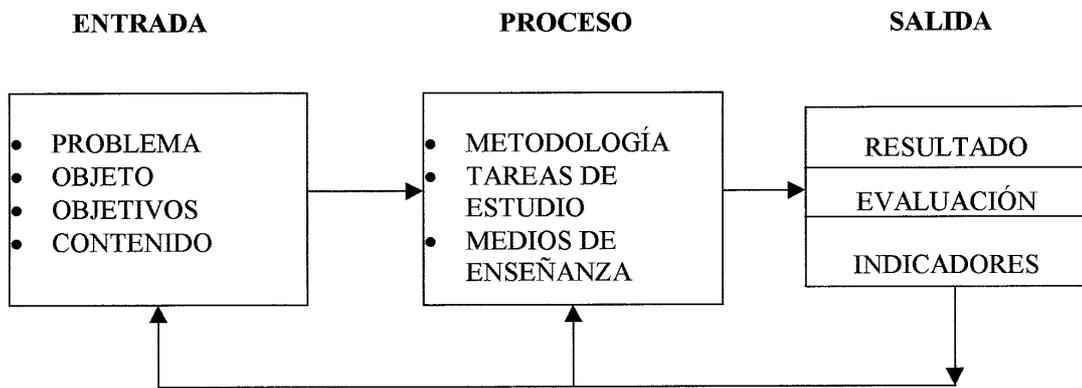


Figura 3. Relación Estructural de los elementos del Sistema Didáctico.

*Contenido*

Es la parte del objeto de estudio en la que se precisa el sistema de conocimientos y de habilidades, donde se especifican cuáles son los conocimientos esenciales a partir de los cuales los estudiantes desarrollan todos los conocimientos y las habilidades previstos. Corresponde al resumen del programa propuesto para la asignatura Física en el que aparece el sistema de conocimientos científicamente elaborados y estructurados según el método sistémico estructural-funcional de organización del contenido a ser desarrollado.

*Metodología*

Es el componente en el que se concretan las relaciones sujeto-objeto de estudio y sujeto - sujeto (alumno-alumno y alumno-profesor). Es a través de ella que el alumno, bajo la orientación del profesor, se apropia del contenido y alcanza el objetivo.

En la metodología de enseñanza-aprendizaje de la Física (Actividad de Estudio) se manifiestan las relaciones dialécticas teoría-práctica, concreto-abstracto, educación-instrucción, enseñanza-aprendizaje, así como se concreta a través de esta la formación de valores. El desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje y la dinámica de las clases es realizada a través de las acciones de las Actividades de Estudio por el estudiante, bajo las orientaciones de profesor.

Las Bases Orientadoras de la Actividad de Estudio tienen la estructura siguiente:

*Actividad de estudio tipo I*

*Objetivo*

Esta actividad tiene como objetivo proponer una situación-problema y a partir de esta encontrar los conceptos esenciales y generalizados implicados en su solución del objeto de estudio, a través del modelaje y experimentación de

la actividad de estudio.

*Orientación*

- Fundamentar el conocimiento físico en el tema del estudio;

- Formular la tarea de estudio;

Etapa n° 1

*Analizar la Actividad de Estudio propuesta, hacer la representación y solución del problema, describir los factores que son indispensables para la solución del problema propuesto.*

Etapa n° 2

*Modelar el objeto de estudio: definir las magnitudes y atributos necesarios y suficientes, construir el concepto físico y la formulación matemática de la solución del problema.*

Etapa n° 3

*Con base en el modelaje de la situación-problema, analice los elementos y propiedades esenciales y las magnitudes físicas implicadas en el fenómeno, así como la interrelación del concepto físico (modelo, fenomenología y formalismo matemático) definido.*

Etapa n° 4

*Realizar la experimentación del modelo planteado, reproducir el fenómeno previsto y hacer las observaciones, las mediciones y registrar los datos.*

Etapa n° 5

*Analizar los resultados de la experimentación en relación al conocimiento disponible de la ciencia Física, favoreciendo la revisión de la modelación inicialmente elaborada.*

Etapa n° 6

*Elaborar un informe que sintetice la actividad (acciones fundamentales) realizada, resaltando los aspectos de interés mayor y relevancia como resultado de la experimentación, para ser presentado y discutido al final de la Actividad de Estudio.*

Etapa n° 7

*Generalizar y reflejar el concepto estudiado, profundizar en diferentes aspectos la situación física examinada, concebir su translación a otros contextos y aplicabilidad.*

*Actividad de estudio tipo II*

*objetivo*

Esta Actividad tiene como objetivo mostrar el fenómeno físico y a partir de esta demostración definir los conceptos implicados, así como, para caracterizar los elementos y las propiedades esenciales del fenómeno físico estudiado.

*Orientación*

Demostrar un fenómeno físico a partir de los elementos esenciales y de la interrelación entre el modelo, formalismo matemático y fenomenología del concepto considerado.

Etapa n° 1

*Concebir la realización de la Actividad de Estudio, como respuesta a ciertas preguntas o como parte de la solución de un problema.*

Etapa n° 2

*Identificar las magnitudes, propiedades esenciales y parámetros del fenómeno observado. Definir los elementos esenciales y el concepto del fenómeno observado.*

Etapa n° 3

*Formular una situación-problema del objeto estudiado.*

Etapa n° 4

*Analizar la situación-problema. Hacer la representación y solución del problema. Describir los factores que son indispensables para la solución del problema propuesto - la transformación del objeto de estudio.*

Etapa n° 5

*Modelar el objeto del estudio: Definir las magnitudes, parámetros y atributos necesarios y suficientes, elaborar la formulación matemática de la solución del problema.*

Etapa n° 6

*Realizar la experimentación del modelo planteado o simular la formulación matemática de la modelación de la solución del problema, reproducir el fenómeno previsto y hacer las observaciones, las mediciones y registrar los datos.*

Etapa n° 7

*Analizar los resultados de la experimentación en relación al conocimiento disponible de la ciencia Física, favoreciendo la revisión de la modelación inicialmente elaborada.*

Etapa n° 8

*Elaborar el esquema lógico de los conceptos implicados en la actividad de estudio.*

Etapa n° 9

*Generalizar y reflejar el concepto estudiado, profundizar en diferentes aspectos la situación física examinada, concebir su translación a otros contextos y aplicabilidad.*

*Actividad de estudio tipo III*

*Objetivo*

Esta Actividad tiene como objetivo utilizar la investigación extra-clase como método de enseñanza-aprendizaje, conduciendo el estudiante a relacionar la enseñanza de la Física con su especialización a través de un tema de su interés, es decir, articular el conocimiento físico con el de otras áreas del conocimiento científico y con su especialidad, ser capaz de contextualizar y investigar las situaciones sociales que contengan aspectos físicos y/o tecnológicos relacionados con su especialidad.

Realizar una investigación de carácter científico como parte del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física, a partir del contenido de la Asignatura Física y elaborar una investigación de manera de usar el método científico en la solución del problema en determinado contexto. El contexto es una situación concreta de relevancia y actualidad en la

asignatura, disciplina, especialidad o en la sociedad, que es usada como marco motivacional y conductor para la presentación, desarrollo y evaluación de contenidos temáticos con fines de aprendizaje, [García Martínez, 1997] y que esto esté en conexión con su especialidad.

El desarrollo de la investigación tiene como base los siguientes ítems:

*Investigación bibliográfica;*

*Antecedentes y contexto del problema de estudio;*

*Elaboración teórica;*

*Formulación de hipótesis;*

*Modelación;*

*Experimentación;*

*Resultados y conclusiones.*

*Tareas de estudio*

La condición de la organización correcta de la actividad de estudio es el planteo, ante los estudiantes, de la tarea de estudio, cuya resolución requiere de ellos la experimentación con el material de estudio. Las tareas de estudio son el material de estudio para que los estudiantes puedan llevar a concretización las actividades de estudio de Física [Anexo III].

CUADRO MECANO-CLÁSICO	CUADRO ELECTROMAGNETICO	CUADRO CUANTICO-RELATIVISTA
Un sólo tipo de materia (El macro-cuerpo)	Dos tipos de materia (campo y sustancia)	Unidad de las propiedades corpusculares y ondulatorias del objeto
Movimiento mecánico y térmico	Movimiento mecánico y movimiento del campo electromagnético	Nuevas formas de movimiento del objeto cuántico y transformaciones entre el campo y la sustancia
Espacio y tiempo absolutos	Espacio y tiempo vinculados entre sí y a las propiedades de la materia	Se revelan nuevos nexos entre el espacio y el tiempo
Sólo interacción gravitatoria	Interacciones gravitatoria y electromagnética	Interacciones gravitatoria, electromagnética y nuclear
Causalidad dinámica y estadística (estadística clásica)	Causalidad dinámica solamente	Causalidad estadística solamente (estadística cuántica)

Cuadro 1- Diferencias entre las tres etapas de desarrollo del cuadro físico del mundo.

### *Evaluación*

Constituye este componente la forma en que se comprueba el desarrollo del aprendizaje a través del proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física. Las clases en este modelo tienen un carácter diferenciado, es decir, su operacionalización tiene un carácter sistémico, donde la evaluación desempeña un importante papel en la retroalimentación del proceso. En el sistema didáctico desarrollado aquí, esta evaluación se realiza a través de los siguientes elementos:

Actividad de estudio de Física - El acompañamiento y control del proceso de enseñanza – aprendizaje de la Física es realizado a través de las actividades de estudio, informando y retroalimentando el proceso.

Evaluación final - Aplicar las pruebas de evaluación del contenido con la siguiente estructura : pregunta teórica de desarrollo conceptual; pregunta de aplicación de situación-problémica; y preguntas que usan análisis con argumentación, usando las características esenciales para analizar la deducción

## **VII Relaciones entre los componentes del sistema didáctico**

A partir de los objetivos de la asignatura Física, se determinan los objetivos educativo-instructivo de cada contenido, esto se fundamenta con el criterio de que el objeto de estudio de la Física es el Cuadro Físico del Mundo [Cuadro 1] y el objeto de estudio de cada asignatura de Física es en particular una Teoría Física (objeto).

Siendo así, la relación dialéctica Problema - Objeto nos permite definir los objetivos de la asignatura de Física, tanto educativos como instructivos, así como, la relación dialéctica que se establece entre cada uno de los elementos: objetivo-contenido, contenido-metodología, objetivo-metodología y a través de la metodología el estudiante se apropia del contenido y alcanza el objetivo.

## VIII Instrumentalización del sistema didáctico

La instrumentalización del Sistema Didáctico es realizada a través de sus componentes caracterizados con funciones y procedimientos específicamente planeados para esta finalidad y a través de las etapas específicas en correspondencia con el proceso de sistematización del modelo de desarrollo operacional del sistema didáctico y que se desarrolla de la siguiente forma:

- Análisis y reajuste del plan de la asignatura Física.
- Elaboración de las tareas de estudio.
- Adecuación de los medios de enseñanza con los contenidos de la asignatura.
- Organización y dirección del proceso de enseñanza – aprendizaje de la Física.
  - Organización de las clases.
  - Práctica Docente:
    - Aplicación de las actividades de estudio de Física – metodología de enseñanza de la Física, a través de las tareas de estudio.
    - Control del proceso.
    - Evaluación.

La creación, sistematización e instrumentalización del sistema didáctico, que instrumentaliza el modelo, es una contribución a la didáctica de la Física, posible de ser extendida a otras disciplinas.

Esta nueva concepción de la enseñanza-aprendizaje de la Física ofrece un enfoque sistémico de la asignatura, proporcionando un control a lo largo de todo el proceso, de forma tal que el profesor traslada la atención del resultado del proceso, (es decir, de su aspecto cuantitativo, que evidencia tan sólo la medición de los resultados finales), al aspecto cualitativo de las etapas a través de las cuales transcurre el proceso, por medio de las actividades de estudio que propician la retroalimentación de todo el proceso.

A partir de este sistema didáctico, que instrumentaliza el modelo didáctico, es posible lograr una enseñanza de calidad de la Física y una nueva didáctica para la Física que responda a las exigencias científico-técnicas contemporáneas.

## IX Conclusiones

Adoptar esta nueva enseñanza – aprendizaje de la Física basada en la concepción sistémica estructural – funcional de los contenidos a partir de los invariantes, con enfoque fenomenológico de los conceptos físicos y utilizando la actividad de estudio como metodología de trabajo fundamental, permitirá el desarrollo del pensamiento deductivo de los alumnos y con ello la capacidad de generalización de los conocimientos adquiridos [Arruda & Marin, 2001]. Los aspectos fundamentales obtenidos son:

- desarrollar en los estudiantes métodos científicos de trabajo a partir de la aplicación de las actividades de estudio;

- demostrar el desarrollo de habilidades prácticas y teóricas por parte de los estudiantes, haciendo que ellos conciben sus propias ideas con respecto al conocimiento de los conceptos científicos de la Ciencia Física y comprueben su capacidad para resolver problemas a imagen y semejanza de los problemas científicos;

- desarrollar niveles superiores de las capacidades cognitivas, el pensamiento teórico y creador del estudiante;

- consolidar en los estudiantes la concepción científica del mundo, utilizando el cuadro físico como elemento rector, asegurando que la Física constituye un basamento científico y una importante herramienta de trabajo.

- La enseñanza de la Física a través de las Actividades de Estudio de Física demuestra que la relación entre la solución de problemas teóricos, en que se usa la modelación, la experimentación y la simulación en clase, hace que el estudiante tenga un papel activo en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física y que consolidan la verificación de la actividad teórica y práctica de la enseñanza de la Física. Las Actividades de Estudio de Física así formuladas superan las dificultades de la enseñanza tradicional y las limitaciones y deficiencias del trabajo experimental que hoy tiene lugar en la enseñanza de la Física y que desvirtúan significativamente la verdadera actividad de la ciencia [Arruda & Marin, 2001].

- La concepción de este modelo didáctico, no sólo considera el proceso en sí mismo, sino también los diferentes momentos por los cuales éste pasa, donde el control y la evaluación cumplen un papel importante, que apuntan a criterios de calidad para la evaluación del aprendizaje del estudiante. El profesor transfiere la atención del resultado del proceso – aspecto cuantitativo, que evidencia solamente la medición de los resultados en calificaciones finales, al aspecto cualitativo de las etapas en que transcurre el proceso y por las transformaciones que se producen, proporcionando una enseñanza de calidad.

- Considerar el proceso de enseñanza-aprendizaje de la Física de manera sistémica y desarrollado como un conjunto de partes interligadas, y que posee una lógica interna característica, donde el control y la evaluación (cuantitativa y cualitativa) desempeñan un papel importante en la retroalimentación del proceso necesario para conseguir los objetivos planificados, tanto en la visión del profesor, como del estudiante.

- Para impartir el nuevo modelo de enseñanza, el profesor tendrá que tener habilidad, tanto en el tratamiento con el formalismo matemático, como con la fenomenología del concepto estudiado; es decir, que no exista más en la enseñanza de la Física la dicotomía entre la parte teórica y

práctica, pasando a tener un único carácter, donde la interrelación de la estructura del concepto físico es uno de los fundamentos de este abordaje.

- A partir de este modelo, es posible establecer un sistema didáctico para la enseñanza de la Física, teniendo en cuenta la importancia de la Física, de manera de contribuir al desarrollo científico-técnico de la sociedad y establecer un nuevo paradigma pedagógico que responde a las exigencias contemporáneas.

## Referências

- [1] ARRUDA, J.R.C & MARIN, J.A. Un Sistema Didáctico para la Enseñanza-Aprendizaje de la Física. Rev. Bras. de Ens. de Física, **23**, no. 3, Septiembre, 2001.
- [2] BELTRÁN, N.I. & GONZÁLEZ, O. P. La formación de Conceptos Científicos: una perspectiva desde la Teoría de la Actividad. EDUFRN, Natal - RN, 1997.
- [3] DANIELS, H. (Org.). *Vygotsky em Foco: pressupostos e desdobramentos*, 2ª ed. Campinas – São Paulo: Papirus, 1995.
- [4] DAVIDOV, V. Tipos de generalización en la enseñanza. Pueblo y Educación, La Habana, 1974.
- [5] DAVIDOV, V. La enseñanza Escolar y el Desarrollo Psíquico, Investigación Psicológica Teórica y Experimental. Editorial Progreso, Moscú, 1988.
- [6] DAVIDOV, V. & Slobódchikov, V. I. La enseñanza que desarrolla en la escuela del desarrollo; en la educación y la enseñanza: una mirada al futuro. Editorial Progreso, Moscú, 1991.
- [7] GALPERIN, P. Ya. Introducción a la Psicología. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana, 1982.
- [8] GARCIA MARTINEZ, A. Física General Aplicada: novedosa concepción para la enseñanza de la Física en Ciencias Técnicas (ISPJAE). Tesis en opción al grado de Doctor en Ciencias Pedagógicas. Ciudad de la Habana, 1997.
- [9] GARDNER, H. *Estruturas da Mente: A Teoria das Intelligências Múltiplas*; Trad. Sandra Costa – Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 1994.
- [10] LEONTIEV, A.N. Actividad, Conciencia y Personalidad. Editorial Pueblo y Educación. Ciudad de La Habana, 1983.
- [11] TIEBERGHIEN, A. *Difficulties in concept formation. Innovations in Science and Technology Education*, Vol. I. Paris, UNESCO, 1986.
- [12] SALMINA, N. G. La Actividad Cognoscitiva de los Alumnos y el Modo de Estructurar la Asignatura. Universidad de La Habana, 1989.
- [13] SIERRA, Alicia, Modelo Pedagógico: Consideraciones Generales, Varona, Revista Científico-Metodológica, No. 24, enero-junio, 1997, pp. 20-28.
- [14] TALÍZINA, N.F. *Psicología de la enseñanza*. Editorial Progreso, Moscú, 1988.
- [15] VYGOTSKY, L. S. *A Formação Social da Mente*. Livraria Martins Fontes Editora Ltda - São Paulo - Brasil 1989.
- [16] VYGOTSKY, L. S. *Pensamento e Linguagem*. Tradução Jefferson Luiz Camargo. São Paulo - Martins Fontes, 1993.

## Anexo I

CARACTERIZACIÓN DE ALGUNOS  
MODELOS PEDAGÓGICOS\*

	MODELO PEDAGÓGICO	
	<i>Pedagogía Tradicional</i>	<i>Histórico Cultural</i>
<i>Paradigma</i>	Mecánico - Cartesiano	Histórico - Social
<i>Fundamento filosófico</i>	Empirismo	Materialismo dialéctico e histórico
<i>Fundamento psicológico</i>	Memorístico, transmisión y grabación	Histórico - Cultural
<i>Fundamento pedagógico</i>	Corriente elitista: valores, Pueblo: habilidades productivas	Aprendizaje dirigido: motor del desarrollo del hombre
<i>Modelo del maestro</i>	Autoritario	Organizador directivo, no autoritario
<i>Modelo del alumno</i>	Tabula rasa	Activo
<i>Concepción didáctica</i>	Acción – conocimiento. Se aprende haciendo	Centrada en objetivos del estudiante
<i>Contenido de enseñanza – aprendizaje</i>	Mejores alcances en los logros de la cultura	Todo contenido mediatizador del individuo con su medio
<i>Aspectos de interés</i>	Asegurar posición idónea de cada individuo en la sociedad	Aprendizaje social colectivo en su génesis
<i>Planeamiento</i>	No se planifica la enseñanza	Riguroso
<i>Corroboración práctica</i>	No se modela, se basa en la experiencia práctica	Se planifica en el contexto social
<i>Otros aspectos</i>	No tiene	Aprendizaje social e histórico

\* [ Sierra, 1997 ]

## Anexo II

Presentamos el resumen de la asignatura Física General I, utilizando para la organización del contenido el método sistémico estructural-funcional de orientación, para estudiar los fenómenos físicos relativos a la Mecánica Clásica, del movimiento de los cuerpos macroscópicos observables.

### Programa de la asignatura Física General I

Disciplina: Física General  
Asignatura: Física General I  
Año: Primer  
Semestre: Primer

### Problema de la asignatura

La necesidad de la definición y interpretación de los invariantes del movimiento mecánico de un objeto y su aplicación basado en las leyes de Newton para varias clases de problemas, en la descripción y características del movimiento mecánico.

### Objeto de Estudio

Movimiento Mecánico:

Estructura del Movimiento Mecánico y sus invariantes;  
Descripción del Movimiento Mecánico basado en las leyes de Newton;

Características del Movimiento Mecánico basado en las leyes de Conservación.

### Objetivo Educativo

Contribuir a consolidar en los estudiantes la concepción científica del mundo a partir de la comprensión del cuadro físico contemporáneo.

Contribuir al desarrollo del pensamiento deductivo y la capacidad de razonamiento a través de un modo de asimilación de los contenidos donde predomine al enfoque sistémico, así como contribuir al desarrollo de la capacidad de trabajo independiente y la formación de habilidades lógicas del pensamiento.

Articular el conocimiento físico con el de otras áreas del conocimiento científico y con su especialidad y ser capaz de emitir juicio de valor con respecto a situaciones sociales que contengan aspectos físicos y/o tecnológicos importantes.

Actuar de acuerdo con la concepción del mundo y la sociedad mediante la aplicación de la ciencia Física en la constitución, estructura y desarrollo de las carreras, así como los procesos científicos-técnicos que tienen lugar en ella, su transformación mostrando habilidades y conocimientos acordes con el perfil del futuro profesional de la carrera.

### Objetivo Instructivo

Interpretar los fenómenos y procesos que dan origen a los movimientos mecánicos e identificar y aplicar las leyes de Newton a partir de los invariantes del movimiento mecánico.

Caracterizar cualitativa y cuantitativamente el cuadro mecano-clásico, estableciendo cada una de las teorías que lo describen mediante su relación con el objeto y su movimiento característico, utilizando el formalismo matemático, el cálculo diferencial e integral en la formulación de las leyes,

la inducción - deducción como método fundamental para establecerlas así como conocer los modelos que permitan la descripción del objeto de estudio.

Aplicar las leyes de conservación de la cantidad de movimiento lineal, la cantidad de movimiento angular y la energía mecánica, tanto en una como en dos dimensiones para describir el movimiento mecánico de una partícula, un sistema de partículas y un cuerpo rígido, destacando la relación y la mayor generalidad de estas leyes sobre las leyes de Newton.

### Sistema de habilidades

Describir o caracterizar el cuadro mecano-clásico a partir de las teorías físicas que lo componen, induciendo o deduciendo las leyes fundamentales a él inherentes.

Explicar las teorías físicas – posiciones que sustentan la teoría, hechos físicos fundamentales en que se basa, resultados fundamentales a que conduce y límite de validez. Para el cuadro mecano – clásico del mundo, el límite de validez es :  $v \ll c$  y regiones de dimensiones  $10^{-8} \leq x \leq 10^{21}$  m.

Formular las leyes físicas, describir los experimentos que las conforman, precisar los modelos vinculados a estas leyes y aplicarlas en el estudio de fenómenos físicos.

Caracterizar los fenómenos físicos que se observan, vincularlos con la propiedad que lo origina y las magnitudes que permiten estudiarlo y utilizarlos en ejemplos prácticos.

Identificar, caracterizar y determinar los invariantes de los principales movimientos de un objeto observable bajo las leyes de Newton y las leyes de conservación.

Enunciar e interpretar las leyes de conservación de la cantidad de movimiento lineal, la cantidad de movimiento angular y de la energía y aplicarlas en situaciones prácticas.

Describir los experimentos y vincularlos con la teoría de la cual es fundamento, precisar los objetivos, montar la instalación experimental siempre que ello sea posible o explicar el esquema de la instalación, utilizar los instrumentos de medición fundamentales, observar los experimentos e interpretar los resultados, elaborar informes técnicos, diseñar experimentos sencillos y aplicar la teoría de errores en el procesamiento de los datos.

### Sistema de conocimientos

- Invariantes del movimiento mecánico.
- Leyes del movimiento mecánico.
- Fuerza: Sistemas de Fuerzas concurrentes, momento de una fuerza aplicada en el cuerpo.
- Fuerza de fricción (coeficientes de fricción estático y cinético).
- Movimiento rectilíneo, parabólico y circular.
- Principio de inercia y de relatividad de Galileo.
- Movimiento de un cuerpo rígido al redor de un eje fijo.
- Trabajo y energía mecánica.
- Conservación de la energía.
- Conservación de la cantidad de movimiento lineal: sistemas de partículas.
- Colisiones.
- Conservación de la cantidad de movimiento angular.

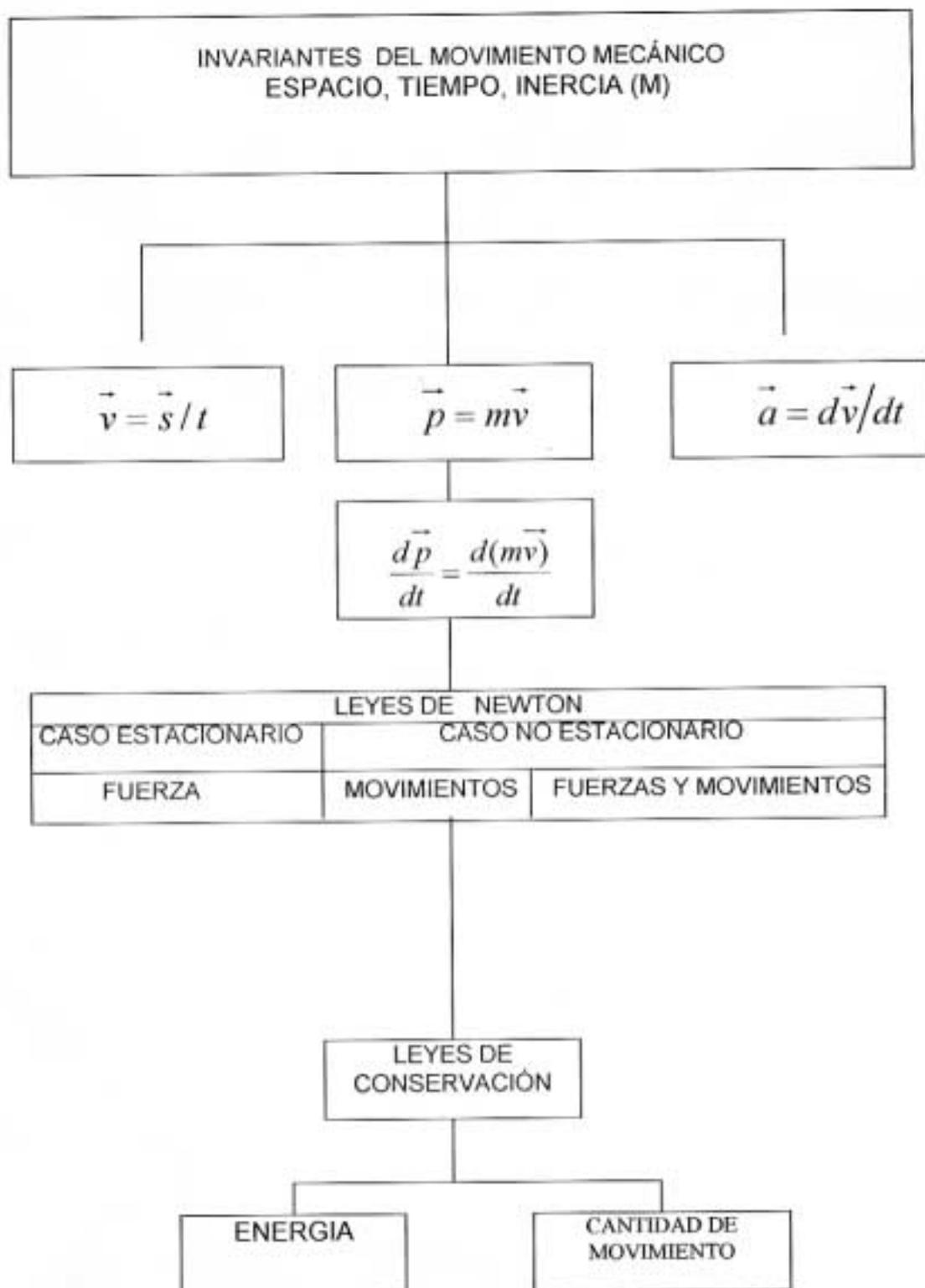


Figura – 4. Esquema Lógico Estructural – Funcional del Tema Movimiento Mecánico.

### Anexo III

#### Tareas de Estudio diseñadas para lograr los objetivos propuestos de la asignatura Física General I, para aplicación de las actividades de estudio tipo I y II.

1. Establecer relación entre una determinada magnitud, su patrón y el grado de incertidumbre de dicho patrón con respecto a una medida, necesario a explicar los criterios de utilización de cifras significativas.
2. El resultado de una medida posee un número limitado de cifras significativas. Esto es debido a la limitación de la precisión de cualquier instrumento de medida utilizado. Sin embargo, la naturaleza del instrumento no es el único factor para influenciar en el resultado de una medida. Preguntase: ¿Cuales son los factores principales que influyen en los errores en una experimentación?
3. Mostrar que los errores en una experimentación (estadísticos), cuando responden a un gran número de causas, obedecen a leyes matemáticas que permiten arribar a conclusiones importantes sobre un fenómeno dado, aún cuando las medidas están sujetas a errores.
4. Formular las leyes de Newton a partir de los invariantes del movimiento mecánico.
5. Interpretar las ecuaciones de Newton en forma diferencial analizando en ellas los fenómenos envueltos.
6. Determinar las intensidades de las fuerzas aplicadas a un punto que corresponde al equilibrio del sistema y generalizar las leyes de Newton para el caso estacionario – sistema de fuerzas concurrentes.
7. Analizar las características de la fuerza para el caso estacionario y determinar las intensidades de las fuerzas aplicadas a un punto que corresponde al equilibrio del sistema.
8. Deducir e interpretar la ecuación del momento de una fuerza aplicada en el cuerpo.
9. Determinar la fuerza de fricción interpretando además los coeficientes de fricción estático y cinético y determinar el coeficiente de fricción estática entre dos superficies.
10. Determinar las características y la interrelación de los conceptos de velocidad, espacio y tiempo de un mueble en Movimiento Uniforme. Verificar la relación existente entre la velocidad instantánea y la velocidad media.
11. Investigar como varía la velocidad de un objeto sujeto a una aceleración constante.
12. Obtener e interpretar el concepto de velocidad y aceleración instantánea en un sistema de coordenadas.
13. Deducir e interpretar las ecuaciones del movimiento de los proyectiles y determinar la aceleración de la gravedad.
14. Explicar a partir del movimiento de un cuerpo en qué consiste el fenómeno de caída libre y determinar la aceleración debida a gravedad.
15. Definir e interpretar el concepto de fuerza centrípeta para una partícula en movimiento circular.
16. Caracterizar el fenómeno de rotación de un cuerpo rígido y sus elementos esenciales.
17. Definir e interpretar el concepto de velocidad y aceleración angular del movimiento de rotación de un cuerpo rígido.
18. Definir e interpretar el concepto de velocidad y aceleración tangencial y aceleración centrípeta.
19. Obtener las ecuaciones del movimiento de rotación haciendo una comparación con las ecuaciones del movimiento lineal.
20. Obtener e interpretar la expresión del torque ejercido por una fuerza.
21. Deducir e interpretar el momento de inercia de un sistema de partículas.
22. Determinar el momento de inercia de un cuerpo rígido.
23. Interpretar la ecuación del momento de inercia para un sistema de ejes paralelos.
24. Definir e interpretar la naturaleza vectorial de la rotación de un cuerpo rígido, haciendo énfasis en el fenómeno del momento angular.
25. Obtener e interpretar la relación entre los vectores  $\mathbf{L}$ ,  $\mathbf{p}$  y  $\boldsymbol{\tau}$ .
26. Describir e interpretar la ley de conservación del momento angular.
27. Obtener e interpretar el concepto de trabajo de una fuerza constante.
28. Obtener e interpretar el trabajo de una fuerza variable.
29. Obtener e interpretar la energía cinética de una partícula .

30. Obtener e interpretar el trabajo como la variación de la energía cinética.
31. Definir el concepto de potencia como la tasa de variación del trabajo.
32. Obtener e interpretar la energía potencial de un sistema.
33. Definir e interpretar los conceptos de energía cinética y potencial de un sistema mecánico y calcular la energía cinética y potencial entre dos momentos considerados.
34. Analizar el proceso de transmisión energética de un cuerpo a partir de la energía potencial en energía cinética.
35. Verificar la conservación de la energía mecánica de un sistema.
36. Caracterizar e interpretar la conservación de la energía de un sistema.
37. Obtener e interpretar la posición de centro de masa de un sistema de partículas.
38. Obtener e interpretar la posición del centro de masa de cuerpos continuos.
39. Caracterizar el movimiento del centro de masa.
40. Deducir e interpretar en forma integral el impulso de una fuerza aplicada en el cuerpo.
41. Deducir e interpretar las velocidades relativas de aproximación y alejamiento de los cuerpos en una colisión elástica.
42. Caracterizar la energía cinética de la partícula en términos del momento lineal.
43. Definir momento para un sistema de partículas.
44. Deducir la ecuación del momento para un sistema de partículas.
45. Interpretar la ley de conservación del momento para un sistema de partículas.
46. Deducir e interpretar la energía cinética de un sistema de partículas.
47. Determinar la energía potencial gravitatoria de un sistema y verificar las ecuaciones de la caída libre y de la conservación de la energía. Calcular la velocidad de un cuerpo que cae en el campo gravitatorio de la Tierra.