



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CONCEPCIÓN**  
**FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS**  
**MENCIÓN MATEMÁTICAS/FÍSICA/QUÍMICA**



**EL MÉTODO “RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS COMO  
INVESTIGACIÓN”, PARA DESARROLLAR CAPACIDADES DE  
RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE MECÁNICA CLÁSICA**

**AUTOR: NELSON ANDRÉS VALDEZ VELÁZQUEZ**

**CONCEPCIÓN - PARAGUAY**

**2017**

**EL MÉTODO “RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS COMO  
INVESTIGACIÓN”, PARA DESARROLLAR CAPACIDADES DE  
RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE MECÁNICA CLÁSICA**

**AUTOR:** NELSON ANDRÉS VALDEZ VELÁZQUEZ

**DIRECTOR:** DR. RAMÓN ANÍBAL IRIARTE CASCO

Concepción - Paraguay

2017



## **ACTA DE APROBACIÓN**

**TESIS PRESENTADA PARA CUMPLIR CON LOS REQUISITOS  
FINALES PARA LA OBTENCION DEL TÍTULO DE MAGISTER  
EN DIDÁCTICA DE LAS CIENCIAS: MENCIÓN FÍSICA**

**AUTOR:**

**NELSON ANDRÉS VALDEZ VELÁZQUEZ**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**DR. RAMÓN ANÍBAL IRIARTE CASCO**

**TRIBUNAL DE EXPOSICIÓN Y DEFENSA DE LA TESIS**

**Dra. Blanca Margarita Ovelar de Duarte**\_\_\_\_\_

**Dr. Luca Carlo Cernuzzi**\_\_\_\_\_

**Dr. Marco Moschini**\_\_\_\_\_

**Resultado de la Evaluación:** \_\_\_\_\_

**Número**

**Letra**

**Mención**

---

**Lugar y Fecha de la Exposición y Defensa de la  
Tesis**

## **Dedicatoria**

A Dios Padre quien me ha dado fuerzas para luchar cada día.

A mi Madre y a mi Padre

A mis hermanos Diego y Dahiana

A Andrea

A mi hija Grecia

A mis sobrinos Alma y Liam

## **Agradecimientos**

En primer lugar, a Dios por permitirme llegar a este momento tan importante en mi carrera y en mi vida

A mis padres quienes incondicionalmente me brindaron su apoyo a lo largo de la Maestría.

A mis hermanos Diego y Dahiana por la ayuda y el apoyo constante que me brindaron siempre cuando los necesitaba.

A mi compañera de lucha y madre de mi hija, Andrea, por su incansable labor y apoyo constante.

A mi Orientador el Prof. Dr. Ramón Aníbal Iriarte Casco, por dedicarme su valioso tiempo y guiarme en este trabajo, así como en sus observaciones críticas en la redacción de la tesis.

Al Decano de la FACET, Prof. MSC. Jorge Daniel Mello Román por su ayuda y colaboración y la oportunidad única que nos brindó a mí y a mis compañeros de realizar este curso de postgrado.

A todo el plantel de docentes, directivos y funcionarios de la Institución que hizo posible la realización de este trabajo, la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Concepción.

## Resumen

Este estudio se ha realizado con un grupo de estudiantes del cuarto año de la carrera Licenciatura en Matemáticas y Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Concepción. Considerando el bajo rendimiento académico de los alumnos registrado en los últimos años en la asignatura Mecánica Clásica, el objetivo principal ha sido estudiar los efectos en los resultados de aprendizaje de la aplicación del método “Resolución de Problemas como Investigación” como estrategia para conducir los procesos de enseñanza-aprendizaje de manera más eficiente. El enfoque de la investigación ha sido cualitativo, de tipo descriptivo y diseño fenomenológico. La metodología utilizada consistió en estudiar los antecedentes y registros de los sujetos del experimento, para luego observar y analizar los procesos de resolución de problemas de los mismos en casos seleccionados. Se utilizaron los siguientes instrumentos: a) un diario de campo para el registro de datos observados; b) la Escala Motivacional de Resolución de Problemas (EMRP) basado en el modelo de valor/expectativa EyV de Eccles y Wigfield (2002); c) un instrumento de diagnóstico y medición del tiempo de resolución; y d) una Guía de entrevistas para docentes de la asignatura Mecánica Clásica. Los resultados de la aplicación de la EMRP señalan el orden de las sub escalas de valor de la tarea: Utilidad, Importancia, Costo e Interés, de mayor a menor, además, la expectativa hacia la resolución de problemas de Mecánica Clásica es baja. Por otra parte, al comparar los tiempos de resolución por el método tradicional y por el método aquí propuesto, se observó que los alumnos invierten un menor tiempo con el primer método lo cual implica una mayor facilidad en la realización de la tarea. Por último, los alumnos han obtenido buenos resultados de aprendizaje con la aplicación del método “Resolución de Problemas como Investigación” para resolver problemas de Mecánica Clásica, lo cual representa una mejora en comparación a los resultados de años anteriores aplicando métodos tradicionales. Se recomienda para el futuro replicar el experimento con un diseño experimental que involucre grupos más numeroso de alumnos.

**Palabras Clave:** Resolución de Problemas, Mecánica Clásica, Resolución de Problemas como Investigación, Didáctica de la Física

## Abstract

This study was carried out with a group of students of the fourth year of the Degree in Mathematics and Physics of the Faculty of Exact and Technological Sciences of the National University of Concepción. Considering the low academic performance of students registered in recent years in the Classic Mechanical subject, the main objective has been to study the effects on the learning outcomes of the application of the "Problem Solving as Research" method as a strategy to conduct the processes Of teaching-learning in a more efficient way. The research approach has been quantitative, descriptive and pre-experimental design with pre-test and post-test of a single group. The methodology used consisted in studying the antecedents and registers of the subjects of the experiment, and then observing the problem solving processes of the same in selected cases. The following instruments were used: (a) an instrument to record observed data; b) the Motivational Problem Solving Scale (EMRP) based on the Eccles and Wigfield (2002) value / expectation model; c) an instrument for diagnosing and measuring resolution time; and d) an Interview Guide for teachers of the Classical Mechanical subject. The results of the application of the EMRP indicate the order of the sub-scales of value of the task: Utility, Importance, Cost and Interest, from highest to lowest, in addition, the expectation towards the resolution of Classical Mechanics problems is low. On the other hand, when comparing the resolution times by the traditional method and by the method proposed here, it was observed that the students spend less time with the first method, which implies a greater ease in the accomplishment of the task. Finally, the students have obtained good learning results with the application of the "Problem Solving as Research" method to solve Classical Mechanics problems, which represents an improvement compared to the results of previous years applying traditional methods. It is recommended for the future to replicate the experiment with an experimental design involving larger groups of students.

**Keywords:** Problem Solving, Classical Mechanics, Problem Solving as Research, Didactics of Physics

## INDICE

|  |            |
|--|------------|
| <b>Lista de Figuras .....</b>  | <b>i</b>   |
| <b>Lista de Tablas .....</b>   | <b>ii</b>  |
| <b>Lista de Siglas.....</b>  | <b>iii</b> |
| <b>Lista de Apéndices .....</b>  | <b>iv</b>  |
| <b>Lista de Anexos .....</b>   | <b>iv</b>  |
| <b>INTRODUCCIÓN .....</b>  | <b>1</b>   |
| <b>CAPÍTULO I. PRESENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>                           | <b>6</b>   |
| <b>I.1. Tema de la Investigación.....</b>  | <b>6</b>   |
| <b>I.2. Título de la Investigación .....</b>                                       | <b>6</b>   |
| <b>I.3. Planteamiento del Problema .....</b>                                       | <b>6</b>   |
| I.3.1 Contexto del Estudio .....   | 7          |
| I.3.2 Formulación de Preguntas de la Investigación.....                            | 8          |
| I.3.2.1 Pregunta principal.....  | 8          |
| I.3.2.2 Preguntas Específicas.....   | 8          |
| I.3.3 Objetivos de la Investigación .....  | 9          |
| I.3.3.1 Objetivo General.....  | 9          |
| I.3.3.2 Objetivos Específicos .....  | 9          |
| I.3.4 Justificación o Relevancia del Estudio.....                                  | 9          |
| <b>CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL .....</b>  | <b>12</b>  |
| <b>II.1 Marco Conceptual.....</b>  | <b>12</b>  |
| <b>II.2 Marco Teórico .....</b>  | <b>14</b>  |
| <b>II.3 Marco Legal.....</b>   | <b>40</b>  |
| <b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....</b>   | <b>48</b>  |
| <b>III.1 Enfoque, diseño y alcance de la investigación.....</b>                    | <b>48</b>  |
| <b>III.2 Población y muestra .....</b>   | <b>48</b>  |
| <b>III.3 Técnicas, Procedimientos e Instrumentos de Recolección de Datos .....</b> | <b>48</b>  |
| <b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....</b>                                    | <b>64</b>  |
| <b>CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN.....</b>   | <b>79</b>  |
| <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>   | <b>84</b>  |



## Lista de Figuras

|  | Página |
|--|--------|
| Figura 1: Resultados en la prueba de resolución de problemas, CP bajo.....   | 24     |
| Figura 2: Características del Modelo de Resolución de Problemas.....   | 30     |
| Figura 3: Influencia motivacional en la utilización del pensamiento crítico.....                                     | 33     |
| Figura 4: Promedio de las puntuaciones a cada criterio en la EMRP.....   | 71     |
| Figura 5: Tiempos de resolución de problemas. Método Tradicional.....  | 73     |
| Figura 6: Tiempos de resolución de problemas. Método Investigativo.....  | 74     |
| Figura 7: Puntajes promedio en las actividades de proceso.....   | 76     |
| Figura 8: Resultados del examen parcial de Mecánica Clásica.....   | 77     |
| Figura 9: Resultados del examen final de Mecánica Clásica.....   | 77     |
| Figura 10: Puntajes promedio y moda de los criterios de desempeño<br>individual para la resolución de problemas..... | 89     |
| Figura 11: Percepción de los estudiantes en la EMRP. Escala: Expectativa.....  | 89     |
| Figura 12: Percepción de los estudiantes en la EMRP. Escala: Interés.....  | 90     |
| Figura 13: Percepción de los estudiantes en la EMRP. Escala: Importancia.....  | 90     |
| Figura 14: Percepción de los estudiantes en la EMRP. Escala: Utilidad.....   | 91     |
| Figura 15: Percepción de los estudiantes en la EMRP. Escala: Costo.....  | 91     |

## Lista de Tablas

|   | Página |
|---|--------|
| Tabla1. Estadística descriptiva de la variable Conocimiento Previo CP.....                      | 24     |
| Tabla 2. Alumnos que leyeron los textos según su CP.....  | 24     |
| Tabla 3. Estrategias de enseñanza como investigación dirigida.....                              | 26     |
| Tabla 4: Categorización de Unidades de Análisis.....  | 62     |
| Tabla 5: Estrategias didácticas que utilizan habitualmente docentes<br>de Mecánica Clásica..... | 66     |
| Tabla 6: Calificación final de la asignatura Mecánica Clásica.....                              | 78     |

## Lista de Siglas

|       |  |
|-------|--|
| ABP   | Aprendizaje Basado en Problemas                |
| CP    | Conocimiento Previo                            |
| EA    | Enseñanza Aprendizaje                          |
| EMLA  | Escala Motivacional de Lectura Académica       |
| EMPC  | Escala Motivacional del Pensamiento Crítico    |
| EMRP  | Escala Motivacional de Resolución de Problemas |
| EyV   | Valor/Expectativa                              |
| FACEN | Facultad de Ciencias Exactas y Naturales       |
| FACET | Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas    |
| RP    | Resolución de Problemas                        |
| UNA   | Universidad Nacional de Asunción               |
| UNC   | Universidad Nacional de Concepción             |
| VC    | Variables de Contenido                         |
| VM    | Variables Metodológicas                        |

## Lista de Apéndices

|  | Página |
|--|--------|
| A.1- Capacidades observadas en los alumnos al resolver problemas de Mecánica Clásica.....  | 92     |
| A.2- Descripción de las estrategias metodológicas que utilizan habitualmente los docentes para enseñar a resolver problemas de Mecánica Clásica..... | 94     |
| A.3- Escala Motivacional de Resolución de Problemas, EMRP.....   | 97     |
| A.4- Prueba especial para medición de los tiempos de resolución de problemas de Mecánica Clásica.....  | 99     |
| A.5- Prueba de validez de instrumento que mide las capacidades observadas en los alumnos al resolver problemas de Mecánica Clásica.....              | 100    |
| A.6- Prueba de validez de instrumento que describe las técnicas que utilizan los docentes para enseñar a resolver problemas de Mecánica Clásica....  | 103    |
| A.7- Examen Parcial de Mecánica Clásica.....   | 104    |
| A.8- Examen Final de Mecánica Clásica.....   | 105    |

## Lista de Anexos

|  | Página |
|--|--------|
| A- Planificación Didáctica. Asignatura: Mecánica Clásica (Mecánica Analítica)..... | 107    |

## INTRODUCCIÓN

La resolución de problemas es una de las estrategias de enseñanza más utilizadas por los profesores de Física y paradójicamente es, también una de las mayores dificultades que con frecuencia se encuentra el alumnado durante su proceso de aprendizaje en los cursos de Física, que se traduce en el fracaso generalizado al momento de la evaluación. Esto se debe principalmente a la incapacidad y hasta un miedo colectivo a la hora de resolver problemas de Física.

La literatura existente sobre investigaciones previas referentes a la resolución de problemas físicos como método de enseñanza aprendizaje es abundante. Escudero (2007) realiza un experimento real en la clase de Física I con el fin de evaluar la comprensión física en la resolución de situaciones problemáticas que abarca las secciones de cinemática, dinámica, estática rotacional e hidrostática e hidrodinámica. La propuesta didáctica destaca la instrucción en métodos de resolución basados en la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud, la construcción de modelos mentales como instrumentos de comprensión y esquemas de acción. Los resultados obtenidos demuestran que los alumnos privilegian la forma de la solución más que resolver el problema planteado si se considera el método propuesto.

Otros trabajos se centran más específicamente en el carácter instruccional de los problemas (Buteler, et al. 2001), es decir, proponen una didáctica que tienen en cuenta las características de los procesos de solución (Vázquez, et al. 2004).

Además, existen modelos de resolución de problemas utilizados por autores para impartir clases de física que describen las técnicas de solución del docente y los alumnos. El considerado más importante y el más acorde con los objetivos de esta investigación es el modelo de Resolución de Problemas como Investigación cuya propuesta metodológica fue diseñada explícitamente para enseñar a los estudiantes a resolver problemas con la característica común de haber evaluado su nivel de eficacia dentro del aula. Utilizado por primera vez por Gil y Martínez Torregosa (1987). Este modelo de resolución obliga al alumno a realizar un minucioso análisis cualitativo de una situación física enunciada como problema, no pueden evitarlo lanzándose a operar con datos e incógnitas, porque no disponen de ellos. Han de imaginar necesariamente la situación física, tomar decisiones para acotar dicha situación, explicitar qué es lo que se trata de determinar, etc. Además, los alumnos deben emitir hipótesis fundadas sobre los factores de los que puede

dependen la magnitud buscada y sobre la forma de esta dependencia, imaginando, en particular, casos límites de fácil interpretación física. La emisión de hipótesis es quizás la forma más eficaz de conectar con los preconceptos de los alumnos, puesto que expresan en ellas sus ideas intuitivas, pero lamentablemente, la invención de hipótesis, está ausente de las actividades propuestas a los alumnos en la enseñanza de la resolución de problemas (Gil y Martínez Torregrosa, 1984; Garrett, 1987).

Por otro lado, el método sugiere elaborar y explicar posibles estrategias de resolución antes de proceder a ésta, evitando el puro ensayo y error. Buscar distintas vías de resolución para posibilitar la contrastación de los resultados obtenidos y mostrar la coherencia del cuerpo de conocimientos de que se dispone, Realizar la resolución verbalizando al máximo, fundamentando lo que se hace y evitando, una vez más, operativismos carentes de significación física. Por último, analizar cuidadosamente los resultados a la luz de las hipótesis elaboradas y, en particular, de los casos límite considerados. Este análisis de los resultados puede convertirse en ocasión reiterada de conflicto cognoscitivo, contribuyendo así al necesario cambio conceptual.

El Método de Resolución de Problemas como Investigación que se implementa en este trabajo presenta una serie de modificaciones en la etapa de la presentación teórica de los contenidos a desarrollar y en los tipos de enunciados de los problemas seleccionados que ya no serán problemas netamente abiertos (sin datos). Este cambio se fundamenta en la utilidad de un mecanismo de enseñanza aprendizaje llamado Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). Este método proporciona a los estudiantes orientaciones para abordar la resolución de problemas en general (la importancia radica en el mecanismo de solución en las que ya no es posible el simple juego de datos, fórmulas e incógnitas), por lo que dicha estrategia hace énfasis en el proceso para la adquisición de conocimientos. El ABP es una estrategia que utiliza el planteamiento de un problema como estímulo para que los estudiantes desarrollen y adquieran conocimiento, siendo el problema el punto de partida del proceso de aprendizaje.

A fin de profundizar en esta problemática para desde allí proponer acciones que permitan contribuir con la calidad del sistema educativo, se lleva adelante este trabajo con el objetivo de estudiar los efectos en los resultados de aprendizaje de la aplicación del método “Resolución de Problemas como Investigación”, para desarrollar capacidades de resolución de problemas de Mecánica Clásica, en alumnos del 4º año de la carrera

Licenciatura en Matemáticas y Física, de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas (FACET) de la Universidad Nacional de Concepción (UNC).

El motivo principal por el cual se ha elegido este tema radica en las elevadas tasas de fracaso de los alumnos en los procesos de resolución de problemas de Física, lo cual implica bajos rendimientos académicos con resultados de aprendizaje por debajo del 50% que se evidencian en las evaluaciones dentro del aula y en las pruebas escritas. Estos documentos se presentan en el anexo de esta investigación como un registro de antecedentes que motivaron a la realización del trabajo para detectar las causas de los malos resultados previos e idear nuevas estrategias de solución para mejorar los resultados académicos y por sobre todo cambiar ciertos vicios metodológicos que evidentemente están causando un grave daño a futuros profesionales que van a dedicarse a impartir la enseñanza de la Física con una base no muy sólida y carente de razonamiento físico.

La investigación, que tiene un enfoque cualitativo-descriptivo, con un diseño fenomenológico, ha pretendido describir y comprender las condiciones generales del docente y de los alumnos durante el proceso de resolución de problemas con el método mencionado arriba, se ha desarrollado con los estudiantes de 4° año de la carrera Licenciatura en Matemáticas y Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Concepción, durante el primer periodo lectivo del año 2017. La evaluación forma parte de los procesos de enseñanza y de aprendizaje y es un elemento clave de la dimensión curricular, por ello, se han analizado los resultados de las evaluaciones aplicadas a los alumnos y, en ellos, las vinculaciones que se establecen entre los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

En el capítulo 1 se podrá encontrar en forma estructurada y con más detalles el tema y título de la investigación, el planteamiento del problema y contexto del estudio, la pregunta principal y las preguntas específicas con sus respectivas actividades a realizar (objetivos), y la justificación o relevancia del estudio.

En el capítulo 2 se presentan el marco conceptual con los conceptos más relevantes que guían la realización de la investigación, el marco teórico divididas en varias secciones como producto de la extensa revisión de la literatura realizada que exponen trabajos de autores con resultados útiles para los fines de esta investigación y el marco legal consistente en las normativas que sustentan o se vinculan con la investigación desarrollada.

El capítulo 3 incluye toda la metodología utilizada: enfoque, diseño y alcance de la investigación, población y muestra, técnicas y procedimientos de recolección de datos, instrumentos de recolección de datos, Técnicas de procesamiento y análisis de datos y por último validación y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos utilizados.

A continuación se describe a grandes rasgos las actividades llevadas a cabo dentro y fuera del aula como parte de la construcción del capítulo 3: en primer lugar se realizó un estudio de registros en una materia previa (Física Moderna) a la de interés (Mecánica Clásica) a la cual se aplicará el método propuesto, esto con el fin de contar con un antecedente inmediato de las dificultades manifestadas por el mismo grupo de alumnos. Las estrategias vinculadas al método propuesto consta de varias etapas a lo largo del periodo lectivo, las mismas van desde la resolución de problemas del tipo diagnóstico, aplicación de una Escala Motivacional a los alumnos, entrevista a los docentes sobre las técnicas habituales de enseñanza y las pruebas evaluativas que el docente realiza, propias de la evaluación de la asignatura. Además se asigna una especial atención a los alumnos sobre cómo encarar un problema de Mecánica Clásica a partir de la interpretación del enunciado, el proceso de solución y la resolución del problema (resultados).

En el capítulo 4 se presentan los análisis de los resultados obtenidos. En primer lugar, se muestran los resultados de la evaluación del desempeño individual de los alumnos para resolver problemas de Mecánica Clásica, basado en 5 criterios calificados en una escala del 1 al 5, donde el 1 significa insuficiente y el 5 excelente.

Además, en este capítulo se describen los resultados de las estrategias metodológicas que utilizan habitualmente los docentes de Mecánica Clásica. Estos datos se obtuvieron a partir de la aplicación de una guía de entrevista docente especialmente diseñada para los fines de la investigación.

Otros resultados que se analizan en el capítulo 4 es la medición de la motivación en los alumnos para la resolución de problemas de Mecánica Clásica mediante la aplicación de la Escala Motivacional de Resolución de Problemas (EMRP) y la medición de los tiempos de resolución a través de pruebas escritas que permiten resolver problemas por el método tradicional y por el método de Resolución de Problemas como Investigación con el fin de comparar ambos resultados y determinar la facilidad con la que se realiza dicha tarea con uno de los métodos.



Por último y como actividad final de semestre, se presentan los resultados de las guías de ejercicios, pruebas diagnósticas, resolución de problemas en la pizarra, trabajos de investigación a distancia que se ven reflejados en los puntajes obtenidos en la evaluación por proceso asignado por la FACET el cual equivale al 20% de la calificación final, los puntajes de la prueba parcial al cual se le asigna 20% de la nota final y el examen final sobre el 60% con la que se da por finalizado el curso.

El capítulo 5 abarca las conclusiones realizadas sobre todas las actividades propuestas en esta investigación. Es importante resaltar que en este capítulo los resultados permiten entender una realidad en un contexto particular, pero no pretenden ser un estadístico de generalización, debido a las características de la población y muestra.

Además, en el capítulo 5 se concluyen las actividades en base a los objetivos específicos de la investigación y al objetivo general.

Si bien es riesgosa la aplicación de este enfoque de resolución de problemas, sobre todo a la hora de proporcionar a los alumnos datos cualitativos en lugar de cuantitativos y en base a esto elaborar sus propias hipótesis sin perder de vista la interpretación física de los problemas; los resultados esperados con el método de resolución como investigación podrían ser alentadores para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes y no favorecer sólo un aprendizaje memorístico que pueda generar representaciones erróneas acerca de cómo construir el conocimiento científico.

# **CAPÍTULO I. PRESENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

## **I.1. Tema de la Investigación**

El método “Resolución de Problemas como Investigación” en la enseñanza-aprendizaje de la resolución de problemas de Mecánica Clásica.

## **I.2. Título de la Investigación**

El método “Resolución de Problemas como Investigación” para desarrollar capacidades de resolución de problemas de Mecánica Clásica

## **I.3. Planteamiento del Problema**

Gran parte de la vida de la especie humana (y de otras especies) consiste en resolver problemas en el intento de lograr objetivos de distinta naturaleza.

La resolución de problemas en Mecánica Clásica involucra como mínimo procesos de percepción, interpretación, atención, memoria y razonamiento debido al alto grado de complejidad que presentan las formulaciones con el uso de la mecánica vectorial o newtoniana y las relaciones en forma diferencial e integral para magnitudes escalares. El aprendizaje memorístico por parte de los alumnos puede traducirse en un bajo rendimiento en tareas que demanden niveles de pensamiento de mayor complejidad a la hora de resolver problemas en Física.

En la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas (FACET) de la Universidad Nacional de Concepción (UNC) se cuenta con los antecedentes del rendimiento académico de los alumnos en la asignatura Mecánica Analítica (que aborda los contenidos de Mecánica Clásica). Al respecto, según datos proveídos por la Dirección Académica de la FACET, los resultados obtenidos por los estudiantes en las pruebas parciales y finales de los últimos 3 años arrojan un resultado promedio por debajo del 50%. Este nivel de rendimiento constituye un desafío importante a superar en la formación de los estudiantes de la Licenciatura en Matemática y Física, ya que los contenidos de Mecánica Clásica forman parte del núcleo fundamental de conocimientos que deben desarrollar los egresados de esta carrera.

Encuestas realizadas recientemente a un grupo de alumnos que han cursado y aprobado la asignatura en cuestión, revelan la existencia de diversos factores que inciden en el desarrollo de capacidades de los estudiantes para resolver problemas de Mecánica Clásica. Uno de estos factores es el poco tiempo que invierten en el estudio fuera de clase, debido principalmente a que la mayor parte de ellos supera la edad promedio (unos 33 años) en la cual es usual realizar estudios universitarios de grado en nuestro país

(generalmente entre los 18 y 24 años). Muchos estudiantes se encuentran ya comprometidos en ocupaciones laborales de tiempo completo, mientras que otros provienen de zonas rurales en las que la situación social y económica los lleva a trabajar y estudiar a la vez.

La resolución de los problemas en Mecánica Clásica es de suma importancia para los alumnos de la Licenciatura en Matemáticas y Física ya que esta rama de la Física es considerada uno de los pilares de esta ciencia por el amplio campo de aplicación en fenómenos de la naturaleza y en otras áreas como la Matemática, Química, Ingeniería. Así también, ayuda a la mejor comprensión de asignaturas de menor complejidad como la Mecánica o la Introducción a la Física, logrando de esta manera una mejor formación en la actividad docente en el Nivel Medio que es uno de los perfiles del egresado de la mencionada carrera de grado.

### **I.3.1 Contexto del Estudio**

El estudio se ha desarrollado con los alumnos matriculados para el año 2017 y con el docente encargado de la Asignatura Mecánica Analítica (que comprende contenidos de Mecánica Clásica) del cuarto año de la carrera Licenciatura en Matemáticas y Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas (FACET) de la Universidad Nacional de Concepción (UNC), con sede en el Campus Universitario, sito en las calles Ruta V Gral. Bernardino Caballero Km 2 de la ciudad de Concepción.

Las clases se desarrollaron los días viernes en horario nocturno, atendiendo que el docente es un profesional que debía desplazarse de Asunción hasta el campus de Concepción. La duración de la investigación con el grupo experimental de alumnos ha sido de un periodo lectivo, es decir, un semestre completo, lo cual equivale a 90 horas académicas de trabajo presencial.

El programa de Licenciatura en Matemáticas de la FACET tuvo su origen en el año 2010, cuando la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación lanzó un programa de capacitación de docentes en ejercicio del sistema educativo, en el área de Educación Matemática.

El Proyecto de creación de la Licenciatura en Matemáticas y Física fue aprobado por el Consejo Superior Universitario de la UNC según Resolución CSU – N° 108/11. Así, en el año 2012, inició sus actividades la Licenciatura en Matemáticas y Física, dependiente la Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Posteriormente, en diciembre del 2013 el Consejo Superior Universitario resolvió la reconversión del

Instituto Universitario de Ciencias Exactas a Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Concepción.

La Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas mantiene una oferta académica actualizada, con programas de investigación y extensión en áreas estratégicas vinculadas a la problemática regional y nacional. Se visualiza como una unidad académica reconocida nacional e internacionalmente por su excelencia académica y vocación de servicio a la sociedad. Actualmente, la FACET cuenta con 171 alumnos matriculados en las tres carreras de grado que ofrece: Ingeniería Civil, Licenciatura en Matemáticas Aplicadas, Licenciatura en Física y Matemática, y un total de 35 profesores que componen el plantel de docentes.

### **I.3.2 Formulación de Preguntas de la Investigación**

#### **I.3.2.1 Pregunta principal**

¿Cómo se configuran los resultados de aprendizaje cuando se aplica el método “Resolución de Problemas como Investigación” para desarrollar capacidades de resolución de problemas de Mecánica Clásica en alumnos del 4° año de la Licenciatura en Matemáticas y Física, de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas, de la Universidad Nacional de Concepción?

#### **I.3.2.2 Preguntas Específicas**

1. ¿Qué estrategias utilizan habitualmente los docentes de carreras afines a la Física para enseñar a resolver problemas de Mecánica Clásica?
2. ¿Qué procedimientos utilizan los estudiantes del 4° año de la Licenciatura en Matemáticas y Física de la FACET para resolver problemas de Mecánica Clásica?
3. ¿Qué competencias se observan en los estudiantes que forman parte de la investigación para la aplicación del método “Resolución de Problemas como Investigación” en la resolución de problemas de Mecánica Clásica?
4. ¿Cómo se utiliza el tiempo de clase cuando se aplica el método “Resolución de Problemas como Investigación” en lugar del método tradicional para resolver problemas de Mecánica Clásica?
5. ¿Cuál es el nivel de motivación observado en los estudiantes cuando se aplica el método “Resolución de Problemas como Investigación”?
6. ¿Qué nivel de capacidad demuestran los alumnos que utilizan el método de “Resolución de Problemas como Investigación” para resolver problemas de Mecánica Clásica?

### **I.3.3 Objetivos de la Investigación**

#### **I.3.3.1 Objetivo General**

Estudiar los modos en que se configuran los resultados de aprendizaje cuando se aplica el método “Resolución de Problemas como Investigación”, para desarrollar capacidades de resolución de problemas de Mecánica Clásica, en alumnos del 4° año de la carrera Licenciatura en Matemáticas y Física, de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Concepción.

#### **I.3.3.2 Objetivos Específicos**

1. Analizar las estrategias que utilizan habitualmente los docentes de carreras afines a la Física para enseñar a resolver problemas de Mecánica Clásica.
2. Describir los procedimientos que utilizan los estudiantes del 4° año de la Licenciatura en Matemáticas y Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas para resolver problemas de Mecánica Clásica.
3. Identificar las competencias que tienen los estudiantes que forman parte de la investigación para la aplicación del método “Resolución de Problemas como Investigación”, en la resolución de problemas de Mecánica Clásica.
4. Establecer las diferencias en el uso del tiempo de clase cuando se aplica el método “Resolución de problemas como investigación” en lugar del método tradicional para resolver problemas de Mecánica Clásica.
5. Caracterizar el nivel de motivación observado en los estudiantes cuando se aplica el método “Resolución de Problemas como Investigación
6. Determinar el nivel de capacidad que demuestran los alumnos que utilizan el método de “Resolución de Problemas como Investigación” para resolver problemas de Mecánica Clásica

#### **I.3.4 Justificación o Relevancia del Estudio**

De acuerdo a lo expuesto en el planteamiento del problema, la enseñanza de las Ciencias Físicas en el nivel universitario presenta en la actualidad dificultades manifiestas en el bajo rendimiento académico de los alumnos.

Por otra parte, los resultados obtenidos en investigaciones realizadas a docentes y estudiantes acerca de la enseñanza y el aprendizaje de la resolución de problemas en Física y el análisis de su posible influencia en el desempeño (Buteler, 2003; Gil Pérez et al., 1987, et al.) muestran que los docentes asocian el éxito en el desempeño tanto a cuestiones actitudinales, intrínsecas de los estudiantes (interés, motivación y esfuerzo

personal) como a la intervención de los docentes, que podría ir desde acciones directivas hasta propuestas más cercanas a un andamiaje.

A través de esta investigación se da inicio a un estudio de largo alcance que pretende, por un lado, evidenciar las dificultades que presentan las personas involucradas en la resolución de problemas de Mecánica Clásica, y por otro lado, aplicar un método innovador, ya propuesto en otro trabajo (Gil Pérez y Martínez Torregrosa, 1983), para generar nuevas estrategias que hagan más eficiente el proceso de aprendizaje de los alumnos que cursan carreras afines a la Física, particularmente en lo que se refiere a la resolución de un problema de Mecánica Clásica.

El estudio de la Mecánica Clásica es muy importante en la formación de futuros profesionales de Matemáticas y Física debido al elevado grado de complejidad que presentan tanto los enunciados de los problemas que esconden un razonamiento físico profundo del fenómeno con datos no superfluos, y un proceso de resolución con algoritmos matemáticos avanzados. Estas razones que hacen a esta materia tan importante, exigen a los alumnos elevar la exigencia a niveles muy elevados pero que facilita enormemente sus desempeños en asignaturas básicas que posteriormente lo van a llevar a sus vidas profesionales como educadores.

El método “Resolución de Problemas como Investigación es una forma de abordar los problemas de Física en el que el docente deja de lado el rol de único experto o autoridad formal y pasa a ser co-aprendiz del estudiante. Este modelo de resolución de problemas fue propuesto por Gil Pérez, D., y Martínez Torregrosa (1987) en su trabajo de Investigación y Experiencias Didácticas: “El fracaso en la resolución de problemas de física: una investigación orientada por nuevos supuestos”, en el cual expresa que las causas del fracaso generalizado en la resolución de problemas de Física son: la falta de suficientes conocimientos teóricos, el escaso dominio del aparato matemático y la lectura no comprensiva del enunciado. Con este argumento, en el que se le otorga principal protagonismo al alumno en la construcción de sus propios conocimientos, queda en evidencia la relevancia de buscar nuevas alternativas que faciliten la comprensión de los conceptos y las aplicaciones de la Mecánica Clásica. Si bien es cierto que el modelo de resolución de problemas como investigación data de varios años atrás, hoy en día es muy poco utilizado en las clases de Física y se considera muy oportuno su aplicación en la asignatura en estudio debido a que con los métodos tradicionales o convencionales de resolución no se han obtenido mejoras en los resultados de aprendizaje.

La utilidad de esta investigación irá más allá de lo que se pueda lograr en términos del aprendizaje con los alumnos de la carrera de Licenciatura en Matemáticas y Física de la FACET. En primer lugar, el tiempo empleado es justo y necesario ya que la investigación se lleva a cabo a la par que se desarrollan las clases, es decir, existe un equilibrio entre lo que se pretende lograr en este trabajo y la finalidad propia de la asignatura, la cual es lograr buenos resultados mediante la construcción de aprendizajes para la resolución de problemas de Mecánica Clásica. En segundo lugar, el impacto social será muy importante, ya que la mayoría de los alumnos que cursan la asignatura poseen cargos docentes en el Nivel Medio; y si no los tienen, piensan a futuro ejercer la docencia en el nivel Secundario y/o Universitario por ser la profesión más demandada en un área muy sensible como la Física, que carece de profesionales en la Ciudad de Concepción y cuyas debilidades quedan evidenciadas una vez que los egresados de la educación secundaria deciden seguir carreras afines a la Física.

Una de los aportes más relevantes de esta investigación será el alcance a otras áreas de la Física como ser la Física Cuántica, el Electromagnetismo y la Física Nuclear, ya que es bien sabido que las disciplinas mencionadas tienen un alto nivel de resolución de los problemas que son muy complejos. Por lo tanto, los resultados de este trabajo bien se pueden generalizar a principios más amplios, y la información obtenida sirve como soporte o para reforzar investigaciones realizadas a docentes y alumnos acerca de la enseñanza y el aprendizaje de la resolución de problemas en Física en general.

## CAPÍTULO II. MARCO REFERENCIAL

### II.1 Marco Conceptual

A continuación se definen los conceptos que se trabajarán en el presente estudio:

- a) **Resolución de problemas en Física:** Según Perales, F. (1998) los problemas de Física se diferencian de los problemas cotidianos tales como “*no me des problemas*” o “*Tengo un gran problema y no sé cómo resolverlo*”, en que los de Física no surgen espontáneamente, sino de un modo intencionado para servir los fines didácticos perseguidos. La resolución de problemas involucra como mínimo procesos de percepción, atención, memoria y razonamiento, los cuales constituyen en sí mismos problemas actuales para la Psicología Cognitiva (Buteler, 2003). El enunciado de un problema físico se puede presentar de diferentes formas: un problema abierto es aquel que no contiene ningún dato ya sea numérico o en forma literal, por ejemplo “¿chocará el tren con el obstáculo? ¿se puede sacar agua del pozo?”, problemas con enunciados verbales en el que se explicita toda la información necesaria para la resolución mediante el texto en párrafos, y los problemas con enunciados gráficos (Buteler y Gangoso, 2003). En todos estos casos cabe mencionar la importancia de cómo encarar un problema para su resolución. La metodología investigativa sugiere tener en cuenta estos procedimientos como estructura de un modelo de resolución que se harán propias en este trabajo con algunas modificaciones detalladas en los siguientes capítulos: análisis del problema, emisión de hipótesis, elaboración de estrategias, resolución del problema, análisis de resultados. En la línea de trabajo que guía la investigación, la resolución de problemas en Física supone un alto grado de razonamiento físico y una destreza importante para el formalismo matemático que implica resolver un problema de la asignatura en estudio, la Mecánica Clásica.
- b) **Mecánica Vectorial:** Es una formulación específica de la mecánica clásica que estudia el movimiento de partículas y sólidos en un espacio euclídeo tridimensional. La Mecánica vectorial es la herramienta matemática por excelencia en el análisis de fenómenos físicos desde la perspectiva de la Mecánica Clásica. Bien es sabido que los problemas de capítulos iniciales de Mecánica Clásica se basan en obtener información acerca del movimiento de partículas y describirlas espacial y temporalmente a partir de un sistema de referencia inercial, esto se reduce a encontrar magnitudes físicas que pueden ser representadas por un vector (posición,



velocidad, aceleración, etc.); inclusive en los capítulos más avanzados se utilizan los vectores como herramienta matemática fundamental para la representación de magnitudes físicas y operadores matemáticos (rotores, operador divergente, operadores de posición, momentum, etc.). Es por ello que la mecánica vectorial es de vital importancia para lograr los objetivos propuestos en esta investigación.

- c) **Relaciones en forma diferencial e integral:** Formalismo matemático que implica el uso de herramientas matemáticas (operadores, ecuaciones, sistemas de coordenadas espaciales) con derivadas absolutas, derivadas parciales e integrales. En la Mecánica Clásica, resolver problemas de movimiento de partículas ya no es una tarea tan fácil como en cursos de Física iniciales. El método de resolución de problemas aquí utilizado se basa en guías de ejercicios, problemas propuestos, evaluaciones parciales y finales que implican el uso de integrales y derivadas parciales y absolutas para deducir el origen de ciertas ecuaciones, describir la evolución espacial y temporal de ciertos fenómenos físicos, aplicar condiciones de frontera para el cálculo de integrales inmediatas definidas, utilizar ecuaciones con el uso de los operadores discretos y continuos, estudiar el operador divergente y Laplaciano, realizar transformaciones de coordenadas rectangulares, cilíndricas y esféricas, etc., por lo que se considera relevante para los fines de esta investigación manejar a la perfección este concepto matemático.
- d) **Rendimiento Académico:** Es un constructo susceptible de adoptar valores cuantitativos y cualitativos, a través de los cuales existe una aproximación a la evidencia y dimensión del perfil de habilidades, conocimientos, actitudes y valores desarrollados por el alumno en el proceso de enseñanza aprendizaje (Edel, 2003). Los bajos rendimientos académicos registrados en los últimos años en la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Concepción en asignaturas básicas y profesionales en las carreras afines a la Física y Matemáticas, fueron uno de los principales motivos que impulsaron a la realización de esta investigación. En Física, el rendimiento académico se relaciona con el grado de comprensión de la asignatura mediante las evaluaciones a las que son sometidos los alumnos a lo largo del desarrollo de un curso. El objetivo principal de este trabajo de investigación está basado en lograr un mejor rendimiento académico implementando un innovador método de resolución de problemas y comparar

dichos logros con los antecedentes de rendimientos académicos aplicando los métodos tradicionales de resolución.

- e) **Resultados de aprendizaje:** Son las habilidades medibles y conocimientos que el estudiante adquiere o mejora durante su búsqueda de un título en una disciplina específica, sea o no, obligatorio. En Física, el resultado de aprendizaje se representa mediante las notas o calificaciones asignadas a logros individuales de las evaluaciones realizadas en aula en forma de actividades de proceso (laboratorio, trabajos grupales, exposiciones, etc.) o pruebas escritas. Una forma de medir la eficacia del Método de Resolución de Problemas como Investigación es, por supuesto, logrando unos resultados de aprendizaje acorde a los valores esperados mediante la evaluación realizada por el docente el cual forma parte de la metodología utilizada para guiar esta investigación.

## **II.2 Marco Teórico**

Antes que nada, es importante mencionar que debido a la abundante literatura en el campo de la enseñanza de la Física, la revisión está agrupada en apartados o secciones con las informaciones de interés para la investigación. Los apartados que serán objeto de estudio son: Dificultades de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias, la Resolución de Problemas como estrategia metodológica en clases de Física y los procesos de Resolución de problemas por parte de alumnos y profesores.

### **Dificultades de enseñanza y aprendizaje de las Ciencias**

Bien sabemos que la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias es una de las actividades más difíciles en el ámbito educativo, es por ello que, en primer lugar, se requieren profundas transformaciones en la docencia universitaria para que su oferta educativa sea pertinente y relevante con las nuevas demandas. Además, existen dificultades muy evidentes en el aprendizaje de los alumnos.

Fernández, (2006) en Pósito (2012) considera:

El trabajo docente convencional organizado, basado en un enfoque academicista centrado en los contenidos, debe ser reorientado al desarrollo de competencias profesionales que permitan lograr un "saber hacer fundamentado" en contextos y situaciones de su campo profesional y, en las capacidades de auto aprendizaje y desarrollo profesional que le permitan desempeñarse exitosamente en un mundo laboral competitivo, cambiante e impredecible y que privilegia fuertemente los equipos de trabajo. La actualización de la docencia universitaria significa pasar de la

transmisión de conocimientos de contenidos de tipo académico hacia un énfasis en la enseñanza de procesos, estrategias, habilidades y disposiciones con el conocimiento disciplinario y cultural para la construcción por parte de los alumnos de nuevas competencias y capacidades para aprender y seguir aprendiendo en forma permanente, pensar en forma competente, resolver problemas y tomar buenas decisiones.

Esto bien parece indicar que la práctica docente llevada a cabo en la actualidad sigue siendo tradicionalista, dando mayor énfasis al contenido y no al proceso de construcción del conocimiento, es decir, si se quiere lograr óptimos resultados de aprendizaje debemos empezar cambiando ciertos vicios metodológicos como docentes, de lo contrario sólo estaremos acumulando más fracasos escolares en todos los niveles educativos.

Por otra parte, Javier Gil Flores en su trabajo “Rasgos del profesorado asociados al uso de diferentes estrategias metodológicas en las clases de ciencias” publicada en la Revista Enseñanza de las Ciencias describe el desempeño docente del profesorado de Ciencias, propone avanzar en la descripción de las metodologías de enseñanza utilizadas en las clases de ciencias y en la identificación de rasgos del profesorado que podrían favorecer su adopción.

Gil (2017) expresa:

Frente a los modelos tradicionales de enseñanza de las ciencias, hace décadas que desde ámbitos académicos se viene apostando por enfoques renovados. Estos implican activamente al alumnado en el proceso de aprendizaje, invitándole a formular problemas a partir de la observación de la realidad, identificar diferentes vías para resolverlos, planificar pequeños proyectos y llevarlos a cabo, o extraer y comunicar sus conclusiones, realizando este proceso en colaboración con sus compañeros de clase. De este modo, desde las primeras etapas educativas se propone la implicación del alumnado en procesos de investigación como uno de los ejes de las metodologías de enseñanza en las materias de contenido científico.

Un problema que se evidencia en trabajos publicados en las últimas décadas relacionados a las dificultades del proceso de enseñanza aprendizaje de las Ciencias, más específicamente en las Ciencias Físicas es la marcada tendencia a separar, teoría y práctica, y en otros casos inclusive se los divide en tres partes: teoría, prácticas de laboratorio y resolución de problemas, cuyas clases son impartidas muy a menudo por distintos profesores. Estos hábitos metodológicos, los cuales siguen formando parte de la práctica docente actual en el Paraguay, resultan ineficaces en el aprendizaje de los

alumnos y crean una sensación de frustración y decepción en los profesores al percibir que las cosas no han mejorado pese a las nuevas y prometedoras estrategias metodológicas adoptadas en clase.

De esta manera, se precisa un replanteamiento global de todo el proceso de enseñanza-aprendizaje de las ciencias que integre coherentemente distintos aspectos hasta aquí estudiados separadamente.

Gil Pérez, et al. (1999) expresan lo siguiente:

La convergencia de las investigaciones realizadas en tomo a las prácticas de laboratorio, los problemas de lápiz y papel y el aprendizaje conceptual se convierte, como hemos intentado mostrar, en un fuerte apoyo a las propuestas de aprendizaje de las ciencias como un proceso de investigación dirigida. Dicha convergencia cuestiona, por otra parte, la separación clásica entre «teoría», «prácticas» y «resolución de problemas». Se rompe así con un tratamiento separado de actividades que en la investigación científica aparecen absolutamente imbricadas y cuya persistencia en la enseñanza contribuye a transmitir una visión deformada de la ciencia.

En el mismo trabajo, se recomiendan una serie de estrategias de enseñanza para un aprendizaje como investigación dirigida, pero desde el punto de vista que implica una completa integración de la «teoría», las «prácticas» y los «problemas» en un proceso único de construcción de conocimientos científicos

### **La Resolución de Problemas como estrategia metodológica en clases de Física**

La resolución de problemas constituye una de las facetas educativas que cualquier alumno suele relacionar con la enseñanza de las Ciencias, y por supuesto, de la Física.

¿Para qué resolvemos un problema?

Perales (1993) señala:

Las clases dedicadas a problemas persiguen que el alumno sepa aplicar las nociones teóricas previas, por un lado, y que aprenda a resolverlos, por el otro ; por cuanto se supone que representan un buen medio para la adquisición de determinadas habilidades consustanciales con el aprendizaje científico (p. ej., desde el cálculo matemático al diseño y aplicación de estrategias de resolución).

La inclusión de problemas en los exámenes de las materias científicas supone su consideración como un instrumento evaluador especialmente indicado para estas disciplinas.

Si matizamos y completamos estos objetivos clásicos de acuerdo con las nuevas tendencias educativas, podríamos afirmar que, la resolución de problemas podría permitir:

- Diagnosticar las ideas previas de los alumnos y ayudarles a construir sus nuevos conocimientos a partir de las mismas.
- Adquirir habilidades de distinto rango cognitivo.
- Promover actitudes positivas hacia la Ciencia y actitudes científicas.
- Acercar los ámbitos de conocimiento científico y cotidiano, capacitando al alumno para resolver situaciones problemáticas en este último.
- Evaluar el aprendizaje científico del alumno.

Estas son ideas de clases tradicionales cuyo consenso es prácticamente unánime entre los educadores (Perales, 1993).

En el mismo trabajo mencionado, en una clasificación de los problemas se puede identificar cuatro tipos según el procedimiento seguido en la resolución en la siguiente tabla:

A partir de esta información, Perales caracterizó los problemas según el procedimiento y pudo encontrar algunas variables influyentes en la tarea de resolución:

La naturaleza del enunciado

- Estructura funcional (componentes)
- Estructura semántica (claridad, precisión, grafismo, etc.)
- Solución (conocida/desconocida)

El contexto de la resolución

- Manipulación de objetos reales
- Consulta de material de apoyo
- Verbalización de la resolución
- Suministro del algoritmo de la resolución
- Tiempo disponible para la resolución
- Resolución individual, en pequeño grupo o en gran grupo

El solucionador

- Conocimiento teórico
- Habilidades cognitivas (nivel operatorio, estilo cognitivo, meta-conocimiento, pensamiento divergente, etc.)
- Otras variables (actitud, ansiedad, edad, sexo, etc.)

López y Costa (1994) en su trabajo “Modelo de Enseñanza-Aprendizaje Centrado en la Resolución de Problemas: Fundamentación, Presentación e Implicaciones Educativas” publicado en la Revista “Enseñanza de las Ciencias en 1994, construyen según la literatura, un modelo sobre resolución de problemas (RP) y ajustan mediante una experiencia de concepción, ejecución y evaluación de estrategias de enseñanza-aprendizaje en el contexto del aula, realizado por un grupo de profesores de física y química. Dicho modelo de EA centrado en la RP se fundamenta en tres pilares: investigación específica en resolución de problemas, estudios de raíz psicológica sobre la EA y epistemología de la ciencia y sus implicaciones educativas.

Es importante señalar la metodología de trabajo que han utilizado López y Costa en su trabajo de investigación y experiencias didácticas.

Se divide el modelo en etapas, siendo la etapa 1 el Abordaje Cualitativo, en donde se presenta al alumno una situación real o ideal, con la posibilidad que pueda realizar representaciones mentales basadas en imágenes visuales y auditivas, que pueda identificar, explorar y problematizar la situación. Además en esta etapa se formulan tareas-problema con claridad tal que se puedan emitir hipótesis a fin de ser puestas a prueba.

En la etapa 2 se realiza la ejecución de las tareas-problema. Aquí el profesor controla los elementos clave de la tarea el cual debe poseer un abordaje cualitativo-holístico. Se mide las relaciones entre magnitudes, operacionalización de los conceptos, registro de datos, obtención de conclusiones y evaluaciones a partir de las hipótesis formuladas, tal que si no se llegó al resultado cambiarla. El profesor debe explicitar las ideas de los alumnos y formular nuevas hipótesis.

En la 3° etapa, se desarrolla los conceptos en base a las relaciones establecidas, se explicitan leyes o principios físicos (Gil Pérez, et al., 1990). Se resuelve los problemas de tipo 1, no cuantitativos (Stinner, 1990), partiendo del abordaje cualitativo y de la formulación de hipótesis, elaborando un plan para encontrar la solución (Gil Pérez et al., 1990) y ejecutando dicho plan. Seguidamente se debe hacer un análisis de la respuesta para verificar si ésta depende de los parámetros en la manera esperada, es decir, se debe analizar el resultado verificando si las hipótesis están de acuerdo con las condiciones límite (Garrett et al., 1990). La resolución de problemas y reformulaciones de las representaciones, elaborando modelos que podrán ser reformulados en otras etapas, las

características de los dos contextos y de otros no utilizados y la Resolución de otros problemas a partir del mismo contexto también forman parte de la etapa 3.

La etapa 4 hace referencia al Abordaje Cuantitativo que incorporará progresivamente el lenguaje matemático con la introducción de conceptos deben de estar suficientemente maduros. En las tareas de investigación, las variables deben tener mayor complejidad; esto es, deben ser derivadas, continuas e interactivas (Cheung y Taylor, 1991). La consolidación de lo aprendido se debe hacer a partir de la conceptualización y de la reformulación teniendo en cuenta el aumento y desarrollo de los conocimientos conceptuales y procedimentales de los alumnos (Stewart et al., 1991).

En la 5° etapa o Abordaje con Lenguaje formal se realiza la construcción en el aula del contexto amplio (Stinner, 1990) consistente en la presentación de rasgos comunes a múltiples contextos. Debe englobar los rasgos generales de los contextos presentados y que sea posible a partir de él explorar estos conceptos e incluso otros no abordados, pero relacionados con éstos. Además, se lleva a cabo la resolución de problemas surgidos del contexto amplio, usando variables más complejas, razonamiento abstracto, apreciación cuantitativa y métodos científicos sistemáticamente (Cheung y Taylor, 1991) y recorriendo (aunque no secuencialmente) las etapas preconizadas por Garrett y otros (1990), la reformulación final de las representaciones de los alumnos confrontándolas con las leyes, principios y modelos científicos, distinguiendo lo sancionado de lo caduco (Santos, 1991), y por último, la síntesis y generalización de los conceptos adquiridos y de los procesos utilizados a fin de posibilitar la transposición de mecanismos cognitivos a otras situaciones (Tavares, 1988). En esta fase se debe hacer un análisis de los modelos más potentes que sea posible utilizar en cuanto a su uso y limitaciones.

La 6° y última etapa consiste en el comienzo de las mismas etapas para otros conceptos y otros contextos, hasta agotarse los conceptos a desarrollar en una unidad.

Algunas conclusiones y recomendaciones que obtuvieron López y Costa (1994) al término de esta investigación son las siguientes:

- Adecuación de las estrategias generadas a partir del modelo a los procesos internos de aprendizaje.
- Potencialidad de generar estrategias adecuadas a las realidades del aula.
- Eficacia de los procesos de EA generados en la construcción de conocimientos y desarrollo de capacidades.

Una investigación más reciente pero de similares características es la que realizó Coronel y Curotto en su trabajo “La Resolución de Problemas como Estrategia de Enseñanza y Aprendizaje” publicado en la Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC) en el año 2008, con un docente y su grupo de alumnos cursantes de la asignatura Química General de las carreras Profesorado y Licenciatura en Química.

Con una metodología basada en el enfoque cualitativo, con estudios de casos, observaciones de clases y entrevistas, se establecieron las categorías emergentes y se utilizó la triangulación como fuente de confiabilidad de los resultados logrados, en donde los procesos involucrados parecerían basarse en la formación de acciones mentales, etapa por etapa, y pretenden transformar los problemas en situaciones estándar que pueden resolverse mediante operaciones más o menos rutinarias, justificadas por el docente y reproducidas por los alumnos.

Algunas conclusiones importantes del trabajo mencionado son:

- La enseñanza y el aprendizaje de la Resolución de Problemas desde la perspectiva de los actores de la muestra, se encuentran fuertemente ligados a procesos que incentivan mecanismos de repetición y a acciones que validan este proceso resolutivo.
- Los modelos de situaciones problemáticas planteadas, permiten sólo que se apliquen las reglas de la disciplina, que se van repitiendo en todos ellos con mínimas variaciones que son de tipo operatoria y no proveen de discusiones a partir de las cuales el alumno pueda confrontar el conocimiento adquirido con el conocimiento científico.
- Es el docente el que debe propiciar, dar herramientas y elementos para que el alumno desarrolle sus propias estrategias de aprendizaje, y elementos metacognitivos que le ayuden a aprender.

Si bien este último trabajo expuesto es para una clase de Química, los resultados obtenidos bien pueden compararse a una clase de Física, es más, muchas de las observaciones en el aula se dan en nuestro entorno, con metodologías didácticas donde el profesor es el único protagonista dueño del saber y encargado de impartir la enseñanza, práctica tradicionalista que menosprecia el rol del verdadero protagonista del proceso de enseñanza aprendizaje, el alumno.

### **¿Se puede enseñar a resolver problemas de Física en general?**

En primer lugar, se puede decir casi con seguridad que las personas aprenden a resolver problemas de Física, y que mayoritariamente ese aprendizaje ocurre en un ámbito de



instrucción formal. Más allá del tipo de problemas que se supone que un alumno aprende a resolver y de los objetivos particulares del docente del curso, una prueba clara de que algunos alumnos aprenden a resolver problemas (al menos desde la perspectiva de quien enseña), es que sus profesores dan por aprobado su examen cuando ha resuelto exitosamente un conjunto de problemas específicamente diseñados para evaluar al alumno (Buteler, 2003).

Reconociendo la existencia de ciertos mecanismos de aprendizaje para una dada tarea cognitiva, cabe preguntarse si este conocimiento debiera tenerse en cuenta en la enseñanza de la tarea en cuestión. La experiencia docente indica que una posible estrategia de enseñanza es brindar a los alumnos una extensa guía de problemas, después de todo, la ejercitación es una condición irrefutable para que los principiantes en la tarea de resolución de problemas adquieran cierto dominio en esa actividad (Buteler, 2003). Pero en virtud del conocimiento previo, se trata de una estrategia de enseñanza algo ineficiente dado el fuerte compromiso con los tiempos previstos para desarrollar un curso, la que además no asegura el éxito para resolver, por ejemplo, un problema de examen.

En tal sentido, lo expresado en este trabajo coincide con lo que señalan Gil Pérez, Martínez Torregosa, et al. (1987, p. 131-132), quienes en su trabajo de investigación sobre los supuestos en el fracaso en la resolución de problemas de Física, afirman que:

Un primer supuesto que subyace claramente en la pregunta ¿Qué diferencia un buen resolvente de otro mediocre? Cuando se pregunta al profesorado en activo cuáles pueden ser las causas del fracaso generalizado en la resolución de problemas de Física, las únicas razones apuntadas por un porcentaje significativo de los encuestados son (Gil y Martínez Torregrosa, 1984):

- falta de suficientes conocimientos teóricos
- escaso dominio del aparato matemático
- lectura no comprensiva del enunciado.

### **Procesos de Resolución de Problemas por parte de alumnos y profesores**

La descripción de los procesos de resolución de problemas de Física en general es tal vez lo más importante que destacar en este trabajo de investigación. A continuación se presenta el resultado de la revisión de documentos sobre procedimientos que utilizan los docentes y alumnos a la hora de resolver problemas de Física.

Vázquez, et al. (REEC, 2004), expresan en forma genérica que se puede organizar el trabajo en el aula tratando de presentar problemas abiertos, preferentemente cualitativos,

que tengan implicancias sociales y técnicas, tendiendo a desarrollar competencias que sirvan para generar futuros aprendizajes, tanto en un contexto de educación formal como en la vida cotidiana.

Por otra parte, Coronel y Curotto (REEC, 2004) señalan:

El fracaso de los alumnos en la resolución de problemas se atribuye generalmente a carencias en estrategias y habilidades de resolución, pero también a la ausencia de conocimientos necesarios para abordar este proceso. El modelo de enseñanza y aprendizaje, donde el profesor plantea los problemas, desarrolla la solución como modelo y los alumnos repiten la solución que presentó el profesor y la aplican a problemas similares, provoca la aparición de dificultades inherentes al proceso resolutivo. Las mismas están asociadas a varios factores entre los que se cuentan los obstáculos producidos por razonamientos escasos. A ese respecto es frecuente encontrarse con expresiones del docente tales como la siguiente:

P: Yo veo que les cuesta mucho razonar.

Cuando en realidad los esquemas de resolución que se propician difícilmente puedan movilizar el pensamiento más allá del recuerdo del planteo utilizado habitualmente.

De igual manera se sostiene que otro aspecto que influye en la generación de problemas para resolver está vinculado a una lectura escasamente comprensiva del enunciado:

P: Deben leerlo al problema porque a veces preguntan por ejemplo: aquí no me da el volumen, y en el problema dice: en un litro de solución....Yo veo errores al leer, no lo leen bien al problema.

Esta cuestión revela que los estudiantes no pueden por sí mismos solucionar un problema cuando se ha producido aunque sea una leve modificación en la presentación de la información proporcionada en la situación problemática.

En otro trabajo de investigación realizado por Solaz-Portolés y Sanjosé López (REEC, 2007), se realizó un experimento con alumnos de Física y Química del Bachillerato de un colegio público de Valencia. Dicho experimento consistió en el desarrollo de modelos mentales necesarios para la resolución de problemas, más específicamente en la unidad didáctica “El átomo y sus enlaces”.

La metodología utilizada está dividida en una primera etapa con la aplicación de una Prueba de Conocimiento Previo. Se decidió utilizar una prueba que no necesitara adiestramiento previo, y que dejara a los estudiantes un margen de maniobra

relativamente amplio en su ejecución. En la prueba empleada, una versión muy simplificada de la propuesta en el trabajo de Hegarty-Hazel y Prosser (1991), se proporcionó a los estudiantes una lista de quince conceptos, previamente escogidos por dos profesores de Física y Química (uno de ellos uno de los autores), tras un análisis pormenorizado de los contenidos del tema de Modelos Atómicos. Con estos conceptos, se pidió a los sujetos que escribieran de cinco a diez frases del tamaño que desearan y con los conceptos que estimasen convenientes, tanto si eran de la lista dada como si no. Para la evaluación de la prueba, se confeccionó entre ambos profesores un mapa de asociación de conceptos que contiene todas las relaciones posibles entre los quince conceptos (los denominados conceptos internos). Asimismo, entraron en la evaluación de la prueba, por su relevancia en la materia tratada, una lista de ocho conceptos que llamamos conceptos externos. El mapa de asociación de conceptos se utilizó para contabilizar las relaciones entre pares de conceptos internos (esto es, proposiciones) en los protocolos de los sujetos. Estas relaciones entraban en el cómputo sólo si eran correctas y se ajustaban a alguna de las indicadas en el mapa de asociación, independientemente de la forma en que estuvieran escritas. Además, se contaron también los conceptos internos más los externos, siempre que estos últimos participaran en proposiciones correctas.

En una segunda etapa se realizó la Prueba de Resolución de Problemas cuyo propósito fue evaluar la capacidad de los sujetos para transferir y aplicar los conocimientos adquiridos a contextos o situaciones nuevas. Se trata, por consiguiente, de una medida del aprendizaje tras la modificación de los esquemas de conocimiento a partir de la conexión entre la nueva información y la que el sujeto tenía previamente. La prueba contiene 6 ítems conceptuales y 1 algorítmico (resolver ecuaciones, aplicar reglas y realizar cálculos). La cuantificación de la prueba se efectuó mediante una categorización previa de las contestaciones de los alumnos, que condujo a una única categoría de respuesta correcta por ítem presentado, y una posterior valoración de la presencia/ausencia de la respuesta correcta como 1/0.

Algunos resultados obtenidos fueron:

Tabla 1

*Estadística descriptiva de la variable Conocimiento Previo CP*

| Nombre de la variable           | Instrumento                          | Tipo de variable  | Media Aritmética | Desviación Estándar | Máxima puntuación posible |
|---------------------------------|--------------------------------------|---|------------------|---------------------|---------------------------|
| <b>Conocimiento Previo (CP)</b> | Prueba de Conocimiento Proposicional | Independiente (raíz del producto de conceptos y relaciones) | 9.3              | 3.4                 | 31.5                      |

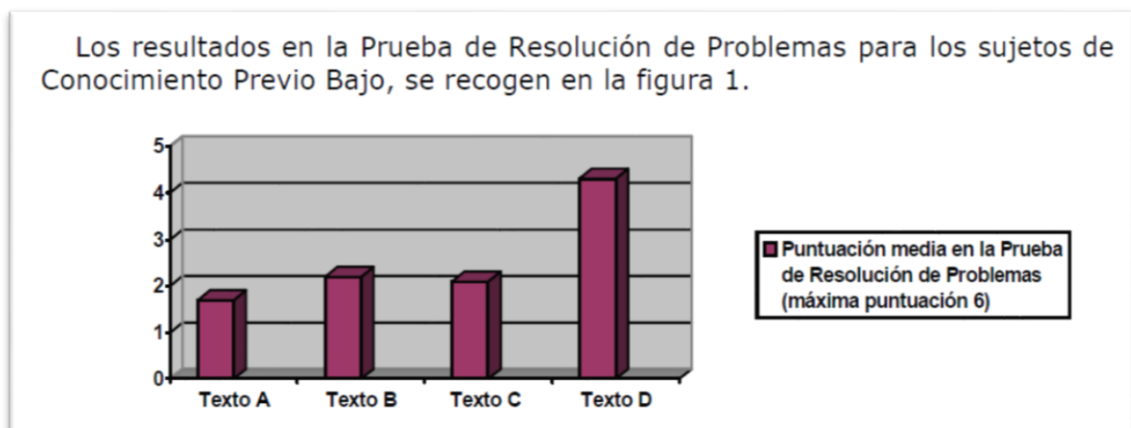
En la tabla de arriba se observa la estadística descriptiva de la variable conocimiento previo. Así, se clasifican a los estudiantes en dos grupos: CP alto y CP bajo, según su puntuación estuviera por encima o por debajo de la media del grupo (9.3). En la tabla de abajo aparecen los sujetos que leyeron cada una de las cuatro versiones textuales, según su conocimiento previo.

Tabla 2

*Alumnos que leyeron los textos según su CP*

|                | Texto A | Texto B | Texto C | Texto D |
|----------------|---------|---------|---------|---------|
| <b>CP bajo</b> | 9       | 12      | 11      | 10      |
| <b>CP alto</b> | 9       | 9       | 10      | 15      |

Los resultados de la prueba de resolución de problemas son:



*Figura 1: Resultados en la prueba de resolución de problemas, CP bajo*

También se registraron resultados conseguidos en la Prueba de Resolución de Problemas por los distintos grupos de alumnos de Conocimiento Previo alto, porcentaje de respuestas correctas según el ítem de la Prueba de Resolución de Problemas de los estudiantes de conocimiento previo bajo y alto, según el texto leído.

Uno de los resultados más importantes y sorprendentes del trabajo expuesto manifiesta cuanto sigue: “se le otorga un papel relevante al conocimiento previo, que no intervenía en nuestra hipótesis. De este modo, debería reformularse como: Cuanto más difícil sea un problema y cuanto menor sea el conocimiento previo de los sujetos, tanto mayor será la influencia en de las variables instruccionales que mejoran la coherencia textual y la integración de los contenidos en los esquemas de conocimiento del estudiante. En definitiva, nos viene a poner de manifiesto que dichas variables instruccionales parece que son esenciales para ayudar a los alumnos de menor conocimiento previo a ejecutar los modelos mentales adecuados”.

Varios estudios, sugieren que el uso de estrategias instruccionales que tomen como referencia los problemas algorítmicos no es adecuado para la comprensión profunda y aprendizaje significativo de los conceptos. Por ello, el trabajo en el aula debería orientarse hacia tareas de alto nivel cognitivo, como son los problemas que requieran capacidad de análisis y síntesis, llevar a cabo conexiones conceptuales y evaluación de decisiones en situaciones problemáticas que no sean familiares (Zoller et al, 1995). Con todo, los problemas algorítmicos pueden ser útiles para los primeros contactos didácticos con los conceptos y las leyes –sirven de ejemplo y ejercitan al alumno en determinados cálculos o usos de los mismos-, además de facilitar luego la resolución de problemas conceptuales que presentan también demandas procedimentales algorítmicas. Sin embargo, parecen tener escaso valor como indicadores de comprensión de conceptos, lo que cuestiona su extensa utilización en la evaluación del aprendizaje y la profusión con que suelen aparecer en los textos con finalidad educativa o incluso en pruebas de tanta trascendencia como las de acceso a la Universidad (Solaz y López, 2007).

Un trabajo interesante es el realizado por Gil Pérez (1999) en su obra: “¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? En este artículo, se diseñaron estrategias de enseñanza para un aprendizaje como investigación dirigida:

Tabla 3

*Estrategias de enseñanza como investigación dirigida*

|   |
|---|
| <p>1. Plantear situaciones problemáticas que – teniendo en cuenta las ideas, la visión del mundo, las destrezas y las actitudes de los alumnos – generen interés y proporcionen una concepción preliminar de la tarea.</p>  |
| <p>2. Proponer a los estudiantes el estudio cualitativo de las situaciones problemáticas planteadas y la toma de decisiones para acotar problemas precisos (oportunidad para que comiencen a explicitar funcionalmente sus ideas) y comenzar a concebir un plan para su tratamiento.</p>  |
| <p>3. Orientar el tratamiento científico de los problemas planteados, lo que conlleva entre otros:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La emisión de hipótesis, incluida la invención de conceptos, la elaboración de modelos (oportunidad para que las ideas previas sean utilizadas para hacer predicciones)</li> <li>▪ La elaboración de estrategias (incluyendo, en su caso, diseños experimentales) para la contrastación de las hipótesis a la luz del cuerpo de conocimientos de que se dispone.</li> <li>▪ La realización de las estrategias y el análisis de los resultados, considerando las predicciones de las hipótesis, cotejándolos con los obtenidos por otro grupo de alumnos y por la comunidad científica, estudiando su coherencia con el cuerpo de conocimientos. Ello puede convertirse en oportunidad de conflicto cognoscitivo entre distintas concepciones (tomadas todas ellas como hipótesis) y obligar a concebir nuevas hipótesis.</li> </ul> |
| <p>4. Plantear el manejo reiterado de nuevos conocimientos en una variedad de situaciones para hacer posible la profundización y afianzamiento de los mismos, poniendo un énfasis especial en las relaciones Ciencia/Tecnología/Sociedad que enmarcan el desarrollo científico (propiciando, a este respecto, la toma de decisiones) y dirigiendo todo este tratamiento a mostrar el carácter de cuerpo coherente que tiene toda ciencia.</p> <p>Favorecer, en particular, las actividades de síntesis (esquemas, memorias, recapitulaciones, mapas conceptuales), la elaboración de productos (susceptibles de romper con planteamientos excesivamente escolares y de reforzar el interés por la tarea) y la concepción de nuevos problemas.</p>   |

Por último, en esta revisión bibliográfica se hace mención al trabajo de investigación realizado por Varela y Martínez (1997) cuyo artículo se titula “Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la física: la resolución de problemas como actividad de investigación”. Este artículo es el que más se ajusta para los fines de este trabajo de

investigación. Pero antes se analizan algunos puntos importantes del documento de referencia encontrado en la búsqueda entre las diferentes revistas electrónicas de Enseñanza de las Ciencias.

El estudio se ha realizado bajo la hipótesis de que la familiarización de los alumnos con el modelo de resolución de problemas basado en la metodología investigativa: análisis del problema, emisión de hipótesis, elaboración de estrategias, resolución del problema y análisis del resultado; enunciado abierto y validación va a promover un cambio conceptual, en el sentido de que se va a producir en los estudiantes del grupo experimental, al final del proceso, diferencias significativas con respecto a los esquemas inicialmente disponibles en el campo de la mecánica y de la electricidad.

Dentro del aula, la metodología utilizada se basa en el paradigma investigación acción, donde el profesor juega el doble rol de profesor y de investigador, participando en el proceso de estudio y mejora de la práctica educativa. El trabajo dentro del aula se ha realizado siguiendo las fases que proponen Osborne y Freyberg (1985) adaptadas para la situación concreta del modo siguiente:

-Fase preliminar. El tratamiento comienza con el planteamiento de un problema de enunciado abierto para que los alumnos lo resuelvan trabajando en pequeños grupos. Como era de esperar las aportaciones se producen dispersas y no se consiguen avances importantes. Esta actividad tiene como finalidad no explícita Que los alumnos se hagan conscientes de sus propias limitaciones cuando se encuentran un problema de estas características para cuya resolución no tienen las herramientas adecuadas.

- Fase de enfoque. Una vez creado el ambiente necesario, el profesor puede presentar un plan de actuación ante un problema de enunciado abierto. Este plan se concreta en las pautas de trabajo propuestas en el «modelo investigativo» seleccionado, las cuales reflejan unas orientaciones de tipo directivo, no normativo, propias de la metodología científica.

- Fase de confrontación y aplicación. En este punto los alumnos ya empiezan a estar en condiciones de resolver el tipo de tarea que se les propone. El profesor irá presentando diferentes problemas que, sometidos a discusión en pequeño grupo, pueden pasarse a debate general siguiendo una serie de pasos que consideramos imprescindibles:

a) Para cada una de las situaciones problemáticas que se van planteando, partir de lo que los alumnos piensan al respecto.

b) Dejar el tiempo necesario para que los estudiantes, conscientes de sus propuestas, perciban si éstas conducen o no a resultados satisfactorios entrando en confrontación, al mismo tiempo, con las propuestas de sus compañeros.

c) En este momento el profesor puede aportar sus puntos de vista, siempre planteados a modo de hipótesis, para proteger la situación de conflicto, fundamental en este tipo de metodología.

d) A partir de la confrontación surgida se puede avanzar hacia la resolución del problema, procurando, en la medida de lo posible, llegar a soluciones generales con alto contenido físico. El análisis de estas soluciones es un momento fundamental para cuestionar el resultado obtenido a la luz de las hipótesis emitidas y de los conocimientos teóricos empleados.

e) Si el análisis no resulta satisfactorio, hay que retomar el problema revisando cada uno de los pasos que se han dado. Para la realización de esta revisión es fundamental que todo el proceso haya sido suficientemente verbalizado y, por lo tanto, alejado de tratamientos puramente operativos difíciles de analizar.

La evaluación de los problemas también ha sido una dificultad importante a la hora de contrastar si los alumnos se han convertido en “expertos resolventes”. Para cuantificar el rendimiento de los alumnos se definieron dos tipos de variables denominadas metodológicas y de contenido. Las variables metodológicas (VM), coinciden con las etapas del modelo de resolución propuesto y son comunes, por tanto, a todos los problemas utilizados. En lo que respecta a las variables de contenido (VC), introducidas por razones prácticas, se ha optado por utilizar la noción de esquema de razonamiento que a modo de estructura unitaria configura la resolución del problema y, en consecuencia, son específicas para cada uno de los problemas resueltos (López-Rupérez, 1991).

Algunas conclusiones destacadas del trabajo son:

- Los estudiantes, a medida que se ha ido avanzando en el proceso, han obtenido mejores resultados (aumentos globales del orden del 47%).
- En el campo de los contenidos, los alumnos han experimentado una evolución global que va desde puntuaciones del orden del 33% a valores del orden del 77%.
- En cuanto a las variables metodológicas, relacionadas directamente con las etapas del modelo de resolución en que los estudiantes han sido entrenados, se han observado aumentos del orden del 50%, apreciándose, sin embargo, evoluciones diferenciadas:



en las dos áreas investigadas, la emisión de hipótesis y el análisis de resultados son las que, relativamente, han experimentado una evolución menor, indicándonos la dificultad que este tipo de tareas presenta para nuestros escolares.

- El nivel de verbalización empleado por los estudiantes cuando resuelven problemas ha experimentado un avance importante: al final del proceso, el 86% de los estudiantes son capaces de verbalizar los procedimientos empleados con un nivel aceptable frente al dato inicial del 5%.

### **La resolución de problemas como investigación**

La cuestión de qué orientaciones proporcionar a los alumnos para abordar la resolución de problemas sin datos (en las que ya no es posible el simple juego de datos, fórmulas e incógnitas) conduce a los grupos de profesores a propuestas básicamente coincidentes con las que se enuncian a continuación y que, en conjunto, suponen un modelo de resolución de problemas como investigación (Gil y Martínez Torregrosa, 1983):

Comenzar por un estudio cualitativo de la situación, intentando acotar y definir de manera precisa el problema, explicitando las condiciones que se consideran reinantes, etc.

Emitir hipótesis fundadas sobre los factores de los que puede depender la magnitud buscada y sobre la forma de esta dependencia, imaginando, en particular, casos límites de fácil interpretación física.

Elaborar y explicar posibles estrategias de resolución antes de proceder a ésta, evitando el puro ensayo y error. Buscar distintas vías de resolución para posibilitar la contrastación de los resultados obtenidos y mostrar la coherencia del cuerpo de conocimientos de que se dispone.

Realizar la resolución verbalizando al máximo, fundamentando lo que se hace y evitando, una vez más, operativismos carentes de significación física.

Analizar cuidadosamente los resultados a la luz de las hipótesis elaboradas y, en particular, de los casos límite considerados.

Por otra parte, Varela y Martínez (1997) utilizan una propuesta muy relevante que ha sido elaborada por el equipo de Gil de la Universidad de Valencia, desarrollada con alumnos de bachillerato y profesores en formación inicial y permanente (Gil y Martínez-Torregrosa, 1987; Furió, 1994; Ramírez et al., 1994). En la figura 2 aparece un esquema de las características del modelo.

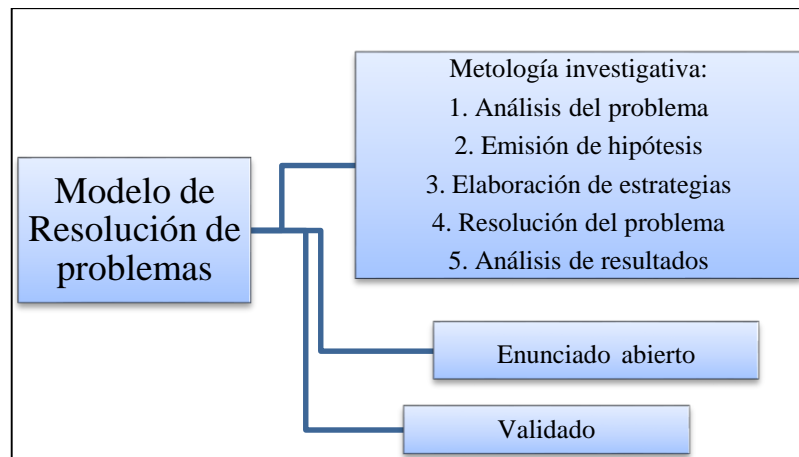


Figura 2: Características del Modelo de Resolución de Problemas

La mayoría de los puntos mencionados anteriormente concuerdan para los fines de este trabajo y tienen la misma importancia, sin embargo, se ha decidido, por la practicidad que ello implica, que el modelo a utilizar para la Resolución de Problemas de Mecánica Clásica es la basada en la metodología investigativa de acuerdo a lo expuesto por Varela y Martínez. Es conveniente resaltar que las orientaciones precedentes no constituyen un algoritmo que pretenda guiar paso a paso la actividad de los alumnos. Muy al contrario, se trata de indicaciones genéricas destinadas a llamar la atención contra ciertos vicios metodológicos connaturales: la tendencia a caer en operativismos ciegos o a pensar en términos de certeza y no de hipótesis, lo que se traduce en no pensar en posibles caminos alternativos de resolución o en no poner en duda y analizar los resultados, etc. Los resultados demuestran un aumento en la mejora en los alumnos del orden del 47% cuando cambian de área, una evolución del 33% al 77% en el campo de los contenidos y un aumento del orden del 50%. En cuanto a las variables metodológicas, relacionadas directamente con las etapas del modelo de resolución en que los estudiantes han sido entrenados.

### **La metodología dentro del aula, el rol del docente y del alumno en las clases de Física**

De acuerdo al paradigma investigación-acción desarrollado por Elliot (1996), el profesor juega el doble rol de profesor y de investigador, participando en el proceso de estudio y mejora de la práctica educativa, es decir, una de las ideas clave es investigar para la acción.

Por otra parte, se ha asumido la teoría constructivista del aprendizaje en la que el propósito de la enseñanza de la ciencia no es «obligar» a los estudiantes a que cambien sus concepciones alternativas sino más bien ayudarles, tanto a formar el hábito de cuestionar sus ideas como a desarrollar las estrategias adecuadas para contrastar

concepciones de cara a su posible aceptación. Tomando como punto de partida estas ideas, el trabajo dentro del aula se ha realizado siguiendo las fases que proponen Osborne y Freyberg (1985) adaptadas para nuestra situación concreta del modo siguiente (Varela y Martínez, 1997):

-Fase preliminar. El tratamiento comienza con el planteamiento de un problema de enunciado abierto para que los alumnos lo resuelvan trabajando en pequeños grupos. Como era de esperar las aportaciones se producen dispersas y no se consiguen avances importantes. Esta actividad tiene como finalidad no explícita que los alumnos se hagan conscientes de sus propias limitaciones cuando se encuentran un problema de estas características para cuya resolución no tienen las herramientas adecuadas.

- Fase de enfoque. Una vez creado el ambiente necesario, el profesor puede presentar un plan de actuación ante un problema de enunciado abierto. Este plan se concreta en las pautas de trabajo propuestas en el «modelo investigativo» seleccionado, las cuales reflejan unas orientaciones de tipo directivo, no normativo, propias de la metodología científica.

- Fase de confrontación y aplicación. En este punto los alumnos ya empiezan a estar en condiciones de resolver el tipo de tarea que se les propone. El profesor irá presentando diferentes problemas que, sometidos a discusión en pequeño grupo, pueden pasarse a debate general siguiendo una serie de pasos que consideramos imprescindibles:

a) Para cada una de las situaciones problemáticas que se van planteando, partir de lo que los alumnos piensan al respecto.

b) Dejar el tiempo necesario para que los estudiantes, conscientes de sus propuestas, perciban si éstas conducen o no a resultados satisfactorios entrando en confrontación, al mismo tiempo, con las propuestas de sus compañeros.

c) En este momento el profesor puede aportar sus puntos de vista, siempre planteados a modo de hipótesis, para proteger la situación de conflicto, fundamental en este tipo de metodología.

d) A partir de la confrontación surgida se puede avanzar hacia la resolución del problema, procurando, en la medida de lo posible, llegar a soluciones generales con alto contenido físico. El análisis de estas soluciones es un momento fundamental para cuestionar el resultado obtenido a la luz de las hipótesis emitidas y de los conocimientos teóricos empleados.

e) Si el análisis no resulta satisfactorio, hay que retomar el problema revisando cada uno de los pasos que se han dado. Para la realización de esta revisión es fundamental que todo el proceso haya sido suficientemente verbalizado y, por lo tanto, alejado de tratamientos puramente operativos difíciles de analizar.

Paralelamente a la secuencia descrita, desarrollada dentro del aula, se han introducido en el proceso estrategias de trabajo encaminadas a favorecer en los sujetos aspectos que podríamos encuadrar en la línea «aprender a aprender», fundamentalmente a partir de entrevistas individuales, unidas significativamente a habilidades metacognitivas (Flavell, 1976; Novak y Gowin, 1988; Moreno, 1989).

## **La Motivación**

### **Motivación y Pensamiento Crítico**

Sin duda alguna pensar en forma crítica desde el punto de vista de un pensamiento razonable y reflexivo se convierte en una poderosa herramienta que se centra en decidir qué creer o qué hacer. Una definición que mejor se ajusta para los fines de este trabajo es la ofrecida por Halpern en 1998 quien expresa cuanto sigue: “es la clase de pensamiento implicado en la solución de problemas, formulación de inferencias, en el cálculo de probabilidades, y en la toma de decisiones. Al pensar críticamente, se evalúa no sólo el resultado de los procesos de pensamiento – cómo ha sido de buena la decisión, o la resolución de un problema, sino que también implica evaluar el proceso de pensamiento –el razonamiento que lleva a la conclusión o la clase de factores que han llevado a una decisión. Por tanto, el pensamiento crítico implica evaluación o juicio, tanto del resultado del pensamiento como del proceso, con el objetivo de proporcionar un feedback útil y exacto que sirva para mejorarlo”.

Es en este sentido que se realiza un estudio de cómo influye la motivación en la adquisición y en el posterior desempeño del pensamiento crítico. Por ejemplo, la conceptualización de la motivación distinguiendo motivación intrínseca y extrínseca (Deci y Ryan, 1985, 1999; Sansone y Harackiewicz, 2000) ha mostrado ser un enfoque teórico que permite predecir en buena parte, por ejemplo los desempeños académicos. Sin embargo, este tipo de enfoques tiene por el contrario la debilidad de que, así conceptualizada la motivación, el margen de acción que queda para una intervención es muy limitado. Si lo que mejor predice el desempeño es tener una motivación intrínseca ¿Cómo actuar sobre ella intencionadamente? Si ella es intrínseca, a lo más podemos generar condiciones que favorezcan su surgimiento. Esto es válido, a nuestro juicio

también para otras opciones teóricas que a pesar de sus virtudes no aportan pistas más claras en vistas a la intervención (Valenzuela, 2008).

Para el presente trabajo, se aplica el modelo motivacional de Eccles y Wigfield basado en el modelo de Expectación / Valor que sostiene que la motivación por el logro de una tarea sería el producto resultante de los dos términos que dan nombre al modelo. El primero de estos componentes corresponde a la expectativa que una persona tiene de poder realizar adecuadamente una tarea. En segundo lugar, el valor de la tarea estaría compuesto por cuatro componentes: la importancia, el interés, la utilidad y el costo (Eccles et al., 1983, Wigfield & Eccles, 1992).

La importancia corresponde a cuán importante es para el sujeto realizar bien una determinada tarea. El interés corresponde al disfrute / gusto por hacer la tarea. Este componente retoma los aportes de Deci y Ryan (1985) que ponen de relieve que cuando la tarea es valorada intrínsecamente existen importantes consecuencias psicológicas que repercuten positivamente en el desempeño. Expresado de otro modo, este componente de la motivación corresponde al Interés que se suscita en el sujeto (Silvia, 2006). Por su parte, la utilidad percibida de la tarea refiere a en qué medida una tarea se adecua en los planes futuros de la persona. Y finalmente el costo refiere a cómo la decisión de comprometerse en una actividad limita el acceso o la posibilidad de hacer otras, así esta dimensión da cuenta de cuánto esfuerzo demandará realizar esta actividad y su costo emocional.

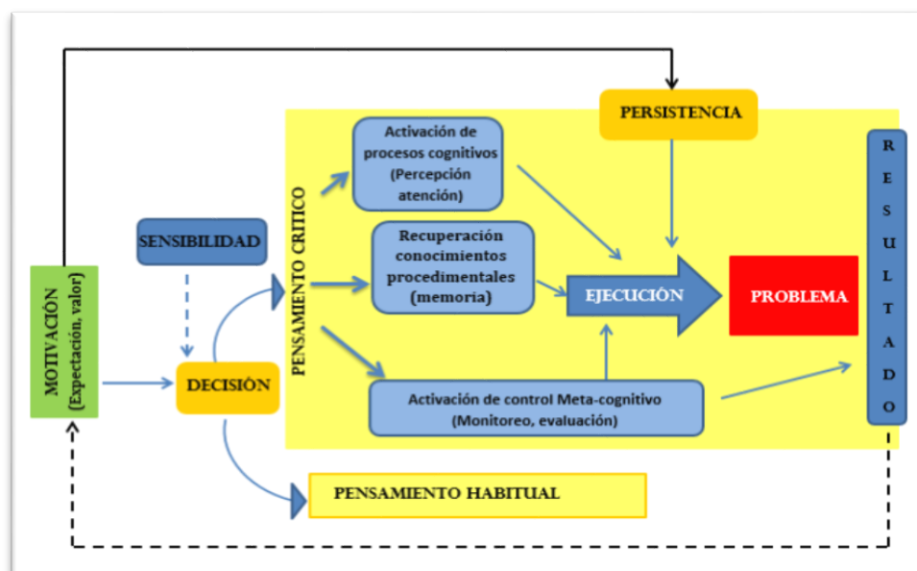


Figura 3: Influencia motivacional en la utilización del pensamiento crítico

Es importante aclarar que el modelo motivacional descrito es aplicado a la elección y el logro en un dominio concreto (matemáticas). En el caso del pensamiento crítico, la expectativa y el valor tiene referencia ya no sobre el logro en tareas directamente asociadas a un dominio específico sino a una forma específica de realizar una actividad. Para esta investigación, la motivación (expectación-valor) se centra sobre el pensamiento crítico, definido operacionalmente, para efectos de su medición, como razonamiento riguroso (comprensión física).

Diseñar una escala para caracterizar la motivación de los alumnos no es una tarea fácil, es por ello que se opta por utilizar un modelo cuyo proceso de construcción y validación está basado en la Escala de Motivación por la Lectura Académica (EMLA), construido a partir del modelo de Expectancy & Value de Jacqueline Eccles y Allan Wigfield (2002), en adelante E y V. Este instrumento proporciona pistas de intervención motivacional para incentivar la lectura en un contexto académico. Del mismo modo, se reporta la estructura del instrumento, sus fundamentos teóricos, así como su estructura factorial y confiabilidad, tareas que se repiten para los fines de este trabajo en cuanto a la resolución de problemas de Mecánica Clásica por parte de los estudiantes.

En el capítulo tres de este trabajo se muestra el instrumento de medida creado para la medición de la motivación de estudiantes universitarios. La misma consiste en una escala modificada y unificada de la Escala Motivacional del Pensamiento Crítico (EMPC) y la Escala Motivacional de Lectura Académica (EMLA) aplicado al Método de Resolución de Problemas como Investigación en la Asignatura Mecánica Clásica en la cual se le pide al alumno que contesta expresar su grado de acuerdo o desacuerdo con una serie de afirmaciones encerrando en un círculo la opción que mejor refleje su opinión, teniendo en cuenta que 1 significa total desacuerdo y 6 total acuerdo.

### **Mecánica Clásica. Formulación y Guías de Problemas**

La mecánica es una teoría científica que estudia el movimiento de los cuerpos y sus causas, o bien el equilibrio, es decir, la falta de movimiento. Se trata de una teoría científica porque pretende interpretar fenómenos físicos que se observan experimentalmente. Para ello la mecánica parte de unos postulados o principios fundamentales, sobre los que se basa una teoría a través de modelos matemáticos, dando así una interpretación coherente a las observaciones experimentales (Goicolea, 2001).

La mecánica clásica es también conocida como Leyes de Newton, (Sistema inercial), en honor a Isaac Newton, quien hizo contribuciones fundamentales a esta teoría.

La mecánica es la parte de la física que estudia las fuerzas. Se subdivide en:

- Estática, que trata sobre las fuerzas en equilibrio mecánico.
- Cinemática, que estudia el movimiento sin tener en cuenta las causas que lo producen.
- Dinámica, que estudia los movimientos y las causas que los producen.

La mecánica clásica reduce su estudio al dominio de la experiencia diaria, es decir, a eventos que suceden a velocidades muchísimo menores que la velocidad de la luz y a escala macroscópica. Es un modelo físico macroscópico del entorno físico.

Es relativamente fácil de comprender y de representar matemáticamente.

Por consiguiente, es más fácil de aplicar que la Mecánica cuántica, sólo aplicable a partículas elementales y entornos microscópicos.

La mecánica clásica es suficientemente válida para la gran mayoría de los casos prácticos cotidianos en una gran cantidad de sistemas.

Esta teoría, por ejemplo, describe con gran exactitud sistemas como cohetes, movimiento de

- Planetas,
- Moléculas orgánicas,
- Trompos,
- Trenes
- Trayectorias de móviles en general.

La mecánica clásica de Newton es ampliamente compatible con otras teorías clásicas como:

- El electromagnetismo
- La termodinámica,

En la Mecánica Clásica juegan un papel importante las matemáticas, ya que se basa en modelos matemáticos que interpreten las observaciones experimentales. El aparato matemático en casi todas las formulaciones puede resultar de cierta complejidad. Es importante no perder de vista, sin embargo, el sentido físico de los conceptos: Las matemáticas no son un fin en sí, sino un medio para interpretar conceptos y fenómenos físicos (Goicolea, 2001). Las herramientas matemáticas empleadas aquí son: La Mecánica Vectorial o Newtoniana y las relaciones en forma diferencial e integral para magnitudes escalares. Aunque los modelos matemáticos empleados aquí puedan ser más generales (y más complejos por tanto) que los estudiados en cursos de física anteriores.

### **Magnitudes de posición y posiciones**

La posición de un objeto con respecto a un punto fijo en el espacio se denota con el vector  $\mathbf{r}$ .

Si  $\mathbf{r}$  es una función del tiempo  $t$ , denotado por  $\mathbf{r} = f(t)$ , el tiempo  $t$  se toma desde un tiempo inicial arbitrario:

$$\vec{r} = f(t)$$

Entonces resulta que la velocidad (también un vector puesto que tiene magnitud y dirección) se denota por:

$$\vec{v} = \frac{\Delta \vec{r}}{\Delta t}$$

La aceleración, o la cantidad de cambio de la velocidad (la derivada de  $v$ ) es:

$$\vec{a} = \frac{\Delta \vec{v}}{\Delta t}$$

La posición indica el lugar del objeto que se está analizando.

Si dicho objeto cambia de lugar, la función  $r$  describe el nuevo lugar del objeto.

Estas cantidades  $\mathbf{r}$ ,  $\mathbf{v}$ , y  $\mathbf{a}$ , pueden ser descritas sin usar cálculo diferencial, pero los resultados son solamente aproximados puesto que todas estas funciones y cantidades están definidas de acuerdo al cálculo.

Sin embargo, estas aproximaciones darán una más fácil comprensión de las ecuaciones.

Si, por ejemplo, se hiciera un experimento donde se mide el tiempo ( $t$ ) y la posición del móvil ( $r$ ) en ese tiempo ( $t$ ).

Se anota primero el tiempo inicial como  $t_0$  que es cuando se inicia el cronómetro del experimento, y se anota el tiempo final simplemente como  $t$  o  $t_{\text{final}}$ .

Si se anota la posición inicial como  $r_0$ , entonces se designa la posición final con el símbolo  $r$  o  $r_{\text{final}}$ .

Ahora, habiendo ya definido las magnitudes fundamentales, se puede expresar las cantidades físicas de la siguiente manera.

La velocidad del móvil es denotada por:

$$\mathbf{v} = \frac{\mathbf{r} - \mathbf{r}_0}{t - t_0}$$

También con la expresión:

$$\mathbf{v} = \frac{\Delta \mathbf{r}}{\Delta t}$$



La aceleración se denota con

$$\mathbf{a} = \frac{\mathbf{V}_{\text{final}} - \mathbf{V}_{\text{inicial}}}{t_{\text{final}} - t_{\text{inicial}}} = \frac{\mathbf{v} - \mathbf{v}_0}{t - t_0}$$

También con:

$$\mathbf{a} = \frac{\Delta \mathbf{v}}{\Delta t}$$

## Fuerzas

El principio fundamental de la dinámica (segundo principio de Newton) relaciona la masa y la aceleración de un móvil con una magnitud vectorial, la fuerza.

Si se supone que  $m$  es la masa de un cuerpo y  $\mathbf{F}$  el vector resultante de sumar todas las fuerzas aplicadas al mismo (resultante o fuerza neta), entonces

$$\mathbf{F} = \frac{m \Delta \mathbf{v}}{\Delta t}$$

Donde  $m$  no es, necesariamente, independiente de  $t$ .

Por ejemplo, un cohete expulsa gases disminuyendo la masa de combustible y por lo tanto, su masa total, que decrece en función del tiempo.

A la cantidad  $m v$  se le llama momento lineal o cantidad de movimiento.

Cuando  $m$  es independiente de  $t$  (como es frecuente), la anterior ecuación deviene:

$$\mathbf{F} = m \times \mathbf{a}$$

La función de  $\mathbf{F}$  se obtiene de consideraciones sobre la circunstancia particular del objeto. La tercera ley de Newton da una indicación particular sobre  $\mathbf{F}$ :

Si un cuerpo A ejerce una fuerza  $\mathbf{F}$  sobre otro cuerpo B, entonces B ejerce una fuerza (fuerza de reacción) de igual dirección y sentido opuesto sobre A,  $-\mathbf{F}$  (tercer principio de Newton o principio de acción y reacción).

### Un ejemplo de fuerza.

La fuerza de fricción o rozamiento es el movimiento de un móvil en seno de un fluido, un líquido o un gas, es función de la forma del móvil de la viscosidad del fluido y de la velocidad.

Por ejemplo:

$$\vec{F}_{\text{fricción}} = -k\vec{v}$$

Donde  $k$  es una constante positiva que depende de la forma del móvil y de la viscosidad del fluido,  $v$  es la velocidad de desplazamiento.

Si tenemos una relación para F semejante a la anteriormente expuesta, puede sustituirse en la segunda ley de Newton para obtener una ecuación diferencial, llamada ecuación del movimiento.

Si el rozamiento es la única fuerza que actúa sobre el objeto, la ecuación de movimiento es:

$$1. \quad -k\vec{v} = m\vec{a}$$

$$2. \quad \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{a}$$

Con lo que tenemos que:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = -k\vec{v}$$

Despejando:

$$\frac{d\vec{v}}{\vec{v}} = \frac{-k dt}{m}$$

Integrando:

$$\int_{\vec{v}_0}^{\vec{v}} \frac{d\vec{v}}{\vec{v}} = \int_0^t \frac{-k dt}{m}$$

Lo que puede integrarse para obtener:

$$\text{Ln } \vec{v} - \text{Ln } \vec{v}_0 = \frac{-k t}{m}$$

Simplificando:

$$\text{Ln} \left( \frac{\vec{v}}{\vec{v}_0} \right) = \frac{-k t}{m}$$

$$\frac{\vec{v}}{\vec{v}_0} = e^{\frac{-k t}{m}}$$

$$\vec{v} = \vec{v}_0 e^{\frac{-k t}{m}}$$

Donde  $V_0$  es la velocidad inicial.

Esto nos dice que la velocidad del móvil decrece de forma exponencial en función del tiempo, cuando pasa por un fluido viscoso, que lo frena.

Esta expresión puede ser nuevamente integrada para obtener  $\mathbf{r}$ .

La inexistencia de fuerzas, al aplicar el segundo principio de Newton, nos lleva a que la aceleración es nula (primer principio de Newton o Principio de inercia)

Fuerzas importantes son la fuerza gravitatoria o la fuerza de Lorentz (en el campo electromagnético).

### **Energía**

Si una fuerza  $F$  se aplica a un cuerpo que realiza un desplazamiento  $\Delta r$ , el trabajo realizado por la fuerza es una magnitud escalar de valor:

$$W = \mathbf{F} \cdot \Delta \mathbf{r}$$

Si se supone que la masa del cuerpo es constante, y  $\Delta W_{\text{total}}$  es el trabajo total realizado sobre el cuerpo, obtenido al sumar el trabajo realizado por cada una de las fuerzas que actúa sobre el mismo, entonces, aplicando la segunda ley de Newton se puede demostrar que:

$$\Delta W_{\text{total}} = \Delta T$$

En donde  $T$  es la llamada energía cinética, también denotada como  $K$ .

Para una partícula puntual,  $T$  se define:

$$T = \frac{1}{2} m \mathbf{v}^2$$

Para objetos extensos compuestos por muchas partículas, la energía cinética es la suma de las energías cinéticas de las partículas que lo constituyen.

Un tipo particular de fuerzas, conocidas como fuerzas conservativas, puede ser expresado como el gradiente de una función escalar, llamada potencial,  $V$ :

$$\mathbf{F} = -\text{grad} V$$

Si se suponen todas las fuerzas sobre un cuerpo conservativas, y  $V$  es la energía potencial del cuerpo (obtenida por suma de las energías potenciales de cada punto debidas a cada fuerza), entonces

$$\begin{aligned} \mathbf{F} \Delta \mathbf{r} &= -V \Delta \mathbf{r} = -\Delta V \\ \Rightarrow -V &= \Delta T \\ \Rightarrow \Delta(T + V) &= 0 \end{aligned}$$

Este resultado es conocido como la ley de conservación de la energía, indicando que la energía total  $E = T + V$  ó  $E = K + U$  es constante (no es función del tiempo).

### **Formalización**

Existen dos importantes formalizaciones alternativas de la mecánica clásica:

- La mecánica Lagrangiana

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial L}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial L}{\partial q_i} = 0$$

Donde  $L(q_1, \dots, q_n, \dot{q}_1, \dots, \dot{q}_n, t)$  es la expresión de lagrangiano en el sistema de coordenadas generalizadas  $(q_1, \dots, q_n, \dot{q}_1, \dots, \dot{q}_n)$

- La mecánica Hamiltoniana.

En su forma canónica las ecuaciones de Hamilton tienen la forma:

$$\frac{\partial H}{\partial q_i} = -\dot{p}_i$$
$$\frac{\partial H}{\partial p_i} = \dot{q}_i$$

Donde H es la función de Hamilton o hamiltoniano, y  $(q_i, p_i)$  son los pares de coordenadas canónicas conjugadas del problema.

Son equivalentes a las leyes de Newton y sus consecuencias, pero resultan más prácticas para la resolución de problemas complejos que la aplicación directa de las mismas.

La resolución de problemas en Mecánica Clásica centra su origen en los Principios del Mínimo y la base matemática de estos principios es el cálculo variacional. (Rosu, 1999).

El programa de la asignatura Mecánica Clásica aquí utilizado sugiere una modalidad de enseñanza basado en clases teóricas, clases prácticas, trabajo y estudio en equipo. Los métodos de enseñanza propuestos incluyen el método expositivo, resolución de ejercicios y problemas, aprendizaje cooperativo e individual. Los materiales didácticos comprenden el uso de la pizarra, libros, multimedios, guías de ejercicios y problemas impresos. Los instrumentos de evaluación se basan en evaluaciones parciales y finales, indicadores para presentaciones orales y trabajos de investigación a distancia.

### II.3 Marco Legal

Para garantizar una viabilidad normativa, esta investigación debe estar acorde con los requisitos legales y normativos de la actualidad. A continuación se extraen los artículos considerados más importantes de las normativas legales que configuran el marco en el cual se desarrollará la investigación propuesta.

De los **Estatutos de la Universidad Nacional de Concepción** se extraen algunos artículos que expresan cuanto sigue:

Artículo 3.- Son fines de la Universidad Nacional de Concepción:

- a) El desarrollo de la personalidad humana inspirado en los valores de la ética, la democracia y la libertad.
- b) La enseñanza y la formación profesional.
- c) La investigación en las diferentes á

- d) El servicio a la colectividad en los ámbitos de su competencia.
- e) El fomento y la difusión de la cultura universal y, en particular de la nacional.
- f) La extensión universitaria.
- g) El estudio de la problemática nacional.

Artículo 5.- La Autonomía implica la plena capacidad de la Universidad Nacional de Concepción para:

- a) Ejercer la libertad de enseñanza y cátedra
- b) Elaborar y reformar su estatuto y demás normas
- c) Establecer sus órganos de gobierno y elegir a sus autoridades conforme a su estatuto.
- d) Establecer y modificar su estructura organizacional y administrativa.
- e) Crear Facultades, Unidades Académicas, Sedes y Filiales, con aprobación del Consejo Nacional de Educación Superior.
- f) Habilitar carreras de pre-grado, grado y programas de postgrado, con aprobación del Consejo Nacional de Educación Superior.
- g) Otorgar títulos de pre-grado, grado y postgrado.
- h) Formular y desarrollar planes de estudios, de investigación científica y de extensión a la comunidad.

Artículo 95.- Los deberes de los estudiantes de la Universidad Nacional de Concepción

- a) Respetar y cumplir el estatuto, el Reglamento General, los Reglamentos y Resoluciones de la Universidad Nacional de Concepción y sus Facultades.
- b) Respetar el disenso, las diferencias individuales, la creatividad personal y colectiva y fomentar el trabajo en equipo.
- c) Respetar las condiciones de convivencia en las áreas de estudio, investigación, extensión, recreación y descanso.

Artículo 106.- Los programas de Postgrado serán organizados a iniciativa del Rectorado o de las distintas facultades. Podrán ser permanentes o periódicos, y podrán contar con la cooperación de otras Universidades, Institutos especializados u Organismos internacionales. El Reglamento General establecerá la forma y condiciones en las que podrán definirse los planes de estudio y criterios de evaluación en los Postgrados de la Universidad.

Artículo 123.- La Investigación Universitaria está integrada por el conjunto de procesos de indagación científica y búsqueda del conocimiento y se orientará:

a) A constituirse en el espacio para el desarrollo, creación y recreación del conocimiento y formación de investigadores y científicos

b) Al conocimiento y comprensión de la naturaleza, del hombre y la sociedad, y los procesos y fenómenos que se suscitan entre ellos, para contribuir al avance del conocimiento y a la solución de problemas

c) A la creación de materiales, sistemas y procedimientos, que coadyuven al desarrollo científico y tecnológico de las actividades transformadoras.

d) A desarrollar conocimientos vinculados con los problemas sociales, contribuir a elevar el nivel de vida económico, social y político, apoyar las manifestaciones de la cultura y prever los rumbos que el futuro adoptarán estos aspectos.

e) A mantener congruencia con la docencia para ofrecer aportes que eleven su calidad y fortalezcan el desarrollo, así como la difusión y extensión universitaria a fin de brindar los beneficios.

f) A lo demás que señalen el Estatuto, Reglamentos de la Universidad, y la legislación vigente.

Artículo 126.- La planificación y la programación de la investigación universitaria:

a) Formarán parte del sistema de planificación universitaria.

b) Tendrán como instrumentos los planes, líneas, programas y proyectos de investigación, aprobados por la Facultad correspondiente.

c) Cumplirán con los criterios y técnicas de la planificación y programación.

d) Establecerán bases y lineamientos que permitan la administración de los recursos que le son asignados, de manera racional y eficiente.

Artículo 127.- La coordinación de la investigación universitaria y los planes, líneas, programas y proyectos de investigación se llevarán a cabo de acuerdo con lo dispuesto en la reglamentación de la Universidad y en las disposiciones que para tal efecto se dicten.

La **Ley N° 1264/98 General de Educación** en su artículo 9°, incisos f y g expresan: son fines del sistema educativo nacional: la capacitación para el trabajo y la creatividad artística; la investigación científica y tecnológica.

Así también, en esta misma Ley, en la sección VII de Educación de Posgrado los artículos 54 y 55 establecen lo siguiente:

Artículo 54. La educación de postgrado estará bajo la responsabilidad de las universidades o institutos superiores, siendo requisito para quienes se inscriban el haber

terminado la etapa de grado o acreditar conocimiento y experiencia suficiente para cursar el mismo.

Artículo 55.- Será objetivo de la educación de postgrado profundizar y actualizar la formación cultural, docente, científica, artística y tecnológica mediante la investigación, la reflexión crítica sobre la disciplina y el intercambio sobre los avances en las especialidades.

El título VIII: Los miembros de la comunidad educativa, capítulo I de los educandos, sección I derechos y obligaciones establece en su artículo 125 inciso b): Son derechos del alumno: recibir una educación de calidad con el objeto de que pueda alcanzar el desarrollo de sus conocimientos, habilidades y valores con sentido de responsabilidad y solidaridad social.

Capítulo III de los educadores, sección II el ejercicio de la profesión de educador. Art. 136.- Son deberes de los profesionales de la educación: d) desarrollar su formación y actualizarse permanentemente en el ámbito de su profesión.

De la **Ley N° 4995/13 de Educación Superior** se resaltan los siguientes artículos:

Artículo 64: Son programas de postgrado: las capacitaciones, las especializaciones, las maestrías y los doctorados.

Para acceder a un programa de postgrado, es necesario poseer previamente un título de grado.

Artículo 67: Los programas de maestría amplían los conocimientos, y sus fundamentos tienen a la investigación y a la producción del conocimiento como componente fundamental del desarrollo de sus actividades.

Los programas de maestría deben tener una carga horaria mínima en concordancia con las disposiciones y regulaciones vigentes, y otorgando el título de Magíster, con indicación del área específica de conocimiento.

El **Reglamento General de la Universidad Nacional de Concepción**, en el Capítulo V: del periodo lectivo y académico, en su artículo. 116° establece lo siguiente: Se entenderá por:

a) Período lectivo, el tiempo transcurrido entre el inicio y la finalización de las clases.

b) Período académico, el tiempo transcurrido entre el inicio de las clases y la finalización de los períodos de evaluación final del correspondiente período Lectivo.

Del **Reglamento de Grado de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas**, algunos artículos relevantes para los fines de este trabajo son:

Artículo 2: En este reglamento se definen los siguientes términos.

Asignatura: Cada una de las materias que se enseñan y forman parte del plan de estudios.

Calendario Académico: Es el instrumento que establece los periodos de matriculación, desarrollo de clases, instancias de evaluación, días lectivos, asuetos y feriados.

Correlatividad: La relación de dependencia entre los contenidos o temas afines de una asignatura a otra.

Encargado de Cátedra: Docente responsable de la organización y funcionamiento de la Cátedra.

Evaluación: Proceso continuo de carácter cualitativo y cuantitativo que verifica los niveles de logro de las competencias genéricas y específicas.

Evaluación de Proceso: Conjunto de evaluaciones que se administran dentro del periodo lectivo y que son utilizadas como elementos de juicio para verificar el progreso del estudiante.

Evaluación Final: Actividades académicas consideradas para la promoción y calificación final en una asignatura. Comprende la evaluación de proceso y los exámenes finales.

Examen Final: Evaluación sobre la totalidad del programa de estudios de una asignatura.

Artículo 4: Los Encargados de Cátedra deben realizar una planificación académica semestral, considerando las competencias (genéricas y específicas) estipuladas en el Perfil de Egreso y los contenidos establecidos en el Programa de Estudios, debiendo contemplar las metodologías de enseñanza, las estrategias e instrumentos de evaluación, y el cronograma, propuestos por el docente para el periodo académico.

Artículo 5: La Planificación Didáctica podrá sufrir modificaciones de acuerdo a las necesidades de la enseñanza y conforme el desarrollo del cronograma previsto, previa notificación de la Dirección Académica.

Artículo 6: El Encargado de Cátedra podrá actualizar el Programa de Estudios de la asignatura a su cargo, conforme al avance de las ciencias y la tecnología. La propuesta de modificación deberá ser presentada hasta dos semanas antes del inicio de clases al Consejo Directivo para su estudio y resolución.

Artículo 27: La Cátedra determinará la modalidad del examen, oral, escrito u otro. La misma deberá estar debidamente prevista en la Planificación Didáctica.



Artículo 28: Tanto en las pruebas parciales como en el examen final, independientemente a la modalidad, el temario deberá estar en formato impreso debiendo contener: la identificación del estudiante, las capacidades involucradas, los indicadores de evaluación y la puntuación correspondiente a cada tema.

Artículo 33: La Evaluación Final en una asignatura será el resultado obtenido por el estudiante en las actividades contempladas en:

- Evaluación de Proceso sobre setenta (70) puntos: que comprende
  - a) Dos pruebas parciales
  - b) Trabajos Prácticos y Talleres
  - d) Trabajos de Laboratorio,
  - e) Otras que establezca la cátedra conforme a la naturaleza y competencias a evaluar.
- Examen Final sobre treinta (30) puntos: consistente en una prueba sobre todo el programa de estudios de la asignatura.

Artículo 35: El primer y segundo examen parcial en conjunto deberá abarcar todo el programa de estudios de la asignatura, y se asignarán veinte (20) puntos de la evaluación de proceso a cada uno.

Artículo 36: La puntuación asignada en la Evaluación de Proceso fuera de los exámenes parciales se distribuirá de la siguiente manera:

- a) Asignaturas sin Laboratorio: Se asignarán en conjunto treinta (30) puntos a los trabajos prácticos, trabajos de taller, trabajos de campo o cualquier otra actividad establecida por la cátedra.
- b) Asignaturas con Laboratorio: Se asignarán veinte (20) puntos a las prácticas en laboratorio, y diez (10) puntos a trabajos prácticos, talleres y otra actividad establecida por la cátedra.

Artículo 37: El estudiante que en la Evaluación de Proceso de una asignatura acumule menos de treinta y cinco (35) puntos deberá volver a cursarla en un próximo periodo lectivo.

Artículo 41. Son requisitos esenciales para tener derecho a examen final en una asignatura:

- a) Estar matriculado en la Facultad por el año académico.
- b) Estar inscripto en la asignatura en el periodo académico.
- c) Estar al día con el pago de las cuotas mensuales de la Facultad.

d) Haber abonado el arancel correspondiente a derecho de examen final con veinticuatro (24) horas de anticipación.

e) Tener por lo menos una asistencia de cincuenta por ciento (50%) a las clases.

f) Haber obtenido un mínimo de treinta y cinco (35) puntos en la Evaluación de Proceso.

Por otra parte, el **Reglamento de la Maestría en Didáctica de las Ciencias Mención: Matemáticas – Física – Química** establece en su artículo 15: Como trabajo final de la Maestría, los estudiantes deberán desarrollar una Tesis de Investigación. El trabajo escrito de la Tesis deberá ajustarse a lo establecido en el Reglamento General de la Universidad, y las disposiciones que para el efecto se dictaren desde el Consejo Directivo de Facultad.

Por último, el **Reglamento para la Evaluación de Proyectos de Investigación y Tesis de Maestría** establece en sus artículos siguientes, disposiciones legales que son de suma importancia para una viabilidad normativa del trabajo de investigación:

Artículo 3: Se entiende por Tesis el trabajo de investigación original realizado por el estudiante de forma individual en la etapa final del proceso teórico-práctico de su formación en la Maestría, que cumple con el rigor científico y metodológico de una investigación en el campo del posgrado.

Artículo 4: La tesis deberá ser inédita y deberá constituir un aporte significativo al conocimiento científico. La misma o parte de ella no debe haber sido presentada en ninguna otra institución con la finalidad de obtener certificado o título. Dicho trabajo final es requisito indispensable para la titulación del curso.

Artículo 5: El objetivo de la elaboración y defensa de tesis es comprobar las competencias de investigación, interpretación y respuesta a la realidad educativa del estudiante que accederá al grado académico de Magíster.

Artículo 42: Los Tutores y Directores de Tesis deberán ser profesionales competentes, con título o grado académico equivalente, como mínimo, al que otorga el Programa en el cual se desempeña, con las funciones de:

a) Dar asesoría académica relacionada a la Tesis del postulante a su cargo orientando todo el proceso desde su planificación hasta llegar al resultado final.

b) Controlar el desarrollo de la investigación, a partir de los informes parciales establecidos, sin perjuicio de los informes verbales que considere necesarios.

c) Informar por escrito al Coordinador de Posgrado, que a su vez reportará a la Comisión Académica, sobre todos los aspectos de la investigación y su desarrollo.

d) Verificar el cumplimiento de los objetivos acordados, teniendo la autoridad para sugerir al Coordinador de Posgrado la cancelación del trabajo de investigación, si a su juicio el estudiante no cumple con los compromisos asumidos en el proyecto.

e) Mantener una comunicación fluida con los estudiantes que orienta o dirige, con respuestas y sugerencias brindadas en un plazo razonable para el logro de los objetivos conforme al calendario establecido.

## **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

### **III.1 Enfoque, diseño y alcance de la investigación**

Considerando la reducida cantidad de estudiantes que han participado de este estudio, se ha considerado conveniente adoptar un enfoque cualitativo, de tipo descriptivo, y diseño fenomenológico. Si bien se utilizan algunos procedimientos cuantitativos de medición de variables, los resultados obtenidos se valoran desde un punto de vista esencialmente cualitativo, buscando ante todo describir las características de los fenómenos observados

Conlleva en primer lugar el estudio de antecedentes y registros para obtener datos de los individuos seleccionados en la etapa previa al experimento. Luego involucra observación activa de parte del docente investigador en la materia Mecánica Clásica, durante la aplicación del método “Resolución de Problemas como Investigación”.

Se analizan las condiciones generales de un grupo de alumnos que cursan la materia Mecánica Clásica durante el proceso de resolución de problemas, aplicando el método de “Resolución de Problemas como Investigación”, para indagar sobre el comportamiento tanto del docente encargado de la asignatura así como el de los alumnos, con el fin de promover mejoras en los resultados de aprendizaje y comparar tales resultados con los obtenidos en años anteriores aplicando los métodos tradicionales.

### **III.2 Población y muestra**

El estudio se desarrolló con los ocho (8) alumnos que cursan la asignatura Mecánica Analítica (que aborda los contenidos de Mecánica Clásica) del cuarto año de la Carrera Licenciatura en Física y Matemática de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Concepción, con sede en el Campus Universitario en la Ciudad de Concepción (Paraguay) y con el docente de Física de dicho curso. Estos alumnos en su totalidad, en una etapa previa, han aprobado una asignatura de Física (Física Moderna), que es pre-requisito para poder cursar la materia que es el objeto de estudio de esta investigación. Además, se ha requerido la opinión de individuos expertos en el tema, pues se considera que son participantes idóneos para hablar de resultados de aprendizaje basado en procesos de construcción de conocimientos a partir de la resolución de problemas como investigación.

### **III.3 Técnicas, Procedimientos e Instrumentos de Recolección de Datos**

#### **Técnicas y Procedimientos de Recolección de Datos**

**a) Recolección de datos referente al estudio de antecedentes y registros de los individuos seleccionados en la etapa previa al experimento**

Para la recolección de datos se seleccionaron a dos profesores de Física, ambos de asignaturas que registran el mismo inconveniente, *“La dificultad para resolver problemas de Física de mayor complejidad”*, el cual es el motivo de la realización de este trabajo.

Para ello se tuvieron en cuenta los resultados obtenidos en un estudio previo realizado por uno de los profesores, en el cual se analizaron sus actividades en el aula y los resultados de las evaluaciones escritas. Estos datos, que no están publicados, fueron gentilmente proveídos por la Dirección Académica de la FACET puesto que los documentos solicitados, actas de exámenes finales, planilla de evaluaciones parciales y registro de actividades de proceso, se encuentran en los archivos de la mencionada dependencia de la institución.

**b) Recolección de datos referente a dificultades de los alumnos**

La técnica utilizada para la recolección de datos referentes a las dificultades de los alumnos durante el proceso de resolución de un problema de Mecánica Clásica fue la observación participante, a base de preguntas en la interpretación Física del enunciado de un problema, las ecuaciones que el alumno suponía serían útiles para llegar al resultado, la identificación de las magnitudes conocidas y las variables (incógnitas). Ésta es una actividad que buscó que los estudiantes puedan elaborar un diagnóstico de sus propias necesidades de aprendizaje. Para registrar estos datos se utilizó una tabla de criterios que fueron construidos con el fin de observar las capacidades en los alumnos al resolver problemas de Mecánica Clásica. Para poder apreciar las diferencias en los grupos y cuantificar los logros obtenidos, se ubicó a cada alumno dentro de una escala del 1 al 5, donde el 1 significa “insuficiente” y el 5 “excelente”, puntuación que corresponde al desempeño individual durante el desarrollo de esta actividad. Más detalles de este instrumento de medición se encuentran en la sección “Instrumentos de Recolección de datos”.

Para esta actividad se conformaron en total cuatro parejas, y se asignó un problema para cada grupo. Para la conformación de las parejas se tuvieron en cuenta las habilidades matemáticas y la comprensión de la Física de cada alumno basado en la capacidad de análisis, síntesis y comprensión del enunciado de un determinado problema, ya que el docente disponía de los antecedentes académicos individuales y conocía la forma de

trabajo de sus alumnos de tal forma a realizar una distribución equitativa, garantizando de este modo cierta igualdad de condiciones de partida. Cada alumno resolvió el problema en forma individual y luego discutió los resultados obtenidos con su par asignado. Contaron con un tiempo máximo de una hora para el análisis y posteriormente presentaron sus resultados en forma oral en la pizarra.

Los problemas asignados fueron de movimiento de partículas en dos dimensiones, movimiento de proyectiles en el vacío, por lo que el alumno debía poseer los conocimientos necesarios para resolver los problemas, razón por la cual la clase se inició directamente con los problemas sin ninguna introducción teórica previa por parte del profesor. El alumno debía generar sus propias herramientas y técnicas de resolución, para ello contaron con libros impresos de Física General y Dinámica Clásica de las partículas y sistemas de partículas.

Es importante aclarar que del total de los actualmente cursantes, seis ya habían cursado la asignatura Mecánica Clásica y dos la estaban cursando por primera vez. De los cursantes sólo una alumna había culminado el curso, pero no se había presentado al examen final, los demás habían ido dejando la asignatura por el camino, inclusive algunos apenas la habían comenzado. Este dato no es menor ya que los conocimientos previos pueden tener gran influencia en el resultado de esta actividad inicial. Para sopesar este inconveniente, la alumna que había culminado el curso formó pareja con otra que cursaba por primera vez, los que apenas habían iniciado la asignatura y luego habían declinado formaron grupos con los alumnos que fueron avanzando en la asignatura hasta la mitad del desarrollo.

### **c) Recolección de datos referente a las técnicas que utilizan los docentes**

En una segunda etapa de la recolección de datos, la actividad propuesta para describir las técnicas que utilizan habitualmente los docentes para enseñar a resolver problemas de Mecánica Clásica consistió en recabar toda la información referente a las metodologías dentro del aula a base de un cuestionario tipo entrevista en forma presencial que se realizó a cuatro docentes de la asignatura en cuestión.

Dado al limitado número de docentes que enseñan Mecánica Clásica por ser una asignatura del plan profesional de las carreras de grado afines a la Física, el cuestionario se aplicó a cuatro profesores, dos de ellos son docentes de la Licenciatura en Ciencias Mención Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN) de la Universidad Nacional de Asunción (UNA) y los otros dos docentes de la carrera

Licenciatura en Matemáticas y Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Concepción. Es importante aclarar que dos de los profesores se encuentran actualmente enseñando la asignatura de interés, los otros dos lo hicieron anteriormente.

**d) Recolección de datos referente a la motivación de los alumnos**

Para obtener los datos referentes a la motivación de los alumnos para resolver problemas de Mecánica Clásica se aplicó la Escala Motivacional de Resolución de Problemas (EMRP) que se ha construido con el fin de medir de manera fiable y válida la motivación basado en el modelo de valor/expectativa EyV de Eccles y Wigfield (2002). Se considera la escala como una herramienta fundamental de investigación debido a que contiene 30 ítems que hacen un acercamiento a la caracterización de cada uno de los componentes de la motivación hacia la resolución de problemas de manera válida y confiable.

En una primera etapa, se realizó la evaluación de la validez del instrumento mediante la validación por contenidos a cargo de jueces expertos. Para evaluar la confiabilidad del test se efectuó el cálculo del Alfa de Cronbach (Cronbach, 2004; Cortina, 1993; Streiner, 2003) por cada componente de la motivación. En la siguiente sección se detallan los procedimientos para la validez y confiabilidad de este instrumento de recolección de datos.

En una siguiente etapa, se aplicó una versión papel del EMRP en forma de un formulario de respuestas que se entregó a cada alumno para su llenado en forma individual. En la aplicación se entregó un ejemplar del EMRP a cada alumno, luego se leyó y explicó el protocolo de la encuesta, insistiendo en el carácter voluntario y confidencial de su participación y sobre la necesidad de responder de forma completa el instrumento.

La aplicación del instrumento estuvo a cargo del encargado de la cátedra Mecánica Clásica, y se realizó durante el horario de clases. La aplicación del EMRP no se extendió por más de 20 minutos. A medida que los alumnos entregaban sus formularios de respuesta, el docente verificaba que los datos de identificación y todas las preguntas estuviesen contestados. Luego de la recolección de datos se realizó la tabulación y verificación de los mismos.

**e) Recolección de datos referente al tiempo de resolución de problemas**

Una de las actividades realizadas al final del periodo lectivo, antes de la aplicación de los exámenes finales fue la medición del tiempo de resolución, utilizando los métodos tradicionales y con el método de resolución de problemas como investigación aquí propuesto. Esta actividad tuvo como fin comparar cuanto tiempo invierten los alumnos en resolver un problema de Mecánica Clásica, cuales son las ventajas y desventajas de utilizar un método u otro sea cual sea el tiempo que conlleva su solución y a partir de ello determinar la facilidad con la que se realiza dicha tarea.

Para esta actividad, que se realizó en una única clase y con los problemas de los capítulos cuya resolución pueda realizarse con ambos métodos, se conformaron parejas y se procedió a entregar a cada grupo un instrumento que contiene dos problemas propuestos diferentes y con las indicaciones respectivas de resolución (en la hoja indica que ambos problemas se pueden resolver por los dos métodos en estudio). A medida que cada pareja iba terminando los problemas ya sea por el método tradicional o por el método propuesto, el docente se encargaba de registrar el tiempo que le tomó llegar al resultado. Además de esto, los alumnos debían indicar en la hoja de prueba, cuál de los métodos resultó ser más fácil para la resolución de los problemas.

Es importante aclarar que se optó por la unidad “Dinámica de una partícula” cuyo desarrollo completo se realizó al principio del curso, debido a que los problemas de esta unidad tienen la particularidad de tener dos métodos de resolución diferentes, la primera implica resolver con procesos tradicionales la que se utiliza en los cursos de Física Básica, y la segunda que permite resolver por el método de resolución aquí propuesto, “como investigación”. Ambos métodos conducen a un mismo resultado de una forma práctica pero la diferencia está en el proceso de resolución. Tal cosa no ocurre con las unidades posteriores que presentan mayor complejidad en la comprensión de los conceptos teóricos lo que conlleva a problemas muy complicados que incluso no tienen analogía con el método tradicional.

#### **f) Recolección de datos referente a las capacidades de resolución de problemas de Mecánica Clásica utilizando el método de Resolución de Problemas como Investigación**

La estructura de la disciplina Mecánica Clásica se divide en unidades programáticas que se desarrollan a lo largo del periodo lectivo. En el anexo de la investigación se encuentra la Planificación Didáctica de la asignatura con los contenidos de las unidades de desarrollo y la cantidad de horas presenciales semanales



Para el desarrollo de las unidades, en un primer momento de la clase se proporcionó a los estudiantes guías de ejercicios de aplicación sencillos, guías de situaciones problemáticas e inmediatamente se presentó el primer problema a resolver con una pequeña exposición del profesor, quedando a cargo de los estudiantes, en primer lugar, seleccionar y generar el material de aprendizaje y en segundo lugar, investigar por cuenta propia, qué contenidos iban a resultar útiles para la resolución del problema debido a la variedad de contextos, por lo que los estudiantes eran vistos como sujetos que pueden aprender por cuenta propia. Aquí, el problema fue el punto de partida del proceso de aprendizaje. Los estudiantes en todo momento realizaron preguntas sobre dudas ya sea en el contenido sobre algunos conceptos y ecuaciones, e interactuaron con el profesor quien les ofrecía retroalimentación, les ayudaba a armar sus preguntas, explorar alternativas y tomar decisiones efectivas. Todos estos pasos se repitieron para todas las unidades programáticas.

Cabe destacar que la guía de ejercicios de aplicación y situaciones problemáticas se resolvieron en parte con la orientación del profesor durante la clase, quedando como una tarea a distancia el resto de los problemas para los alumnos. Cada ejercicio de la guía era de naturaleza distinta. La misma estrategia fue aplicada para las pruebas de proceso.

La aplicación de pruebas evaluativas al término de cada unidad programática por parte de los profesores, exposiciones orales individuales en la pizarra, y las pruebas escritas parciales y finales también formaron parte del método “Resolución de Problemas como Investigación” y fueron las actividades con las que se evaluó la eficacia del método propuesto.

### **Instrumentos de recolección de datos**

#### **a) Instrumento de recolección de datos en la etapa pre experimental**

El estudio de antecedentes y registros para obtener datos de los individuos seleccionados en la etapa previa al experimento, requirió el análisis de archivos que fueron proveídos por la Dirección Académica de la FACET. Los documentos solicitados para el análisis fueron: planillas de actividades de proceso, actas de exámenes finales, evaluaciones parciales, registro de asistencia, entre otros. Es importante aclarar que estos instrumentos sirvieron para determinar las dificultades que presentan los alumnos para resolver problemas de Física de mayor complejidad como lo es Mecánica Clásica, lo cual motivó a la realización de este trabajo.

## **b) Instrumento de recolección de datos referente a las dificultades de los alumnos**

Para recolectar datos referentes a las dificultades para resolver los problemas de Mecánica Clásica, se procedió a utilizar como técnica la observación directa a base de preguntas. Los problemas propuestos fueron estudios de casos relacionados a la dinámica de partículas en una y dos dimensiones, sistema de partículas, trabajo y energía.

El instrumento de medición en el que se sustenta esta actividad contiene una serie de criterios construidos a partir del marco conceptual de base, que sirvieron para evaluar el desempeño individual de los alumnos durante la resolución de los problemas.

Este instrumento posee una descripción de capacidades observadas en los alumnos al resolver problemas de Mecánica Clásica, los cuales fueron clasificados de acuerdo a 5 criterios definidos que fueron construidos y validados a partir de la opinión y juicio de expertos en la materia. Estos criterios son: capacidad de utilizar herramientas matemáticas, capacidad de análisis y síntesis (Comprensión del problema), uso del tiempo promedio en la resolución y resolución de un problema tipo, manejo de la información (capacidad de investigación) y capacidad de comunicar los resultados de la resolución del problema.

Para cada criterio de evaluación, existe una escala del 1 al 5, donde el 1 significa insuficiente y el 5 excelente en la cual se ubica a cada alumno de acuerdo al desempeño individual durante el desarrollo de esta actividad.

Esta escala fue definida de acuerdo al grado de concreción del criterio evaluado, por ejemplo, para evaluar la capacidad de utilizar las herramientas matemáticas, el nivel de la escala correspondiente a la puntuación 1 corresponde a: Insuficiente: El estudiante no posee ninguna habilidad matemática y desconoce las ecuaciones tradicionales de movimiento para la resolución del problema, la puntuación 2: Aceptable: El estudiante posee limitados recursos para efectuar operaciones matemáticas y desconoce las ecuaciones tradicionales de movimiento, la puntuación 3: Bueno: El estudiante posee buenas habilidades matemáticas y aplica parcialmente las ecuaciones tradicionales de movimiento, la puntuación 4: Muy bueno: El estudiante posee muy buenas habilidades matemáticas y aplica todas las ecuaciones tradicionales de movimiento y la puntuación 5 corresponde a: Excelente: El estudiante posee excelentes habilidades matemáticas, aplica todas las ecuaciones tradicionales de movimiento, utiliza correctamente el formalismo de la Mecánica Clásica.

Es importante aclarar que la escala para los criterios fueron definidos a partir de la opinión de expertos en la materia quienes expresaron su grado de conformidad en una prueba de validez para su posterior aplicación. La tabla con los criterios y las descripciones de los alumnos se encuentran en el apéndice de este trabajo.

**c) Instrumento de recolección de datos referente a las técnicas que utilizan los docentes**

En el marco de la actividad que busca describir las estrategias didácticas que utilizan habitualmente los docentes para enseñar a resolver problemas de la asignatura Mecánica Clásica, se ha diseñado un cuestionario tipo entrevista que consta de doce preguntas relativas al desempeño docente dentro del aula y su influencia en la resolución de problemas de la mencionada asignatura.

Previo a la aplicación del cuestionario a los docentes, dicho instrumento fue sometido a un juicio de expertos conformado por tres profesionales expertos en Mecánica Clásica que dieron sus fundamentales aportes para la ejecución de esta actividad.

**d) Instrumento de recolección de datos referente a la motivación de los alumnos**

Para describir las características motivacionales hacia la resolución de problemas de Mecánica Clásica, se ha propuesto un instrumento que permite evaluar la motivación y sus componentes en referencia al proceso de resolución de problemas en la mencionada asignatura de Física. El instrumento se denomina Escala Motivacional de Resolución de Problemas (EMRP), construida a partir del modelo de Eccles y Wigfield (2002) que centran la motivación en el valor de la meta, y la expectativa de éxito o fracaso.

La EMRP es un instrumento que se le presenta al alumno para que responda a 30 ítems mediante una escala tipo Likert, con puntuaciones de 1 a 6, donde el 1 significa totalmente en desacuerdo y el 6 totalmente de acuerdo. La instrucción indica a la persona evaluada expresar su grado de acuerdo o desacuerdo con una serie de afirmaciones referidas a la expectativa que ella tiene de resolver los problemas de Mecánica Clásica, y afirmaciones en referencia al valor que tiene lograr resolver un problema de esta asignatura; esta última parte incluye la importancia, la utilidad percibida en resolver los problemas, el costo que están dispuestos a asumir por hacerlo y el interés que despierta para ella el logro de resolver cada problema propuesto.

**e) Instrumento de recolección de datos referente al tiempo de resolución de problemas**

Por otro lado, se han diseñado pruebas especiales testeadas por jueces expertos en la materia que contienen problemas propuestos sobre dinámica de las partículas los cuales se pueden resolver tanto por los métodos tradicionales de resolución como así también siguiendo los procedimientos del método de resolución de problemas como investigación propuesto en esta investigación, con el fin de medir el tiempo de resolución, comparar ambos, a partir de esto determinar la facilidad de realizar dicha tarea y la influencia que conlleva usar uno de los métodos en el proceso de enseñanza aprendizaje.

La aplicación de las pruebas especiales se llevó a cabo al final del semestre debido a las actividades previamente programadas por semana para las unidades de estudio y teniendo en cuenta que sólo se disponía de una única clase para la realización de esta actividad.

**f) Instrumento de recolección de datos referente a la capacidad de los alumnos para resolver problemas de Mecánica Clásica utilizando el método de Resolución de Problemas como Investigación.**

Para las actividades de proceso se ha utilizado guías de ejercicios y problemas propuestos del libro base sugerido en las referencias del programa de estudios (ver anexo). La resolución se realizó en clase con la presentación en forma oral por parte de los alumnos y en menor grado por el profesor, de los procesos de construcción que conduce a los resultados de los problemas. Así también, se han diseñado trabajos de investigación a distancia con problemas que los alumnos llevaron como tarea y también se tomaron algunas pruebas escritas al término de las unidades de estudio.

Los temas de las pruebas parciales y del examen final fueron creados por el docente encargado de la asignatura con el fin de complementar lo aprendido durante el desarrollo de las clases, lo que realmente interesa en esta investigación, de esta manera se determina el grado de aprendizaje de los alumnos y la eficacia del método propuesto.

**Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

**Técnicas de procesamiento de datos**

Una vez que los datos hayan sido recolectados, los mismos fueron procesados en planillas electrónicas (Excel) y procesador de textos (Word) para su archivado y posterior análisis de la siguiente manera:

Los apuntes de las respuestas a las preguntas planteadas por el profesor durante la observación directa en el proceso de resolución de un problema propuesto de Mecánica Clásica fueron clasificados y ordenados en una tabla de criterios con una escala del 1 al

5, donde el 1 significa insuficiente y el 5 excelente de acuerdo al desempeño individual durante el desarrollo de esta actividad, y posteriormente transcritas digitalmente en el procesador de textos Word, para su análisis.

Por otro lado, la descripción de las estrategias didácticas que utilizan habitualmente los docentes para enseñar a resolver problemas de Mecánica Clásica fueron trasladados a un documento de Word especialmente creado para el efecto que contiene una serie de preguntas que interesan a la investigación, para su posterior análisis

Así también, el formulario de respuestas pertenecientes a la Escala Motivacional de Resolución de Problemas fue procesado en documentos de textos digitales una vez que los alumnos lo terminaron. La información se presentó en gráficos tipo barras y tablas para apreciar visualmente las puntuaciones.

Por otro lado, las pruebas diseñadas para medir los tiempos de resolución con el método tradicional y con el método de resolución de problemas como investigación se realizó a partir de la entrega en formato impreso a los alumnos durante el horario de clases, los cuales deberán terminar y entregar al profesor en un plazo no mayor a 120 minutos que es el tiempo máximo de duración de la clase. Estos datos fueron registrados en un documento de texto para posteriormente determinar la influencia en el proceso de enseñanza aprendizaje de los alumnos de realizar la tarea con uno de los métodos y la facilidad con la que se llevó a cabo.

La guía de ejercicios y problemas propuestos a distancia fueron entregados por los estudiantes de tal forma que el profesor tenga el documento que avala si el estudiante es capaz de enfrentarse a un problema sin la orientación del docente luego de haberse aplicado el método “Resolución de Problemas como Investigación”.

Las pruebas de proceso, los exámenes parciales y finales también formaron parte del método propuesto y fueron procesados en su formato habitual (procesadores de texto Word) y archivados en la Dirección Académica de la FACET.

### **Análisis de datos**

El análisis se inició describiendo el desempeño individual de los alumnos durante la resolución de problemas del tipo diagnóstico. En este proceso, el profesor realizó las preguntas en base al proceso de resolución planteado y anotó las respuestas claves a cada pregunta en la observación directa de acuerdo a la clasificación de criterios presentados en la sección de instrumentos de recolección de datos. Esto significa que de todo lo que respondieron los estudiantes en clase y fue anotado, se desecha aquellos que no guardan

relación con los ítems planteados en la tabla de criterios elaborado. Las respuestas referentes al planteamiento de un problema propuesto (interpretación Física, manejo de herramientas matemáticas, identificación de incógnitas, etc.) se encuentran clasificadas de acuerdo a criterios definidos en esta investigación en la tabla de criterios (ver apéndice).

El análisis de las estrategias didácticas que utilizan habitualmente los docentes para enseñar a resolver problemas de Mecánica Clásica se realizó una vez que todos los entrevistados personalmente por el investigador contestaron todas las preguntas del formulario de respuestas y éste último hubo organizado y transcrita dichas respuestas en un documento digital. Todo esto con el fin de comparar las respuestas de los diferentes docentes a cada pregunta y de esta manera determinar la incidencia de ciertos vicios metodológicos utilizados tradicionalmente en diferentes clases de Mecánica Clásica. La idea de realizar esta actividad fue identificar cuál de las metodologías descritas se descartan y cuáles se pueden seguir aplicando aún con el Método de Resolución de Problemas como Investigación que se propone en este trabajo.

Las características motivacionales de los alumnos para la resolución de problemas de Mecánica Clásica se analizaron a partir de la aplicación de la Escala Motivacional de Resolución de Problemas, EMRP, que fue entregado a cada alumno durante el horario de clases para su llenado. La descripción estadística de motivación hacia la resolución de problemas de Mecánica Clásica se realizó a través medidas de tendencia central; para los análisis estadísticos, se ha empleado el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 19 y el paquete de cálculo Microsoft Excel 2013.

Los datos obtenidos de las pruebas creadas para medir los tiempos de resolución utilizando el método tradicional y el método de resolución de problemas como investigación se analizaron a partir de la evaluación de la prueba. Los datos se transcribieron en una planilla electrónica haciendo uso de la herramienta de cálculo Excel 2013 de tal forma a obtener una descripción estadística global (tablas, gráficos) de los tiempos de resolución a través de medidas de tendencia central. Además, se observaron los procedimientos de resolución detenidamente, asignando un cierto puntaje a los procesos y al resultado cuya solución es correcta, indicando si los hay, errores que se han cometido y por sobre todo prestando especial atención a las indicaciones de los alumnos referentes al tiempo que les ha tomado resolver cada problema con los dos métodos y la

facilidad con la que se ha realizado la tarea con cualquiera de los métodos de resolución. En el temario se tuvieron espacios para completar dichas indicaciones.

Posteriormente se analizaron los resultados cuantitativos de la guía de ejercicios, de las pruebas evaluativas al término de una unidad y de las pruebas parciales y finales. La guía de ejercicios, las pruebas de proceso y los trabajos de investigación a distancia fueron evaluadas por el docente y se asignó un puntaje al conjunto con una ponderación pre establecida en la Planificación Didáctica del 20% de la calificación final, lo cual sirvió para el resultado final del aprendizaje. La ponderación para las dos evaluaciones parciales junto con el examen final hizo un total del 80% restante.

### **Pruebas de Validez y confiabilidad**

Para determinar si los instrumentos de medición utilizados en la investigación resultan ser lo suficientemente confiables como para medir los efectos del método “Resolución de Problemas como Investigación” en los resultados de aprendizaje de alumnos de la Licenciatura en Matemáticas y Física de la FACET, se utilizó el Coeficiente Alfa de Cronbach para determinar el Coeficiente de Confiabilidad mediante la expresión:

$$\alpha = \frac{k(1 - \sum s_i^2 / s_t^2)}{k - 1}$$

Donde,  $k$  es el número de reactivos,  $s_i^2$  la varianza de las calificaciones en el reactivo  $i$ ,  $s_t^2$  la varianza de las calificaciones totales de la prueba. Si  $\alpha = 1$ , indica una confiabilidad perfecta, si  $\alpha = 0$ , indica una falta absoluta de confiabilidad en la medición.

Para determinar la validez de los instrumentos de medición utilizados, se recurrió al método denominado “validez de contenido”, en donde expertos en Física coinciden en que las pruebas aplicadas actúan como verdaderos instrumentos diseñados para medir los resultados de aprendizaje del grupo experimental de alumnos.

#### **a) Validez y confiabilidad del instrumento de medición de las dificultades de los alumnos**

El instrumento utilizado para la descripción de capacidades observadas en los alumnos al resolver problemas de Mecánica Clásica contiene 5 criterios definidos, cada uno con una escala del 1 al 5 que evalúa el desempeño individual durante la resolución de problemas. Tanto los criterios de evaluación, como la definición de la escala fueron contruidos y validados a partir de la opinión y juicio de expertos en la materia.

En esta perspectiva, se construyeron 8 ítems, los cuales fueron sometidos, a una validación de contenido por parte de 3 jueces expertos que expresaron su grado de

acuerdo o desacuerdo en una escala del 1 al 4, mientras que la evaluación de la comprensión de los ítems fue realizada por los mismos jueces en el mismo documento de prueba de validez del instrumento utilizado. El tribunal de expertos estuvo compuesto por un Doctor en Física Teórica, un Magíster en Física Aplicada con experiencia en construcción de instrumentos psicométricos y un Licenciado en Ciencias Físicas. La construcción de los ítems consideró el grado de consistencia de los reactivos con la dimensión evaluada y se tuvo especial cuidado en que fuese adecuada en su formulación, para estudiantes universitarios. El instrumento para la prueba de validez de este instrumento se adjunta en el apéndice de este trabajo.

De igual manera, fueron evaluados el nivel de confiabilidad a través del alfa de Cronbach (Cortina, 1993; Streiner, 2003). Para este instrumento, el índice de confiabilidad resultante fue: 0,837; evidenciando un alto nivel de confiabilidad para la aplicación de dicha herramienta de recolección de datos.

#### **b) Validez y confiabilidad del Instrumento de descripción de las técnicas que utilizan los docentes**

Para describir las estrategias didácticas que utilizan habitualmente los docentes para enseñar a resolver problemas de Mecánica Clásica se ha utilizado un instrumento en forma de formulario de respuestas que contiene doce preguntas las cuales fueron testeadas por jueces expertos que determinaron su grado de conformidad y sugirieron algunos cambios para su posterior aplicación.

La evaluación del nivel de confiabilidad se determinó calculando el alfa Cronbach que arrojó un resultado de 0,97 que demuestra un elevado nivel de confiabilidad del instrumento aplicado para el efecto.

#### **c) Validación y confiabilidad del Instrumento de medición de la motivación en los alumnos**

La Escala Motivacional de Resolución de Problemas utilizada fue un instrumento construido a partir del modelo de Valor y Expectativa de Jacqueline Eccles y Allan Wigfield (2002), cuyos ítems se han ajustado y modificado con afirmaciones referentes a la expectativa, que equivale al sentimiento de competencia que un sujeto tiene frente a una tarea, y el valor percibido de la tarea que corresponde a un conjunto de juicios y disposiciones que hacen que una determinada tarea sea vista como valiosa y deseable. El valor de la tarea estaría compuesto por cuatro componentes: la importancia, el interés, la utilidad y el costo. Los cambios introducidos en este instrumento obligaron a someterlo a



una validación por contenidos a cargo de jueces expertos conformados por docentes calificados y con experiencia en la enseñanza de asignaturas profesionales de Física, los cuales además se encargaron de evaluar la comprensión de cada ítem de la escala mediante una prueba de validación en formato impreso que se les proporcionó para el efecto.

Los niveles de confiabilidad fueron evaluados para cada sub escala con el alfa de Cronbach. En este análisis, y respetando los criterios de unidimensionalidad de las escalas, los índices de confiabilidad resultantes fueron: Interés 0.88; importancia 0.82; expectativa 0.74; utilidad 0.76 y costo 0.75; evidenciando un nivel de confiabilidad aceptable para las sub escalas evaluadas.

**d) Validación y confiabilidad del Instrumento de medición del tiempo de resolución de problemas**

La validación de las pruebas especiales creadas con el fin de medir los tiempos de resolución de problemas de Mecánica Clásica con el método tradicional y con el método investigativo, se realizó mediante la validación por contenidos a cargo de tres jueces expertos en la materia quienes sugirieron algunos cambios en los temas iniciales y expresaron estar de acuerdo con cada uno de los temas resultantes. En apéndice A.4 se encuentra una de las pruebas que fueron testeadas por los especialistas.

**e) Validación y confiabilidad de los Instrumentos de medición de actividades de proceso, pruebas parciales y finales**

De la misma forma en que fue validado el instrumento anterior, los ítems de las pruebas evaluativas parciales y finales fueron sometidos a la validación por contenido que estuvo a cargo de los mismos jueces expertos quienes expresaron estar en total acuerdo con cada tema de ambas pruebas.

### III.4 Categorización de Unidades de Análisis

Tabla 4:

Categorización de Unidades de Análisis

| Objetivo  | Categoría   | Sub-categoría   | Fuentes     | Técnicas de recolección de datos                                  |
|---|---|---|-------------|---|
| Determinar el nivel de competencias que poseen los alumnos antes de utilizar el método de Resolución de Problemas como Investigación                            | Competencias previas de los estudiantes para utilizar el método de Resolución de Problemas como investigación | Comprensión del problema<br>Diseño de una estrategia de solución<br>Resolución del problema | Estudiantes | Observación directa<br>Técnica de preguntas<br>Guías de problemas |
| Analizar la eficiencia en la utilización del tiempo asignado para desarrollar los contenidos previstos en el programa de estudios de la disciplina              | Uso del tiempo de clase   | Concreción curricular<br>Efectividad  | Docentes    | Planificación didáctica<br>Control de asistencia docente          |
| Determinar el nivel de motivación de los alumnos para resolver problemas de Mecánica Clásica utilizando el método de Resolución de Problemas como Investigación | Motivación de los alumnos   | Expectativa sobre la tarea<br>Valor asignado a la tarea                                     | Estudiantes | Escala Motivacional de Resolución de Problemas                    |
| Identificar las estrategias que utilizan habitualmente los  | Estrategias utilizadas por los docentes para enseñar a resolver problemas de Mecánica Clásica                 | Tipos de estrategias  | Docentes    | Entrevista personal<br>Observación activa                         |

|   |   |  |             |   |
|---|---|--|-------------|---|
| docentes para enseñar a resolver problemas de Mecánica Clásica  |   |  |             |   |
| Establecer el nivel de capacidad que han logrado desarrollar los alumnos para resolver problemas de Mecánica Clásica utilizando el método de Resolución de Problemas Como Investigación | Capacidad de los alumnos para resolver problemas de Mecánica Clásica utilizando el método de Resolución de Problemas como Investigación | Resultados obtenidos en la resolución de problemas asignados | Estudiantes | Observación directa<br>Evaluaciones orales y escritas |

## CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### a) Resultados referentes a las dificultades de los alumnos

En la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Concepción se llevó a cabo el estudio inicial de esta investigación el cual consistió en describir las tareas de evaluación del desempeño individual de los alumnos para resolver problemas de Mecánica Clásica. Esta actividad se realizó a partir de la observación del ambiente y de recolección enfocada (Sampieri, et al. 2010) basado principalmente en la aplicación de un instrumento que contiene cinco criterios con una escala del 1 al 5, donde el 1 significa insuficiente y el 5 excelente. A continuación se describen los resultados de la aplicación de esta técnica de recolección de datos así como los resultados de anotaciones de distintas clases por medio de entrevistas y observaciones más específicas.

Los resultados muestran, en primer lugar que de los 8 alumnos que participaron en esta actividad, el criterio A que describe la capacidad de utilizar herramientas matemáticas tuvo un promedio de 3.6, con el 57% de los puntajes correspondientes al valor 3; 29% al valor 4 y solo el 14% obtuvo el mayor puntaje de 5. Por otro lado, para la comprensión del problema que corresponde al criterio B o capacidad de análisis y síntesis, se obtuvo una media de 2.9, el 57% de los puntajes con la calificación 3, 29% con nota 2, 14% obtuvieron 4 y no se registró puntajes con la valoración máxima de 5 para este criterio. La evaluación del criterio C o uso del tiempo promedio en la resolución de un problema tipo, arrojó un resultado promedio de 3.1, con el 86% asignado al valor 3 y 14% para la nota 3. No se obtuvo un puntaje ideal para el logro de este criterio. Además, el criterio D “capacidad de investigación o manejo de la información” demuestran resultados con una media de 4, con el 71% de los puntajes pertenecientes al valor 4 y 14.5% para las notas 3 y 5. Por último, el criterio D o la capacidad de comunicar los resultados de la resolución del problema obtuvo un puntaje promedio de 3.3, 71% con nota 3 y 29% de los puntajes con nota 4.

De esta manera, realizando un resumen de los resultados obtenidos en esta actividad, se observa que los alumnos obtuvieron un mejor desempeño a la hora buscar información que ayude a la resolución de un problema, en otras palabras, se torna una tarea relativamente fácil de realizar investigar y encontrar en los libros u otros materiales información certera y precisa previo a la resolución propiamente dicha. Sin embargo, el desempeño más bajo corresponde al criterio que define la capacidad de análisis y síntesis con una media de 2.9 y sin ningún

puntaje máximo alcanzado, es decir, la comprensión física de un problema de Mecánica Clásica es una dificultad visiblemente notoria en los alumnos para la resolución de los mismos tal y como lo habían señalado Del Valle Coronel y Curotto (2004), quienes atribuyen el fracaso de los alumnos en la resolución de problemas generalmente a carencias en estrategias y habilidades de resolución, pero también a la ausencia de conocimientos necesarios para abordar este proceso. En su trabajo, el modelo de enseñanza y aprendizaje, donde el profesor plantea los problemas, desarrolla la solución como modelo y los alumnos repiten la solución que presentó el profesor y la aplican a problemas similares, provoca la aparición de dificultades inherentes al proceso resolutivo. Las mismas están asociadas a varios factores entre los que se cuentan los obstáculos producidos por razonamientos escasos.

Al respecto, se entrevistaron a los alumnos al final de esta actividad durante el horario de clases. Se destacan los testimonios expresados por algunos de los participantes:

- Investigador: ¿A tu criterio, cuáles son los obstáculos o dificultades que impiden una correcta interpretación física de los problemas propuestos?

- Estudiante A: “y los problemas que me tocó hace mucho dejé de dar, me faltó práctica, pero siempre mi problema era comprender lo que pasaba o lo que quería en el enunciado”

- Estudiante B: “me costó analizar, comprender el contexto del problema, una vez que conseguía comprender el resto (operaciones matemáticas) ya me era fácil”

-Estudiante C: “cuando el profesor explica un problema yo entiendo perfectamente, pero cuando me dejan para hacer sólo me pierdo al comienzo ya, y cuando voy a casa a intentar resolver me faltan materiales (libros, folletos) y no le puedo consultar a nadie para que me ayude”

Otro punto importante que podría haber determinado el bajo rendimiento de los alumnos en la comprensión física de un problema de Mecánica es la que tiene en cuenta los conocimientos previos, CP. Solaz-Portolés y Sanjosé López (REEC, 2007) asocian el éxito de la resolución de problemas mediante pruebas, a los conocimientos previos de los alumnos y señalan cuanto sigue: “se le otorga un papel relevante al conocimiento previo... Cuanto más difícil sea un problema y cuanto menor sea el conocimiento previo de los sujetos, tanto mayor será la influencia en de las variables instruccionales que mejoran la coherencia textual y la integración de los contenidos en los esquemas de conocimiento del estudiante... que son

esenciales para ayudar a los alumnos de menor conocimiento previo a ejecutar los modelos mentales adecuados”.

Uno de los participantes expresó lo siguiente:

- “yo no aprendí bien Física 1, por eso me cuesta razonar cuando tengo que resolver los problemas”. “Siempre me costó la comprensión física de los problemas de las materias de Física anteriores”

Testimonios como éstos, que se escuchan muy a menudo durante las sesiones de clase, indican que los conocimientos previos guardan una estrecha relación con el éxito o el fracaso en la resolución de problemas de Física en general. Un alto índice de conocimiento previo ayuda a fortalecer la capacidad de análisis y síntesis, es decir, aquellos alumnos con mayor CP, desarrollan una mejor comprensión física del enunciado en comparación a los alumnos con un bajo índice de CP, como es el caso del ejemplo anterior.

#### **b) Resultados referentes a las técnicas que utilizan los docentes**

Las respuestas del formulario tipo entrevista realizada a cuatro profesores de Mecánica Clásica fueron registradas mediante la filmación de video y transcritas cuidadosamente en un procesador de textos electrónico. La serie de preguntas y respuestas entre el entrevistador (investigador) y el entrevistado (profesor) se realizó en el lugar de trabajo de cada docente, es decir, en la Universidad y fuera del horario de clase habitual de cada uno. En la tabla 5 se extraen parte de los testimonios más resaltantes de la entrevista de una manera sistematizada con el fin de describir las estrategias metodológicas que utilizan habitualmente en las clases de Mecánica Clásica.

*Tabla 5:* Estrategias didácticas que utilizan habitualmente docentes de Mecánica Clásica

| <b>Preguntas</b> | <b>Docente A</b>  | <b>Docente B</b>  | <b>Docente C</b>   | <b>Docente D</b>   |
|------------------|---|---|--|--|
| 1                | “se usan los problemas para la comprensión de conceptos físicos”  | “depende del contenido o asignatura para empezar primero con los problemas y al final la teoría”        | “depende de la asignatura y de los conceptos previos de los alumnos” | “la resolución de problemas refuerza la teoría dada para algunas materias”                                       |
| 2                | “en forma de preguntas y otras numéricas en donde se debe encontrar la magnitud física a través de problemas de situaciones reales” | “problemas de comprensión sencilla con una matemática básica para luego ir a situaciones más complejas” | “depende del libro usado en la materia”                              | “primero se realizan ejercicios de aplicación, luego problemas propuestos y por último los problemas de desafío” |
| 3                | “gráficos e ilustraciones visuales, libros”   | “siempre los libros. Además resúmenes y otros documentos”   | “libros, folletos presentaciones y artículos”                        | “resúmenes de varios libros, videos, presentaciones en   |

|    |  |  |   |   |
|----|--|--|---|---|
|    |  |  |   | power point y guías de problemas”   |
| 4  | “trabajos individuales luego se trabaja en grupo”  | “trabajos individuales y pequeños grupos”  | “se forman grande grupos y se asigna una guía de ejercicios y problemas”  | “trabajos grupales, exposiciones orales individuales”   |
| 5  | “todos los espacios son válidos para el aprendizaje de la Física. El laboratorio es fundamental”   | “se trabaja en el salón de clase y en el laboratorio de informática”   | “el salón de clases es el espacio de aprendizaje por excelencia”  | “el aula como principal espacio de aprendizaje y el laboratorio de Física como complemento”   |
| 6  | “en una clase deben terminar con diferentes tipos de problemas asignados”  | “tienen una semana para entregar las tareas. Los problemas en clase lo deben de resolver de inmediato”   | “deben resolver al instante. Los más complejos tardan 30 minutos y las tareas una semana”   | “se le asigna una hora para una guía de problemas en grupo. Tareas a distancia en una semana”   |
| 7  | “si es un concepto nuevo se explica primero la teoría para luego pasar a los problemas”  | “si es una clase nueva se empieza con la teoría pero si es una clase ya dada se empiezan con los problemas”  | “al final de la explicación teórica en la mayoría de las asignaturas”   | “se parte de la teoría para luego resolver los problemas”   |
| 8  | “leer varias veces el enunciado, sacar los datos, identificar las variables, aplicar las ecuaciones y efectuar los cálculos numéricos”   | “de los procedimientos que son recomendación de los propios libros”  | “lectura comprensiva, esquematizar, identificar datos conocidos y desconocidos, escribir ecuaciones, realizar los cálculos y discutir los resultados” | “lectura general, razonar para clarificar el fenómeno físico e identificar lo que pide el problema. Luego con los datos y ecuaciones proceder a realizar los cálculos numéricos. Evaluar en la pizarra” |
| 9  | “es importante que el alumno resuelva solo los problemas con ejemplos previos realizados por el docente”                                 | “que la clase sea participativa, que los alumnos partan de sus errores y dudas para la resolución”   | “las dudas de los alumnos en primer lugar”  | “el docente orienta a cada alumno a despejar dudas manejar varias alternativas de solución”   |
| 10 | “algunos quieren obtener los resultados de inmediato, otros se preocupan más en la comprensión del problema que en resultados numéricos” | “las herramientas matemáticas son una dificultad. Como virtud poseen una visión muy buena de los eventos físicos y son muy buenos resolventes de cálculos numéricos” | “alta capacidad de utilizar herramientas matemáticas. La dificultad está en la comprensión física”  | “dificultades relacionadas a la interpretación física pero poseen gran facilidad de resolución matemática y son muy curiosos”   |
| 11 | “cuesta entrenarlos y se busca por todos los medios asistirlos sobre todo fuera de clase.”   | “se empieza por los problemas no resueltos y las dudas, es difícil interactuar a distancia debido a la falta de tiempo”  | “tutorías fuera del horario de clases, en otros casos se usa la tecnología”   | “insistir en los problemas no resueltos para no cometer errores que pueden ser irreparables si no se monitorea”   |
| 12 | “se analizan los problemas más importantes con los alumnos en la pizarra”  | “absolutamente. Lo que se convierte en una dificultad debido al tiempo invertido”  | “los de la guía sí se realiza. Los problemas a distancia”   | “los alumnos se encargan de mostrar a sus compañeros como resolvieron”  |

|  |  |                                    |                             |  |
|--|--|------------------------------------|-----------------------------|--|
|  |  | en la evaluación de cada problema” | no son analizados en clase” |  |
|--|--|------------------------------------|-----------------------------|--|

Como se puede ver, los resultados describen en gran parte a un docente tradicional con métodos que dan poca participación al alumno, en contrapartida a lo sugerido por Elliot (1996), quien expresa lo siguiente “el profesor juega el doble rol de profesor y de investigador, participando en el proceso de estudio y mejora de la práctica educativa, es decir, una de las ideas clave es investigar para la acción”.

Es importante subrayar el contexto bajo el cual cada docente entrevistado desarrolla sus técnicas de enseñanza.

Responder a preguntas como: ¿De qué manera se utilizan la resolución de problemas como estrategia de enseñanza? ¿Qué tipo de organización de clase se utiliza en la resolución de problemas (trabajo individual, pequeños grupos, trabajos en pares)? ¿Qué espacios de aprendizaje se utilizan para resolver los problemas (salón de clases, al aire libre y observando la naturaleza, en la plataforma virtual, laboratorio, etc.)? ¿En qué momento de la clase habitualmente se presentan los problemas? ¿Cuáles son las relaciones entre las estrategias propuestas por el docente y las que aportan los alumnos? ¿Cuáles son las dificultades encontradas en los estudiantes y cuáles son sus virtudes a la hora de resolver los problemas? ¿Cómo se asiste a los alumnos que no pueden resolver los problemas?, ayudó a dismantelar una serie de dificultades con la que día a día el docente de Física debe enfrentarse y a pesar de todo tratar de lograr los mejores resultados de aprendizaje en los alumnos en materias tan importantes para su formación como lo es la Mecánica Clásica.

A continuación, se destacan las siguientes declaraciones expresadas durante la entrevista personal:

- “hay temas en donde sí o sí se debe empezar por la teoría primero y luego resolver los problemas”
- “primero yo resuelvo los problemas básicos y luego les doy trabajo individuales o en pequeños grupos”
- “por la cantidad de alumnos que tengo, la única opción es trabajar en el salón de clases o en el laboratorio de informática”



- “trato siempre que la clase sea participativa... pero eso me trae problemas con el tiempo... por hacerle participar a mis alumnos estoy retrasada en los contenidos pero estoy segura que por más que vayamos un poco más lento ellos entienden un poco más”

- “cuesta un poco entrenarlos y como no somos profesores de dedicación exclusiva, tenemos que cumplir horarios entonces uno se hace de tiempo para ayudarles a resolver sus problemas”

El método para la resolución de problemas que se propone en esta investigación, desarrollada por primera vez por Gil Pérez, et al. (1988) y su influencia en la enseñanza de la Mecánica Clásica es una salida viable ante el inconveniente manifestado por cada docente y es una actividad cuyos resultados se registran más adelante. En el apéndice A.2 se encuentra la estructura de este instrumento y además la descripción detallada de cada docente en sus clases de Mecánica Clásica y de asignaturas de Física en general.

### **c) Resultados referentes a la motivación de los alumnos**

La motivación es una herramienta fundamental para el aprendizaje del alumno (Muñoz, et al, 2012). En este contexto, si el estudiante está motivado por aprender la asignatura es posible suponer que estará motivado para resolver los problemas que lo ayuden a adquirir conocimientos más profundos y no resolverlos de forma superficial, de memoria o mecánica.

La motivación de los alumnos fue percibida desde el comienzo de esta investigación. Son varias las acciones que demostraron el interés de los alumnos hacia esta investigación en la que ellos fueron los principales protagonistas. Además, la innovadora metodología de enseñanza aprendizaje implementada en la asignatura Mecánica Clásica, llevó a los alumnos a realizar hechos poco frecuente, los cuales son asumidos como actos motivados, en los días de clases y en los trabajos a distancia asignados durante la semana. A continuación se señalan algunos de los hechos más relevantes extraídos de las notas de campo:

- Los alumnos ya estaban apostados frente al aula hasta 30 minutos antes del inicio de la clase.

- De las dos horas asignadas según la planificación didáctica, los alumnos pedían permanecer más tiempo en clase, se llegó a dar hasta tres horas de clase.

- Al término de cada clase los alumnos pedían que se les asignen problemas individuales para resolverlos en la pizarra en la siguiente semana.

- 100% de asistencia los días de clases presenciales durante todo el periodo.

- Participación activa de alumnos que son conocidos por una actitud sumisa y desinteresada. Se ofrecían voluntariamente a resolver problemas en la pizarra.

El ambiente en el que se desarrollaron las clases fue propicio para despertar ese espíritu acorde al estudiante de Ciencias, que pregunta cada duda, es curioso, participa en todas las actividades de clase y realiza las tareas a distancia.

En otras palabras, el nuevo enfoque con el que se desarrolló la asignatura Mecánica Clásica implicó un cambio radical en los métodos de enseñanza, que pasaron de asignarle al estudiante un papel secundario o el de un simple oyente, a otorgarle el protagonismo principal en la construcción de su propio aprendizaje, razón por la cual los alumnos se mostraron en todo momento motivados por aprender y también por formar parte de una investigación para el trabajo final de tesis de la Maestría ofrecida por la institución en la cual están estudiando.

A continuación se describen los resultados de las percepciones de los alumnos respecto a la motivación por la resolución de problemas de Mecánica Clásica basado en la Escala Motivacional de Resolución de Problemas que se ha creado para los fines de esta investigación. Para ello se utilizó la herramienta de la estadística básica con el fin de caracterizar el nivel de motivación observado en los alumnos con la aplicación del método Resolución de Problemas como Investigación. Los gráficos correspondientes a cada escala con las puntuaciones de los alumnos se encuentran en apéndice del trabajo. Los resultados muestran, en primer lugar, que los estudiantes evidencian una motivación por la resolución de problemas de Mecánica Clásica que podemos caracterizar, por una alta puntuación en la utilidad percibida de la tarea con un promedio de 5.63, el 73% de las puntuaciones correspondientes a esta sub escala manifestaron estar en total acuerdo con las afirmaciones de cada ítem, 20% corresponde a la puntuación 5 y solo el 7% de los puntajes fueron asignados a los valores 3 y 4. En segundo lugar, aparece la importancia, que corresponde a cuán relevante es para el sujeto realizar bien una determinada tarea, con un puntaje promedio de 5.33, el 60% de los puntajes fueron de 6, 20% fueron asignados al valor 5, 13% al puntaje 3 y 7% de los puntajes corresponden a 3. En un tercer nivel se ubica el costo, esta sub escala del valor refiere a, cómo la decisión de comprometerse en una actividad limita el acceso o la posibilidad de hacer otras; así esta dimensión da cuenta de cuánto esfuerzo demandará realizar esta actividad y su costo emocional. El promedio de los puntajes respecto al costo es de 5.24, el 56% de los valores pertenecen al valor 6 de la escala, 12% al valor 5 y 32%

ponderaron con 4. Finalmente, en un cuarto nivel se ubican el interés (promedio de 5.14) que corresponde al disfrute por resolver los problemas de la asignatura, y las expectativas (promedio de 4.67), referentes al sentimiento de competencia para realizar de manera efectiva la tarea de la resolución de problemas de Mecánica Clásica.

Analizando estos resultados y discutiendo con dos escalas motivacionales construidas a partir del modelo EyV para medir motivaciones diferentes a la resolución de problemas. Por un lado, Muñoz (2012), señala que la expectativa, que en la EMRP se llevó el menor puntaje en general, se relaciona con la pregunta “¿puedo realizar esta tarea?”, que implica tener éxito en una determinada tarea a futuro. En su trabajo, construyó la escala motivacional por la Lectura Académica (EMLA) y obtuvo la puntuación más alta correspondiente a la sub escala “Utilidad”, seguida por la “Expectativa”, “Costo”, “Importancia” y en último lugar se ubica el “Interés”. Por otro lado, Bejarano et al, (2013), diseñó un instrumento para medir la motivación hacia el pensamiento crítico (EMPC). Los resultados indican que la sub escala con la media más alta corresponde a “Importancia” mientras que la escala “Expectativa” presenta la media más baja al igual que la EMRP utilizada en esta investigación. Estas diferencias en las puntuaciones se deben a la finalidad para las que se han diseñado cada escala y a las características de los grupos de alumnos a quienes se ha aplicado el cuestionario.

A continuación, en la figura 4 se presentan los resultados de los puntajes promedios de cada criterio de evaluación estudiado en la EMRP.

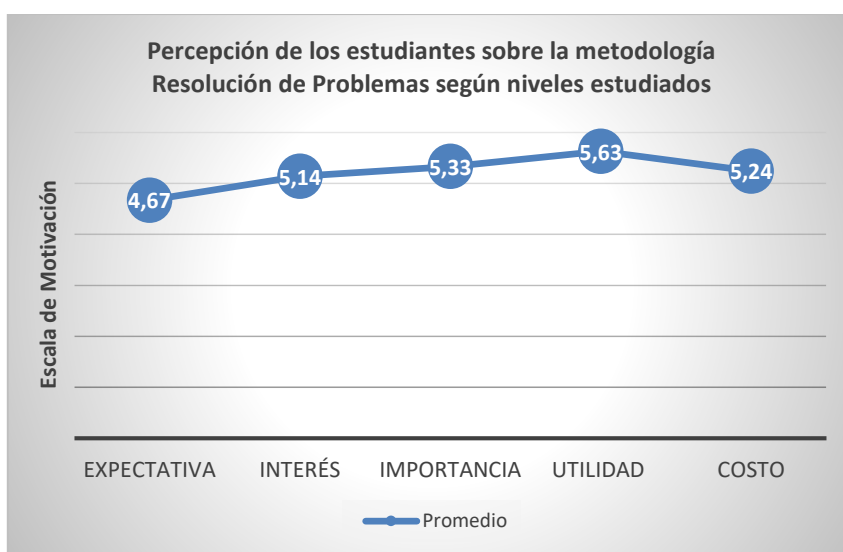


Figura 4: Promedio de las puntuaciones a cada criterio en la EMRP

En cuanto a los ítems de cada sub escala se resaltan algunos resultados de importancia. El mayor promedio entre los ítems se encuentran en la sub escalas Importancia: “Es importante la resolución de problemas para todos los cursos de Física” (6); Utilidad: “Considero útil la resolución de problemas de Mecánica Clásica para desarrollar ciertas competencias profesionales” (6) y Costo: “Vale la pena invertir tiempo y esfuerzo para resolver problemas de Mecánica Clásica”; seguido por los ítems “Para mí, la resolución de problemas es importante para complementar la materia en estudio” (5.8), de la sub escala Importancia, “La resolución de problemas de Mecánica Clásica me ayudará a ser un buen profesional” (5.8), de la sub escala Utilidad, “Cuando debo resolver un problema de Mecánica Clásica, le dedico todo el tiempo necesario hasta terminarla de manera adecuada “ (5.8), de la sub escala Costo. Los ítems de menor puntuación media son “Cuando se trata de interpretar un problema, soy mejor que la mayoría de mis compañeros” (4) en la sub escala Expectativa y “Para mí es importante tener resuelto los problemas antes de clase (cuando corresponda)” (4.4), en la sub escala Importancia.

#### **d) Resultados referentes al tiempo de resolución de problemas**

Resolver un problema de Mecánica Clásica requiere de un tiempo considerable debido al formalismo matemático que implica poner en práctica las teorías de esta rama de la Física. Para ello la mecánica parte de unos postulados o principios fundamentales, sobre los que se basa una teoría a través de modelos matemáticos, dando así una interpretación coherente a las observaciones experimentales (Goicolea, 2001). No obstante, no es el único método por el cual se puede resolver un problema, por ejemplo, de la dinámica de una partícula.

En este sentido, las pruebas diseñadas especialmente para medir el tiempo que le toma a cada alumno resolver, en horas de clase, problemas propuestos que tienen la particularidad de resolución, primeramente por leyes tradicionales de la Física, con la teoría previamente ya estudiada junto con el profesor y con los problemas como un refuerzo a los conocimientos previos, esto es denominado el método tradicional, el que se utiliza habitualmente para todas las clases de Física y que en una de las actividades anteriores de esta investigación se ha descrito por completo; y por otro lado por el método de Resolución de Problemas como Investigación, el cual se ha propuesto aquí como una estrategia metodológica innovadora.

Las parejas con los problemas en común empezaron a trabajar en equipo, pero con la seriedad propia de una evaluación escrita, es decir, con un tiempo límite para terminar los problemas propuestos. De las anotaciones de campo se destacan algunas observaciones durante el desarrollo de esta actividad:

- Predominio de un debate ameno por parte de las parejas en cuanto a la interpretación física del enunciado de los problemas, la identificación de las variables y las ecuaciones a utilizar.

- El profesor solo se encargó de controlar el tiempo ya que no podían realizar consultas sobre la solución de los problemas, es más, los alumnos solamente consultaban con su par.

- Rápida resolución de los problemas con el método tradicional pero muchas dudas y atascos en la resolución por el método investigativo.

Por otra parte, con el fin de establecer las diferencias en el uso del tiempo de clase cuando se aplica el método “Resolución de problemas como investigación” en lugar del método tradicional para resolver problemas de Mecánica Clásica, en las figuras 5 y 6 se observan los resultados por grupo de los tiempos de resolución de los problemas 1 y 2.

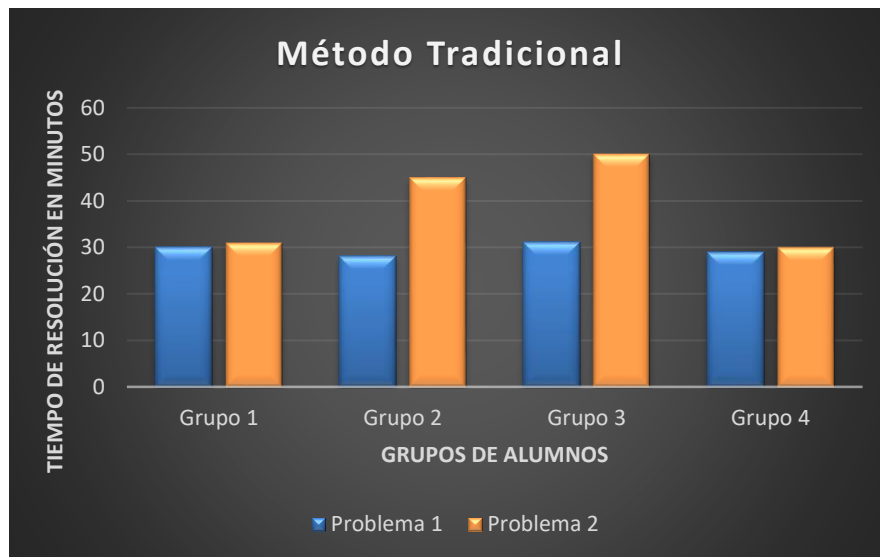
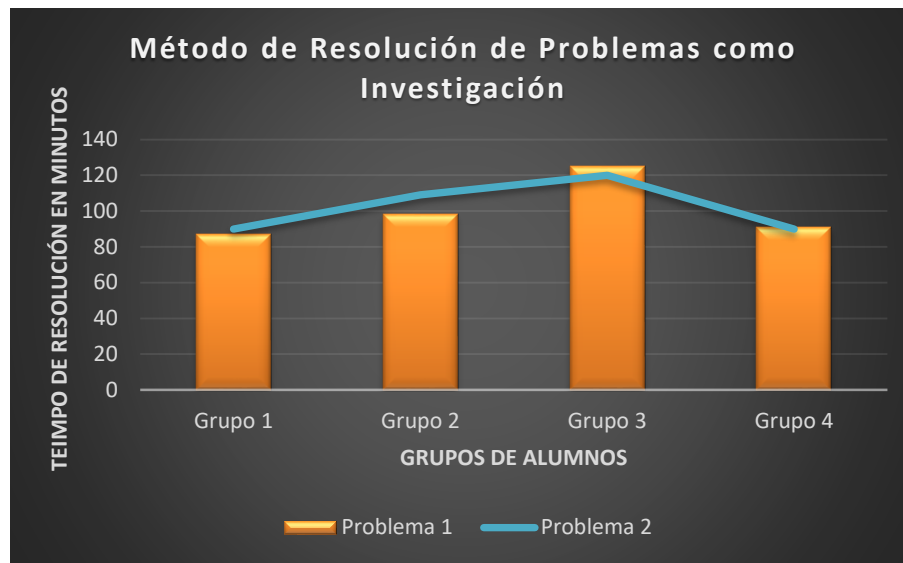


Figura 5: Tiempos de resolución de problemas. Método Tradicional



*Figura 6:* Tiempos de resolución de problemas. Método Investigativo

Con el método tradicional el 75% de los alumnos culminó un problema en un tiempo promedio de 30 minutos, mientras que a los restantes 25% les llevó aproximadamente 48 minutos de resolución. La totalidad de los alumnos logró terminar el problema con este método.

Con el método de resolución de problemas como investigación, al 50% de los alumnos le tomó alrededor de 90 minutos terminar el problema, al 25% aproximadamente 104 minutos y al 15% restante le tomó más de dos horas reloj llegar al resultado del problema. Aquí es importante destacar que durante las horas de clase no fue posible para ninguno de los alumnos terminar los problemas por el último método ya que como bien es sabido, el horario de clase de la asignatura es de 19:00 a 21:00 horas y la actividad se llevó a cabo en una única sesión en el aula. De esta forma, quedó como una actividad a distancia para los alumnos terminar los problemas e indicar el tiempo invertido para resolverlos y sumar al tiempo de resolución en clase.

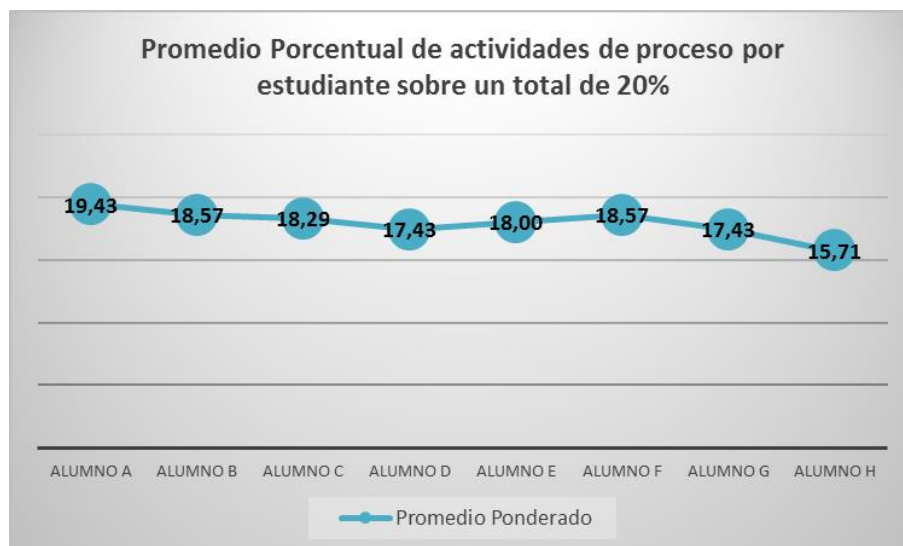
Estos resultados demuestran lo que en principio se esperaba, el método tradicional implica un menor tiempo de resolución y una realización de la tarea más fácil, en contrapartida al método de resolución como investigación que requiere invertir mayor tiempo y un camino más complicado en el proceso de resolución para llegar al mismo resultado tal y como lo señala Gil Pérez (1983) en su modelo de Resolución de Problemas como Investigación quien divide los procesos de resolución en las siguientes fases: Comenzar por un estudio cualitativo

de la situación, emitir hipótesis de fácil interpretación física, elaborar y explicar posibles estrategias de resolución antes de proceder a ésta, Realizar la resolución verbalizando al máximo, analizar cuidadosamente los resultados a la luz de las hipótesis elaboradas. Gran parte de estos pasos se siguieron en esta investigación, lo cual implica una inversión de tiempo en la resolución mayor a lo habitual.

Sin embargo, puesto que el extenso campo de aplicación de la Mecánica Clásica en diversas áreas de la Física debido al formalismo matemático complejo que se utiliza para la deducción de ecuaciones y la resolución de problemas, es de manifiesto expreso por los alumnos que el beneficio que se obtiene al aplicar el método de resolución sobre todo en los procesos o constructos matemáticos sugerido en este trabajo es mucho mayor al riesgo que implica destinar más tiempo de lo habitual a resolver un problema por esta vía. En otras palabras, con el método tradicional se pueden resolver cantidad de problemas en menor tiempo y con mayor facilidad para llegar rápidamente al resultado, pero los beneficios de la aplicación del método propuesto van más allá de lo que se pueda lograr en la clase de la asignatura Mecánica Clásica.

**e) Resultados referente a las capacidades de resolución de problemas de Mecánica Clásica utilizando el Método de Resolución de Problemas como Investigación**

Todas las actividades académicas, ya sean de clase o a distancia, a lo largo del periodo, se ven reflejados en los resultados de las guías de ejercicios, pruebas diagnósticas, resolución de problemas en la pizarra, trabajos de investigación a distancia, los cuales equivalen al 20% de la calificación final correspondiente a la Evaluación por Proceso asignado por la FACET. Estos resultados se presentan en la figura 7.



*Figura 7: Puntajes promedio en las actividades de proceso*

Los resultados demuestran que se obtuvo un puntaje promedio general de 17.9 el cual equivale a un rendimiento del 89% de las actividades impartidas por el docente a lo largo del curso. Este resultado no es concluyente para determinar la eficacia del método de resolución de problemas utilizado para la comprensión de la asignatura pero no se puede negar que favorece en un alto grado el aprendizaje de los alumnos. Es importante destacar la predisposición de los estudiantes ante cada tarea que se les asignaba en clase indistintamente al premio de los 20% de la nota final que obtenían por realizar cualquiera de las tareas establecidas, todas estas acciones favorables al alumno y a la investigación ya fueron descritas como un acto motivado en la sección “motivación de los alumnos”. La variación de los puntajes de proceso se debe a múltiples factores, principalmente a la ausencia de cada alumno los días de clase por diversos motivos ya que no hubo tiempo de recuperar los puntos perdidos por ausencia. Los que asistieron a todas las clases son los que se han llevado los mejores puntajes del proceso.

El examen parcial escrito se realizó una única vez por imposición de la Coordinación Académica y se asignó al mismo un porcentaje del 20% de la calificación final. Los resultados de esta evaluación (sobre el 100%) son los siguientes: 100%, 77%, 77%, 77%, 76%, 63%, 58% y 57%. Es importante aclarar que estos porcentajes reflejan el rendimiento académico de las parciales de cada alumno plasmado en una prueba escrita diseñada exclusivamente para medir la capacidad de resolución de problemas de Mecánica Clásica. La figura 8 muestra estos resultados.



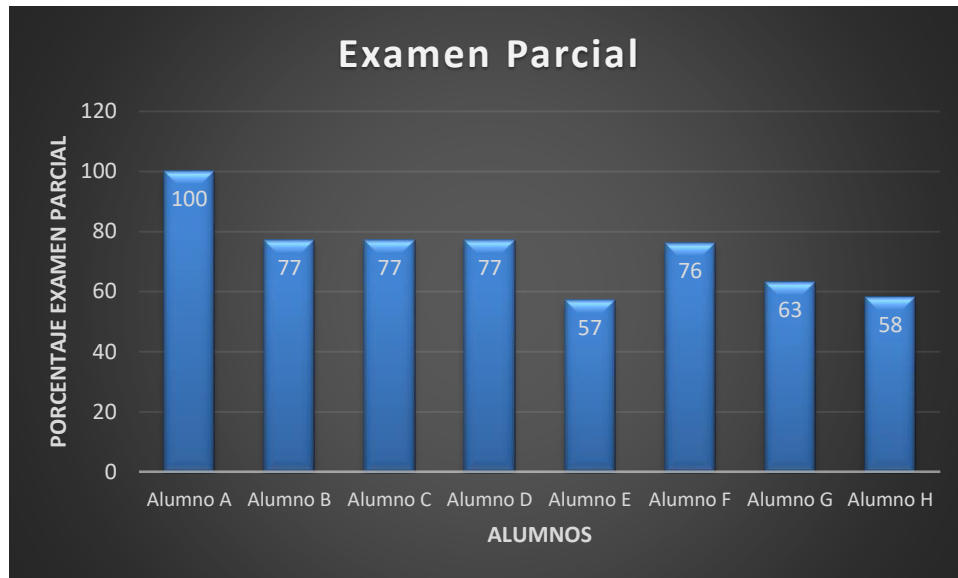


Figura 8: Resultados del examen parcial de Mecánica Clásica

Por último, los resultados del examen final se muestran en la figura 9.

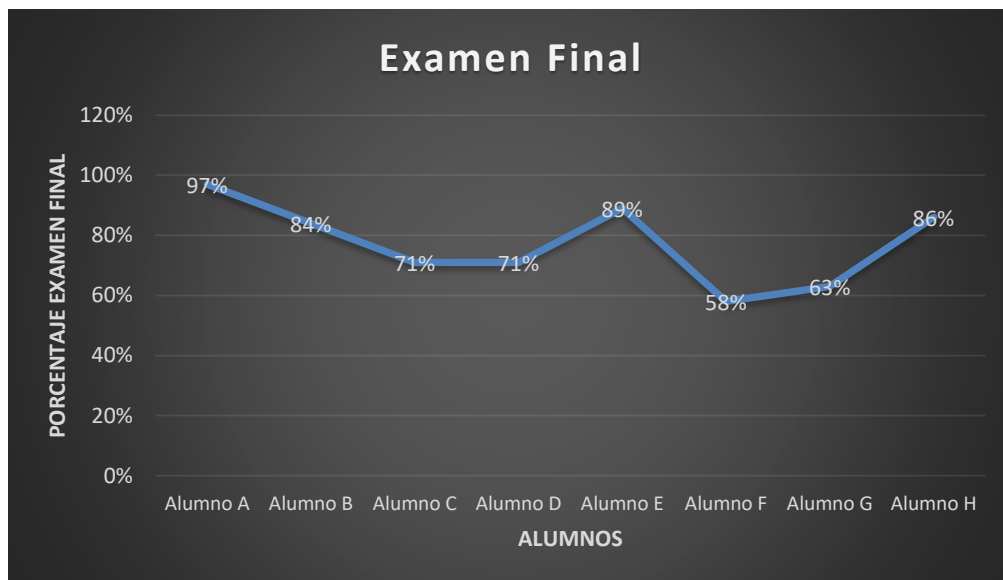


Figura 9: Resultados del examen final de Mecánica Clásica

Las calificaciones finales correspondientes a los porcentajes acumulados en las actividades de proceso, prueba parcial y examen final se clasifican del 1 al 5 los cuales son registrados en actas de exámenes según la siguiente escala de acuerdo al Artículo 47 del Reglamento de Grado de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas:

|           | Calificación numérica | Calificación conceptual |
|-----------|-----------------------|-------------------------|
| Reprobado | 1 (uno)               | Insuficiente            |

|          |            |               |
|----------|------------|---------------|
| Aprobado | 2 (dos)    | Regular       |
| Aprobado | 3 (tres)   | Bueno         |
| Aprobado | 4 (cuatro) | Distinguido   |
| Aprobado | 5 (cinco)  | Sobresaliente |

Finalmente las calificaciones de los alumnos se muestran en la tabla 6:

*Tabla 6:* Calificación final de la asignatura Mecánica Clásica

| <b>Alumno</b>   | <b>Calificación Final</b> |
|-----------------|---------------------------|
| <b>Alumno A</b> | 5                         |
| <b>Alumno B</b> | 3                         |
| <b>Alumno C</b> | 2                         |
| <b>Alumno D</b> | 2                         |
| <b>Alumno E</b> | 3                         |
| <b>Alumno F</b> | 2                         |
| <b>Alumno G</b> | 2                         |
| <b>Alumno H</b> | 3                         |

Como se puede ver, la totalidad de los alumnos ha aprobado la asignatura. La calificación promedio fue de 2.75 que de acuerdo a la calificación conceptual corresponde a un rendimiento académico bueno. Varela (1997) en su trabajo explica que un cambio superior obtenido en los resultados de aprendizaje en grupos de alumnos de Mecánica y Electricidad está, sin duda, en el tipo de metodología de resolución de problemas con que han trabajado los alumnos, en el cual las fases de análisis del problema y emisión de hipótesis les ha permitido explicitar sus ideas previas acerca de los conceptos que iban apareciendo en los problemas, mientras que el análisis de resultados ha favorecido la creación de conflictos cognitivos; ambas circunstancias son fundamentales para la consecución de un cambio conceptual significativo.

## CAPÍTULO V. CONCLUSIÓN

En primer lugar, es importante resaltar que por las características de la muestra los resultados permiten entender una realidad en un contexto particular, pero no pretenden ser un estadístico de generalización.

Las estrategias didácticas que utilizan habitualmente los docentes que formaron parte de esta investigación para enseñar a resolver problemas de Mecánica Clásica son diferentes, en el sentido que cada profesor, de acuerdo a los años de experiencia en la docencia, al grupo de alumnos que maneja y a la institución a la cual imparte enseñanza, posee sus propias técnicas para enseñar dentro del aula, algunos utilizan más el método expositivo que el participativo, otros simplemente no hacen participar a los alumnos. También se ha observado que la evaluación del proceso en clase es poco utilizada, limitándose a determinar la capacidad de resolución de problemas y de comprensión de la asignatura en pruebas parciales y finales, omitiendo el proceso de construcción del conocimiento que se ha realizado a lo largo del curso, como por ejemplo el uso de laboratorio para clases de retroalimentación que en ninguna de las respuestas de la entrevista fue mencionado por ningún docente.

Sin embargo, todos ellos manifestaron el mismo inconveniente por el cual muchas veces no pueden cambiar, sin una preparación previa, la forma en la que van a dar las clases presenciales. Se trata del tiempo o carga horaria destinada a desarrollar todas las unidades programáticas de la malla curricular de las instituciones que según lo expresado por estos docentes entrevistados, resulta ser muy extenso y poco específico para tan poco tiempo, o en todo caso, que se aumente la cantidad de horas (pero esto obliga a las instituciones a aumentar los salarios de profesores) para idear nuevas estrategias metodológicas que ayude a los alumnos a comprender la asignatura y mejorar su rendimiento académico.

Muchas veces esta práctica docente es debido a que el propio sistema académico impuesto por cada una de las instituciones en las que imparten enseñanza requieren de una evaluación por contenidos y no por competencia, esto significa que se prioriza en un mayor grado a la culminación de los contenidos de la malla curricular o en todo caso llegar lo más lejos posible. Esta acción conlleva a enfrentar inconvenientes en el tiempo destinado a las horas de clase en aula y, sin duda alguna resta importancia al proceso de enseñanza aprendizaje por el cual que el alumno construye su propio conocimiento. No obstante, un factor común notable y alentador que se ha percibido en los docentes entrevistados es la predisposición de

cada uno en cuanto a cambiar técnicas, métodos de enseñanza y estrategias metodológicas con el único fin de que el alumno sea el principal beneficiado ya que al final de cuentas es por el beneficio de ellos que se realizó esta investigación.

No obstante, según lo manifestado por los docentes, hubo casos en los que alumnos han obtenido excelentes resultados académicos aun con los métodos tradicionales utilizados, lo que significa que poseen óptimas capacidades de resolución como las herramientas matemáticas utilizadas o la interpretación física de un problema. Esta información no es menos importante que el hecho de que en un alto porcentaje los alumnos tienden al fracaso escolar reflejado en los bajos puntajes de pruebas, exámenes, trabajos prácticos, etc., sino que revela una importante conclusión acerca del desempeño de los alumnos que son autodidactas, que pueden aprender perfectamente una asignatura compleja como lo es la Mecánica Clásica aun con la mínima participación en clase o con las pocas horas en aula. En otras palabras, el alumno dedicado, que se compromete con la causa, que se preocupa y no se queda conforme con lo dado en la clase, puede obtener un buen desempeño en la asignatura y conseguir excelentes resultados de aprendizaje sea cual sea el método de resolución de problemas utilizado.

Por otra parte, la descripción de los procedimientos que utilizan los estudiantes del 4° año de la Licenciatura en Matemáticas y Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas para resolver problemas de Mecánica Clásica ha despertado, en primer lugar, la preocupación del docente que llevó a cabo la investigación con el grupo de alumnos, y por la comunidad educativa de la FACET y de la UNC, debido al bajo rendimiento que obtuvo cada alumno en el desempeño de esta tarea, que se vio reflejado en los bajos puntajes de cada criterio evaluado. En segundo lugar, se ha evidenciado ciertos vicios metodológicos o hábitos de resolución por parte de los alumnos que no son favorables para su aprendizaje, y que por cuestiones académicas tal vez ajenas a los propios alumnos y al docente no se han detectado, lo que imposibilita buscar una solución que ayude a los estudiantes mejorar su desempeño en la asignatura en estudio y en otras áreas de la Física.

Este trabajo de investigación se propuso explorar una nueva estrategia tanto para el docente como para los alumnos a la hora de resolver un problema de Mecánica Clásica, que es aplicable en todas las asignaturas de Física. El formalismo matemático utilizado ayuda a mejorar el manejo de esta herramienta para enfrentar problemas más complejos y se hace una

mención especial a la capacidad de análisis y síntesis para la comprensión de cada enunciado propuesto, debido a que el menor puntaje obtenido por los alumnos fue en este criterio que evalúa la capacidad de interpretar físicamente un problema de Mecánica Clásica, considerado la parte principal para lograr la resolución del mismo.

El docente y los estudiantes que formaron parte de esta investigación en donde se ha utilizado un método de resolución de problemas como investigación dirigida, han desarrollado en primer lugar, capacidades de trabajo en equipo, el aula se volvió un espacio de intercambio de ideas y el aporte del estudiante era considerado fundamental para los procesos de resolución. El docente en todo momento realizó el rol de mediador, orientador y dejó de lado el rol de único experto pasando a ser co-aprendiz del alumno.

Los resultados en cuanto a la motivación de los alumnos para resolver problemas de Mecánica Clásica con el método de Resolución de Problemas como Investigación permiten describir la realidad de la población en los cuales se establecen que la comprensión de los factores motivacionales inciden en la adquisición y desempeño de las habilidades para resolver los problemas de la asignatura estudiada.

El análisis de las medias para cada sub escala y el grado de participación señalan que la expectativa hacia la resolución de problemas de Mecánica Clásica es baja, es decir que aparece una duda sobre las expectativas propias respecto de resolver los problemas correctamente estar capacitado para resolverlos; las capacidades propias - o lo que creen que depende de sí mismos para lograr la resolución de los problemas propuestos son menos valoradas.

El orden de las sub escalas de valor de la tarea: Utilidad, Importancia, Costo e Interés, de mayor a menor, invita a pensar que para este grupo está muy claro que es útil e importante y la resolución de problemas de Mecánica Clásica, pero que no se está tan dispuesto a pagar el costo (hacer esfuerzos) por realizar la tarea, y que no existe tanto interés por hacerlo.

Al comparar los tiempos de resolución de problemas propuestos de Mecánica Clásica por un lado, por el método tradicional de resolución y por otro lado utilizando el Método de Resolución de Problemas como Investigación, se observó que los alumnos invierten un menor tiempo en el proceso de resolución cuando el docente se encarga de exponer la teoría, realizar en parte la solución y utilizarlo como complemento para reforzar los conocimientos previos, esto se refiere al método tradicional de resolución, que por lo expresado por los

propios alumnos, demanda una mayor facilidad en la realización de esta tarea; en lugar de comenzar una clase con la presentación del problema sin ninguna teoría previa, generar sus propios materiales de lectura, investigar por cuenta propia los contenidos que ayuden a resolver el problema, emitir hipótesis para manejar otras vías de resolución y utilizar el formalismo que requiere la asignatura Mecánica Clásica, todo esto hace mención al método de Resolución de Problemas como investigación, el cual, según lo manifestado por el grupo experimental, implica invertir mucho más tiempo que el método tradicional y resulta mucho más difícil y complicado realizarlo debido a la matemática avanzada utilizada en el proceso de solución.

Pero no todo es negativo en esta actividad. Bien se ha explicado que la teoría de la Mecánica Clásica tiene un amplio campo de aplicación en diversas áreas de la Física debido al formalismo matemático complejo que se utiliza para la deducción de ecuaciones y la resolución de problemas, por lo tanto, es de manifiesto expreso por los alumnos que el beneficio que se obtiene al aplicar el método de resolución sugerido en este trabajo es mucho mayor al riesgo que implica destinar más tiempo de lo habitual a resolver un problema por esta vía. En otras palabras, con el método tradicional se pueden resolver cantidad de problemas en menor tiempo y con mayor facilidad pero los beneficios de la aplicación del método propuesto van más allá de lo que se pueda lograr en la clase de la asignatura Mecánica Clásica.

La evaluación de las actividades de proceso demuestran que se obtuvo un puntaje promedio general de 17.9 el cual equivale a un rendimiento del 89% distribuidos en trabajos de investigación, resolución de problemas de las guías de ejercicios, presentación de los resultados en la pizarra y algunas pruebas al término de la unidades de desarrollo. Los resultados de los procesos de años anteriores en donde se ha utilizado el método tradicional de resolución arrojan un puntaje promedio general de 13.5 correspondiente a un rendimiento en aula del 67%.

Los puntajes de las evaluaciones parciales y finales con el grupo experimental presentan una marcada mejoría en comparación a pruebas parciales y finales de años anteriores. El porcentaje promedio del examen parcial utilizando el método de Resolución de Problemas como Investigación fue de 73%, el promedio de años anteriores para las parciales fue de 48%. En el examen final, con el método propuesto en esta investigación, se obtuvo un porcentaje

promedio de 77% con una calificación media 2.75, mientras que en años anteriores el porcentaje promedio de los exámenes finales fue de 63% con una calificación media de 1.95. Aquí es importante aclarar que con el grupo experimental, es decir, los que han utilizado el método propuesto, no hubo alumnos reprobados, en contrapartida a los puntajes finales de años anteriores en donde sí hubo alumnos que han reprobado la asignatura.

A la vista de las mejoras en los resultados de aprendizaje obtenidos, se puede concluir que los efectos en los resultados de aprendizaje de la aplicación del método “Resolución de Problemas como Investigación”, para desarrollar capacidades de resolución de problemas de Mecánica Clásica, en alumnos del 4º año de la carrera Licenciatura en Matemáticas y Física, de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Concepción, han sido muy favorables y se recomienda para el futuro replicar el experimento con un diseño experimental que involucre grupos más numerosos de alumnos.

Por último, la hipótesis del trabajo de investigación planteada al inicio, se demuestra plenamente, es decir, la correcta aplicación del método: “Resolución de Problemas como Investigación” fortalece las capacidades de resolución de problemas de Mecánica Clásica y mejora los resultados de aprendizaje de los alumnos del 4º año de la carrera Licenciatura en Matemáticas y Física de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnológicas de la Universidad Nacional de Concepción.

## BIBLIOGRAFIA

- BEJARANO, L. GALVÁN, F. LÓPEZ, B. (2013). Pensamiento Crítico y Motivación hacia el Pensamiento Crítico en Estudiantes de Psicología. Centro de Estudios Avanzados en Niñez y Juventud. Cinde Universidad de Manizales. Maestría en Educación y Desarrollo Humano. Manizales. Colombia
- BUTELER, L. (2003). La Resolución de Problemas en Física y su relación con el enunciado. Trabajo de Tesis presentado a la Facultad de Matemática, Astronomía y Física para acceder al grado de Doctor en Física. Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- CHEUNG, K. y TAYLOR, R. (1991). Towards a humanistic constructivist model of science learning: changing perspectives and research implications. *J. Curriculum Studies*, 23(1), pp. 21-40.
- CORTINA, J. M. (1993). What is coefficient alpha? An examination of theory and applications. *Journal of Applied Psychology*, 78, 98-104.
- DECI, E. L. Y RYAN, R. M. (1985). *Intrinsic motivation and self-determination in human behavior*. Nueva York: Plenum.
- DECI, E. L. Y RYAN, R. M. (1999). A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation. *Psychological Bulletin*, 125(6), 627-668.
- DEL VALLE CORONEL, M. CUROTTO, M. (2008). La resolución de problemas como estrategia de enseñanza y aprendizaje. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 7 N°2 (2008)*. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de Catamarca. Argentina.
- ECCLES, J. Y WIGFIELD, A. (2002). Motivational beliefs, values and goals. En S. T. Fiske, D. L. Schacter y C. Sahn-Waxler (Eds.). *Annual Review of Psychology* (pp. 109-132). Palo Alto, CA: Annual Reviews.
- EDEL, R. (2003). El Rendimiento Académico: Concepto, Investigación y Desarrollo. *Revista Electrónica Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación* 2003, Vol. 1, No. 2. Disponible en: <http://www.ice.deusto.es/rinace/reice/vol1n2/Edel.pdf>.
- ELLIOT, (1996). *La Investigación - Acción en Educación*. Madrid: Morata.



- FERNANDEZ R, SERVER GARCÍA P. CARBALLO RAMOS E. (2006). Aprendizaje con nuevas tecnologías paradigma emergente. ¿Nuevas modalidades de aprendizaje? Eductec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa Núm. 20.
- GIL FLORES, J. (2017). Rasgos del profesorado asociados al uso de diferentes estrategias metodológicas en las clases de ciencias. Revista Enseñanza de las Ciencias, 35.1 (2017): 175-192. Universidad de Sevilla – España.
- GIL PÉREZ, D. FURIÓ MÁZ, C. VALDÉS, P. SALINAS, J. MARTÍNEZ-TORREGROSA, J. GUIASOLA, J. GONZÁLEZ, E. DUMAS-CARRÉ, A. GOFFARD, M. PESSOA DE CARVALHO, A. (1999). ¿Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lápiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? Revista Enseñanza de las Ciencias, 1999, 17 (2), 311-320. Universitat de València. España. Instituto Superior Pedagógico EJ Varona. La Habana. Cuba. Universidad de Tucumán. Argentina. Universidad de Alicante. España. Universidad del País Vasco. España. Universidad de Córdoba. Argentina. Université Paris. Francia. Universidad de São Paulo. Brasil.
- GIL PÉREZ, D. MARTÍNEZTORREGROSA, J. SENENT PÉREZ, F. (1987). El Fracaso en la Resolución de Problemas de Física: Una investigación orientada por nuevos supuestos. II Congreso Internacional sobre investigación en la Didáctica de las Ciencias las Matemáticas. Universidad de Barcelona y Universidad de Valencia. España.
- GIL PÉREZ, D., DUMAS CARRÉ, A., CAILLOT, M. y MARTÍNEZ TORREGROSA, J. (1990). Problem solving in the physical sciences as a research activity. Studies in Sci. Educ., 18, pp. 137-151.
- GOICOLEA, J (2001). Curso de Mecánica. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. España.
- HALPERN, D. F. (1998). Teaching critical thinking for transfer across domains. American Psychologist. 53(4), 449-455.
- HEGARTY-HARZEL, E.Y PROSSER, M. (1991) Relationship between students' conceptual knowledge and study strategies- part 1: students learning in physics, en International Journal of Science Education, 13, 303-312.

- LARKIN, J. (1980). Teaching problem representation and skill en physics. En Tuma, D Y REIF, F. (Eds). Proceeding of a Conference Problem Solving an Education, held at Carnegie-Mellon University. Hillsdale, NY: Erlbaum.
- LARKIN, J. (1983) The Role of Problem Representation in Physics in Gentner, D and Stevens, A. L. (Eds). Mental Models. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- LOPES, B. COSTA, N. (1996). Modelo de Enseñanza-Aprendizaje Centrado en la Resolución de Problemas: Fundamentación, Presentación e Implicaciones Educativas. Revista Enseñanza de las Ciencias, 1996, 14 (1), 45-61. Seccáo de Física. UTAD. Quinta de Prados. 5000 Vila Real. Portugal. Seccáo Autónoma de Didáctica e Tecnologia Educativa. U. Aveiro. 3800 Aveiro. Portugal
- MARION, J. (1975). Dinámica Clásica de Sistemas y Partículas. 2ª Edición. Editorial Reverté, Universidad de Maryland College Park, NY, p. 1-2, y p. 201-202.
- MUÑOZ, C., FERREIRA, S., SÁNCHEZ, P., SANTANDER, S., PÉREZ, M. Y VALENZUELA, J. (2012). Características psicométricas de una escala para caracterizar la motivación por la lectura académica. Revista Electrónica de Investigación Educativa, 14(2), 118-132. Consultado en <http://redie.uabc.mx/vol14no2/contenido-munozetal.html>
- OSBORNE, J.R. y FREYBER, G. P. (1985). Learning in Science. The implications of children's science. Londres: Heinemann. Trad. cast. (1991). El aprendizaje de las Ciencias. Madrid: Narcea.
- PERALES, f. (1993). La Resolución de Problemas: Una Revisión Estructurada. Revista Enseñanza de las Ciencias, 1993, 11 (2), 170-178. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales. Facultad de Ciencias de la Educación. Campus Universitario de Cartuja. Granada. España.
- PERALES, F. (1998). La Resolución de Problemas en la Didáctica de las Ciencias Experimentales. Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Granada (España).
- PÓSITO DE ROCA, R. (2012). El problema de enseñar y aprender ciencias naturales en los nuevos ambientes educativos. Diseño de un gestor de prácticas de aprendizaje GPA. Universidad Nacional de la Plata - Facultad de Informática. Argentina.

- ROSU, H. Curso: Mecánica Clásica. Curso de Maestría. Los Álamos Electronic Archives. Guanajuato – México.
- SANTOS, E. (1991). Mudança Conceptual na sala de aula. Lisboa: Livros Horizonte.
- SILVIA, P. J. (2006). Exploring the psychology of interest. Oxford University Press.
- SOLAZ-PORTOLÉS, J. SANJOSÉ LÓPEZ, V. (2007). Resolución de problemas, modelos mentales e instrucción. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias Vol. 6 N° 1 (2007). Universidad de Valencia. España.
- STEWART, J. y HAFNER, R. (1991). Extending the conception of «problem» in problem-solving research. Science Education, 75(1), pp. 105-120.
- STINNER, A. (1990). Philosophy, thought experiments and large context problems in the secondary school physics course. Int. J. Sci. Educ., 12(3), pp. 244-257.
- STREINER, D. L. (2003). Starting at the beginning: An introduction to coefficient alpha and internal consistency. Journal of Personality Assessment, 80(1), 99-103.
- TAVARES, J. (1988). O modelo de ensino-aprendizagem segundo C. Butler e as suas implicacoes didácticas. Actas del 1° Encontro Nacional de Didácticas e Metodologias de Ensino, pp. 1-13. Aveiro.
- VALENZUELA, J. & NIETO, A. (2008). Motivación y pensamiento crítico: Aportes para el estudio de esta relación. Revista Electrónica de Motivación y Emoción, 11(28). Recuperado de: <http://reme.uji.es/articulos/numero28/article3/texto.html>
- VARELA, N.MARTÍNEZ, A. (1997). Una estrategia de cambio conceptual en la enseñanza de la física: La resolución de problemas como actividad de investigación. Revista Enseñanza de las Ciencias, 1997, 15 (2), 173-188. Universidad Complutense de Madrid. España.
- VÁZQUEZ, S. BUSTOS, P. NÚÑEZ, G. MAZZITELLI, C. (2004). Planteo de situaciones problemáticas como estrategia integradora en la enseñanza de las ciencias y la tecnología. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, Vol. 3, N° 1, 73-85 (2004). Instituto de Investigación en Educación en las Ciencias Experimentales, Facultad de Filosofía, Humanidades y Artes, Universidad Nacional de San Juan, San Juan, República Argentina.

ZOLLER, U., LUBEZKY, A., NAKHLEH, M.B., TESSIER, B. Y DORI, Y.J (1995).  
Success on algorithmic and LOCS vs. Conceptual chemistry exam questions. *Journal of Chemical Education*, 72 (11), 987-989.

## Apéndice

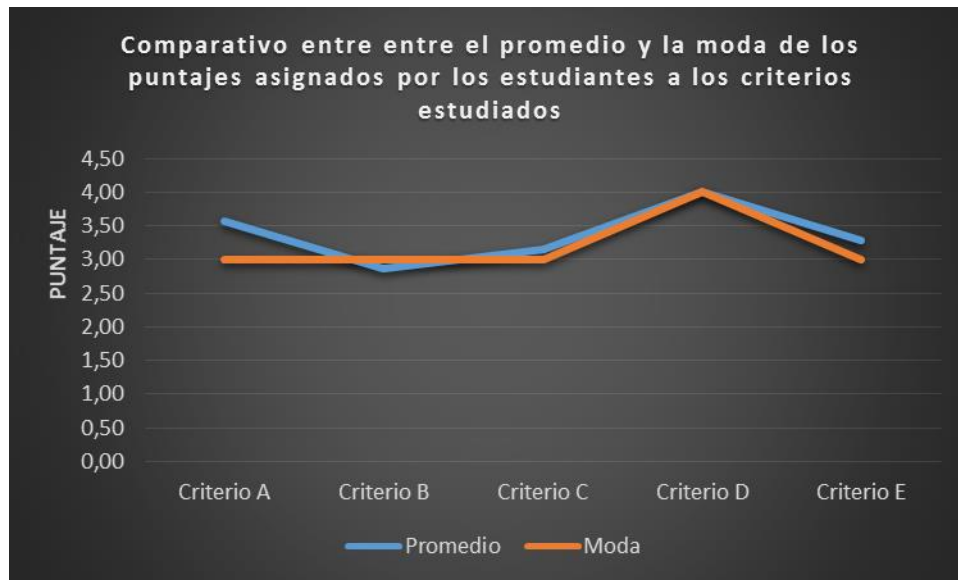


Figura 10: Puntajes promedio y moda de los criterios de desempeño individual para la resolución de problemas



Figura 11: Percepción de los estudiantes en la EMRP. Escala: Expectativa



Figura 12: Percepción de los estudiantes en la EMRP. Sub escala: Interés



Figura 13: Percepción de los estudiantes en la EMRP. Sub escala: Importancia



Figura 14: Percepción de los estudiantes en la EMRP. Sub escala: Utilidad



Figura 15: Percepción de los estudiantes en la EMRP. Sub escala: Costo

### A.1- Capacidades observadas en los alumnos al resolver problemas de Mecánica Clásica

| <b>Criterios</b>   | <b>Escala</b>   | <b>Alumno A</b> | <b>Alumno B</b> | <b>Alumno C</b> | <b>Alumno D</b> | <b>Alumno E</b> | <b>Alumno F</b> | <b>Alumno G</b> | <b>Alumno H</b> |
|--|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| <i>Capacidad de utilizar herramientas matemáticas</i>              | 1. Insuficiente: El estudiante no posee ninguna habilidad matemática y desconoce las ecuaciones tradicionales de movimiento para la resolución del problema                               |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|  | 2. Aceptable: El estudiante posee limitados recursos para efectuar operaciones matemáticas y desconoce las ecuaciones tradicionales de movimiento   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|  | 3. Bueno: El estudiante posee buenas habilidades matemáticas y aplica parcialmente las ecuaciones tradicionales de movimiento.  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|  | 4. Muy bueno: El estudiante posee muy buenas habilidades matemáticas y aplica todas las ecuaciones tradicionales de movimiento.   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|  | 5. Excelente: El estudiante posee excelentes habilidades matemáticas, aplica todas las ecuaciones tradicionales de movimiento, utiliza correctamente el formalismo de la Mecánica Clásica |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
| <i>Capacidad de análisis y síntesis (Comprensión del problema)</i> | 1. Insuficiente: El estudiante no comprende el problema, no puede contestar ninguna de las preguntas planteadas adecuadamente   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|  | 2. Aceptable: El estudiante demuestra escasa comprensión del problema, no puede contestar con precisión la mayoría de las preguntas planteadas  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|  | 3. Bueno: El estudiante demuestra buena comprensión del problema, contesta con precisión la mitad de las preguntas planteadas   |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |
|  | 4. Muy bueno: El estudiante demuestra una considerable comprensión del problema, contesta con precisión la mayoría de las preguntas planteadas  |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |                 |



|  |   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|---|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  | 5. Excelente: El estudiante supera el objetivo, la expectativa, evidenciando una completa comprensión del problema, relacionando con otros temas adelantándose a todas las preguntas posibles |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>Uso del tiempo promedio en la resolución y resolución de un problema tipo</i> | 1. Insuficiente: El estudiante no logra terminar en el tiempo asignado. El uso del tiempo es inadecuado.  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 2. Aceptable: El estudiante confronta con problemas menores en el uso del tiempo para la resolución, no resuelve en el tiempo pautado   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 3. Bueno: El estudiante usa adecuadamente el tiempo para la resolución aunque en algunos momentos con prisa o demasiada lentitud omitiendo procedimientos importantes                         |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 4. Muy bueno: El estudiante resuelve en tiempo pero no en forma. Utiliza adecuadamente el tiempo para la resolución. La información ofrecida es incompleta                                    |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 5. Excelente: El estudiante resuelve en tiempo y forma, el tiempo utilizado supera la expectativa. Toda la información es ofrecida en el tiempo pautado                                       |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>Manejo de la información (capacidad de investigación)</i>                     | 1. Insuficiente: La selección de los materiales a utilizar es inadecuada por lo que no puede resolver el problema sin las herramientas disponibles.   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 2. Aceptable: El estudiante enfrenta problemas considerables de acuerdo a los materiales escogidos para la identificación de las herramientas de resolución                                   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 3. Bueno: El estudiante enfrenta problemas menores en la selección de los materiales y en la búsqueda de la información que le ayuda parcialmente a la resolución del problema                |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 4. Muy bueno: El estudiante selecciona adecuadamente los materiales necesarios identificando la mayoría de las herramientas de resolución   |  |  |  |  |  |  |  |  |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  | 5. Excelente: El estudiante selecciona adecuadamente los materiales identificando rápidamente todas las herramientas de resolución del problema.   |  |  |  |  |  |  |  |  |
| <i>Capacidad de comunicar los resultados de la resolución del problema</i> | 1. Insuficiente: La presentación de los resultados de resolución es incompleta, no sigue un orden adecuado y no mantiene la atención ni el interés de los espectadores.  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 2. Aceptable: La presentación de los resultados de resolución es incompleta pero posee un orden de seguimiento adecuado. Mantiene la atención pero no genera interés en la audiencia.  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 3. Bueno: La presentación de los resultados de resolución se da en forma lógica y secuencial (mecánica). Sin embargo, omite pasos de resolución muy importantes para comprender el modo en que abordó el problema.   |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 4. Muy bueno: La presentación de los resultados de la resolución se da en forma lógica e interesante. Se muestran la mayoría de los pasos de resolución. Genera interés en la audiencia pero demuestra cierta inseguridad. Mantiene en todo momento una correcta postura y dominio visual de los espectadores. |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  | 5. Excelente: La presentación de los resultados de la resolución es excelente, mantiene atentos e interesados al auditorio en todo momento ya que se muestran todos los pasos de resolución. Demuestra total seguridad, confianza y transmite interés.   |  |  |  |  |  |  |  |  |

**A.2- Descripción de las estrategias metodológicas que utilizan habitualmente los docentes para enseñar a resolver problemas de Mecánica Clásica**

| <b>Pregunta</b>   | <b>Descripción de las Estrategias Didácticas en base a las preguntas planteadas</b> |  |  |   |
|---|---|--|--|---|
|   | <b>Docente A</b>  | <b>Docente B</b>                       | <b>Docente C</b>                         | <b>Docente D</b>  |
| <i>¿De qué manera se utilizan la resolución de problemas como</i> | En todas las asignaturas se usan los problemas para la                              | Depende del contenido de la asignatura | del o físicos por medio de resolución de | Enseñar conceptos físicos por medio de resolución de teoría dada para |

|   |  |   |   |  |
|---|--|---|---|--|
| <i>estrategia de enseñanza?</i>   | comprensión de conceptos físicos. En Mecánica Clásica se parte de los problemas para la comprensión física.  | empezar primero con los problemas y al final la teoría. Hay contenidos donde necesariamente se debe empezar con la teoría.  | problemas es una técnica de enseñanza habitual pero depende de la asignatura y de los conceptos previos de los alumnos.   | algunas materias y para otras se empieza a construir conocimiento a través de ellas. Ayuda a razonar y manejar varias alternativas.  |
| <i>¿Qué características presentan los problemas asignados a los alumnos?</i>  | Algunos problemas son de comprensión en forma de preguntas y otras numéricas en donde se debe encontrar la magnitud física a través de problemas de situaciones reales.                                  | Se empieza por problemas de comprensión sencilla con una matemática básica para luego ir a situaciones más complejas de fenómenos físicos que se dan en la realidad.        | Depende del libro usado en la materia. Los problemas de Mecánica Clásica implican enunciados sencillos de movimientos de cuerpos reales pero con un formalismo matemático difícil.            | Primero se realizan ejercicios de aplicación, luego problemas propuestos y por último los problemas de desafío con un razonamiento físico cada vez más riguroso.   |
| <i>¿Qué materiales didácticos de apoyo se utilizan para enseñar a resolver problemas de mecánica clásica?</i>   | Problemas apoyados en gráficos e ilustraciones visuales que faciliten su comprensión y contar en todo momento con el sustento teórico (libros)   | Primera opción siempre los libros. Además resúmenes y otros documentos pero que no tienen la misma exigencia que los libros de cabecera para cada materia.                  | Libros, folletos presentaciones y artículos ayudan a enseñar y a resolver problemas de Mecánica Clásica siempre que su uso sea el correcto.   | Resúmenes de varios libros, videos, presentaciones en power point y guías de problemas con ejemplos resueltos y problemas propuestos.  |
| <i>¿Qué tipo de organización de clase se utiliza en la resolución de problemas (trabajo individual, pequeños grupos, trabajos en pares)?</i>  | Se empieza con trabajos individuales luego se trabaja en grupo para que discutan sobre los problemas y finalmente se hace una evaluación individual sobre los problemas resueltos.                       | Principalmente trabajos individuales y pequeños grupos. Los problemas básicos los resuelve el docente y luego ya queda a cargo de los alumnos resolver los demás problemas. | Para un curso numeroso se forman grandes grupos y se asigna una guía de ejercicios y problemas con una breve introducción por parte del docente mostrando las técnicas básicas de resolución. | Trabajos grupales siempre ya sea de investigación o resolución de problemas, pero con exposiciones orales individuales acerca de cómo han resuelto un problema.  |
| <i>¿Qué espacios de aprendizaje se utilizan para resolver los problemas (salón de clases, al aire libre y observando la naturaleza, en la plataforma virtual, laboratorio, etc.)?</i> | Todos los espacios son válidos para el aprendizaje de la Física. El laboratorio es fundamental pero depende de las condiciones en donde se puedan reproducir las prácticas y del contenido desarrollado. | Debido a la cantidad de alumnos se trabaja en el salón de clase y en el laboratorio de informática con el uso de programas para demostrar fenómenos físicos.                | En Mecánica Clásica como en otras asignaturas profesionales, el salón de clases es el espacio de aprendizaje por excelencia pero se pueden usar el laboratorio para algunos experimentos.     | El aula como principal espacio de aprendizaje y el laboratorio de Física como complemento para reproducir fenómenos reales mediante la realización de experimentos y Las simulaciones físicas virtuales. |
| <i>¿Cuánto tiempo se asigna generalmente a los alumnos para</i>   | En una clase deben terminar con diferentes tipos de  | Los problemas como tarea tienen una semana para   | Problemas del tipo diagnóstico o ejercicios de  | En promedio se le asigna una hora para una guía de problemas   |

|  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|---|
| <i>resolver los problemas (una clase, un par de días, una semana, etc.)?</i>   | problemas asignados para que sepan aplicar en los conceptos. Los problemas a distancia tienen una semana para resolver.  | entregarlos. Los problemas en clase lo deben de resolver de inmediato dependiendo de la dificultad de cada uno.  | aplicación deben resolver al instante. Los más complejos tardan 30 minutos aproximadamente y los que llevan como tarea una semana.   | en grupo. Por cada problema invierten tiempos de resolución que varía dependiendo del grado de dificultad. Tareas a distancia en una semana.  |
| <i>¿En qué momento de la clase habitualmente se presentan los problemas?</i>   | Si es un concepto nuevo se explica primero la teoría para luego pasar a los problemas, pero si no es una clase nueva se usan los problemas para la adquisición de nuevos conocimientos.                            | Si es una clase nueva se empieza con la teoría pero si es una clase ya dada se empiezan con los problemas.   | Al final de la explicación teórica en la mayoría de las asignaturas. En Mecánica Clásica los primeros capítulos se empiezan con los problemas ya que son temas repetidos, lo que cambia es el formalismo matemático.             | Habitualmente se parte de la teoría para luego resolver los problemas. Sin embargo en Mecánica Clásica se puede partir de los problemas para la construcción de nuevos conocimientos en los capítulos iniciales.                  |
| <i>¿Cuáles son las estrategias vinculadas al proceso de resolución de un problema utilizadas por usted y observada en los alumnos?</i> | Leer varias veces el enunciado sacar los datos que proporciona identificar las variables, aplicar las ecuaciones dadas en la teoría para la resolución y efectuar los cálculos numéricos.                          | Primera lectura del enunciado, segunda lectura para sacar los datos e identificar las variables, hacer esquemas (DCL, gráficos) y proceder con la resolución que es recomendación de los propios libros.     | Lectura comprensiva del enunciado, esquematizar la situación, identificar datos conocidos y desconocidos, escribir ecuaciones correspondientes, realizar los cálculos y discutir los resultados en grupo                         | Primero la lectura general, luego se razona para clarificar el fenómeno físico e identificar lo que pide el problema. Luego con los datos y ecuaciones proceder a realizar los cálculos numéricos. Evaluar en la pizarra en grupo |
| <i>¿Cuáles son las relaciones entre las estrategias propuestas por el docente y las que aportan los alumnos?</i>                       | Es importante que el alumno resuelva solo los problemas con ejemplos previos realizados por el docente.  | Se trata que la clase sea participativa, que los alumnos partan de sus errores y dudas para la resolución de los problemas.  | El docente empieza la resolución de un problema y los alumnos se encargan de terminarlo siempre en la pizarra. Las dudas de los alumnos en primer lugar.   | Durante la resolución de las guías el docente orienta a cada alumno a despejar dudas manejar varias alternativas de solución  |
| <i>¿Cuáles son las dificultades encontradas en los estudiantes y cuáles son sus virtudes a la hora de resolver los problemas?</i>      | Algunos alumnos solo quieren obtener los resultados de inmediato sin prestar mucha importancia al proceso de resolución. No obstante existen alumnos que se preocupan más en la comprensión del problema que en la | Las herramientas matemáticas son una dificultad común en los alumnos. Como virtud poseen una visión muy buena de los eventos físicos y comparar con los fenómenos cotidianos y son muy buenos resolventes de | Como virtud realizan operaciones matemáticas a altas velocidades y alta capacidad de utilizar herramientas matemáticas. La dificultad está en la comprensión física a la hora de interpretar el enunciado de un problema para su | Presentan dificultades relacionadas a la interpretación física del problema pero poseen gran facilidad de resolución matemática y son muy curiosos cosa que siempre es una virtud en alumnos de                                   |

|   |  |   |  |  |
|---|--|---|--|--|
|   | obtención de los resultados numéricos  | cálculos numéricos (cálculos analíticos).   | planteamiento y posterior solución.  | carreras afines a las ciencias.  |
| ¿Cómo se asiste a los alumnos que no pueden resolver los problemas?           | Cuesta entrenarlos y se busca por todos los medios asistirlos sobre todo fuera de clase. Se utilizan las TICs (correo, celular) como medio de ayuda a distancia para ayudarlos a resolver los problemas. | En cada clase se empieza por los problemas no resueltos y las dudas, de esa manera los alumnos se sienten cómodos con tareas asignadas ya que es difícil interactuar a distancia debido a la falta de tiempo. | Tutorías fuera del horario de clases ya sea en la biblioteca o en la oficina, que vengan con dudas específicas y se sienten a resolver los problemas con el docente presente, en otros casos se usa la tecnología. | Insistir en los problemas no resueltos es una prioridad ya que los alumnos no se sienten respaldados al no estar el docente presente y eso los lleva a la desesperación y cometen errores que pueden ser irreparables si no se monitorea y se corrige. |
| ¿Se realiza un análisis de cómo se resolvieron los problemas con los alumnos? | Siempre se analizan los problemas más importantes con los alumnos en la pizarra. Debido al corto tiempo dentro del aula a veces es imposible hacer una revisión de todos los problemas.                  | Absolutamente. Lo que se convierte en una dificultad debido al tiempo invertido en la evaluación de cada problema.  | Sí se realiza ya que la cantidad de problemas asignados es acorde al tiempo de resolución y posterior discusión con los alumnos. Los problemas a distancia no son analizados en clase.                             | Los alumnos se encargan de mostrar a sus compañeros como resolvieron los problemas previa indicación del docente.  |

### A.3- Escala Motivacional de Resolución de Problemas, EMRP.

#### ESCALA MOTIVACIONAL DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

**Indicación:** Expresa tu acuerdo o desacuerdo con las siguientes afirmaciones encerrando en un círculo la opción que mejor refleje tu opinión, teniendo en cuenta que 1 significa total desacuerdo y 6 total acuerdo.

|  |
|--|
| <b>Escala:</b> Para cada ítem se considera una escala de 1 a 6, con los siguientes significados: |
| 1. Totalmente en desacuerdo  |
| 2. Medianamente en desacuerdo  |
| 3. Escasamente en desacuerdo   |
| 4. Escasamente de acuerdo  |
| 5. Medianamente de acuerdo   |
| 6. Totalmente de acuerdo   |

| N°                 | Ítem | Grado de acuerdo y desacuerdo |
|--------------------|------|-------------------------------|
| <b>Expectativa</b> |      |                               |

|                    |   |   |   |   |   |   |   |
|--------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 1                  | Considero que escojo bien la información que me ayudan a resolver los problemas de Mecánica Clásica                     | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 2                  | A pesar de que algunos problemas son complejos, soy capaz de comprenderlos si me esfuerzo                               | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 3                  | Soy capaz de distinguir datos conocidos y desconocidos del enunciado de un problema de Mecánica Clásica                 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 4                  | Estoy capacitado para resolver la mayoría de los problemas propuestos en mi área disciplinaria                          | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 5                  | Al resolver los problemas de Mecánica Clásica, logro comprender conceptos físicos poco claros en la teoría              | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 6                  | Cuando se trata de interpretar un problema, soy mejor que la mayoría de mis compañeros                                  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <b>Interés</b>     |   |   |   |   |   |   |   |
| 7                  | Me entretiene resolver los problemas de Mecánica Clásica  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 8                  | Me interesan la resolución de problemas de otras disciplinas asociadas a mi área de estudio                             | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 9                  | Resuelvo problemas de Física en general por gusto y soy capaz de resolver otros no obligatorios                         | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 10                 | Me interesa leer otras bibliografías de la materia, más allá de las asignadas en el curso                               | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 11                 | Me gusta resolver problemas relacionados con Mecánica Clásica y con mi carrera  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 12                 | Cuando tengo dudas después de clases, leo otras fuentes   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 13                 | Me interesan los problemas de Mecánica Clásica asociados a mi disciplina  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <b>Importancia</b> |   |   |   |   |   |   |   |
| 14                 | Para mí es importante tener resuelto los problemas antes de clase (cuando corresponda)                                  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 15                 | Es importante la resolución de problemas para todos los cursos de Física  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 16                 | Para mí, la resolución de problemas es importante para complementar la materia en estudio                               | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 17                 | Para mí, es importante la comprensión física de un problema de Mecánica Clásica porque me permite dominar ciertos temas | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 18                 | Para mí, la bibliografía básica es importante para la comprensión de la materia y la resolución de problemas            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 19                 | Considero importante la resolución de problemas de Mecánica Clásica de otros libros no asignados en el curso            | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

| <b>Utilidad</b> |   |   |   |   |   |   |   |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>20</b>       | Considero útil la resolución de problemas de Mecánica Clásica para desarrollar ciertas competencias profesionales                           | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <b>21</b>       | La resolución de problemas de Física son un apoyo fundamental para mi formación universitaria   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <b>22</b>       | La resolución de problemas de Mecánica Clásica me ayudará a ser un buen profesional   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <b>23</b>       | Considero de gran utilidad los libros que se me han asignado  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <b>24</b>       | La resolución de problemas de Mecánica Clásica es útil para otras asignaturas o cursos  | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <b>25</b>       | Resolver problemas de Mecánica Clásica será útil para mi futuro   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <b>Costo</b>    |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>26</b>       | Soy capaz de dejar otros intereses de lado y comprometerme hasta terminar de manera debida la resolución de un problema de Mecánica Clásica | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <b>27</b>       | El tiempo que utilizo en resolver problemas de Mecánica Clásica, implica dejar de hacer otras cosas   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <b>28</b>       | Cuando debo resolver un problema de Mecánica Clásica, le dedico todo el tiempo necesario hasta terminarla de manera adecuada                | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <b>29</b>       | Si mi comprensión del enunciado es insuficiente, soy capaz de invertir más tiempo en comprenderla   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| <b>30</b>       | Vale la pena invertir tiempo y esfuerzo para resolver problemas de Mecánica Clásica   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |

#### **A.4- Prueba especial para medición de los tiempos de resolución de problemas de Mecánica Clásica**

##### **MEDICIÓN DE TIEMPOS DE RESOLUCIÓN**

**Estimado alumno:** Esta es una actividad a realizar en clase en donde se solicita su colaboración para resolver los problemas presentados en este documento por dos métodos diferentes e indicar para cada uno el tiempo que le ha tomado hasta llegar al resultado final solicitado en cada enunciado.

**Primer método:** Resolver los problemas de movimientos de partículas en uno y dos dimensiones por el método tradicional, las que se utilizan habitualmente en cursos de Física Básica.

**Segundo Método:** Resolver los problemas por el método de Resolución de Problemas como Investigación, utilizando el formalismo de la Mecánica Clásica.

**Problema 1:** Se lanza una partícula hacia abajo con velocidad  $V_0$  desde una altura  $h$  en un campo. a) Si no existe rozamiento con el aire, encuentre la ecuación de la trayectoria de la partícula, b) Si la fuerza resistente es proporcional a la velocidad instantánea de la partícula, encuentre la expresión de la posición  $z$  en función del tiempo que describe la partícula.

**Problema 2:** Un proyectil se dispara verticalmente hacia arriba, suponiendo que las velocidades iniciales son iguales, calcular el tiempo para que el proyectil alcance su altura máxima si la fuerza resistente es nula y si la fuerza resistente es proporcional a la velocidad instantánea del proyectil.

**A.5- Prueba de validez de instrumento que mide las capacidades observadas en los alumnos al resolver problemas de Mecánica Clásica**

**PRUEBA DE VALIDEZ DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

**Indicación:** Estimado Especialista, se solicita su colaboración para emitir un juicio sobre el instrumento que se adjunta, y que será utilizado en la recolección de datos del estudio de referencia. Para ello, luego de analizar los ítems que se plantean a continuación, marque con una X en el cuadro que cree conveniente de acuerdo a su criterio y experiencia profesional.

|  |
|--|
| <b>Escala:</b> Para cada ítem se considera una escala de 1 a 4, con los siguientes significados: |
| 1. Completamente en desacuerdo   |
| 2. Mayormente en desacuerdo  |
| 3. Mayormente de acuerdo   |
| 4. Completamente de acuerdo  |

**Parte A.** Para los siguientes ítems, indicar su nivel de acuerdo con los enunciados planteados.

| <b>N°</b> | <b>Ítems</b>  | <b>1</b> | <b>2</b> | <b>3</b> | <b>4</b> |
|-----------|---|----------|----------|----------|----------|
| 1         | La capacidad de utilizar herramientas matemáticas es un criterio adecuado para determinar la capacidad de los estudiantes de resolver problemas de Mecánica Clásica               |          |          |          |          |
| 2         | La capacidad de análisis y síntesis (comprensión del problema) es un criterio adecuado para determinar la capacidad de los estudiantes de resolver problemas de Mecánica Clásica  |          |          |          |          |
| 3         | El uso del tiempo promedio en la resolución de un problema tipo es un criterio adecuado para determinar la capacidad de los estudiantes de resolver problemas de Mecánica Clásica |          |          |          |          |
| 4         | El manejo de información (capacidad de investigación) es un criterio adecuado para determinar la capacidad de los estudiantes de resolver problemas de Mecánica Clásica           |          |          |          |          |



| N° | Ítems   | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|---|---|---|---|---|
| 5  | La capacidad de comunicar los resultados exitosos de la resolución del problema es un criterio adecuado para determinar la capacidad de los estudiantes de resolver problemas de Mecánica Clásica |   |   |   |   |
| 6  | Un resultado no exitoso en la resolución de un problema está relacionado a la capacidad de interpretación y comprensión del mismo   |   |   |   |   |
| 6  | Los criterios definidos en el instrumento evaluado para establecer la capacidad de resolución de problemas de Mecánica son claros.  |   |   |   |   |
| 7  | Los criterios establecidos en el instrumento para determinar la capacidad de resolución de problemas de Mecánica Clásica son suficientes  |   |   |   |   |
| 8  | La escala de 5 niveles para valorar cada dimensión del instrumento es adecuada  |   |   |   |   |

**Parte B.** Para los siguientes ítems, indicar si los mismos cuentan con todos los requisitos de formulación (claridad de significado, precisión de contenido, concisión en la expresión y coherencia con lo que se desea medir) para su posterior aplicación.

| N° | Ítems   | 1  | 2 | 3 | 4 |
|----|---|--|---|---|---|
| 9  | Capacidad de utilizar herramientas matemáticas              | Insuficiente: El estudiante no posee ninguna habilidad matemática y desconoce las ecuaciones tradicionales de movimiento para la resolución del problema                                   |   |   |   |
| 10 |   | Aceptable: El estudiante posee limitados recursos para efectuar operaciones matemáticas y desconoce las ecuaciones tradicionales de movimiento   |   |   |   |
| 11 |   | Bueno: El estudiante posee buenas habilidades matemáticas y aplica parcialmente las ecuaciones tradicionales de movimiento.  |   |   |   |
| 12 |   | Muy bueno: El estudiante posee muy buenas habilidades matemáticas y aplica todas las ecuaciones tradicionales de movimiento.   |   |   |   |
| 13 |   | Excelente: El estudiante posee excelentes habilidades matemáticas, aplica todas las ecuaciones tradicionales de movimiento, utiliza correctamente el formalismo de la Mecánica Clásica     |   |   |   |
| 14 | Capacidad de análisis y síntesis (Comprensión del problema) | Insuficiente: El estudiante no comprende el problema, no puede contestar ninguna de las preguntas planteadas adecuadamente   |   |   |   |
| 15 |   | Aceptable: El estudiante demuestra escasa comprensión del problema, no puede contestar con precisión la mayoría de las preguntas planteadas  |   |   |   |
| 16 |   | Bueno: El estudiante demuestra buena comprensión del problema, contesta con precisión la mitad de las preguntas planteadas   |   |   |   |
| 17 |   | Muy bueno: El estudiante demuestra una considerable comprensión del problema, contesta con precisión la mayoría de las preguntas planteadas  |   |   |   |
| 18 |   | Excelente: El estudiante supera el objetivo, la expectativa, evidenciando una completa comprensión del problema, relacionando con otros temas adelantándose a todas las preguntas posibles |   |   |   |

| N° | Ítems  |  | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|--|--|---|---|---|---|
| 19 | Uso del tiempo promedio en la resolución de un problema tipo | Insuficiente: El estudiante no logra terminar en el tiempo asignado. El uso del tiempo es inadecuado.  |   |   |   |   |
| 20 |  | Aceptable: El estudiante confronta con problemas menores en el uso del tiempo para la resolución, no resuelve en el tiempo pautado                                 |   |   |   |   |
| 21 |  | Bueno: El estudiante usa adecuadamente el tiempo para la resolución aunque en algunos momentos con prisa o demasiada lentitud omitiendo procedimientos importantes |   |   |   |   |
| 22 |  | Muy bueno: El estudiante resuelve en tiempo pero no en forma. Utiliza adecuadamente el tiempo para la resolución. La información ofrecida es incompleta            |   |   |   |   |
| 23 |  | Excelente: El estudiante resuelve en tiempo y forma, el tiempo utilizado supera la expectativa. Toda la información es ofrecida en el tiempo pautado               |   |   |   |   |

| N° | Ítems   |   | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|---|---|---|---|---|---|
| 24 | Manejo de la información (capacidad de investigación) | Insuficiente: La selección de los materiales a utilizar es inadecuada por lo que no puede resolver el problema sin las herramientas disponibles.  |   |   |   |   |
| 25 |   | Aceptable: El estudiante enfrenta problemas considerables de acuerdo a los materiales escogidos para la identificación de las herramientas de resolución  |   |   |   |   |
| 26 |   | Bueno: El estudiante enfrenta problemas menores en la selección de los materiales y en la búsqueda de la información que le ayuda parcialmente a la resolución del problema   |   |   |   |   |
| 27 |   | Muy bueno: El estudiante selecciona adecuadamente los materiales necesarios identificando la mayoría de las herramientas de resolución  |   |   |   |   |
| 28 |   | Excelente: El estudiante selecciona adecuadamente los materiales identificando rápidamente todas las herramientas de resolución del problema.   |   |   |   |   |
| 29 | Capacidad de comunicar los resultados de              | Insuficiente: La presentación de los resultados de resolución es incompleta, no sigue un orden adecuado y no mantiene la atención ni el interés de los espectadores.  |   |   |   |   |
| 30 |   | Aceptable: La presentación de los resultados de resolución es incompleta pero posee un orden de seguimiento adecuado. Mantiene la atención pero no genera interés en la audiencia.  |   |   |   |   |
| 31 |   | Bueno: La presentación de los resultados de resolución se da en forma lógica y secuencial (mecánica). Sin embargo, omite pasos de resolución muy importantes para comprender el modo en que abordó el problema.   |   |   |   |   |
| 32 |   | Muy bueno: La presentación de los resultados de la resolución se da en forma lógica e interesante. Se muestran la mayoría de los pasos de resolución. Genera interés en la audiencia pero demuestra cierta inseguridad. Mantiene en todo momento una correcta postura y dominio visual de los espectadores. |   |   |   |   |

| N° | Ítems                      |   | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|----------------------------|---|---|---|---|---|
| 33 | la resolución del problema | Excelente: La presentación de los resultados de la resolución es excelente, mantiene atentos e interesados al auditorio en todo momento ya que se muestran todos los pasos de resolución. Demuestra total seguridad, confianza y transmite interés. |   |   |   |   |

### A.6- Prueba de validez de instrumento que describe las técnicas que utilizan los docentes para enseñar a resolver problemas de Mecánica Clásica

#### PRUEBA DE VALIDEZ DE INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

**Indicación:** Estimado Especialista, se solicita su colaboración para emitir un juicio sobre el instrumento que se adjunta, y que será utilizado en la recolección de datos del estudio de referencia. Para ello, luego de analizar los ítems que se plantean a continuación, marque con una X en el cuadro que cree conveniente de acuerdo a su criterio y experiencia profesional.

|  |
|--|
| <b>Escala:</b> Para cada ítem se considera una escala de 1 a 4, con los siguientes significados: |
| 1. La pregunta no es clara, ni precisa, ni consistente con lo que se desea medir                 |
| 2. La pregunta es clara, pero no es precisa ni consistente con lo que se desea medir             |
| 3. La pregunta es clara y precisa, pero no es consistente con lo que se desea medir              |
| 4. La pregunta es clara, precisa y consistente con lo que se desea medir                         |

Para las siguientes preguntas, indicar si las mismas son claras, precisas y consistentes con lo que se desea medir, para su posterior aplicación.

| N° | Ítems  |   | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|--|---|---|---|---|---|
| 1  | Estrategias didácticas que utilizan habitualmente los docentes para enseñar a resolver problemas de la asignatura Mecánica Clásica | ¿De qué manera se utilizan la resolución de problemas como estrategia de enseñanza?   |   |   |   |   |
| 2  |  | ¿Qué características presentan los problemas asignados a los alumnos?   |   |   |   |   |
| 3  |  | ¿Qué materiales didácticos de apoyo se utilizan para enseñar a resolver problemas de mecánica clásica?                                |   |   |   |   |
| 4  |  | ¿Qué tipo de organización de clase se utiliza en la resolución de problemas (trabajo individual, pequeños grupos, trabajos en pares)? |   |   |   |   |
| 5  |  | ¿Qué espacios de aprendizaje se utilizan para resolver los problemas  |   |   |   |   |

| N° | Ítems   | 1 | 2 | 3 | 4 |
|----|---|---|---|---|---|
|    | (salón de clases, al aire libre y observando la naturaleza, en la plataforma virtual, laboratorio, etc.)?                       |   |   |   |   |
| 6  | ¿Cuánto tiempo se asigna generalmente a los alumnos para resolver los problemas (una clase, un par de días, una semana, etc.)?  |   |   |   |   |
| 7  | ¿En qué momento de la clase habitualmente se presentan los problemas?   |   |   |   |   |
| 8  | ¿Cuáles son las estrategias vinculadas al proceso de resolución de un problema utilizadas por usted y observada en los alumnos? |   |   |   |   |
| 9  | ¿Cuáles son las relaciones entre las estrategias propuestas por el docente y las que aportan los alumnos?                       |   |   |   |   |
| 10 | ¿Cuáles son las dificultades encontradas en los estudiantes y cuáles son sus virtudes a la hora de resolver los problemas?      |   |   |   |   |
| 11 | ¿Cómo se asiste a los alumnos que no pueden resolver los problemas?   |   |   |   |   |
| 12 | ¿Se realiza un análisis de cómo se resolvieron los problemas con los alumnos?   |   |   |   |   |

### A.7 - Examen Parcial de Mecánica Clásica

#### Examen Parcial de Mecánica Analítica - 30/06/2017

**Alumno:**

**Total de puntos: 35**

**Puntos conseguidos:**

**Indicadores:**

- *Ingresar a la clase solo con los materiales permitidos (lápiz, borrador, bolígrafo, regla calculadora y hoja de Cálculo).*
- *Las respuestas tanto de la parte teórica como de los problemas deben estar a bolígrafo. No se corregirán resultados a lápiz.*

- *No realizar consultas al profesor referente a la solución una vez entregado el temario y aclarado las dudas iniciales.*
- *Está prohibido retirarse de la clase mientras dure el examen. El examen tendrá una duración mínima de 2 horas (reloj).*

**Tema 1. Explique con claridad y coherencia cada uno de los temas. Uso de vocabulario adecuado, extensión mínima de cinco líneas. (10P)**

a) ¿Cuál es la importancia del estudio de la Mecánica Clásica o Analítica? Explique donde radica la diferencia con la Física tradicional de cursos anteriores

b) ¿Cuáles son las magnitudes que se conservan para una partícula aislada? Hablar brevemente de cada una de ellas

**Tema 2. Demostrar que el trabajo realizado sobre una partícula para llevarlo de un punto 1 a un punto 2 es igual a la diferencia de la Energía Cinética de la partícula en dichos puntos. (5P)**

**Tema 3. Cualidad en la aplicación de conocimientos y herramientas. Resuelve los siguientes problemas. (20P)**

**I-** Se lanza una partícula hacia abajo con velocidad  $V_0$  desde una altura  $h$  en un campo gravitatorio constante. Si la fuerza resistente es proporcional a la velocidad instantánea de la partícula, encuentre la expresión de la posición  $z$  en función del tiempo que describe la partícula.

**II-** Se dispara un proyectil desde el origen de un sistema de coordenadas con una velocidad inicial  $V_0$  en una dirección que forma un ángulo  $\alpha$  con la horizontal. Calcular el tiempo necesario para que el proyectil cruce la recta que pasa por el origen y forma un ángulo  $\beta < \alpha$  con la horizontal.

## **A.8 - Examen Final de Mecánica Clásica**

### **Examen Final de Mecánica Analítica - 11/08/2017**

**Alumno:**

**Total de puntos: 35**

**Puntos conseguidos:**

**Indicadores:**

- *Ingresar a la clase solo con los materiales permitidos (lápiz, borrador, bolígrafo, regla calculadora y hoja de Cálculo).*
- *Las respuestas tanto de la parte teórica como de los problemas deben estar a bolígrafo. No se corregirán resultados a lápiz.*
- *No realizar consultas al profesor referente a la solución una vez entregado el temario y aclarado las dudas iniciales.*

- *Está prohibido retirarse de la clase mientras dure el examen. El examen tendrá una duración mínima de 2 horas (reloj).*

**Tema 1. Responda a los siguientes planteamientos. (5P)**

- a) ¿Cuál es la equivalencia entre las formulaciones de Newton y Lagrange?  
 b) ¿Es cierto que la función H o hamiltoniana es igual a la energía total E de un sistema físico? ¿Cuáles son las condiciones para que  $H=E$ ?

**Tema 2.** a) Encontrar el extremal  $J(\alpha)$  en la región  $0 \leq x \leq 2\pi$ , de la función  $y(x)=x$  cuya función vecina está dado por  $y(\alpha,x)= x+ \alpha \sin x$ , b) Demostrar que el valor estacionario de J se da para  $\alpha=0$ . (10P)

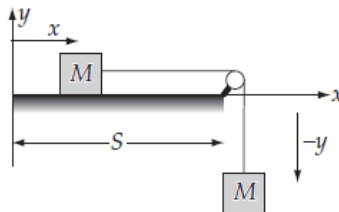
**Tema 3. Calidad en la aplicación de conocimientos y herramientas. Resuelve los siguientes problemas. (20P)**

**I-** Sobre una partícula de masa m que se mueve en la dirección x, actúa una fuerza F dado por:

$$F(x, t) = \frac{k}{x^2} e^{-\left(\frac{t}{\tau}\right)}$$

Donde k y  $\tau$  son constantes positivas. Hallar la Lagrangiana y la Hamiltoniana. Comparar la energía total con la hamiltoniana y estudiar la conservación de la energía de ese sistema.

**II-** Del sistema de abajo, describir el movimiento del sistema cuando a) la masa de la cuerda sea despreciable y b) cuando la cuerda tenga una masa m. Para ambos casos la polea es ideal.



## Anexo

**A- Planificación Didáctica. Asignatura: Mecánica Clásica (Mecánica Analítica)**

### PLANIFICACIÓN DIDÁCTICA

**Asignatura:** Mecánica Analítica

**Horas Semanales:** 6

**Área de Formación:** Física

**Horas Semestrales:** 90

**Encargado de Cátedra:** Lic. Nelson Valdez

**Año:** 2016

**Auxiliar de Cátedra:** Lic. Nelson Valdez

|   |  |  |  |  |   |
|---|--|--|--|--|---|
| <b>Competencias Genéricas</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> </ul>   |  |  |  |   |
| <b>Competencias Específicas</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominio de los conceptos básicos de la matemática superior</li> <li>• Capacidad para formular problemas en lenguaje matemático, tal que se faciliten su análisis y solución</li> <li>• Capacidad para trabajar con equipos interdisciplinarios</li> </ul> |  |  |  |   |
| <b>Unidad</b>   | <b>Dinámica de una partícula</b>   |  |  | <b>Horas de Clases Presenciales: 18</b>  |   |
| <b>Contenido</b>  | <b>Modalidades de Enseñanza</b>  | <b>Métodos de Enseñanza</b>  | <b>Recursos Didácticos</b>   | <b>Estrategias de Evaluación</b>   | <b>Medios de Verificación</b>                         |
| Leyes de Newton.<br>Fuerzas.<br>Energía<br>Cinética y Potencial.<br>Movimiento en 1, 2 y 3 dimensiones.<br>Movimiento Armónico amortiguado y forzado.<br>Péndulos | Clases Teóricas.<br><br>Clases Prácticas.<br><br>Estudio y trabajo en equipo.  | Expositivo.<br><br>Resolución de Ejercicios y Problemas.<br><br>Aprendizaje Cooperativo.<br><br>Aprendizaje individual | Pizarra<br><br>Ejercitarios<br><br>Textos científicos (libros, papers) | Prueba Parcial<br><br>Prueba Final<br><br>Trabajo Práctico<br><br>Pruebas de proceso | Exámenes escritos<br><br>Informes de Trabajo Práctico |

|  |   |  |   |  |  |
|--|---|--|---|--|--|
| <b>Unidad</b>  | <b>Campo Central y Sistema de Partículas</b>  |  |   | <b>Horas de Clases Presenciales: 24</b>            |  |
| <b>Competencias Genéricas</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de identificar, plantear y resolver problemas</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos a la práctica.</li> </ul>  |  |   |  |  |
| <b>Competencias Específicas</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para construir y desarrollar argumentos lógicos con una identificación clara de hipótesis y conclusiones</li> <li>• Capacidad para formular problemas en lenguaje matemático, tal que se faciliten su análisis y solución</li> </ul> |  |   |  |  |
| <b>Contenido</b>   | <b>Modalidades de Enseñanza</b>   | <b>Métodos de Enseñanza</b>  | <b>Recursos Didácticos</b>                        | <b>Estrategias de Evaluación</b>                   | <b>Medios de Verificación</b>                    |
| Teoremas de conservación. Centros de masa y principios de conservación. Colisiones y dispersión. Problemas de tres cuerpos. Solución de Lagrange | Clases Teóricas.<br>Clases Prácticas.<br>Estudio y trabajo en equipo.   | Expositivo.<br>Resolución de Ejercicios y Problemas.<br>Aprendizaje Cooperativo. | Pizarra<br>Ejercitarios<br>Computadoras<br>Libros | Prueba Parcial<br>Prueba Final<br>Trabajo Práctico | Exámenes escritos<br>Informe de Trabajo Práctico |
| <b>Unidad</b>  | <b>Teorías de Lagrange y Hamilton</b>   |  |   | <b>Horas de Clases Presenciales: 24</b>            |  |
| <b>Competencias Genéricas</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> </ul>  |  |   |  |  |
| <b>Competencias Específicas</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad para construir y desarrollar argumentos lógicos con una identificación clara de hipótesis y conclusiones</li> <li>• Capacidad para formular problemas en lenguaje matemático, tal que se faciliten su análisis y solución</li> </ul> |  |   |  |  |
| <b>Contenido</b>   | <b>Modalidades de Enseñanza</b>   | <b>Métodos de Enseñanza</b>  | <b>Recursos Didácticos</b>                        | <b>Estrategias de Evaluación</b>                   | <b>Medios de Verificación</b>                    |



|  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|---|
| Coordenadas generalizadas . Principio de Hamilton. Ecuaciones de Euler-Lagrange. Ecuaciones de Hamilton                              | Clases Teóricas.<br>Clases Prácticas.<br>Estudio y trabajo en equipo.  | Expositivo.<br>Resolución de Ejercicios y Problemas.<br>Aprendizaje Cooperativo. | Pizarra<br>Ejercitarios<br>Multimedios (proyector)<br>Libros | Prueba Parcial<br>Prueba Final<br>Trabajo Práctico | Exámenes escritos<br>Informes de Trabajo Práctico |
| <b>Unidad</b>  | <b>Sistema de Referencia. Cuerpo Rígido. Vibraciones Pequeñas</b>  |  | <b>Horas de Clases Presenciales: 24</b>                      |  |   |
| <b>Competencias Genéricas</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de identificar, plantear y resolver problemas</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos a la práctica.</li> <li>• Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión</li> </ul>  |  |  |  |   |
| <b>Competencias Específicas</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Dominio de los conceptos básicos de la matemática superior</li> <li>• Capacidad para formular problemas en lenguaje matemático, tal que se faciliten su análisis y solución</li> <li>• Capacidad para trabajar con equipos interdisciplinarios</li> </ul> |  |  |  |   |
| <b>Contenido</b>   | <b>Modalidades de Enseñanza</b>  | <b>Métodos de Enseñanza</b>  | <b>Recursos Didácticos</b>                                   | <b>Estrategias de Evaluación</b>                   | <b>Medios de Verificación</b>                     |
| Sistemas acelerados. Fuerzas ficticias. Rotación y efecto giroscópico. Momento de Inercia y Ángulos de Euler. Osciladores acoplados. | Clases Teóricas.<br>Clases Prácticas.<br>Estudio y trabajo en equipo.  | Expositivo.<br>Resolución de Ejercicios y Problemas.<br>Aprendizaje Cooperativo. | Pizarra<br>Ejercitarios                                      | Prueba Parcial<br>Prueba Final<br>Trabajo Práctico | Exámenes escritos<br>Informe de Trabajo Práctico  |

|                   |  |  |  |  |  |
|-------------------|--|--|--|--|--|
| Modos<br>normales |  |  |  |  |  |
|-------------------|--|--|--|--|--|

.....

Firma del Encargado de Cátedra