

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL

Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas
Facultad de Humanidades y Ciencias



Tesis para la obtención del Grado Académico de
Doctor en Educación en Ciencias Experimentales

INTEGRACIÓN CONCEPTUAL DE LOS MOVIMIENTOS OSCILATORIOS ARMÓNICO Y AMORTIGUADO A TRAVÉS DE ACTIVIDADES PROBLEMÁTICAS SIGNIFICATIVAS MEDIADAS POR TIC'S EN EL NIVEL UNIVERSITARIO BÁSICO: DISEÑO, DESARROLLO Y EVALUACIÓN

Claudio Enrique

Directora de Tesis: Marta Yanitelli

Co-directora de Tesis: Silvia Giorgi

Lugar de realización: UDB Física - Departamento de Materias Básicas -

Facultad Regional Santa Fe - Universidad Tecnológica Nacional

-2021-

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento:

A la **Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Fe**, por haberme permitido hacer este trabajo en sus instalaciones

A la **Facultad de Bioquímica y Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional del Litoral**, porque su Doctorado en Educación en Ciencias Experimentales me ha permitido enriquecerme profesionalmente en esta disciplina tan noble como lo es la docencia y su investigación

A **Marta**, por su generosidad intelectual, su pasión en la investigación en enseñanza de la Física, y – principalmente – por su afecto y paciencia a mis actividades. ¡Muchas gracias por ayudarme a lograr este hermoso desafío!

A **Silvia**, por sus correcciones tan acertadas, por su generosidad y ayuda permanente, y por su entereza a mis escritos. Y ¡Muchas gracias también por acompañarme en esta tarea!

A **Sonia Concari**, quién fue la que “organizó” este hermoso equipo que ha sido un gran placer haberlo conformado

A **Adriana Ortolani**, por haberme escuchado y ayudado en un momento crítico de mi trabajo final, dado que venía de una demora inesperada – aunque al principio tuve algunas “rabietas”, no me arrepiento para nada que haya ocurrido así -

A **las alumnas y los alumnos de la cohorte 2017 de Ingeniería Civil de la UTN – FRSF**, quiénes siempre respondieron a mis requerimientos y para cualquier situación educativa. Sin el aporte invaluable de ellas y ellos, este trabajo quizás nunca hubiera podido ser tan completo y haber cumplido con mis – exigentes – expectativas. En particular, a **Camila, Paola, Joaquín, Ignacio y Nicolás**, quiénes nunca dudaron en ayudarme en un tema particular y muy relevante de esta tesis

A **Gabriela Buendía, Francy Jiménez García, Alex Kozulin y Agustín García Barneto**, cuyos aportes fueron muy importantes para este trabajo

Al ingeniero **José María Lager**, quién me animó a empezar este doctorado cuando, como en todo inicio, tenía dudas acerca del mismo

A **Gachi**, quién respondió siempre con una sonrisa y con mucho profesionalismo a mis solicitudes “burocráticas” del DECE

A mis padres, **Myriam y Félix**; y a **mis abuelos** (si bien ya no están, siento que me acompañan), quiénes siempre estuvieron apoyándome y en el momento justo – que es cuando más se necesita -, y que además me han enseñado lo más importante: luchar para conseguir los objetivos “respetando las reglas del juego”, donde lo relevante es hacerlo con ética y seriedad

Last but not least – como le gusta escribir a mi amigo Juan -: un eterno agradecimiento por su apoyo, paciencia y tolerancia en estas múltiples actividades - que hicieron, entre otras cosas, que me “ausente” de las actividades domésticas tradicionales - a **Zuni**, mi compañera de toda la vida; y a nuestros dos hijos: **Emiliano y Matías**.

INDICE

| | |
|---|----|
| RESUMEN | 1 |
| ABSTRACT | 3 |
| CAPÍTULO 1 | |
| INTRODUCCIÓN | 5 |
| 1.1. Motivación y justificación de la investigación | 7 |
| 1.2. Supuestos de la investigación | 9 |
| 1.3. La problemática y las preguntas de investigación | 10 |
| 1.4. Objetivos de la Investigación | 12 |
| 1.5. Estado actual del conocimiento sobre el tema | 12 |
| 1.6. Síntesis de los referentes teóricos | 16 |
| 1.7. Breve descripción de la Metodología | 17 |
| 1.8. Organización de la tesis | 19 |
| CAPÍTULO 2 | |
| REFERENTES TEÓRICOS | |
| 2.1. Introducción | 21 |
| 2.2. Presentación de los contenidos conceptuales básicos sobre Movimientos Oscilatorios en los libros | 21 |
| 2.3. La Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel | 27 |
| 2.4. La Teoría Sociocultural de Vygotsky | 31 |
| 2.5. La noción de Perfil Conceptual de Mortimer | 33 |
| 2.6. Investigaciones sobre conocimientos previos de los alumnos sobre Movimiento Oscilatorio | 37 |
| 2.7. El rol de las TIC en la educación | 45 |
| 2.7.1. TIC y Zona de Desarrollo Próximo | 49 |
| 2.7.2. Las TIC como herramientas cognitivas | 50 |
| 2.8. Metacognición | 53 |
| 2.9. Cierre del capítulo | 55 |

CAPITULO 3

METODOLOGÍA

| | |
|--|----|
| 3.1. Introducción | 57 |
| 3.2. Descripción de los estudiantes participantes | 58 |
| 3.3. Diseño de las actividades mediadas por TIC | 59 |
| 3.3.1. Sobre el uso de TIC | 60 |
| 3.3.2. Contexto curricular | 61 |
| 3.3.3. Actividades mediadas por un sistema de adquisición de datos en tiempo real | 62 |
| 3.3.4. Actividades con laboratorios virtuales de aprendizaje (LVA) | 67 |
| 3.3.5. Sobre la guía de actividades con LVA. Aspectos generales | 70 |
| 3.3.6. Sobre la guía de actividades con LVA. Aspectos particulares | 73 |
| 3.4. Técnicas e instrumentos | 78 |
| 3.4.1. Cuestionario como pretest/postest | 78 |
| a. Análisis de la Validez | 79 |
| b. Análisis de la Fiabilidad | 81 |
| c. Resultados de las pruebas de fiabilidad | 82 |
| d. Prueba de validez de constructo | 83 |
| e. Análisis Factorial | 83 |
| f. Pruebas complementarias | 84 |
| 3.4.2. Estrategia para la elaboración y la evaluación de los Perfiles Conceptuales | 85 |
| 3.4.3. Estrategia para el análisis de los informes escritos correspondientes a los LVA | 87 |
| 3.4.4. Estudio de las Transiciones entre zonas de Perfil Conceptual | 90 |
| 3.4.5. Estrategia para la evaluación del rendimiento académico | 92 |
| 3.4.6. Cuestionario de opinión sobre las vivencias con las TIC | 93 |
| Descripción del cuestionario | 94 |
| 3.5. Cierre del capítulo | 94 |

CAPÍTULO 4

RESULTADOS DEL PRETEST

| | |
|-------------------|----|
| 4.1. Introducción | 96 |
|-------------------|----|

| | |
|---|-----|
| 4.2. Resultados derivados del análisis de las preguntas del pretest | 98 |
| - Pregunta 1 (P1) | 99 |
| - Pregunta 2 (P2) | 106 |
| - Pregunta 3 (P3) | 109 |
| - Pregunta 4 (P4) | 111 |
| - Pregunta 5 (P5) | 113 |
| - Pregunta 6 (P6) | 114 |
| - Pregunta 7 (P7) | 116 |
| - Pregunta 8 (P8) | 116 |
| - Pregunta 9 (P9) | 118 |
| - Pregunta 10 (P10) | 119 |
| - Pregunta 11 (P11) | 120 |
| - Pregunta 12 (P12) | 120 |
| 4.3. Discusión de los resultados | 125 |
| 4.4. Cierre del capítulo | 131 |

CAPÍTULO 5

MATRIZ EPISTEMOLÓGICA

| | |
|--|-----|
| 5.1. Introducción | 135 |
| 5.2. Dominios de la Matriz Epistemológica | 137 |
| 5.2.1. Dominio Sociohistórico | 137 |
| a. Aristotélico | 138 |
| b. Medieval o del Ímpetu | 140 |
| c. Mecánica Newtoniana | 142 |
| 5.2.2. Dominio Macrogenético | 143 |
| 5.2.3. Dominio Microgenético | 147 |
| 5.3. Zonas de Perfil Conceptual sobre Movimiento Oscilatorio | 149 |
| 5.4. Sobre los Perfiles Conceptuales Relativos | 155 |
| 5.5. Cierre del capítulo | 157 |

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DE LOS PERFILES CONCEPTUALES

| | |
|-------------------|-----|
| 6.1. Introducción | 158 |
|-------------------|-----|

| | |
|--|-----|
| 6.2. Perfil Conceptual Inicial (PCI) | 159 |
| 6.3. Perfil Conceptual Relativo Inicial (PCRI) | 163 |
| 6.4. Perfiles Conceptuales en Laboratorios Virtuales de Aprendizaje (PCLVA) | 167 |
| 6.5. Análisis de los procesos cognitivos y metacognitivos en el informe de los LVA | 175 |
| 6.6. Perfiles Conceptuales Finales (PCF) | 178 |
| 6.7. Análisis inferencial sobre los Perfiles Conceptuales | 182 |
| 6.8. Transiciones entre los Perfiles Conceptuales | 185 |
| 6.9. Cierre del capítulo | 192 |

CAPÍTULO 7

EVOLUCIÓN DE LOS PERFILES CONCEPTUALES Y LA INFLUENCIA DE LAS TIC

| | |
|--|-----|
| 7.1. Introducción | 193 |
| 7.2. Comparación entre las zonas de los Perfiles Conceptuales | 194 |
| 7.3. Pruebas estadísticas complementarias | 195 |
| 7.4. Estudio asociado a las categorías de análisis | 200 |
| 7.5. Análisis asociado a las Transiciones | 207 |
| 7.6. Información sobre las TIC procedente de expresiones de los alumnos | 212 |
| 7.6.1. Análisis de las expresiones escritas en los informes de las actividades con Laboratorios Virtuales de Aprendizaje | 212 |
| 7.6.2. Análisis del cuestionario de opinión sobre el uso de las TIC | 216 |
| - Análisis global | 217 |
| - Análisis interpretativo de las expresiones | 218 |
| 7.6.3. Comparación entre las respuestas al cuestionario y las zonas de los Perfiles Conceptuales | 224 |
| 7.7. La influencia de las TIC en alumnos que aprobaron Física I | 231 |
| 7.7.1. Análisis estadístico descriptivo | 232 |
| 7.7.2. Análisis estadístico inferencial | 233 |
| 7.7.3. Análisis interpretativo de las producciones escritas | 236 |
| 7.8. Perfiles Conceptuales, Transiciones, Grados de Confianza y Perfiles Conceptuales Relativos de estudiantes aprobados | 241 |
| 7.8. Cierre del capítulo | 246 |

| | |
|--|-----|
| CAPÍTULO 8 | |
| CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS | |
| 8.1 Introducción | 247 |
| 8.2. Perfil Conceptual Inicial de los alumnos | 250 |
| 8.3. La evolución de las zonas de Perfiles Conceptuales | 252 |
| 8.4. Análisis de las Transiciones | 254 |
| 8.5. Expresiones de los alumnos | 256 |
| 8.6. Implicancias y posibles vías de continuación | 258 |
| COMENTARIOS FINALES (UNA ESPECIE DE EPÍLOGO) | 262 |
| | |
| BIBLIOGRAFÍA | 264 |
| | |
| ANEXO I | |
| Cuestionario pretest - postest | 285 |
| | |
| ANEXO II | |
| Resultados de las pruebas estadísticas de validez y fiabilidad del cuestionario. | 290 |
| Análisis Factorial Exploratorio (AFE) | 290 |
| Análisis de consistencia interna - Alfa de Cronbach | 290 |
| Validez de constructo | 296 |
| Tabla de correlaciones reproducidas | 314 |
| Empleo de las categorías sin los Grados de Confianza | 335 |
| Pruebas complementarias | 339 |
| a. Elementos impares | 340 |
| b. Elementos pares | 340 |
| c. Valores aleatorios | 341 |
| Primer grupo (N = 24) | 341 |
| Segundo grupo (N = 23) | 342 |
| a. Datos impares | 343 |
| b. Datos pares | 346 |
| c. Valores aleatorios | 350 |
| Grupo 1 | 350 |

| | |
|---------|-----|
| Grupo 2 | 360 |
|---------|-----|

ANEXO III

| | |
|---|-----|
| Cuestionario sobre actividades realizadas sobre Movimiento Oscilatorio | 367 |
| 1. Experiencia introductoria con sensores | 367 |
| 2. Experiencia con simuladores de péndulo simple y de resorte | 367 |
| 3. Transferencia de resultados | 368 |
| 4. Aspectos emocionales y actitudinales | 368 |
| Transcripciones de las respuestas al cuestionario por pregunta y por alumno | 368 |
| 1. Experiencia introductoria con sensores | 368 |
| 2. Experiencia con simuladores de péndulo simple y de resorte | 370 |
| 3. Transferencia de resultados | 374 |
| 4. Aspectos emocionales y actitudinales | 377 |

ANEXO IV

| | |
|--|-----|
| TRABAJO PRÁCTICO: EXPERIENCIAS CON LABORATORIOS VIRTUALES DE SISTEMAS OSCILANTES | |
| PRIMERA PARTE: ANÁLISIS INTEGRAL DE LOS PÉNDULOS DE RESORTE Y SIMPLE | 382 |
| Introducción | 382 |
| Técnica Operatoria | 383 |
| Actividades a desarrollar. | 384 |
| SEGUNDA PARTE: ANÁLISIS CINEMÁTICO DE UN PÉNDULO DE RESORTE | 385 |
| Parte 3: OSCILACIONES ARMÓNICAS Y AMORTIGUADAS | 386 |
| REDACCIÓN DEL INFORME | 387 |

ANEXO V

| | |
|--|-----|
| Análisis de los resultados del examen de promoción directa correspondiente al turno de examen – febrero 2018 - . | 388 |
|--|-----|

ABREVIATURAS Y SÍMBOLOS

AS: Aprendizaje Significativo

FRSF – UTN: Facultad Regional Santa Fe de la Universidad Tecnológica Nacional

G de C: Grado de Confianza

G de CI: Grado de Confianza Inicial – o del pretest –

G de CF: Grado de Confianza Final – o del postest –

HTML: HyperText Markup Language (“lenguaje de marcas de hipertexto”)

LVA: Laboratorio Virtual de Aprendizaje

MAS: Movimiento Oscilatorio Armónico Simple

MCU: Movimiento Circular Uniforme

MO: Movimiento Oscilatorio

MOA: Movimiento Oscilatorio Amortiguado

MRUV: Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado

PC: Perfil Conceptual – absoluto –

PCI: Perfil Conceptual Inicial – o del pretest –

PCF: Perfil Conceptual Final – o del postest –

PCLVA: Perfil Conceptual en Laboratorios Virtuales de Aprendizaje

PCR: Perfil Conceptual Relativo a la Metacognición

PCRI: Perfil Conceptual Relativo a la Metacognición Inicial

PCRF: Perfil Conceptual Relativo a la Metacognición Final

PE: Perfil Epistemológico

P1: Pregunta 1

P2: Pregunta 2

P3: Pregunta 3

P4: Pregunta 4

P5: Pregunta 5

P6: Pregunta 6

P7: Pregunta 7

P8: Pregunta 8

P9: Pregunta 9

P10: Pregunta 10

P11: Pregunta 11

P12: Pregunta 12

RLC: circuito en serie conformado por resistencia, capacitor, e inductancia.

TAS: Teoría del Aprendizaje Significativo

TIC's o TIC: Tecnologías de la Información y Comunicación

UNESCO: Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura

UTN: Universidad Tecnológica Nacional

ZDP: Zona de Desarrollo Próximo

RESUMEN

En este trabajo se investigó la influencia de las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC's, o TIC) sobre los procesos cognitivos, fundamentalmente, y metacognitivos, involucrados en el estudio del Movimiento Oscilatorio en estudiantes de primer año de Ingeniería Civil cuando cursaron Física I.

Se usaron como referentes las teorías del Aprendizaje Significativo y Sociocultural. De este modo, se detectaron los saberes previos de los alumnos en un pretest mediante un cuestionario que fue diseñado, construido y validado en esta investigación. En base a sus resultados se diseñaron las actividades mediadas por las TIC, las cuales fueron consideradas tanto como un potencial material significativo así como también instrumentos de naturaleza sociocultural que ofician como herramientas cognitivas o *mindtools* que favorecen la creación de Zona de Desarrollo Próximo (ZDP). Las actividades didácticas con la tecnología fueron elaboradas de acuerdo a un diseño tecnopedagógico donde las TIC fueron seleccionadas oportunamente según criterios de interactividad, acceso y credibilidad.

Para evaluar los niveles de comprensión y apropiación de los conocimientos científicos sobre Movimiento Oscilatorio se empleó la noción de Perfil Conceptual de Mortimer, el cual fue utilizado en todas las actividades didácticas y sometido a diferentes análisis estadísticos tanto descriptivos como inferenciales.

Para poder realizar este trabajo de investigación, se debieron construir nuevas herramientas.

Se confeccionó la Matriz Epistemológica para definir la constitución de las zonas del Perfil Conceptual sobre Movimiento Oscilatorio, la cual tuvo en cuenta dimensiones del cambio en el aprendizaje de la ciencia a través de tres dominios: Sociohistórico; Macrogenético u Ontogenético; y Microgenético

Se elaboró el Perfil Conceptual Relativo, y al incluir los procesos cognitivos y metacognitivos que los alumnos ponen en juego cuando ejecutan una actividad, permiten averiguar lo que saben junto a qué tan seguro están sobre lo que saben.

Asimismo se diseñó el Ciclo de análisis Metacognitivo, el cual permite indagar los procesos cognitivos y metacognitivos comunicados en el informe de actividades experimentales mediados por Laboratorios Virtuales de Aprendizaje.

Finalmente, hicieron su aparición las Transiciones entre los distintos perfiles, las cuales analizan las zonas de los perfiles antes y después de una intervención didáctica.

Como el objetivo de este trabajo fue averiguar si el aprendizaje mediado por la TIC sobre Movimiento Oscilatorio ha sido significativo, se efectuaron distintos análisis cualitativos y cuantitativos, entre los cuales estuvieron los del análisis estadístico descriptivo e inferencial entre diferentes zonas para distintos Perfiles Conceptuales correspondientes a distintas instancias de la intervención didáctica. No obstante ello, también se detectaron otras situaciones desfavorables tales como la permanencia de ciertos tipos de concepciones alternativas; y tal vez favorecidas por el material didáctico empleado.

Los resultados revelaron que cuando el sujeto accede a la zona 4 Racionalismo Sistémico el aprendizaje puede considerarse como significativo. De este modo, las nociones de Perfil Conceptual, Perfil Conceptual Relativo a la Metacognición, y Transiciones pueden ser usadas como herramientas de diagnóstico para el tipo de aprendizaje mediado por las TIC; y en este trabajo aportaron significativamente al diseño tecnopedagógico de situaciones compatibles con las ZDP.

A partir de la revisión de los antecedentes sobre el tema, no se encontraron trabajos que aborden el diseño de instrumentos que permitan hacer un análisis de este tipo de aprendizaje de manera sistematizada. Se sostiene que una de las metas de este trabajo involucra la posibilidad de llevar a cabo dicho diseño.

De todos modos, y al tratarse solamente de la “punta del iceberg”, es claro que queda mucho camino para seguir andando.

Palabras clave: TIC – Movimiento Oscilatorio – Perfiles Conceptuales – Física universitaria

ABSTRACT

In this work, the influence of Information and Communication Technologies (ICT's, or ICT) on cognitive processes, fundamentally, and metacognitive, involved in the study of Oscillatory Movement in first-year Civil Engineering students when they studied Physics I was investigated.

Theories of Meaningful and Sociocultural Learning were used as references. In this way, the students' previous knowledge was detected in a pretest by means of a questionnaire that was designed, constructed and validated in this investigation. Based on their results, ICT-mediated activities were designed, which were considered both as a significant material potential as well as instruments of a sociocultural nature that serve as cognitive tools or mindtools that favor the creation of the Zone of Proximal Development (ZPD). Didactic activities with technology were developed according to a techno-pedagogical design where ICT were selected at the appropriate time according to criteria of interactivity, access and credibility.

To evaluate the levels of understanding and appropriation of scientific knowledge about Oscillatory Motion, the notion of Mortimer's Conceptual Profile was used, which was applied in all didactic activities and subjected to different descriptive and inferential statistical analyzes.

In order to carry out this research work, new tools had to be built.

The Epistemological Matrix was prepared to define the constitution of the areas of the Conceptual Profile on Oscillatory Movement, which took into account dimensions of change in science learning through three domains: Sociohistorical; Macrogenetic or Ontegenetic; and Microgenetic

The Relative Conceptual Profile was developed, and by including the cognitive and metacognitive processes that students put together when they perform an activity, they allow us to find out what they know along with how sure they are about what their knowledge.

Likewise, the Metacognitive Analysis Cycle was designed, which allows to investigate the cognitive and metacognitive processes reported in the file of experimental activities mediated by Virtual Learning Laboratories.

Finally, the Transitions between the different profiles made their appearance, which analyze the areas of the profiles before and after a didactic intervention.

As the objective of this work was to find out if the learning mediated by ICT on Oscillatory Movement has been significant, different qualitative and quantitative analyzes were carried out, among which were descriptive and inferential statistical analysis between different areas for different Conceptual Profiles corresponding to different instances of the didactic intervention. However, other unfavorable situations were also detected, such as the permanence of certain types of alternative conceptions; and perhaps favored by the didactic material used.

The results revealed that when the subject accesses zone 4 Systemic Rationalism, learning can be considered significant. In this way, the notions of Conceptual Profile, Conceptual Profile Relative to Metacognition, and Transitions can be used as diagnostic tools for the type of learning mediated by ICT; and in this work they contributed significantly to the techno-pedagogical design of situations compatible with the ZPD.

From the review of the background on the subject, no works were found that address the design of instruments that allow an analysis of this type of learning in a systematic way. It is argued that one of the goals of this work involves the possibility of carrying out such a design.

In any case, and since it is only the "tip of the iceberg", it is clear that there is still a long way to go to keep going.

Key words: ICT – Oscillatory Movement - Conceptual Profiles – University Physics

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

Mi experiencia como docente - investigador universitario me ha provocado numerosos “debates internos” sobre diferentes situaciones vivenciadas en el aula universitaria, y en especial sobre la enseñanza del Movimiento Oscilatorio (MO). Desde que comencé a analizarlos desde la perspectiva del Pensamiento Sistémico, pude observar que, en el diseño curricular actual de las carreras de ingeniería, este tipo de movimiento es quizás uno de los menos aprovechado conceptualmente en los cursos de Física I.

Tal vez existan distintas razones para justificar esta manera de conceptualizar tales contenidos. Una de ellas quizás se deba a la complejidad matemática que demanda su explicación sobre todo para alumnos de primer año universitario. Además, ya es conocido que los estudiantes ingresan a la universidad con múltiples conocimientos relacionados con fenómenos a través de los cuales pueden explicarlos (Campanario y Otero, 2000; Pozo y col., 1991). La importancia de conocer cuáles son estos saberes, particularmente sobre MO, se debe a que dichos estudiantes tienden a abordar los problemas con los conocimientos que más dominan, pero que no son necesariamente los más relevantes desde el punto de vista científico para la solución (Salinas y col., 1996). Por lo tanto, y ante situaciones físicas desconocidas, pueden aplicar modelos que corresponden a aquellos fenómenos que le son conocidos porque existe algún tipo de semejanza, y “en muchas ocasiones esta semejanza tiene que ver con factores irrelevantes del fenómeno, pero fácilmente perceptibles” (Campanario y Otero, 2000, pp. 159).

Otro de los factores que considero importante es que en el plan de estudios de la carrera de Ingeniería Civil, las asignaturas Análisis Matemático I; Álgebra I y Física I se desarrollan en simultáneo. La consecuencia principal: los alumnos ingresantes no acceden “en tiempo y forma” a las herramientas matemáticas necesarias y suficientes para poder explicar muchos fenómenos físicos, y que están basadas en el cálculo diferencial e integral o en las ecuaciones diferenciales, tan relevantes para explicar el MO.

En consecuencia, los docentes de Física podemos enseñar en un entorno formal de aprendizaje y con ciertas estrategias metodológicas el movimiento armónico simple (MAS), el cual es considerado el más sencillo y como producto de su simplificación se

trata de un modelo fundamentalmente teórico. Si bien puede darse la integración de contenidos de la Mecánica Clásica producto de una interrelación entre la Cinemática; la Dinámica; y la Energía; tanto para una partícula como para un sólido rígido; una de sus consecuencias es la enseñanza reducida - y en detrimento - del considerado como propio de un comportamiento real: el movimiento oscilatorio amortiguado (MOA).

Así, es muy notorio que para la enseñanza de estos tipos de movimientos se debería contar con un nuevo diseño didáctico asociado a una comprensión y asimilación significativa, dada su gran importancia en tanto *estructura conceptual genérica* entre modelos mecánicos – los distintos tipos de péndulos – y electromagnéticos – los circuitos RLC tanto con corriente continua como alterna – en el ciclo básico; y como fundamento básico en la *formación* de un futuro ingeniero civil para el estudio de oscilaciones y vibraciones en estructuras en el ciclo superior.

Por otra parte, en la actualidad ya nadie niega que la tecnología forma una parte casi *indisoluble* de nuestra cultura, a tal punto que desde hace tiempo se menciona que estamos dentro de una Sociedad de la Información. Particularmente, las llamadas Tecnologías de la Información y Comunicación – TIC - son herramientas que facilitan el desarrollo de numerosas actividades; entre ellas, la educación. Particularmente en la enseñanza, coincido con Díaz Barriga (2005), en que las TIC son herramientas que pueden desarrollar su potencial como “herramienta cognitiva (o instrumento semiótico)” (pp. 13), con las cuales se puede favorecer un pensamiento divergente y en un entorno colaborativo.

Es en este contexto donde se posiciona mi interés depositado en este trabajo de investigación, con el objetivo puesto en analizar la manera en que influyen - o podrían influir - las herramientas tecnológicas como *mediadoras* en el proceso de enseñanza y de aprendizaje, de un tema relevante y complejo para cualquier estudiante de primer año de Ingeniería Civil como lo es el MO.

Asimismo, se señala que en la evaluación en las intervenciones didácticas mediadas por TIC debería estar “en congruencia con la enseñanza” y concentrarse “en el desempeño y competencias adquiridas, en la valoración de tareas generativas y en el seguimiento de procesos y mecanismos de autorregulación” (Díaz Barriga, 2005, pp. 13). Como considero que la evaluación sumativa tradicional es insuficiente para valorar este

contexto, creo oportuno emplear como instrumento de evaluación de los aprendizajes la noción de Perfil Conceptual (PC) de Mortimer.

De esta manera, en este trabajo se consideró que las TIC en tanto herramientas mediadoras de los procesos cognitivos pueden favorecer un aprendizaje significativo sobre el movimiento oscilatorio en un entorno didáctico formal en el que se aspira contribuir a que el estudiante, futuro profesional de la ingeniería, se prepare para dar nuevo sentido a los recursos innovadores en su especialidad con un pensamiento que lleve a la síntesis, la reflexión y al análisis crítico en su hacer.

1.1. Motivación y justificación de la investigación

En la actualidad, los docentes debemos participar activamente en las aulas a través de la propuesta de estrategias didácticas que generen en el alumnado aprendizajes genuinos, y que promuevan la evolución de sus estructuras cognitivas. Esta situación me ha motivado a investigar sobre la influencia de las TIC en la reconstrucción de conocimientos de un grupo de alumnos -particularmente, de primer año de Ingeniería Civil, que cursaban la materia Física I -, en el estudio de sistemas oscilatorios que describen un MAS como situación ideal, y el MOA como situación real.

Las dificultades de los estudiantes universitarios en la conceptualización de estos movimientos se constituyen en un motivo de reflexión, sobre todo al generar propuestas didácticas que pueden aportar mejoras en el proceso de aprendizaje; “las cuales, para ser verdaderamente efectivas, deben considerar aspectos relacionados con el uso de estrategias y recursos ... tales como las TIC como elementos mediadores en los procesos de enseñanza y de aprendizaje” (Delgado y col., 2014, pp. 22). Por otro lado, Pontes Pedrajas (2005) afirma que las TIC ejercen una influencia cada vez mayor en la educación científica universitaria, en relación a la mejora del aprendizaje de las ciencias por parte de los estudiantes de este nivel.

Ello implica que en las aulas, donde se pretende potenciar al máximo la comprensión conceptual de los fenómenos naturales minimizando la carga matemática, las metodologías tradicionales basadas en la transmisión del conocimiento deben dar paso a

metodologías más activas en las que los alumnos aprendan en un ambiente enriquecido tecnológicamente (Riegeluth, 2000).

Asimismo, la investigación en enseñanza de las ciencias revela que dada la complejidad de los enfoques constructivistas, éstos están lejos de ser producto del azar o del mero acto de enseñar (Donoso, 2015; Barquero y col., 2014; López y Silva, 2014; Molina 2013; Perales Palacios y col., 2013; Enrique y Alzugaray, 2012; Gómez Mercado y Oyola Mayoral, 2012; Ré y col., 2012; Ventura y col., 2012; Wainmaier y Salinas, 2011). Por el contrario, requieren de acciones cuidadosas y sistemáticamente controladas de manera que estimulen a los estudiantes a observar, analizar, opinar, formular hipótesis, buscar soluciones, descubrir conocimientos, actuar, experimentar, crear e imaginar.

Desde este marco general, me interesa investigar sobre los aportes que devienen del uso de las TIC en la construcción de conocimientos asociados a MO apelando a la posibilidad que éstas permiten integrar conceptos de cinemática, dinámica, y energía de un sistema, y de esta manera superar una dificultad ya mencionada y asociada al actual plan de estudio en el que, los contenidos matemáticos sobre ecuaciones diferenciales necesarios para estudiar MO se presentan en la materia Análisis Matemático II, en el segundo año de la carrera. Es decir, posteriormente al cursado de Física I.

Es importante destacar que los estudiantes universitarios necesitan aplicar conceptos físicos complejos tales como los relacionados con el MAS y el MOA en menor medida, para interpretar fenómenos naturales que son estudiados en otras asignaturas de las carreras de ingeniería. Este es el caso, por ejemplo, de los fenómenos ondulatorios como las vibraciones mecánicas, las radiaciones electromagnéticas y la acústica, entre otros. En particular para la carrera de Ingeniería Civil, estos movimientos son fundamentales para el análisis dinámico de estructuras donde, en una primera aproximación, se estudia el oscilador armónico con un grado de libertad para pasar después al estudio de casos más complejos, pero que siempre están basados o hacen referencia a este primer mecanismo básico subyacente, dado que

en la docencia del Cálculo Avanzado de Estructuras, y en concreto para el análisis de estructuras sometidas a cargas dinámicas como pueden ser las que aparecen durante un sismo, acción del viento,

explosiones u otros eventos accidentales, el conocimiento de la base teórica de funcionamiento del Oscilador con 1 Grado de Libertad, se revela imprescindible. (Torres y col., 2014, pp. 187).

Es por lo mencionado que en el desarrollo de la tesis se pretende contribuir a avanzar en el análisis de esta temática a fin de ir conformando un cuerpo de conocimientos para realimentar el proceso de diseño e implementación de una propuesta didáctica sobre MO.

1.2. Supuestos de la investigación

En un proceso de renovación didáctica mediante la incorporación de TIC, el aprendizaje de los estudiantes dependerá de la calidad de las prácticas en las que participen dentro del aula (Coll y col., 2008a). La inclusión de estos recursos no supone un avance en la mejora de la calidad educativa, dado que éstos no son buenos o malos en sí mismos, sino que dependen de los objetivos y estrategias empleadas por los docentes y los alumnos (Raviolo y Alvarez, 2012, pp. 629).

Particularmente en esta investigación, se sostiene que en la actualidad es fundamental que los estudiantes universitarios de las carreras de ingeniería tengan la posibilidad de realizar actividades de aprendizaje mediadas por TIC - computadora personal, sistemas de toma de datos en tiempo real (interfases, sensores y software) y aplicaciones diseñadas con programas específicos de simulaciones tales como los *fislets* (applets construidos en el lenguaje JAVA) -, dado que su utilización puede modificar y reestructurar su forma de pensar y reflexionar sobre los fenómenos físicos. Se puede agregar que las propuestas con TIC tienen un soporte visual importante - haciendo uso de la metáfora de la *pantalla* - y también pueden favorecer la motivación y el trabajo colaborativo entre los estudiantes.

Asimismo, las TIC pueden actuar como andamiaje educativo tecnológico para inferir, por ejemplo, la evolución de los parámetros físicos que permiten analizar el comportamiento mecánico de un sistema.

Respecto de los alumnos, éstos deben tener la posibilidad de expresar sus conocimientos previos, plantear hipótesis, diseñar experiencias, efectuar mediciones y analizar resultados, es decir, trabajar de manera similar a como lo haría un científico. En este

proceso las concepciones alternativas pueden ser puestas en tela de juicio por los resultados obtenidos, facilitándose su superación y la formación de nuevos conceptos (Dancy y col., 2002; Tang y Titus, 2002; Gil y col., 1999).

Atendiendo a la teoría de Aprendizaje Significativo de Ausubel (1978) que considera que el aprendizaje del alumno depende de la estructura cognitiva preliminar que se relaciona con la nueva información, es fundamental conocer cuáles son sus conocimientos previos; en particular, los conceptos y proposiciones que manejan, así como su grado de estabilidad, dado que ya tienen una serie de experiencias y conocimientos sobre MO previo a su instrucción y que afectan su aprendizaje.

Según la Teoría Sociocultural, el aprendizaje se logra mediante una interacción social y por ello en un entorno colaborativo. Desde esta perspectiva, las TIC pueden considerarse instrumentos privilegiados de mediación entre las actividades de enseñanza y la asimilación cognitiva, al igual que otras herramientas, pero de forma más específica por ser herramientas cognitivas. Asimismo, en una intervención didáctica mediada por las TIC, el concepto de Zona de Desarrollo Próximo (ZDP) es fundamental pues éste atiende al nivel de desarrollo potencial que lograría un estudiante en interacción con las tecnologías.

Finalmente, se sostiene que el avance en los conocimientos de los estudiantes hacia los aceptados científicamente, producto de una selección pormenorizada y detallada de actividades sobre MO junto a un diseño adecuado de la intervención didáctica mediada por TIC, implicaría un corrimiento hacia zonas de Perfil Conceptual (Mortimer, 2000) de mayor nivel explicativo al finalizar dicha intervención.

1.3. La problemática y las preguntas de investigación

Mi experiencia como docente universitario me ha permitido reconocer dificultades en los estudiantes al abordar el estudio sobre MO, relacionadas con la interpretación de los contenidos teóricos y el análisis de situaciones problemáticas, tanto de “lápiz y papel” como experimentales. Actualmente, en el área de las ciencias naturales se suscita un gran interés por la investigación de nuevos métodos de enseñanza (Cardona y López, 2017),

dado que se advierten de modo incuestionable las problemáticas en su aprendizaje (Dinescu y col., 2010), y por ello resulta mi particular interés en la enseñanza de la Física una de las disciplinas con mayores obstáculos en su comprensión (Rubio, 2013).

Desde una posición constructivista, cabe cuestionarse si estas dificultades:

- proceden de la existencia de posibles concepciones que obstaculizan la asimilación de conceptos; la comprensión de enunciados, la conexión con modelos físicos apropiados en relación a las referencias contextuales ofrecidas; y/o
- son emergentes de una reducida atención prestada a los procesos de comprensión en los enfoques didácticos desarrollados por los docentes durante las clases teórico-prácticas en la formación universitaria.

Con el objeto de aproximar elementos que permitan caracterizar tales dificultades, en esta tesis se buscó reconocer indicadores de comprensión en función de los conceptos y procesos activados al abordar el estudio del MO; las relaciones que se establecen entre dichos conceptos; la problematización y construcción de criterios propios, y las formalizaciones subyacentes en las actividades desarrolladas por los estudiantes.

Para ello, se apeló en primera instancia a la modificación de la tradicional clase expositiva, incorporando un sistema de adquisición de datos como ayuda pedagógica, intentado visibilizar mediante una *pantalla* el comportamiento de sistemas oscilatorios.

Posteriormente, como etapa de aplicación se recurrió a una actividad mediada por Laboratorios Virtuales de Aprendizaje (LVA), para lo cual se seleccionaron simuladores construidos en JAVA, a fin de resignificar los contenidos desarrollados sobre MO a través de procesos cognitivos, metacognitivos y de retroalimentación.

Específicamente, nos hemos propuesto buscar respuestas a las siguientes preguntas de investigación:

1. ¿Qué aspectos se deben tener en cuenta al proponer un enfoque didáctico a fin de promover una comprensión genuina que implica un aprendizaje significativo del movimiento oscilatorio armónico simple y amortiguado?
2. ¿En qué medida y de qué modo la incorporación de las TIC en el planteo de actividades didácticas, pueden iniciar y consolidar la reconstrucción de conocimiento científico?

3. ¿Cuáles son las diferentes formas de pensar, representadas en términos de diferentes zonas de Perfil Conceptual, que desarrollan los alumnos de los cursos básicos de las carreras de ingeniería sobre MO? ¿Cómo se dan sus evoluciones?

1.4. Objetivos de la Investigación

Se pretende llevar adelante la investigación con el siguiente objetivo general:

- Reconocer los procesos de aprendizaje que ponen en juego estudiantes de primer año de la carrera de Ingeniería Civil, al enfrentar las actividades propuestas en una intervención didáctica mediada por TIC, especialmente diseñada para el estudio del movimiento oscilatorio armónico simple y amortiguado.

Interesa específicamente:

- Reconocer indicadores de comprensión derivados de la implementación de una intervención didáctica mediada por TIC especialmente diseñada para el estudio de MO.
- Caracterizar las zonas de Perfil Conceptual, previo y durante dicha intervención didáctica mediada por TIC, y su evolución, en términos de nivel de complejidad, que podrían considerarse relacionados con el proceso de enseñanza.
- Evaluar tal propuesta de intervención didáctica mediada por TIC diseñada para favorecer la reconstrucción y resignificación de los conocimientos asociados al MO.

1.5. Estado actual del conocimiento sobre el tema

Actualmente se registra un número importante de trabajos de investigación sobre el uso de las TIC para el estudio de movimientos oscilatorios. Estas investigaciones pueden clasificarse, de acuerdo a las herramientas digitales a las que hacen referencia, en:

I. Simulaciones de sistemas físicos basadas en applets, también llamadas physlets (Raviolo y Alvarez, 2012; Bongianino y Cistac, 2012; Ré y col., 2012; Fernández y Jardón; 2012; Bongianino y col., 2011; Ortega - Zarsosa y col., 2010; Aveleyra y col., 2008; Christian y Esquembre, 2007; Santos Benito y col., 2005; Otero y col., 2003;

Christian, 2001). Otros investigadores, como Mottelet y Pauss, (2011, 2004) emplearon modelos creados con programas específicos.

También se registran investigaciones sobre simulaciones donde se asocian contenidos de Matemática y Física (Gemignani y col., 2013; Costa y col., 2011; Giuliano y Santorsola, 2005).

García Barneto y Bolívar Raya (2005) arribaron a una serie de conclusiones interesantes relacionadas con el empleo de las simulaciones. Observaron, por ejemplo, la permanencia en los aprendices de ideas asociadas a relaciones lineales entre la posición y el tiempo, y la velocidad y la posición en el estudio del MAS. También señalaron que el uso no adecuado de tales recursos puede dar lugar a refuerzos, o a la construcción de errores conceptuales. Por ejemplo, cuando consideran la influencia de la masa en el período de oscilación de un MAS, lo cual es compatible con el modelo de péndulo de resorte, y no lo es con el de péndulo simple. Finalmente, concluyeron que:

El uso individual de simulaciones interactivas (applets) en un contexto investigativo mejora realmente el aprendizaje de los conceptos físicos, sin embargo, queda margen de progreso y, mientras no se perfeccionen los aspectos educativos de las simulaciones, corremos el riesgo de provocar errores no deseados (pp. 4 -5).

Según Garrao (2007), en el estudio de oscilaciones amortiguadas y forzadas - que exige conocimientos de Matemática que como en nuestro caso el alumno no dispone - el uso de simulaciones se convierte en una ventaja, dado que la mayoría de ellas encubren el modelo matemático que hay detrás, lo cual puede favorecer el desarrollo conceptual.

Raviolo y Alvarez (2012, pp. 629) señalan que contribuyen a “evitar el rechazo que pueden generar en los estudiantes las ecuaciones matemáticas” porque en general no pueden operar con ecuaciones diferenciales en esta etapa de su carrera de ingeniería.

En esta dirección, Ortega - Zarzosa y col. (2010), mediante su experiencia con un sistema de simulaciones diseñado para que los estudiantes puedan contrastarlo con experiencias reales, percibieron como una ventaja el que las simulaciones oculten el modelo físico-matemático.

II. Dispositivos con toma de datos en tiempo real. En estas investigaciones sobre sistemas oscilatorios se trabajó con equipamiento conformado básicamente por sensores que tomaron datos en tiempo real de alguna magnitud física en función del tiempo; una interfase; un software de toma de datos; y una computadora.

Debe aclararse que durante la ejecución de esta tesis hubo avances significativos en la disponibilidad y accesibilidad a sistemas de toma de datos de tiempo real, al encontrarse diferentes aplicaciones (apps) gratuitas para usar en los teléfonos inteligentes o Smartphones ampliamente utilizados sobre todo por parte de los estudiantes. En esta línea se puede citar el trabajo de Enrique (2019), en el que se utiliza este dispositivo, a través de una *app* gratuita - Physics Toolbox Sensor Suite de Vieyra Software – para el estudio del MOA de un péndulo físico. De este modo, en el trabajo mencionado se apelaron a las llamadas pedagogías emergentes, las cuales se consideran conformando enfoques educativos en etapa de construcción. Dichas pedagogías aprovechan todo el potencial comunicativo, informacional, colaborativo, interactivo, creativo e innovador de las TIC en el marco de una nueva cultura del aprendizaje.

Entre las investigaciones sobre el uso de sistemas de toma de datos en tiempo real se pueden citar a: Enrique (2019); Ríos y col. (2017); De la Torre y col. (2015); Enrique (2014a; 2014b; 2012); Torres Climent (2010).

Ríos y col. (2017) hicieron uso de una cámara digital, el programa Tracker, y una calculadora científica con sus respectivos sensores, para posteriormente comparar los resultados entre los dos métodos. Se registraron datos experimentales del MAS de un péndulo simple y del MOA de un sistema masa - resorte suspendido en forma vertical. Los resultados obtenidos por los dos instrumentos fueron indistinguibles, y además permitieron proponerlos como una herramienta didáctica de bajo costo para hacer experimentos de Física que facilitan de forma sencilla la adquisición de los parámetros del MO.

De la Torre y col. (2015) indagaron acerca de la fricción seca muy viscosa en un MOA usando equipamiento de PASCO y de Leyboldt, siendo su meta analizar la transición del movimiento de sobreamortiguado a subamortiguado. Se propuso la mejora de un equipo

de dinámica unidimensional incorporando el movimiento amortiguado con fricción viscosa, para lo cual se utilizó un mecanismo que permitió una variación continua de la constante de amortiguamiento. A partir de las mediciones posición-tiempo, se determinó el coeficiente de amortiguamiento para los distintos casos. Los resultados obtenidos permitieron mejorar y ampliar los alcances de los Trabajos Prácticos de Laboratorio en la asignatura Física I e introductorio al tema de oscilaciones con fricción viscosa para Ingeniería Mecánica.

Los trabajos de Enrique (2014a; 2014b; 2012) se refirieron a un diseño tecnopedagógico, con empleo de recursos tecnológicos PASCO, para el estudio del MO incorporando conceptos propios de la Teoría del Caos. Así, el estudio de este movimiento mediante las TIC permite avanzar en el aprendizaje de determinados contenidos de esta teoría; en particular, el de *atractor* que en líneas generales aún no se enseña en los cursos iniciales de grado de las carreras de ingenierías.

Torres Climent (2010) utilizó equipos denominados como *Laboratorios Asistidos por Ordenador (LAO)*, los cuales permiten visibilizar el gráfico del fenómeno que se está estudiando al mismo tiempo que se está produciendo. El objetivo de su investigación fue discutir la veracidad o falsedad de hipótesis emitidas por alumnos de escuelas de secundario y bachillerato de España sobre distintos contenidos, siendo el más relevante para esta investigación el efectuado sobre el movimiento vibratorio de un objeto sujeto a un muelle. En particular, haciendo hincapié sobre algunas ideas previas erróneas muy frecuentes y persistentes en los alumnos que estudian los citados temas. Para poner a prueba la influencia de la amplitud sobre el periodo, las preguntas específicas fueron: “De qué factores depende el valor del periodo de un objeto que vibra sujeto a un muelle?”; y “Una vez que la amplitud del movimiento vaya disminuyendo por el efecto del rozamiento con el aire, ¿cómo variará el periodo?”. Luego de analizar los resultados, sugieren que el trabajo experimental con sensores, independientemente del curso considerado, ha sido mayoritariamente bien valorado por los alumnos como elemento de aprendizaje y como elemento de contrastación y refutación de sus ideas previas erróneas. Si bien le pareció positivo seguir utilizando este recurso, este investigador propone “alejarse” de un optimismo excesivo que puede llevar al abuso en la utilización del mismo.

Para finalizar, puede considerarse como referencia el trabajo de Cardona y López (2017), quienes presentaron una revisión de literatura que se acerca al estado actual de la implementación de los sistemas de adquisición de datos en la enseñanza de la Física; principalmente en los niveles de educación básica y media y en la formación de profesores. La búsqueda se llevó a cabo en 35 revistas encontradas en las principales bases de datos. Algunos de los principales resultados indicaron que la implementación de estas herramientas tecnológicas con un fundamento pedagógico y didáctico claramente definido se encuentran aún en una etapa incipiente, especialmente en los programas de formación de profesores. Con respecto a las temáticas o campos conceptuales abordados en los trabajos, encontraron 3 publicaciones sobre el MAS y 1 sobre oscilaciones.

Los trabajos de investigación presentados revelan que es necesario reforzar la investigación en este campo con el propósito de introducir estrategias que permitan la apropiación de las diferentes herramientas que ofrecen las TIC y utilizarlas como apoyo para la conceptualización en Física.

1.6. Síntesis de los referentes teóricos

Atendiendo a una concepción constructivista de los procesos de enseñanza y de aprendizaje, las teorías de Aprendizaje Significativo de Ausubel y Sociocultural de Vygotsky y la noción de Perfil Conceptual de Mortimer se constituyeron en referentes teóricos fundamentales en esta investigación. Además, se consideraron distintas perspectivas sobre las TIC y los Procesos Metacognitivos; particularmente, las que devienen de investigaciones en enseñanza de la Física vinculadas a la especificidad del tema propuesto.

Con el objeto de indagar acerca de la comprensión conceptual de las leyes de la Mecánica Clásica por parte de estudiantes, se propone un análisis basado en la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, dado que “se sabe que tanto los alumnos como los adultos presentan dificultades cuando deben interpretar desde el modelo físico transformaciones que están asociadas a creencias cotidianas” (García y Dell’Oro, 2001, pp. 1).

Por otro lado, la Teoría Sociocultural de Vigotsky permitió analizar la actividad del estudiante desde una concepción que acepta a la misma como una práctica social mediada por instrumentos de naturaleza sociocultural, por condiciones histórico-culturales y en participación con el docente y los compañeros. Se presume que las TIC como agentes mediadores en las intervenciones didácticas podrían actuar como instrumentos psicológicos, permitiendo una nueva perspectiva entre las actividades de enseñanza y la asimilación cognitiva que se ajuste más a las necesidades que plantea enseñar a pensar y resolver problemas de manera creativa (Kozulin, 2000, pp. 15). Otra característica de esta teoría cognitiva es la ZDP, suponemos que mediante su creación con la asistencia de las TIC los alumnos lograrían avances en sus conocimientos sobre los sistemas oscilatorios.

Como todo proceso educativo debe involucrar la Evaluación, en esta indagación sostenemos que frente al uso de las TIC deben emplearse herramientas diferentes a las tradicionales como las que considera la evaluación sumativa. Es por eso que se emplea la noción de Perfil Conceptual de Mortimer (2000). De manera resumida, este modelo considera que el aprendizaje formal ocurre a través de la participación activa del estudiante, la valorización de sus conocimientos previos, junto a un cambio en las zonas de PC que incluye también (mas no exclusivamente) las nuevas ideas científicas, en lugar del reemplazo de los conocimientos cotidianos por los científicamente aceptados. Cada una de las diferentes representaciones que posee el sujeto sobre MO establece una determinada zona de PC constituida por elementos epistemológicos y ontológicos que se utilizan dependiendo del contexto. El objetivo de este trabajo es que los estudiantes puedan acceder a las de mayor nivel explicativo dentro los saberes aceptados por la comunidad científica.

1.7. Breve descripción de la Metodología

La investigación que se presenta en esta tesis se desarrolló desde una perspectiva que combinó los enfoques cuali y cuantitativo, considerando que ambos enfoques pueden complementarse en el análisis de una realidad concreta. Considero que se puede trabajar, al igual que lo interpretó Sánchez Gómez (2015, pp. 16), con un diseño dual que respete las contribuciones de ambos enfoques y así “...proponer estrategias multimétodo o

mixtas, que converjan en un compromiso entre las orientaciones cuantitativa y cualitativa de la investigación”.

Así, en la Figura 1 se presenta un bosquejo del enfoque mixto empleado en esta tesis que implica una complementariedad metodológica cualitativa – cuantitativa en el proceso de investigación.

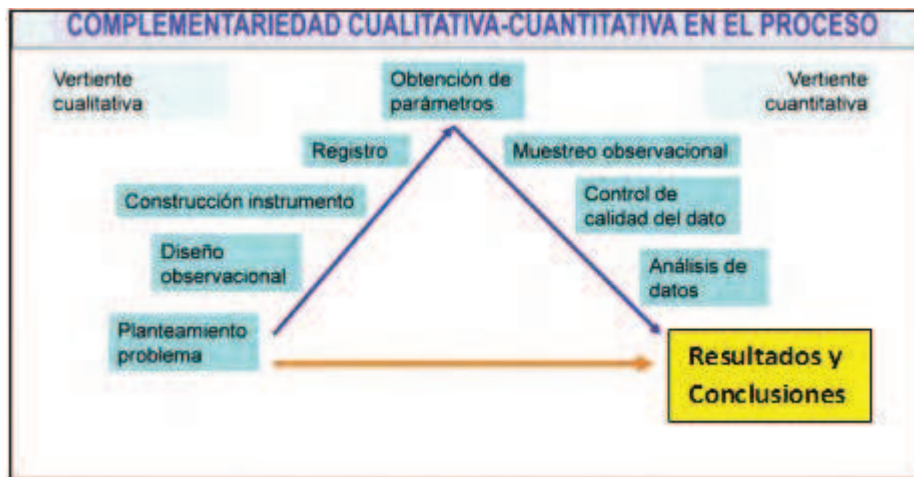


Figura 1. Complementariedad metodológica cualitativa – cuantitativa (Modificado de Anguera, 2010; citado en Sánchez Gómez, pp. 15).

Desde la postura de la armonía entre las vertientes cualitativa - cuantitativa, se valoran igualmente las posibilidades de cada metodología, respetando sus respectivas contribuciones para arribar a los resultados y conclusiones.

En esta investigación se incorporaron dos dimensiones muy importantes que fueron consideradas en la evaluación de la intervención didáctica mediante las zonas de PC:

a. Ontológica, la cual analiza las distintas visiones del mundo (concepciones sobre MO); el rol de las personas en el mundo (estudiantes universitarios de ingeniería); y el tipo de relaciones que existen entre ambos (conocimientos en estudiantes de ingeniería sobre MO); y

b. Epistemológica, que intenta responder a las demandas que plantea el conocimiento, delimitando cuál es la naturaleza de la relación entre lo conocido y quien pretende conocer: entre el conocimiento y el significado establecido en la estructura del sujeto cognoscente.

La indagación se desarrolló en el marco de la asignatura Física I que corresponde al primer año del plan de estudio, vigente desde el año 2004, de la carrera de Ingeniería Civil de la Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe. Los estudiantes que participaron en todas las etapas de la intervención didáctica fueron 38, si bien se registraron variaciones en la cantidad de estudiantes que efectuaron las distintas etapas diseñadas en el marco de la intervención didáctica.

1.8. Organización de la tesis

En este capítulo introductorio se presentó la problemática y las preguntas que otorgaron sentido a la investigación y orientaron la formulación de los objetivos. Asimismo, se incluyó una descripción de los lineamientos teóricos y metodológicos adoptados. A continuación, se consigna una síntesis explicativa breve de los contenidos de cada uno de los capítulos de la tesis de manera de ofrecer un panorama integral de la misma.

En el capítulo 2 se exponen los referentes teóricos que orientaron la investigación y permitieron valorar los alcances de los resultados obtenidos. Además de los contenidos específicos del campo disciplinar de la Física, se desarrollan aspectos teóricos derivados de las aportaciones emergentes del paradigma cognitivo actual y de los resultados de investigaciones del campo de la Didáctica de la Física relacionadas con la temática abordada.

En el capítulo 3 se consigna el diseño metodológico que sustentó la investigación. En este sentido, se presentan las actividades mediadas por TIC - introductoria y de aplicación - para el estudio de los movimientos oscilatorios armónico y amortiguado, las cuales fueron diseñadas en el marco de una propuesta de intervención didáctica. Asimismo, se detallan los criterios de diseño y elaboración de los instrumentos de recolección de datos y las técnicas empleadas en el procesamiento de datos.

Los resultados obtenidos en relación con la aplicación de un cuestionario como pretest se comunican, analizan y discuten en el capítulo 4. Tal cuestionario fue diseñado para indagar sobre los conocimientos que disponen los estudiantes, particularmente de primer año de ingeniería, antes de iniciar el desarrollo de los contenidos asociados a MO.

En el capítulo 5 se presenta una Matriz Epistemológica, herramienta que se diseñó en esta investigación para la constitución de las zonas de Perfil Conceptual sobre MO. Se detallan los pasos teóricos y metodológicos que atienden tres ámbitos o dominios genéticos: sociocultural; ontogenético o macrogenético; y el microgenético.

En el capítulo 6 se describen y analizan los distintos Perfiles Conceptuales asociados tanto a los conocimientos previos que disponen los estudiantes sobre movimiento oscilatorio como a las diferentes actividades didácticas mediadas por TIC. Además, se presentan y analizan los resultados que derivan de aplicar dos nuevas herramientas producto de esta investigación, las cuales se han denominado Perfil Conceptual Relativo a la Metacognición y Transiciones. La evolución de los Perfiles Conceptuales y la influencia de las TIC en el aprendizaje sobre el movimiento armónico simple y amortiguado se detallan en el capítulo 7.

Finalmente, en el capítulo 8 se presentan las conclusiones en relación con el marco teórico desarrollado en el capítulo 2. Se valoran las implicancias y utilidad de los resultados y los nuevos interrogantes que quedan abiertos susceptibles de ser respondidos con futuros trabajos de investigación, tomando como base los resultados aquí alcanzados.

CAPÍTULO 2

REFERENTES TEÓRICOS

2.1. Introducción

En el presente capítulo se desarrollan, por un lado, los contenidos disciplinares básicos relativos a MO tomando como base los libros recomendados a los estudiantes, y por otro, los aportes provenientes del paradigma cognitivo actual y de las investigaciones en Enseñanza de las Ciencias vinculados a la especificidad del tema.

Se inicia con una breve descripción de los contenidos conceptuales básicos sobre MO que se presentan en la bibliografía recomendada por la cátedra de Física I. Luego se analizan los fundamentos de la Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel, de la Teoría Sociocultural de Vigotsky, y de la noción de Perfil Conceptual de Mortimer. Desde la especificidad de cada uno de estos análisis se derivaron los componentes esenciales para el estudio de la problemática delimitada en el capítulo anterior.

2.2. Contenidos conceptuales básicos sobre Movimientos Oscilatorios

Los contenidos conceptuales básicos sobre MO se introducen a partir de los desarrollos que se presentan en los materiales bibliográficos sugeridos por la cátedra, los cuales integran los enfoques de Cinemática, Dinámica y Energía tanto para una partícula como para un sólido rígido. Se consideraron los tratamientos efectuados en:

- “Física Universitaria. Volumen 1”, de Sears, F., Zemansky, M., Young, H., & Freedman, R.; Pearson Educación, preferentemente a partir de la 11° edición; y
- “Física. Volumen I”, de Resnick, R.; Halliday, D. y Krane, K.; CECOSA, a partir de la 4° edición.

Para iniciar la conceptualización se articulan los contenidos del primero relacionados con la descripción de una oscilación, Capítulo 13 “Movimiento Periódico”, p. 419 - Figura 2 -, con los del segundo que atienden a la definición de sistemas oscilatorios, involucrando como ejemplos casos de péndulos asociados a la vida cotidiana - Figura 3 -.



Figura 2. Inicio del Capítulo 13 (modificado de Sears y colaboradores, 12 edición, 2009, pp. 419)

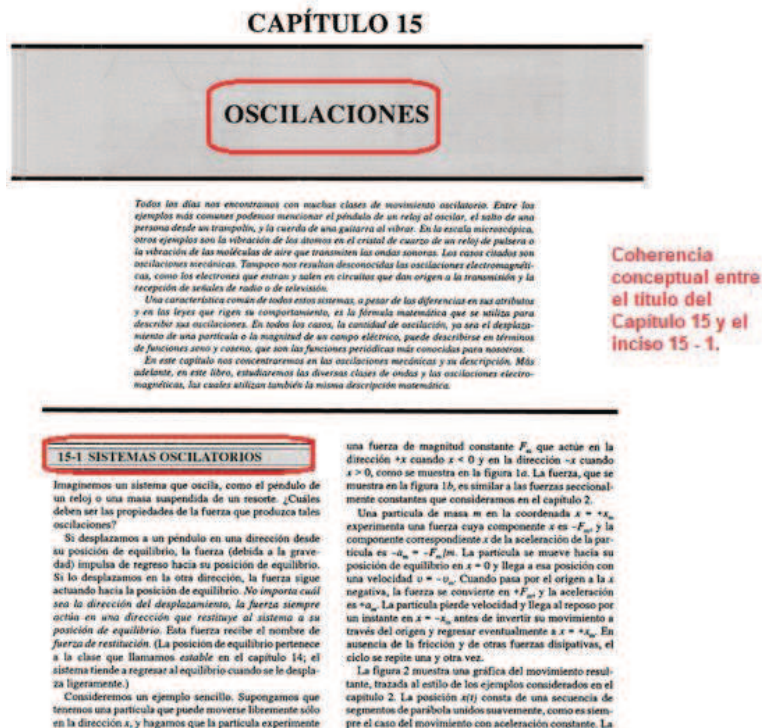


Figura 3. Inicio de la conceptualización sobre Movimiento Oscilatorio (modificado de Resnick y colaboradores, 4 edición, 1999. Capítulo 15, p. 353)

Para que un sistema describa un MO es necesaria la presencia de una *fuerza restitutiva* - $F(x)$ que sea *proporcional al desplazamiento* - x -, tal como se expresa mediante la ley de Hooke: $F(x) = -Kx$; siendo K la constante elástica del resorte. En este contexto, desde un análisis dinámico y, para un sistema conformado por un cuerpo de masa m fijo a un resorte ideal de constante elástica K en posición horizontal y cuyo desplazamiento se determina respecto de la posición de equilibrio - es decir, cuando el resorte no está estirado ni comprimido -, la fuerza de restitución del resorte puede relacionarse con la aceleración del sistema en la dirección del movimiento según la segunda ley de Newton: $F(x) = -Kx = ma_x$. Si además no existe rozamiento, se puede decir que dicho sistema describe un MAS; el cual se caracteriza por tomar valores instantáneos variables y periódicos; en particular, de la fuerza restauradora y las variables cinemáticas posición, velocidad y aceleración lineales - Figura 4 -.

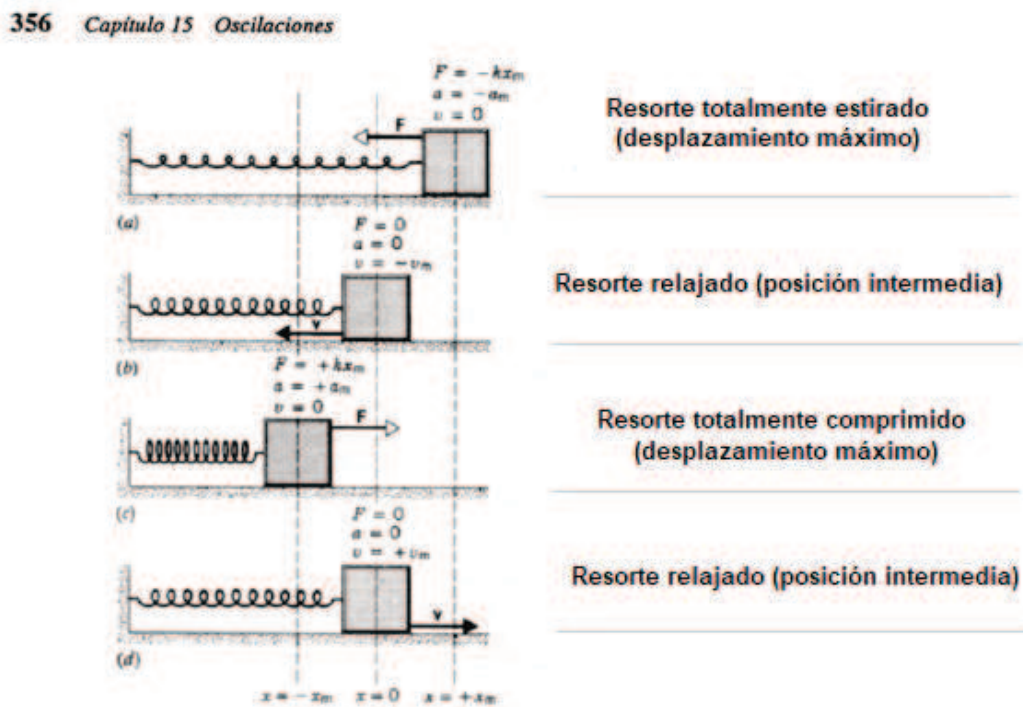


Figura 5 Oscilador armónico simple, consistente en un resorte que actúa sobre un cuerpo que se desliza en una superficie horizontal sin fricción. En (a), el resorte se estira de modo que el cuerpo tenga su desplazamiento máximo a partir del equilibrio. En (c) el resorte está totalmente comprimido. En (b) y (d), el cuerpo pasa por la posición de equilibrio con velocidad máxima y con el resorte relajado.

Figura 4. MAS descrito a través de un sistema masa - resorte (modificado de Resnick y colaboradores, 4 edición, 1999, Capítulo 15, p. 356)

La fuerza restitutiva ejercida por un resorte ideal sobre un cuerpo de masa m es conservativa, y se puede establecer una relación entre dicha fuerza con la energía potencial U ; es decir, $F(x) = -dU/dx$. La energía potencial que corresponde a dicha fuerza es $U = \frac{1}{2} K x^2$.

Si en la expresión de la segunda ley de Newton se reemplaza la aceleración a_x por su relación con la posición $a_x = d^2x/dt^2$, la misma toma la forma $-Kx = m d^2x/dt^2$, y se arriba a la ecuación diferencial propia de un sistema que describe un MAS: $d^2x/dt^2 + (K/m)x = 0$. Al término ubicado entre paréntesis se lo denomina *frecuencia angular* ω , el cual revela las magnitudes físicas que influyen en el período de oscilación T ; en este ejemplo, para un sistema oscilante masa - resorte.

La solución de esta ecuación diferencial permite deducir la noción de *periodicidad* asociada a las funciones seno y coseno, para finalmente deducir el período T ; la frecuencia del movimiento f ó ν ; y la frecuencia o pulsación angular ω ; así como también, la amplitud x_m , la fase del movimiento $(\omega t + \phi)$, y la constante de fase (ϕ) , presentes en la ecuación: $x = x_m \cos(\omega t + \phi)$. Siendo x_m la amplitud del movimiento - magnitud máxima del desplazamiento con respecto a la posición de equilibrio -; así una oscilación completa o ciclo queda comprendido entre $+x_m$ y $-x_m$; también se expresa como $+A$ y $-A$. El tiempo que tarda el sistema en realizar un ciclo se denomina período T y frecuencia f ó ν al número de ciclos en la unidad de tiempo. Estas definiciones permiten establecer las siguientes relaciones: $f = 1/T$; $\omega = 2\pi f$; y $\omega = 2\pi/T$. Asimismo, se pueden definir período y frecuencia en función de ω ; es decir, $T = 1/f = 2\pi/\omega = 2\pi/\sqrt{\frac{K}{m}}$, lo cual revela que, en un MAS, estas dos magnitudes físicas no dependen de la amplitud A .

La velocidad v_x y la aceleración a_x , también periódicas, serán: $v_x = dx/dt = -x_m \omega \sin(\omega t + \phi)$ y $a_x = dv_x/dt = d^2x/dt^2 = -x_m \omega^2 \cos(\omega t + \phi)$. Su representación gráfica para el caso particular en que la constante de fase ϕ es 0, se muestra en la Figura 5 - izquierda -.

Como se desprecia la acción del rozamiento, este sistema es energéticamente conservativo; es decir; que la Energía Mecánica E , suma de las Energías Cinética $K = \frac{1}{2} m v^2$ y Potencial $U = \frac{1}{2} K x^2$, es constante tanto en función del tiempo - $E(t) = K(t) + U(t)$

= *cte* - como en función del desplazamiento - $E(x) = K(x) + U(x) = cte$ - según se observa en la Figura 5 - derecha -.

Así, la noción de *periodicidad* implica que las magnitudes físicas que tienen este comportamiento en un MAS presentan valores máximos; mínimos; o nulos; dependiendo del tiempo o del desplazamiento instantáneo. Por otro lado, se mantienen constantes los valores del período de oscilación T y de la Energía Mecánica E .

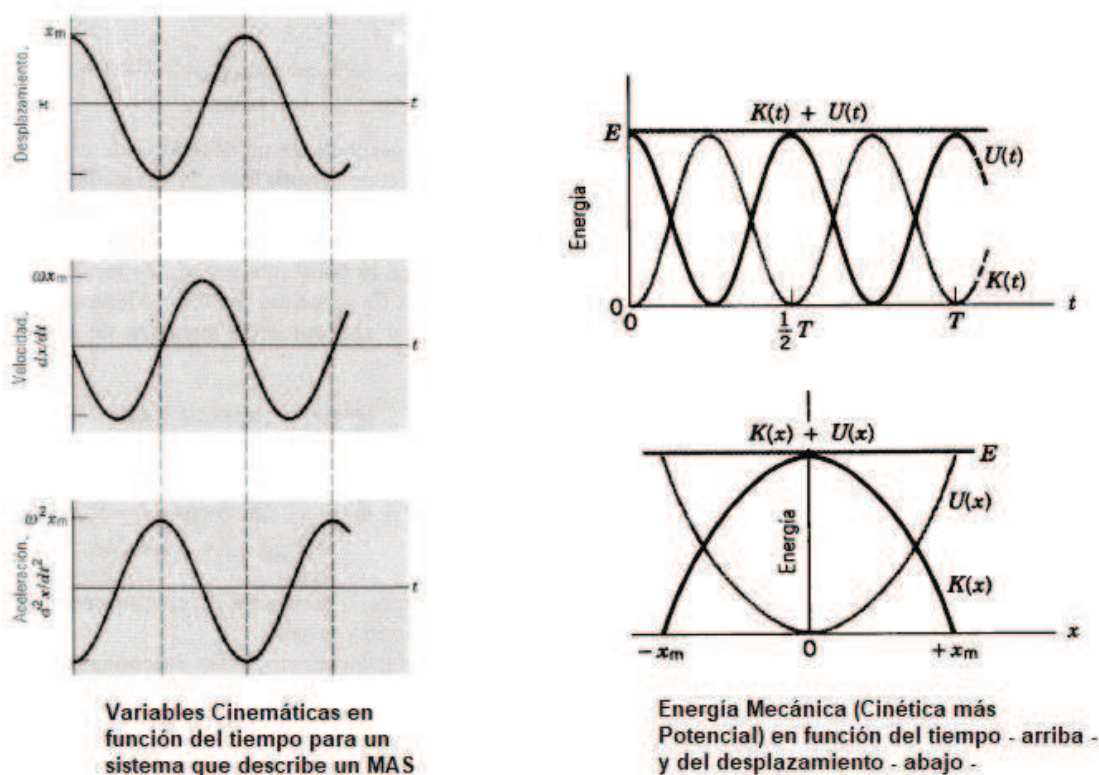


Figura 5. Variables cinemáticas (izquierda) y Energía Mecánica en función del tiempo y del desplazamiento (derecha) de un sistema que describe un MAS (modificado de Resnick y colaboradores, 4 edición, 1999., Capítulo 15, pp. 358 - 359)

El MAS también se puede analizar, desde un punto de vista dinámico - cinemático, relacionándolo con un Movimiento Circular Uniforme, MCU. Se incorporan la ley de Hooke, la aceleración de un MAS, y las relaciones con la frecuencia, indicando que “el movimiento armónico simple es la proyección del movimiento circular uniforme sobre un diámetro” (Sears; *op. cit.* p. 422). Se emplea la componente “ x ” para deducir la aceleración en dicha dirección horizontal, y así arribar a la ecuación de la frecuencia angular en función la constante elástica del resorte y la masa: $\omega^2 = K/m$. Se definen

período y frecuencia en función de ω : $T = 1/f = 2\pi/\sqrt{\frac{k}{m}}$; lo cual pone en evidencia nuevamente que, en un MAS estas magnitudes físicas no dependen de la amplitud. Finalmente, se establecen relaciones entre la amplitud, los valores iniciales de posición y velocidad, y la frecuencia angular.

Los sistemas analizados que se suelen emplear con mayor asiduidad como aplicaciones de un MAS son el sistema masa - resorte descrito y en posición vertical, el oscilador de torsión, y los péndulos simple y físico. En particular, con péndulo simple se refiere a un modelo o sistema ideal que "...consiste en una masa puntual suspendida de un cordón sin masa y no estirable" (Sears y col, *op. cit.*, p.436), mientras que Resnick y col. (*op. cit.*, p. 362) mencionan que se trata "...de una partícula suspendida de un cordón ligero inextensible". Para ambos enunciados, un péndulo simple o ideal está constituido por una partícula de masa m suspendida de un punto fijo O por un hilo inextensible de masa despreciable y de longitud L que, al ser apartado de su posición de equilibrio un ángulo pequeño - o para pequeñas *amplitudes* -, en un ambiente de atmósfera estanca, oscila en un plano vertical por la influencia de la gravedad. Mediante un análisis dinámico, se llega a la deducción que la frecuencia angular ω depende de la longitud del hilo L y de la aceleración de la gravedad local g ; es decir, $\omega = \sqrt{g/L}$. Además, las ecuaciones de desplazamiento; velocidad; y aceleración se expresan en función de las variables angulares $\theta(t)$; $\omega(t)$ - cuidado que tiene el mismo símbolo que la frecuencia angular -; y $\alpha(t)$. Por lo tanto, las distintas magnitudes físicas involucradas en el análisis efectuado también corresponden a variables propias del estudio de las rotaciones; tales como Momento de Fuerza; Energía Cinética de rotación; entre otras.

En el caso del péndulo físico, Sears y col. (*op. cit.*, p. 438) lo definen como "... cualquier péndulo real que usa un cuerpo de tamaño finito, en contraste con el modelo idealizado de péndulo simple en el que toda la masa se concentra en un punto"; mientras que Resnick y col. (*op. cit.*, p. 363) manifiestan que es "... cualquier cuerpo rígido montado de manera que pueda oscilar en un plano vertical respecto a algún eje que pase por él...". Así, se considera que cualquier sólido rígido puede ser potencialmente un péndulo físico, especialmente aquellos que presenten una distribución no homogénea de su masa - o irregulares en su forma -, siempre y cuando el punto de apoyo o pivote esté por encima del centro de masa. Cabe aclarar que, como se trata de una generalización de un péndulo

simple, las experiencias de laboratorio deben ser diseñadas y ajustadas adecuadamente. Expresado de otro modo, puede que el sistema considerado como péndulo simple sea en realidad uno físico.

En un movimiento oscilatorio real, se disipa energía debido a la presencia de algún tipo de fuerza de rozamiento. Por ese motivo la amplitud de oscilación disminuye paulatinamente, deteniéndose finalmente el movimiento. En la mayoría de los casos de interés, la fuerza de fricción (fuerza amortiguadora) es proporcional y de sentido opuesto a la velocidad del cuerpo resultando un movimiento oscilatorio amortiguado, MOA - aunque también puede tratarse de un sistema críticamente amortiguado, o sobreamortiguado -. Las características relevantes de un MOA son la disminución de la amplitud A en función del tiempo; y el aumento del tiempo de una oscilación, Figura 6.

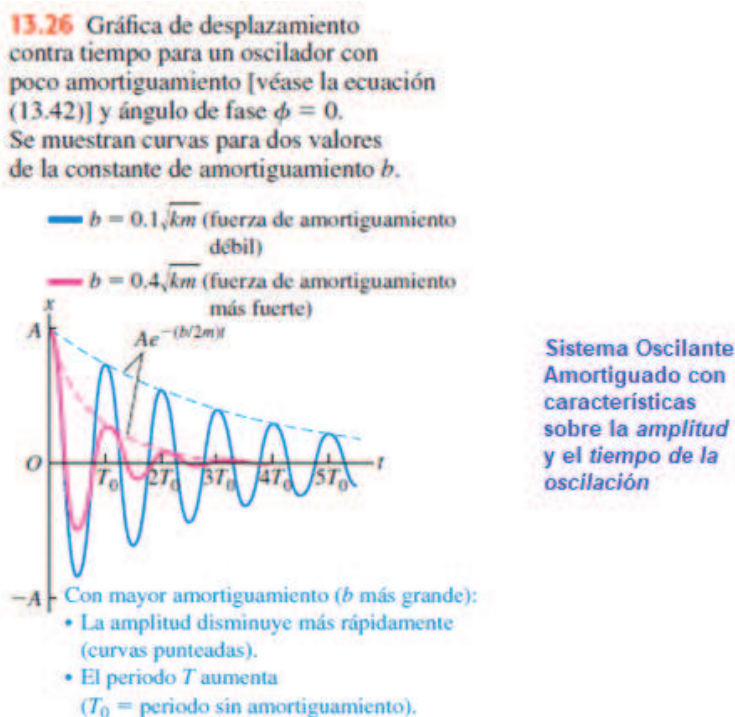


Figura 6. Gráfica de desplazamiento de un oscilador amortiguado (modificado de Sears y colaboradores, 12 edición, 2009, p. 441)

2.3. La Teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel (TAS)

La teoría del Aprendizaje Significativo de Ausubel se fundamenta en los saberes previos del alumno, lo que ya conoce. Según Ausubel

hay aprendizaje significativo cuando las ideas expresadas simbólicamente pueden relacionarse, de modo no arbitrario, sustantivo (no al pie de la letra), con lo que el alumno ya sabe; o sea, con algún aspecto de su estructura cognitiva específicamente relevante para el aprendizaje de tales ideas. (1978, pp. 40 – 41).

Así, el aprendizaje significativo se produce cuando el estudiante da sentido o establece relaciones entre los nuevos conceptos - o la nueva información - y los conceptos y conocimientos existentes - o con alguna experiencia anterior -. En particular, ocurre cuando la nueva información *se conecta* con un concepto relevante preexistente en la estructura cognitiva del sujeto (también llamado *subsunsor* o *inclusor*, ideas “ancla”). Esto implica que las nuevas ideas, conceptos y proposiciones pueden ser aprendidos significativamente en la medida en que otras ideas, conceptos o proposiciones relevantes estén adecuadamente claras y disponibles en la estructura cognitiva del individuo y que funcionen como un punto de *anclaje* a las primeras.

En este contexto resulta importante conocer los subsunsores que intervienen en el proceso de anclaje. Como ejemplo en Física, si los conceptos de fuerza, cantidad de movimiento y energía ya existen en la estructura cognitiva del alumno, estos servirán de subsunsores para nuevos conocimientos referidos a los movimientos oscilatorios armónico simple y amortiguado tales como período, frecuencia del movimiento, fuerza restauradora, amortiguación, etc.

Otra de las condiciones para que se produzca el aprendizaje significativo es que el material a ser aprendido sea relacionable, de manera sustantiva y no literal, a la estructura cognitiva de quien aprende (Gil, 1997). Un material que posee esas características sería potencialmente significativo; es decir, factible de ser aprendido significativamente (Rodríguez y col., 2009); de lo contrario, el aprendizaje puede ser mecánico o memorístico.

Por otra parte, Ausubel (1978) no establece una distinción entre aprendizaje significativo y mecánico como una dicotomía sino como un continuum. Es más, ambos tipos de aprendizaje pueden ocurrir concomitantemente en la misma tarea de aprendizaje. Por ejemplo, la simple memorización de fórmulas se ubicaría en uno de los extremos de ese continuo (aprendizaje mecánico), mientras que el aprendizaje de relaciones entre

conceptos podría ubicarse en el otro extremo (Aprendizaje Significativo). Debe aclararse que además existen distintos tipos de aprendizajes intermedios que comparten algunas propiedades de los aprendizajes antes mencionados.

Estos tipos de aprendizajes se clasifican en:

a. Subordinado: existe cuando se presenta una relación de *subordinación* entre el nuevo material y la estructura cognitiva preexistente, dado que involucran una *subsunción* de conceptos y proposiciones, en nuestro caso sobre el MO, potencialmente significativos a las ideas más generales e inclusivas ya existentes en la estructura cognoscitiva del estudiante.

Este tipo de aprendizaje puede ser de dos tipos:

a.1. Derivativo: sucede cuando el material es aprendido y entendido como un ejemplo específico de un concepto ya existente, lo que confirma una proposición general previamente aprendida. Dicho de otro modo, los atributos de criterio del concepto no se modifican, sino que se corroboran o se reconocen ejemplos nuevos.

a.2. Correlativo: corresponde al típico proceso mediante el cual es aprendido un nuevo concepto. De este modo, la nueva información también es integrada con los subsunsores relevantes más inclusivos, aunque no es implícito su significado, por lo que pueden ser modificados los atributos de criterio del concepto incluido.

b. Supraordinado: tiene lugar cuando una nueva proposición se relaciona con ideas subordinadas específicas que ya están establecidas, y suele ocurrir cuando se presenta un razonamiento del tipo inductivo, o cuando el material empleado implica la síntesis de ideas componentes.

c. Combinatorio: se caracteriza porque la información nueva no se relaciona con la estructura cognoscitiva previa del alumno de acuerdo a las dos maneras citadas previamente - subordinada y supraordinada -, sino que lo hace de una forma general, como si la nueva información fuera potencialmente significativa con toda la estructura cognoscitiva. En este tipo de aprendizaje las proposiciones son, tal vez, las menos relacionables y menos capaces de "conectarse" en los conocimientos existentes, y por lo tanto más dificultosas para su aprendizaje y retención como consecuencia directa del

papel crucial que tiene la disponibilidad de subsunsores relevantes y específicos para el aprendizaje significativo.

Ausubel (op. cit.) aboga, siempre que sea posible, por el *aprendizaje subordinado*, dado que ya existe en la memoria del alumno la presencia de ideas previas pertinentes para aprender de manera significativa tanto conceptos como proposiciones, y para ello recomienda los *organizadores previos*, cuya

...función principal...es salvar el abismo que existe entre lo que el alumno ya sabe y lo que necesita saber, antes de que aprenda con buenos resultados la tarea inmediata. La función del organizador consiste en proporcionar un armazón ideativo para la incorporación y retención estables del material más detallado y diferenciado que sigue en el pasaje de aprendizaje, así como en aumentar la discriminabilidad entre este material y las ideas semejantes u ostensiblemente contradictorias de la estructura cognoscitiva (Ausubel,1978, p. 179).

Dos procesos dinámicos muy relevantes en esta teoría y que están estrechamente relacionados respecto a la asimilación de conceptos - dado que ocurren a medida que se produce el aprendizaje significativo - son la *diferenciación progresiva* y la *reconciliación integradora*.

La primera sucede en un aprendizaje del tipo subordinado (especialmente en el correlativo), donde se produce una asimilación en la cual los conceptos subsunsores están siendo reelaborados y modificados constantemente, y de este modo adquiriendo nuevos significados - o son progresivamente diferenciados -.

La reconciliación integradora sucede en los procesos de aprendizajes supraordinado y combinatorio - porque demandan de una recombinação de los elementos existentes en la estructura cognitiva (Moreira, 1993): a medida que se adquieren las informaciones nuevas, los elementos ya existentes en la estructura cognitiva pueden ser precisados, relacionados - o reorganizados - y así adquirir nuevos significados.

Finalmente, debe considerarse la retención, que hace referencia al proceso de mantener en existencia una reproducción de los nuevos significados adquiridos. Según Ausubel y col. (1998, p. 120)

A su tiempo, cuando el proceso de asimilación continúa, los significados de los conceptos o proposiciones componentes dejan de ser disociables de sus ideas de afianzamiento. El resultado es la asimilación obliterativa o el olvido significativo.

De este modo, la presencia del *olvido* implica una disminución de la disponibilidad entre el establecimiento de un significado y la reproducción del mismo, o entre dos representaciones del material de aprendizaje.

2.4. La Teoría Sociocultural de Vygotsky

Esta teoría propone una concepción cultural-histórica del desarrollo cognitivo. En el ámbito de la educación, la misma se guía a través de los supuestos siguientes (Martínez Rodríguez, 1999, p. 17):

- 1) el uso del análisis genético que implica ir a la génesis, al origen del fenómeno en cuestión y estudiarlo en su desarrollo y no solamente como un producto final;
- 2) su énfasis en el origen social de los fenómenos psicológicos;
- 3) la propuesta de que las funciones mentales superiores y la acción humana están mediadas por herramientas y por signos (Wertsch, 1991), entre las que destacan principalmente el lenguaje; y
- 4) un postulado de carácter metodológico que tiene que ver con la unidad de análisis de los fenómenos psicológicos: la acción mediada.

El aprendizaje se produce cuando el sujeto *interioriza* - incorpora en su pensamiento - diferentes *herramientas culturales* mediante las interacciones sociales. Por ello tanto su experiencia personal, así como también la historia de su cultura son relevantes para conocer dicho desarrollo. Por otro lado, las herramientas y los símbolos son aspectos de un mismo fenómeno que se conjugan en todo artefacto cultural (Cole y Engeström, 2001).

Esto nos dirige a una de las tesis fundamentales de la perspectiva sociocultural que es la consideración de la mente humana mediada por instrumentos: todas las actividades humanas - entre ellas las de aprendizaje - están mediadas por instrumentos de naturaleza sociocultural. Según esta teoría “existen tres clases principales de agentes mediadores: instrumentos materiales, instrumentos psicológicos y mediadores humanos” (Kozulin, 2000, p. 17).

Los instrumentos materiales son aquellos que están orientados a procesos de la naturaleza; y no existen como elementos individuales porque se supone su uso de manera colectiva, mediante una comunicación interpersonal y una representación simbólica.

Los instrumentos psicológicos son recursos simbólicos (signos, símbolos, textos, fórmulas, medios gráfico – simbólicos) que ayudan al individuo a dominar sus propias funciones psicológicas “naturales” de percepción, memoria, atención, etc., y “actúan como un puente entre los actos individuales de cognición y los requisitos simbólicos socioculturales de estos actos” (Kozulin, 2000, p. 15).

Las transformaciones con estos instrumentos disponibles en una determinada cultura dependen tanto de su calidad como de las condiciones en las que los individuos se apropian de ellos. Por lo tanto, no sólo deben estar disponibles, sino que además deben estar mediados adecuadamente.

Es en esta dirección donde se encamina la propuesta de considerar a las TIC como herramientas cognitivas - o *mindtools* - (Jonassen 2000; Lajoie, 2000; Jonassen y col., 1998). Dicho de otro modo, son “instrumentos que permiten que las personas, en general, y los estudiantes, en particular, re-presenten de diversas maneras su conocimiento y puedan reflexionar sobre el mismo, apropiándose de manera más significativa” (Coll y col, 2008b, p. 3). De acuerdo a esta perspectiva, las TIC también

constituyen un medio de representación y comunicación novedoso, cuyo uso puede introducir modificaciones importantes en determinados aspectos del funcionamiento psicológico de las personas; un medio que, si bien no constituye en sentido estricto un nuevo sistema semiótico – puesto que utiliza fundamentalmente sistemas semióticos previamente existentes como el lenguaje oral y escrito, la imagen audiovisual, las representaciones gráficas, etc. –, crea, a partir de la integración de tales sistemas, condiciones totalmente nuevas de tratamiento, transmisión, acceso y uso de la información. (Coll y col, 2008b., p.3).

Por otra parte, en un contexto sociocultural determinado, el sujeto *co-construye* sus conocimientos a medida que interactúa con personas más formadas. Ahí es donde se hace presente lo que Vigotsky llamó Zona de Desarrollo Próximo (ZDP): la diferencia entre el nivel de desarrollo *real* que tiene un sujeto - y que está definido por la resolución de problemas de manera independiente -, y el nivel de desarrollo *potencial*, determinado

mediante la resolución de problemas bajo la supervisión o colaboración de otros sujetos más formados. La ZDP “se puede concebir como una zona donde los conceptos científicos presentados por los enseñantes interaccionan con los conceptos espontáneos que ya poseen” (Kozulin, 2000, p. 66).

El concepto de ZDP es básico para los procesos de enseñanza y de aprendizaje, pues los docentes deben tomar en cuenta el desarrollo del estudiante en sus dos niveles: el real y el potencial para promover niveles de avance y regulación como lo proponía Vigotsky.

Moll (1993, p. 20) menciona tres características para crear ZDP:

1. Establecer un nivel de dificultad. Este nivel, que se supone que es el nivel próximo, debe ser algo desafiante para el estudiante, pero no demasiado difícil.
2. Proporcionar desempeño con ayuda. El docente proporciona una práctica guiada al estudiante con un claro sentido del objetivo o resultado de su desempeño.
3. Evaluar el resultado independiente. El resultado más lógico de la creación de una ZDP es que el estudiante se desempeñe de manera independiente.

2.5. La noción de Perfil Conceptual de Mortimer

La noción de Perfil Conceptual (PC) de Mortimer se dio a conocer en la tesis doctoral de dicho investigador en el año 1994, y se puede considerar como una perspectiva o un referente teórico y metodológico para pensar el aprendizaje y la enseñanza de las ciencias donde

la intención es construir un modelo para describir la evolución de las ideas tanto en el espacio social de la clase como en los individuos, a consecuencia del proceso de aprendizaje (Mortimer, 2000, p. 53).

Tal noción contempla que en cualquier cultura o persona no existe una forma homogénea de pensar, sino diferentes tipos de pensamiento verbal; por lo que esta heterogeneidad reconoce la coexistencia de dos o más significados para un mismo concepto que se emplean de modo correcto en diferentes contextos (Mortimer, 2001).

Según El-Hani y Mortimer (2010),

los perfiles conceptuales constituyen, precisamente, modelos de diferentes maneras de ver y representar el mundo que son utilizadas por las personas para significar su experiencia (p. 327).

Esta coexistencia es posible también en los conceptos científicos, en los que no es siempre equiparable una visión clásica y una moderna para un mismo fenómeno.

En los PC la evolución conceptual es entendida como un enriquecimiento del espectro de ideas de las que se dispone para la comprensión de un asunto dado (Mortimer, 2001; 2000; 1998; 1994).

Así, cualquier problema u objeto, según este principio de pluralidad representacional, sería susceptible de ser analizado o representado de formas alternativas pero, a diferencia de lo que plantea la hipótesis del aprendizaje situado o de la heterogeneidad de formas de pensamiento, aquí esas diferentes representaciones implicarían de hecho diferentes niveles de análisis, jerárquicamente organizados, basados en estructuras conceptuales de diferente complejidad que pueden ser analizados a través de distintas zonas de PC. Las diversas teorías deberían ser susceptibles de encajarse o integrarse unas en otras, de tal modo que existiese una secuencia de reconstrucción (Kattmann, 2008 citado por Treagust y Duit, 2009; Duit y col., 2012) necesaria, pero también una integración genética de unos modelos en otros.

La noción de PC está basada en la de Perfil Epistemológico de Bachelard (Pedreros, 2013). Según Bachelard (1984), los científicos hacen uso de visiones epistemológicas para hacer ciencia que son las más convenientes, aunque no necesariamente las más actualizadas. Cada una de estas visiones se usa en diferentes dominios que están relacionados con el problema a resolver. Además, considera que no todas las personas conocen todas las visiones filosóficas de un concepto determinado; en consecuencia, al medir los perfiles epistemológicos de diferentes personas, es posible que éstos no tengan las mismas visiones epistemológicas de un mismo concepto. Esto se puede resumir en la Figura 7.



Figura 7. Perfil epistemológico de un modelo (modificado de Viau y colaboradores., 2008, p. 178)

Por ejemplo, para la Mecánica Clásica - puntualmente para el caso del concepto *masa* - Bachelard propuso el siguiente perfil epistemológico, Figura 8.

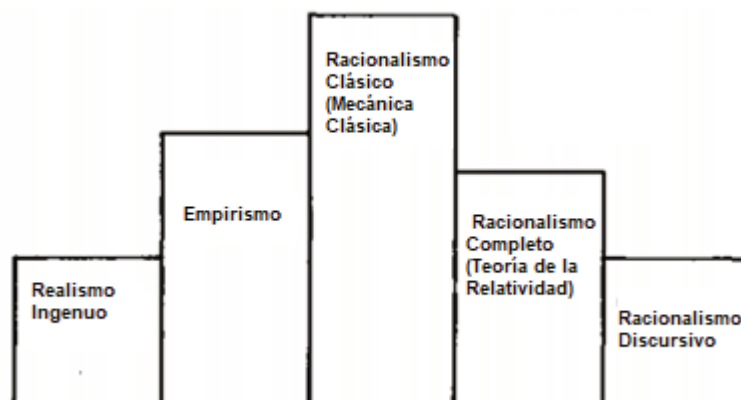


Figura 8. Perfil epistemológico de Bachelard asociado al concepto de masa (modificado de Bachelard, 1984, p. 25)

El modelo de Mortimer (1995; 2000; 2001) incorporó dos diferencias respecto al perfil epistemológico:

- a. Las discusiones se ubican en la conceptualización científica, en lugar de las perspectivas filosóficas. “Desde esta postura, el concepto de PC se considera como un sistema superindividual de formas de pensamiento que puede tener un individuo en una determinada cultura” (Pedreros, 2013, p. 122).

b. Las zonas de PC involucran tanto aspectos ontológicos como epistemológicos específicos para cada concepto científico. Expresado de otra manera, en cada zona “el concepto puede ser tanto epistemológico como ontológicamente diferente de otras, ya que estas dos características pueden cambiar a medida que nos movemos a lo largo del perfil” (Coutinho y col., 2007, p. 116).

Según el trabajo de Viggiano y Rodrigues de Matto (2007), otra de las principales contribuciones de la noción de PC respecto al perfil epistemológico de Bachelard es que las representaciones “pasan a ser utilizadas en contextos” (p. 3) en lugar de ámbitos, y “que las modificaciones del uso de las zonas en contextos también caracterizan la evolución del perfil conceptual” (p. 4). Como en el PC coexisten diferentes *zonas* que corresponden a diferentes formas de pensar y de hablar de las personas en contextos diferenciados, cualquier problema u objeto - según este principio de la pluralidad representacional - sería susceptible de ser analizado o representado de formas alternativas.

Por otro lado, ambos modelos coinciden en utilizar de manera similar los gráficos de barras consecutivas para representar tanto las zonas de un determinado PC, como las de un perfil epistemológico.

Es importante resaltar que un PC:

- a. siempre es individual, por lo que cada individuo puede mostrar diferentes perfiles y ser identificado por las zonas que conforman ese perfil y el peso relativo de cada una de ellas;
- b. en una determinada cultura, siempre son similares respecto a las zonas que lo constituyen.

En síntesis, “aunque los perfiles conceptuales son individuales, tales perfiles, en la misma cultura, son siempre los mismos” (Ribeiro, 2013, p. 59).

De este modo, el desarrollo de la cognición de los alumnos puede ser descrito a través de las zonas de PC, y

los niveles consecutivos del perfil conceptual reflejan la habilidad del alumnado para dar coherencia y significado a la diversidad de hechos que encuentra a su alrededor, tanto en la clase...como fuera de la misma. Estos perfiles conceptuales serán más operativos y correctos, a

medida que el alumnado sea más competente en la interpretación de fenómenos, identificando las propiedades...y manejando los...niveles de explicación... (Solsona y col, 2001, p. 3).

De este modo, se sostiene que el desarrollo cognitivo de los estudiantes se puede conocer a través de identificar las zonas de PC tomando como base el análisis de la producción escrita correspondiente, por ejemplo, a las respuestas a un cuestionario como así también a un informe de un trabajo práctico; conocer tal desarrollo cognitivo fue relevante para este trabajo.

2.6. Investigaciones sobre conocimientos previos de los alumnos sobre Movimiento Oscilatorio

En esta investigación se consideró relevante indagar sobre lo que el alumno *ya sabe* previamente al desarrollo de los contenidos sobre MO, dado que los estudiantes llegan a las clases de ciencias en el nivel universitario con múltiples concepciones con las cuales pueden explicar los fenómenos en estudio (Wandersee y col., 1994, Cubero 1994; Pozo y col., 1991).

Retomando la Teoría Sociocultural de Vygotsky, en la misma los conceptos se distinguen entre:

- los empíricos o espontáneos, que suelen ser poco sistemáticos y reflejan la experiencia cotidiana del sujeto, y
- los científicos o académicos, que se forman en el marco de referencia de la enseñanza formal y están organizados de manera sistemática.

En el marco de los primeros se encuentran las *concepciones alternativas*, que se caracterizan por ser implícitas dado que los estudiantes no son conscientes de ellas; muy difíciles de cambiar porque pueden perdurar durante los años de instrucción científica (Greca y Moreira, 1997; Reif y Larkin, 1991; Camarazza y col., 1981); e inclusive para una misma persona pueden ser contradictorias cuando las aplica en diferentes contextos. Su estudio debería ser un punto de partida para el diseño de intervenciones didácticas en las cuales se busque que los estudiantes a partir de la discusión y reflexión sobre un

concepto o fenómeno puedan contrastarlas, relacionarlas con los nuevos conocimientos y así contribuir a su evolución hasta equipararlas al conocimiento científico.

Actualmente, en la literatura sobre investigación en enseñanza y aprendizaje de la Física no abundan las referencias sobre las concepciones alternativas que los estudiantes manifiestan sobre los movimientos oscilatorios armónico simple y amortiguado. Los ensayos reportados indican que, a pesar de que el péndulo simple es un modelo recurrente en la mayoría de los textos de Física para abordar cuestiones relacionadas con Mecánica Clásica, los estudiantes de secundaria e incluso aquellos que han iniciado estudios universitarios, muestran dificultades en su comprensión (Manabu, 2004; Czudkova y Musilova, 2000; Wolman, 1984).

Dentro de los trabajos que se han realizado sobre la didáctica de sistemas oscilatorios, se destacan - en orden temporal creciente - los de Clement (1982); Viennot (1989; 2004); Santos Benito y col. (2005); García Barneto y Bolívar Raya (2005); Moreno Aricapa (2014); Gómez Toro (2015); García y col. (2016). En particular, sobre las investigaciones a nivel local en la UTN – FRSE, llevadas a cabo en el marco de esta tesis, se pueden citar los trabajos de Enrique (2016; 2017).

Clement (1982) constató, a través de una experiencia práctica de laboratorio sobre péndulo simple, que algunos estudiantes universitarios tienden a suponer la existencia de una fuerza en la dirección del movimiento de la masa puntual (F_m en la respuesta incorrecta de la Figura 9), sugiriendo que es la que hace subir al péndulo, “Si F_m no existiera, el péndulo nunca podría ascender a lo alto de su oscilación”.



Figura 9. Respuestas correcta e incorrecta asociadas al diagrama de cuerpo libre de un péndulo simple (modificado de Clement, 1982)

Viennot (1989) también arribó a conclusiones similares con un cuestionario asociado a un péndulo simple (p. 85), donde se solicitó construir el esquema de fuerzas que actúan

sobre la masa en cada una de las cuatro situaciones planteadas – Figura 10 - con el objetivo de establecer si los estudiantes utilizan la idea de fuerza proporcional a la velocidad, según la posición de la masa del péndulo.

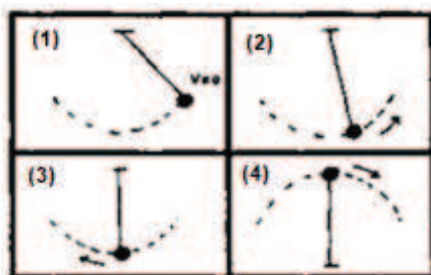


Figura 10. Posiciones del péndulo simple donde se deben representar las fuerzas intervinientes
(modificado de Viennot, 1989)

En el estudio participaron 60 estudiantes universitarios de primer año. Se suministraron distintas preguntas identificadas como P1 a P4 - ver Figura 11 -. Para cada una de las situaciones cinemáticas para un péndulo – primera columna de la Figura 11 -, se solicitó efectuar un análisis de las fuerzas presentes Peso, Tensión; y F neta – segunda columna - ; mientras que en la última columna se consignaron los errores previsibles. Una de las situaciones observadas por la autora en este estudio fue que las frecuencias en las respuestas de las llamadas “fuerzas ilegítimas” – como la centrífuga en P4 – “suscitan, en idéntico orden, menciones cada vez menos frecuentes de las fuerzas de interacción reales, Peso y Tensión. Señalando que, “da la impresión de que no se inventan fuerzas por placer, sino más bien por el hecho de que las que se presentan no convienen” (p. 6). Sintetizando, los errores más frecuentes fueron – tercera columna -:

- no considerar la Tensión del hilo;
- que la Fuerza neta es nula (P1);
- la presencia de una Fuerza extra con la misma dirección y sentido que la velocidad (P2 y P3); lo cual permitió inferir que la Fuerza extra es la fuerza “de la bola” que puede asimilarse con el “ímpetu” o “impulso” que lleva la bola en movimiento;
- la existencia de una Fuerza centrífuga (P4).

| Situación | Situación Cinemática | Resultante correcta | Errores previsibles |
|----------------|----------------------|---------------------|---------------------|
| P ₁ | | | |
| P ₂ | | | |
| P ₃ | | | |
| P ₄ | | | |

Figura 11. Errores frecuentes al indicar las fuerzas actuantes sobre un péndulo simple (modificado de Viennot, 2004, p. 67)

En el trabajo de Santos Benito y col. (2004), se realizó una encuesta que sirvió de punto de partida para el estudio de la dinámica del péndulo. La misma se aplicó a estudiantes universitarios y del último curso de bachillerato de Alicante (España). Se solicitó que dibujen un diagrama de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo suspendido que oscila entre dos extremos (péndulo simple) para cada una de las tres posiciones indicadas como A, B y C, Figura 13; que representen las componentes de esas fuerzas indicando, en su caso, las que por ser iguales y opuestas pudieran anularse; y que representen la resultante de todas las fuerzas actuantes. A la vez se les pidió que intenten reflejar en el diagrama la magnitud relativa de las fuerzas actuantes en tanto que fueran simplemente mayores, menores o iguales unas a otras.

Las respuestas correctas de la encuesta, para los tres puntos representativos (A, B y C) de la trayectoria del péndulo simple, se muestran en la Figura 12: peso de la masa oscilante (W), tensión del hilo (T), componentes normal y tangencial del peso (W_N y W_T), y fuerza resultante (ΣF) y, en consecuencia, la dirección de la aceleración correspondiente;

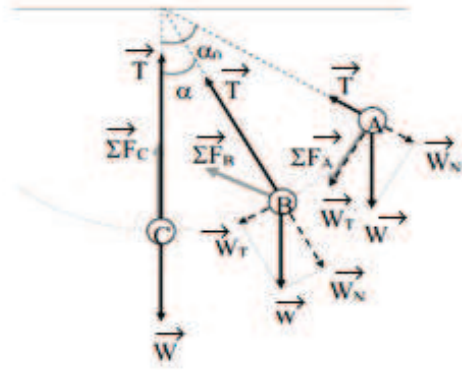


Figura 12. Fuerzas actuantes en un péndulo en las posiciones A, B y C
(modificado de Santos Benito y colaboradores, 2004, p. 169)

Para una muestra de 50 alumnos universitarios y 46 estudiantes de bachillerato, los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Un elevado porcentaje de alumnos - entre 80 y 95% - identificó correctamente las fuerzas actuantes en los puntos A, B y C: tensión T y peso W.
- Sin embargo, entre un 60% y 95% no encontró diferencias entre las posiciones A, B y C en cuanto a la magnitud de las fuerzas, y asignaron, en los tres casos, la misma magnitud a T que a la componente normal del peso W_N . Esta respuesta es sólo correcta en la posición A ya que en cualquier otra posición entre los extremos de oscilación T es mayor a W_N .
- Para el 60% de los estudiantes la resultante de todas las fuerzas actuantes es, en todo momento, tangente a la trayectoria descrita por el cuerpo en su movimiento, excepto en la posición C en que la identifican como nula, debiéndose señalar el elevadísimo índice de respuestas incorrectas para esta posición - 95% -.

García Barneto y Bolívar Raya (2005) valoraron la eficacia de las simulaciones informáticas, mediante el uso de applets de JAVA, en la producción de aprendizajes significativos de los alumnos. La propuesta se organizó en torno a una sucesión de pequeñas investigaciones, en las que el profesor actuaba como orientador del trabajo de los estudiantes. En relación con el movimiento armónico simple, encontraron que los alumnos poseen un marco conceptual propio en el que destacan las siguientes concepciones alternativas:

- Creen que el periodo de un péndulo viene afectado por la masa y las condiciones iniciales

- Predicen como si la posición del MAS variara linealmente con el tiempo
- Predicen como si la velocidad del MAS variara linealmente con la posición
- Suponen que la posición y la velocidad de un pulso de onda varía sinusoidalmente con el tiempo
- Admiten relación entre la frecuencia y la velocidad del movimiento ondulatorio y, como consecuencia, aceptan que en la primera tiene influencia el medio (García Barneto y Bolívar Raya, 2005, p. 3).

Moreno Aricapa (2014), en su tesis de Maestría, elaboró un cuestionario como pretest cuyos objetivos eran identificar las ideas previas de los estudiantes y detectar algunos obstáculos relacionados con la enseñanza y el aprendizaje del movimiento armónico simple. Las conclusiones enunciadas fueron que:

- * la mayoría de la población evaluada tenía claro el concepto de periodo y amplitud; así como, la gráfica de la posición en función del tiempo representada a través de la función armónica seno;
- * un porcentaje bajo interpretó el período para la función armónica coseno;
- * la gran mayoría de los evaluados confundió el periodo con la amplitud;
- * muy pocos intuyen la existencia del concepto velocidad máxima en una ecuación del movimiento; y
- * el grupo conoce la existencia del concepto aceleración máxima en una ecuación del movimiento, pero no tiene claridad sobre dicho concepto.

Gómez Toro (2015), a través su tesis de Doctorado, elaboró un test sobre MAS en base a distintas categorías de análisis: Conceptos Básicos, Cinemática y Dinámica, junto a los conceptos asociados a dichas categorías. Así, en Conceptos Básicos se consideraron: elongación; amplitud; período; frecuencia; fase; y fase inicial. En Cinemática se tuvieron en cuenta las ecuaciones de elongación, velocidad y aceleración en función del tiempo y sus respectivas gráficas. Finalmente, en la categoría Dinámica los conceptos asociados para los sistemas masa - resorte y péndulo simple fueron: Fuerza restauradora y Frecuencia natural de vibración.

Los resultados de su investigación indicaron que “en general, los estudiantes manifiestan en esta etapa no tener claridad sobre lo que es el movimiento armónico simple, conocen los conceptos básicos de período y frecuencia, pero no los articulan de manera adecuada para un oscilador armónico, particularmente al sistema masa resorte o el péndulo simple;

no identifican las características de la fuerza restauradora y no encuentran una relación entre el MAS y una función armónica” (pp. 58).

Jiménez García y col. (2016) realizaron una investigación sobre movimiento oscilatorio y movimiento ondulatorio. Del análisis de las ideas previas de los estudiantes determinaron los obstáculos de aprendizaje que estos presentaban en relación a cada uno de los temas, y se diseñaron los objetos de aprendizaje buscando favorecer el cambio conceptual.

Los obstáculos encontrados fueron:

- * Comprender la posición, velocidad y aceleración como cantidades cinemáticas que pueden variar simultáneamente.
- * Diferenciar las gráficas posición vs tiempo de la trayectoria de la partícula.
- * Considerar que la dirección de una fuerza que actúa sobre un cuerpo coincide con la dirección su movimiento.
- * No identificar ni diferenciar las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en un momento dado.
- * Hacer uso de la conservación de energía en el análisis de un nuevo tipo de movimiento.
- * Dejarse llevar por la intuición para establecer relaciones entre cantidades físicas.
- * Diferenciar entre las fuerzas que actúan sobre un cuerpo y otras cantidades físicas.
- * Comprender parcialmente la segunda ley de Newton, es decir aplicarla a una fuerza en particular y no a la fuerza resultante.
- * Imposibilidad de establecer relaciones entre cantidades físicas ya sea en forma verbal o mediante ecuaciones (pp. 15 - 16).

Enrique (2017) en su investigación sobre ideas previas relacionadas con MO, antes de la entrega de un cuestionario conformado por 9 preguntas, llevó a cabo una experiencia demostrativa en la que les presentó a los estudiantes un péndulo, compuesto por una pequeña pelota de material plástico rígido sostenida por un hilo, en su estado inicial de reposo. Luego de reflexionar sobre el modelo de péndulo simple y de analizar las condiciones físicas de dicho estado inicial con los estudiantes, separó el péndulo un pequeño ángulo respecto de su posición inicial y lo dejó oscilar libremente. El objetivo de esta experiencia de cátedra fue que los estudiantes puedan observar el movimiento, y

así inferir el comportamiento de dicho sistema oscilante. A continuación, se sintetizan los resultados obtenidos a partir del análisis de las respuestas recabadas:

* la mayoría del alumnado aplicó de manera inadecuada la segunda ley de Newton. Específicamente se evidenció que, al no emplear un sistema de coordenadas asociado a las direcciones radial y tangencial, a pesar de las consignas explícitas en el cuestionario en relación a la elección del mismo, las respuestas sobre la fuerza resultante fueron erróneas;

* en particular, la respuesta más reiterada se dio cuando el sistema pasa por la posición de equilibrio. Todos los estudiantes propusieron que en esta posición las fuerzas Peso y Tensión tienen igual intensidad, pero sentido opuesto y que no existe aceleración radial o centrípeta como resultado de que la resultante es nula. Es evidente que, según sus representaciones, confunden un sistema dinámico – el sistema real - con uno estático. Si bien no estuvo en los objetivos de esta indagación, se pudo comprobar en un estudio a posteriori que esta dificultad se mantiene después del proceso de instrucción; razón por la cual fue revelada una concepción alternativa muy difícil de erradicar;

* la mitad de los casos analizados no completaron la segunda ley de Newton, planteando sólo la sumatoria de las fuerzas intervinientes en la posición de equilibrio;

* en la pregunta sobre las variables que influyen en el período de un péndulo simple, la mayoría respondió de manera parcialmente correcta; es decir, que los alumnos seleccionaron al menos una de las opciones acertadas que son la longitud del hilo y la aceleración de la gravedad;

* un número importante advirtió que el MAS es un movimiento donde las variables cinemáticas velocidad y aceleración varían en función del tiempo. Se puede concluir que han comprendido que el comportamiento cinemático del péndulo simple resulta ser distinto al de los sistemas que estaban acostumbrados a analizar en los cuales la aceleración permanece constante.

* algunos estudiantes relacionaron la amplitud con la velocidad y la aceleración instantánea, otros lo hicieron con una de ellas.

* a la mayoría le fue posible interpretar información de un movimiento a partir de gráficas de variables cinemáticas en función del tiempo; si bien sus conocimientos eran insuficientes como para realizar un análisis específico del movimiento oscilatorio armónico simple.

Finalmente, y en otra indagación sobre ideas previas en Mecánica Clásica, Enrique (2016) realizó una serie de preguntas a través de un cuestionario, donde la última de ellas estaba

vinculada a un MOA: Un péndulo puesto a oscilar realiza oscilaciones de amplitudes decrecientes hasta detenerse. ¿Cómo explica este comportamiento con claros argumentos físicos?

La misma fue respondida de manera correcta por parte de 2 alumnos sobre un total de 37 (5,41 %). Las respuestas consideradas correctas tuvieron en cuenta la acción de la fuerza de rozamiento, y un estudiante mencionó que en el vacío esto no ocurre. En las consideradas incorrectas, los alumnos indicaron como causas del amortiguamiento “la interacción con la gravedad”; “el fin de la fuerza como causa del fin del movimiento”; “fuerza como causa de la velocidad del movimiento”; y “el rozamiento con el aire más la fuerza gravitatoria”. Este conjunto de respuestas puso en evidencia dificultades en la conceptualización de un movimiento oscilatorio amortiguado, junto a la presencia de concepciones alternativas e incluso prenewtonianas.

2.7. El rol de las TIC en la educación

Con relación a las TIC, cabe destacar en primer lugar que el nacimiento de una sociedad mundial de la información como consecuencia de la revolución de las tecnologías digitales no debe hacernos perder de vista que se trata *sólo* de un instrumento para la realización de auténticas sociedades del conocimiento (UNESCO, 2005, p. 19).

Sartori (1998, p. 11) propone que en la actualidad “el vídeo está transformando al *homo sapiens* - producto de la cultura escrita -, en un *homo videns* “para el cual la palabra está destronada por la imagen”, y donde “todo acaba siendo visualizado”. De este modo se presenta una “primacía de la imagen, es decir, de la preponderancia de lo visible sobre lo inteligible, lo cual nos lleva a un ver sin entender” (p. 12). Si bien centra su atención en la televisión, su tesis se puede relacionar con todo aquel dispositivo que presenta una *pantalla*, entre ellos, la computadora personal, el Smartphone, etc.

Su trabajo presenta dos aspectos relevantes para esta tesis:

a. Si bien se considera que se vive en una “sociedad de la información” donde se hace uso de las tecnologías digitales, diferencia claramente a la *información* del *conocimiento*, dado que la primera, “...por sí misma..., no lleva a comprender las cosas: se puede estar

informadísimo de muchas cuestiones, y a pesar de ello no comprenderlas” (Sartori, 1998, p. 79). Dicho de otro modo, debe notarse “la distinción entre información y competencia cognoscitiva” (Sartori, 1998, p. 126).

b. La educación no está al margen de los adelantos tecnológicos que se dan a nivel social y de las nuevas necesidades que tienen los jóvenes que han nacido en la sociedad de la información (Almirón y Porro, 2014). Este paradigma educativo “se caracterizará por modelos constructivistas de aprendizaje y entornos enriquecidos tecnológicamente” (García Barneto y Gil Martín, 2006, p. 304).

Por lo tanto, la diferencia sustancial de los usos de las TIC en la educación no reside tanto en las características de los recursos tecnológicos utilizados en cada caso, como en su ubicación en el espacio conceptual delimitado por el entramado de relaciones entre los tres elementos del triángulo interactivo: el contenido (como objeto de enseñanza y de aprendizaje), la actividad educativa e instruccional del docente y la actividad de aprendizaje de los estudiantes (Coll y col., 2008b, p. 4).

Esta concepción característica de un enfoque constructivista da cuenta de la complejidad de los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Según Gowin (en Moreira, 2010), el proceso de negociación de significados, en el que docente y alumno comparten significados en interacción con los materiales educativos, es típico de este enfoque, tal como se muestra en la Figura 13.

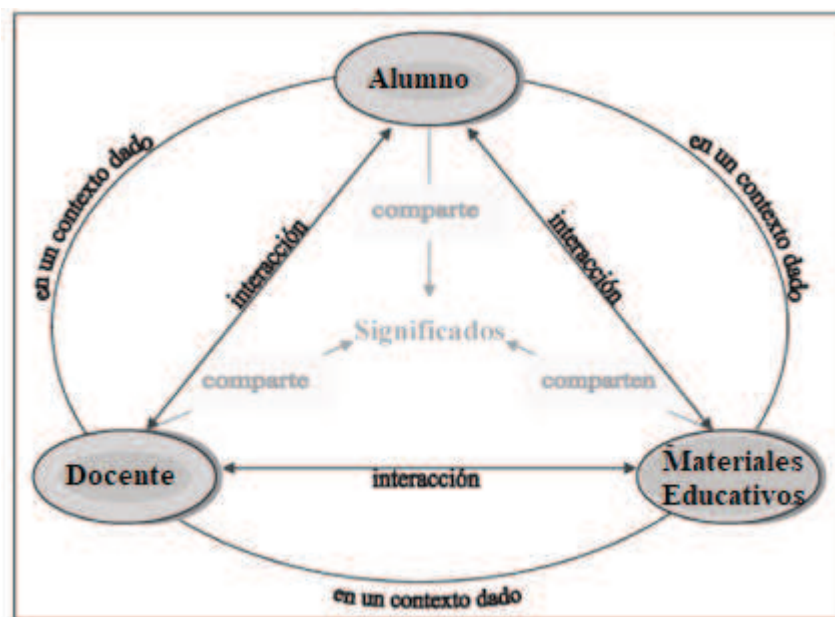


Figura 13. El modelo triádico de enseñanza de Gowin (1981) (modificado de Moreira, 2010, p. 15)

Lo planteado por Coll y colaboradores (2008) también revela que a pesar de las bondades que los docentes pueden predicar desde el discurso sobre los recursos tecnológicos, la realidad muestra que no los aprovechan en el salón de clases por diversas razones: falta de tiempo, de infraestructura, de capacitación adecuada, etc. Si bien esto es cierto, también es indiscutible que el ámbito educativo no puede mantenerse al margen de lo que sucede en la sociedad, por ello deberían promoverse acciones y políticas que impulsen su aplicación en el aula de manera didáctica y en función de las necesidades e intereses de alumnos y docentes (Almirón y Porro, 2014, p.154).

A partir de la investigación sobre los usos adolescentes de internet llevada a cabo por Martín Barbero (2009) durante año y medio en Guadalajara (México), se encontró que el lugar donde el uso por parte de los estudiantes del computador era más explorador e inventivo era en los cibercafés, y era más inerte y pasivo en la escuela. El autor señala que deberían aprovecharse más las potencialidades de estos recursos en la enseñanza y aprendizaje fomentando las posibilidades de interacción, descubrimiento e innovación que pueden brindar estos recursos en la educación. Sostiene que las mediaciones tecnocomunicativas que experimentan los jóvenes a través de los nuevos artefactos tecnológicos, les permiten establecer novedosas relaciones con la lectura y la escritura y, en consecuencia, con el conocimiento. Destaca que estas formas se contraponen con las

que ha venido fomentando la escuela moderna, y ahora son cuestionadas por los adolescentes más proclives a las que propicia la cultura digital hegemónica.

El empleo de las TIC ha generado en la enseñanza superior dos situaciones opuestas y complementarias a la vez:

- a. cuestionar los métodos pedagógico - didácticos empleados hasta el presente; y
- b. la aparición y el aprovechamiento de nuevas oportunidades para enseñar y aprender (Aveleyra y col., 2011).

Moreira (2017) distingue distintos aspectos sobre la mediación computacional, los que presenta en un esquema - Figura 14 – donde viabiliza que la captación de significados incluye las interrelaciones entre alumno, profesor, materiales educativos, y ordenador, en torno a un contenido específico, y en un contexto determinado.

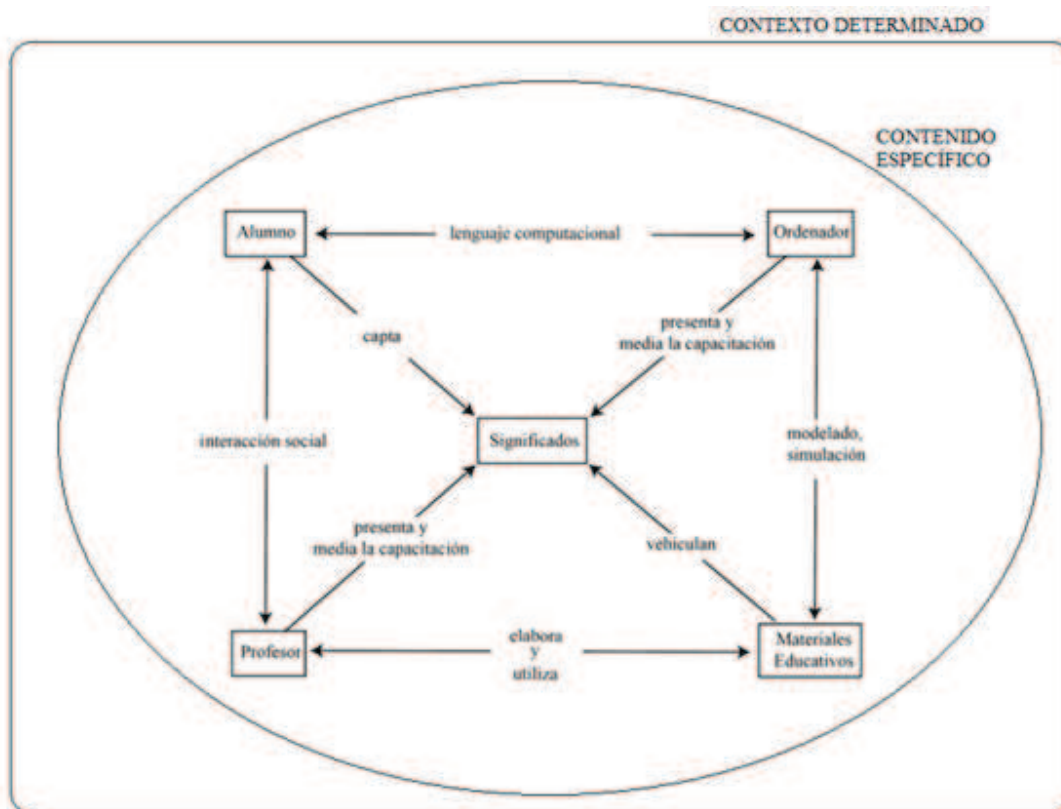


Figura 14. Un esquema para la captación de significados en un episodio de enseñanza (modificado de Moreira, 2011, p. 11)

De esta manera se podría establecer un ámbito de investigación mediante el cual es posible captar y analizar los procesos de co - construcción y re - construcción del conocimiento de manera empírica, mediante las formas de organización e interacción

conjunta que desarrollan los alumnos a lo largo de sus procesos de aprendizaje cuando interactúan con la *pantalla* de un ordenador - por ejemplo, mediante simulaciones -, y que comunican mediante sus informes de actividades. En concreto, se podría indagar si los sujetos son capaces de atribuir significados, mediante el uso de las TIC, para el estudio del MO. Pero debe tenerse en cuenta que esta interacción se da en un entorno social. En consecuencia, la cuestión es averiguar cuáles son las variaciones en las formas, sentidos, y orientaciones de la intervención didáctica; y de qué manera, y en qué momento se puede favorecer “una influencia educativa ajustada a la diversidad de momentos y situaciones que van apareciendo en el proceso constructivo que realizan los alumnos al aprender” (Coll y col., 2008a, p. 50). Es en esta parte del esquema donde el profesor se transforma en el responsable de realizar un adecuado diseño tecnopedagógico sobre estos nuevos materiales didácticos.

2.7.1. TIC y Zona de Desarrollo Próximo

Lajoie (2005) puso de manifiesto cómo el concepto de *ayuda educativa* ha ido ampliando su significado para dar cabida a otros elementos de diferente naturaleza, tales como diversos tipos de soportes y recursos útiles para el aprendizaje del estudiante basados en el uso de la computadora como *herramienta cognitiva* (Lajoie, 2000; 1993; Salomon y col., 1991).

Una de las metáforas que permiten caracterizar y comprender mejor la provisión de ayudas educativas en los procesos de enseñanza y de aprendizaje dentro de una secuencia didáctica es el concepto de *andamiaje educativo*. Rosenshine y Meister (1992) emplearon esta noción de andamiaje definido como una forma de ayuda - proporcionada por el profesor o por estudiantes expertos -, que posibilita a los alumnos novatos el progreso desde sus habilidades cognitivas actuales hasta un objetivo educativo esperado. Desde el punto de vista de la dimensión social, en esta conceptualización del andamiaje ocupan un rol clave las interacciones entre el docente y los estudiantes, así como entre alumnos.

En relación a la tecnología, ha aparecido una aplicación específica del concepto de *andamiaje educativo* que amplía su significado originalmente relacionado a la dimensión social de la enseñanza y el aprendizaje, y se refiere al apoyo producido mediante la computadora personal. Para ello, se debe considerar que los alumnos actuales prefieren

la información digitalizada, “como consecuencia de estar inmersos en la cultura de la pantalla” (Toro Gómez, 2010, p. 4).

Como muchos autores han puesto de relieve (Pea, 2004; Reiser, 2004), la metáfora del *andamiaje educativo* se fundamenta teóricamente en el concepto de ZDP de Vigostky (1978). En particular, Boucigues y Santos (2010, p. 56) mencionan que “un applet proporciona un andamiaje para conceptualizar fenómenos dinámicos y permite relacionar el modelo científico, las matemáticas y el sentido común. En esta investigación se extiende esta característica a los sistemas de adquisición de datos en tiempo real.

Por lo tanto, la indagación acerca del impacto de las TIC en la educación no debería estar basada en los recursos tecnológicos en sí mismos, sino en los usos pedagógicos de dichos recursos tecnológicos como agentes mediadores (Coll, 2004), de modo tal que se minimice la *distancia* entre el nivel de desarrollo actual - e independiente - de un determinado estudiante, y el nivel más elevado de desarrollo *potencial*, guiada por un experto (el profesor; o en colaboración con sus iguales más capacitados).

2.7.2. Las TIC como herramientas cognitivas

El término *e-learning* hace referencia al “concepto de aprendizaje basado en las TIC en su sentido más amplio” (Díaz del Valle, 2008; p. 99). Una de sus ventajas en el campo educativo implica “la ampliación de nuestra capacidad para codificar, almacenar, procesar y transmitir todo tipo de información” (p. 101). Por ello, el uso de las TIC en el aprendizaje supone una nueva estructura en el proceso educativo como producto de una nueva combinación de recursos e interactividad, provistos por el uso de herramientas tecnológicas que pueden ser empleadas de manera asíncrona, y que implica el uso de nuevas estrategias donde el aspecto más relevante es que “se trata de un aprendizaje centrado en el usuario; él es el propietario del aprendizaje” (p. 97).

Por lo tanto, el *aprender con la tecnología* debe ser entendido como la realización de determinadas acciones con una unidad conformada por la persona, junto a la herramienta, que debe completarse con la acción que se está realizando, constituyendo así un sistema

“persona-herramienta-acción” (Rodríguez Illera, 2004, p. 33). Pea (1993) indica que las herramientas informáticas no solamente sirven como *amplificadores* de la cognición, sino también como *reorganizadores* de los procesos mentales; es decir, “hay un cambio cualitativo, estructural, en los modos de pensar y de aprender” (Azinian, 2009, p. 48); y eventualmente una transformación de los procesos intra e intersicológicos que intervienen en la re-construcción del conocimiento que los alumnos llevan a cabo (Coll y col.; 2008a, p. 51).

Una de las variables citadas anteriormente es la *interactividad* que describe la relación de comunicación entre un usuario/actor y un sistema informático. La existencia de recursos que permiten que el usuario establezca un proceso de actuación participativa-comunicativa con los materiales define el grado de interactividad del producto (Meritxell (2003, p. 23).

El objetivo del análisis de la interactividad no es otro que la identificación y comprensión de los mecanismos de influencia educativa. Así, se puede clasificar en:

a. *Interactividad tecnológica*. Involucra las restricciones y posibilidades que ofrecen los recursos tecnológicos *per se*. Consecuentemente, está vinculada a cómo, a través de su mediación, se afectan las articulaciones y los procesos de influencia educativa que el docente pueda usar para situar y orientar el proceso de aprendizaje de los alumnos (Coll y col.; 2008).

b. *Interactividad pedagógica*. Comprende

la incidencia del diseño instruccional que guía el proceso de enseñanza y aprendizaje en las formas de organización de la actividad conjunta – en la estructura de la interactividad – en el entorno, y a través de ella en los procesos y mecanismos de influencia educativa (Coll y col.; 2008a, p. 53).

Expresado de otro modo y según estos mismos autores, la estructura y los procesos citados previamente en un ambiente virtual se modificarán si se diseñan y desarrollan distintas actividades: individuales o colaborativas entre los sujetos; basadas en la instrucción directa del docente o un trabajo autónomo de investigación por parte de los alumnos.

La interactividad además puede ser clasificada como:

- *Potencial*. Se refiere a la forma de organizar la interactividad que permite y *potencia* el entorno, mediante el diseño previsto incluyendo tanto a los componentes tecnológicos

como pedagógicos – o diseños *tecnopedagógicos* (Coll, 2004). El diseño tecnológico está asociado a los recursos y herramientas tecnológicas disponibles, mientras que el diseño instruccional o pedagógico lo está con relación a objetivos, contenidos, actividades de enseñanza y de aprendizaje, y todo lo vinculado a la evaluación (criterios, instrumentos y actividades).

- *Efectiva* (también llamada *real*). Alude a cómo dicha interactividad se desarrolla efectivamente, o a “las formas en que realmente se organiza... a lo largo del proceso de enseñanza y de aprendizaje” (Coll y col., 2008a, p. 55).

Esto implica que la tecnología no es sólo “la herramienta” por sí misma, sino que se trata de una *herramienta no neutral* porque se incorporan las maneras en que son usadas tanto por parte de los profesores como por los estudiantes, junto a los resultados *cognitivos* generados producto de las expectativas y problemas al establecer una comunicación con éstas.

El análisis respecto del uso de las TIC como agente mediador debe incorporar otras dos dimensiones:

a. *Acceso*. Las *condiciones* de acceso corresponden a las características que permiten o impiden participar en su uso; en tanto los *criterios* de acceso están asociados a características personales que deberían disponer los usuarios para lograr un acceso real. En la actualidad existe una gran y variada oferta de material educativo libre en internet, como por ejemplo los applets – pequeños programas en lenguaje JAVA -, o en particular, los llamados Fislets (en inglés Physlets), creados por el Davidson College de EEUU. Sus características principales es que son simples; flexibles; pueden ejecutarse prácticamente en cualquier plataforma y ser incluidos en cualquier tipo de documento HTML; y pueden distribuirse gratuitamente para usos no comerciales (Esquembre, 2004).

Así, queda resuelto uno de los problemas del aprender con la tecnología: el acceso a la tecnología con la que aprender (Rodríguez Illera, 2004).

b. *Credibilidad*. Si bien Burbules y Calister (2006) la analizaron para internet, se puede extrapolar a los applets. Considera la capacidad que tienen los estudiantes para “elegir, evaluar, y analizar lo que encuentran allí” (p. 62); particularmente en este trabajo, sobre los contenidos de MO. Así, la credibilidad está vinculada con las concepciones que tienen los estudiantes sobre estos medios digitales, y que definirán cuáles serán las operaciones que hagan con ellos

La credibilidad de los materiales usados en el aprendizaje sobre MO implica la presencia de dos dimensiones:

- una *interna*, asociada a los elementos inherentes de los programas empleados;
- otra *externa*, vinculada a los elementos externos revelados por las TIC en la *pantalla* del proyector o de la PC. El objetivo es indagar sobre el uso que podrían hacer los estudiantes, de modo tal de responder a las siguientes preguntas:
 - ¿Cuáles intereses prevalecen en el uso de determinada información y no de otra?
 - ¿Estos intereses dependen de sus estructuras cognitivas y metacognitivas?
 - ¿Es posible que los estudiantes interpreten correctamente las consignas de la guía?
 - ¿Las TIC incluyen o excluyen a los estudiantes en el aprendizaje?

2.8. Metacognición

Flavell (1976) definió a la metacognición como el conocimiento que tienen los estudiantes sobre sus propios procesos cognitivos o sobre cualquier elemento relacionado con ellos; es decir, las propiedades de la información o los datos relevantes para el aprendizaje y, entre otras cosas, el control y la regulación subsiguiente de estos procesos. Por otro lado, también sostuvo que “la cognición entra en juego siempre que operamos intelectualmente en algún dominio, y donde hay cognición puede haber también metacognición” (Flavell y col., 1985, p. 110).

Soto (2002, p. 31) indica que la metacognición “es la toma de conciencia por parte de los individuos, sobre sus propios procesos de pensamiento y conocimiento y sobre las formas de cualificarlos y delimitarlos”. Para Flores (2017, p. 7), “Significa concientizar el funcionamiento de la manera de cómo aprender y comprender todos aquellos factores que explican los resultados obtenidos después de realizar una actividad, sean positivos o negativos”.

Según el modelo desarrollado por Flavell (1981) - adaptado por Nisbet y Schucksmith (1987) -, el control de una actividad cognitiva por parte de un sujeto depende de ciertas acciones e interacciones entre cuatro componentes - Figura 15 -. En la misma se evidencia

que las Estrategias Cognitivas y Metacognitivas interactúan entre sí de forma tal que pueden relacionarse con cualquiera de los otros componentes (Mateos, 2001).

De manera resumida, las metas cognitivas corresponden a los resultados deseados o esperados hacia el cual se dirigen las acciones cognitivas propias de una intervención didáctica.

El Conocimiento Metacognitivo se refiere a las acciones que los sujetos pueden desarrollar sobre sus saberes, e involucra a la persona, la tarea y las estrategias empleadas. De este modo aluden a tres dimensiones que involucran:

- a. las características de las personas tanto *intraindividuales* - habilidades; recursos; experiencias; intereses; y cualquier otro tipo de atributo que puede afectar el rendimiento cognitivo - , como *interindividuales* vinculadas a la comparación entre personas - por ejemplo, a unos sujetos les resultan más difícil las clases de Física que a otros; y *universales* que corresponden a las propiedades de las personas como sujetos cognitivos;
- b. las características y los requerimientos que influyen sobre la realización de la tarea, lo cual está relacionado con las dificultades que presentan. Particularmente, están asociadas al diseño didáctico o tecno-pedagógico; y
- c. los conocimientos sobre la “efectividad relativa de los procedimientos alternativos para abordar una tarea” (Mateos, 2001, p. 23).

Las Experiencias Metacognitivas resultan ser ideas, pensamientos, sentimientos o sensaciones que se asocian a actividades cognitivas que deben ser interpretadas de manera consciente, y están vinculadas al avance hacia las Metas Cognitivas.

Finalmente, las Estrategias se discriminan en dos categorías: Cognitivas - son las que se usan cuando la actividad cognitiva progresa hacia la meta -, y Metacognitivas - que corresponden a la supervisión de dicho progreso -.

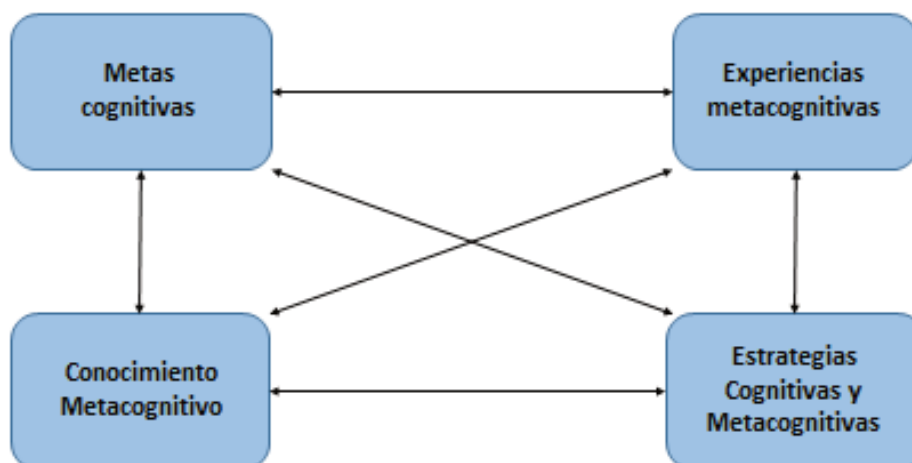


Figura 15. Modelo de Flavell (1981). Modificado de Nisbet y Schucksmith (1987)

2.9. Cierre del capítulo

El estudio del MO en Ingeniería Civil es uno de los más relevantes. No obstante, los procesos a través de los cuales los estudiantes reconstruyen y co - construyen los contenidos no han sido demasiado estudiados, lo cual representa una gran oportunidad para esta investigación.

Además, el uso de las TIC podría favorecer los procesos cognitivos - y tal vez, los metacognitivos - . De todos modos, es evidente que la tecnología, *por sí misma* o desde un punto de vista neutral, no genera conocimiento sino sólo información. En consecuencia, debe efectuarse rigurosamente un diseño tecno-pedagógico adecuado a las necesidades de los estudiantes, comenzando por el análisis de su uso.

Junto a este diseño - propio de la parte inferior de la Figura 15 y relativo al profesor, los materiales educativos, y el significado - , nos ocupa cuáles van a ser las referencias teóricas consideradas para la enseñanza y el aprendizaje del MO. Para ello, se tuvieron en cuenta las Teorías del Aprendizaje Significativo y Sociocultural, dado que nos parecen las más adecuadas a nuestros objetivos en esta indagación.

Para finalizar, la manera de evaluar los procesos cognitivos y los metacognitivos se llevó a cabo a través de la noción de Perfil Conceptual; dado que propone una forma distinta

de interpretar dichos procesos. Por otro lado, también nos plantea otro desafío: ¿cuáles son los instrumentos para recolectar información acerca del nivel de aprendizaje sobre MO? ¿Serán suficientes los disponibles en la actualidad? ¿O habrá que plantear y elaborar otros nuevos?

CAPITULO 3

METODOLOGÍA

3.1. Introducción

Durante el desarrollo del proceso de investigación se llevaron a cabo las siguientes acciones:

- Diseño, elaboración, y validación de un cuestionario como pretest para indagar acerca de los conocimientos previos del alumnado (Enrique y col., 2018). El mismo fue empleado, a posteriori de la intervención didáctica, como postest.
- Diseño de la intervención didáctica consistente en actividades mediadas por TIC utilizando sistemas de adquisición de datos en tiempo real, y en actividades en laboratorios virtuales de aprendizaje (LVA) (Enrique y col., 2019a). Para las tareas relacionadas con los LVA se elaboró una guía para orientar las actividades experimentales virtuales con applets en JAVA, considerando un diseño tecno-pedagógico basado en la creación de ZDP y en el aprendizaje colaborativo (Enrique y col., 2019c). A partir de los resultados del pretest, se ajustaron ambas actividades.
- Diseño y desarrollo de una Matriz Epistemológica para construir las zonas de PC de los estudiantes sobre MO. Debido a la relevancia de esta etapa para esta investigación, su descripción y análisis se efectuará en un capítulo posterior.
- Elaboración, evaluación y comparación de los PC de los estudiantes que participaron en la investigación (Enrique y col., 2019b).
- Confección de un cuestionario sobre el uso de TIC que involucró aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales. En esta etapa la meta fue analizar las opiniones de un grupo de estudiantes sobre su experiencia relativa a la intervención didáctica, de modo tal que “sus voces” revelen aspectos cognitivos y metacognitivos puestos en juego durante el desarrollo de las actividades mediadas por TIC (Enrique y col., 2020b).
- Diseño y desarrollo inicial de dos herramientas de evaluación nuevas basadas en los PC de los estudiantes:
 - I. Perfil Conceptual Relativo (PCR). Se construyó a fin de indagar, junto a los aspectos conceptuales y procedimentales sobre MO, el grado de confianza con que el sujeto elabora, comunica y responde las preguntas del cuestionario (pretest y postest). Para ello,

se incluyó en cada pregunta una consigna extra, de modo tal que el alumno exprese su grado de confianza calificado entre 0 puntos – confianza nula – y 10 puntos – confianza plena –;

II. Estudio de las Transiciones entre las zonas correspondientes a los PC construidos por los estudiantes a partir de dos actividades didácticas diferentes (Enrique y col., 2020b). A través del análisis de dichas transiciones se intentó buscar información sobre la forma en que se han dado los cambios cognitivos en los estudiantes en relación a las actividades involucradas.

Tal como se mencionó en el *Capítulo 1. Introducción*, la investigación que se presenta en esta tesis se desarrolló desde una perspectiva que combinó los enfoques cuali y cuantitativo, considerando que ambos enfoques pueden complementarse en el estudio de una realidad concreta. En todas las etapas se efectuaron análisis estadísticos descriptivos e inferenciales que permitieron indagar acerca de los conocimientos empíricos - analíticos evaluados en los alumnos, los cuales “se obtienen sólo como resultado de la interpretación de las afirmaciones obtenidas en la teoría de forma inferida” (Academia de Ciencias de Cuba, 1985, p. 385). Los objetivos de dichos análisis estadísticos estuvieron focalizados en la elaboración de las conclusiones - obtenidas con cierta probabilidad -, de acuerdo a la lógica propia de la investigación asociada a la integración conceptual del MAS y del MOA, donde se propuso elaborar un sistema teórico sobre el aprendizaje del MO mediado por TIC a través de actividades problemáticas significativas. Expresado de otro modo, en este trabajo se consideró que al contrastar los resultados de esta investigación con los correspondientes referentes teóricos, “la interpretación de las teorías formales cumple otra importante función: enlaza el conocimiento teórico creado con el conocimiento experimental” (Academia de Ciencias de Cuba, 1985, p. 385).

3.2. Descripción de los estudiantes participantes

Se trabajó con la cohorte 2017 de la carrera de Ingeniería Civil de la UTN – FRSF, en el marco de la asignatura Física I que corresponde al primer año del plan de estudio de la carrera.

La cantidad de participantes fue variando según las diferentes etapas de la investigación: - en el pretest intervinieron 47 sujetos;

- las actividades didácticas con los LVA sobre MO fueron realizadas por 40 estudiantes;
- y
- finalmente, el postest fue respondido por 45 alumnos.

Cabe señalar que los estudiantes que intervinieron en todas las actividades de esta indagación resultaron ser 38 alumnos.

Los rendimientos académicos de los estudiantes correspondientes a la cohorte 2017 en la primera evaluación parcial de la asignatura Física I - que se realizó previo al desarrollo de los contenidos sobre MO -, presentaron la siguiente distribución (sobre un total de 53 alumnos): el 47% aprobó con puntajes comprendidos entre 60 y 100 puntos y el 53% no aprobó. Entre estos últimos, el 11% registró valores entre 50 y 55 puntos. De este modo, suponiendo que los puntajes obtenidos por los estudiantes en el primer parcial son indicativos de los niveles básicos de conocimientos que poseen, se puede decir que el 58% de los estudiantes de la comisión evidenció niveles básicos aceptables sobre conocimientos científicos de mecánica de la partícula.

3.3. Diseño de las actividades mediadas por TIC

Las actividades para el estudio de la unidad temática sobre MO comprendieron tres fases:

- a. Iniciación. Corresponde a una fase introductoria, previa al inicio del estudio del MAS y del MOA, en la que se trabajó con un sistema de toma de datos en tiempo real que permitió analizar el movimiento de un péndulo simple y de otro físico.
- b. Desarrollo. Abarcó las clases habituales de teoría, resolución de problemas - incluyendo trabajos en grupos y presentaciones orales en clase -, y un trabajo práctico tradicional sobre cálculo de la aceleración de la gravedad utilizando un péndulo simple.
- c. Aplicación. Incluyó la realización de actividades con LVA utilizando simulaciones en JAVA de péndulos simple y de resorte, tanto para el estudio del MAS como del MOA.

A continuación, se describen las actividades correspondientes a las fases de Iniciación y de Aplicación en las que se hizo uso de TIC. Fue de interés que el estudiante logre comprender las características relevantes de los movimientos MAS y MOA en forma gradual, en un contexto interactivo; así como también, con una participación activa, tanto

en el trabajo individual como grupal, en los entornos de aprendizaje planteados en las distintas actividades.

3.3.1. Sobre el uso de TIC

Los modos de conocer están íntimamente vinculados con las personas y los artefactos disponibles. Desde una concepción social de la mente y el pensamiento, se puede entender lo social no sólo como las relaciones entre personas, sino “como conjuntos de relaciones establecidas entre las personas a través del uso de artefactos” (Azinian, 2009, p. 47); en nuestro caso, las TIC. Por ello es posible establecer una relación causal circular entre las personas y las tecnologías.

Así, tanto las TIC como los fines de su uso – en nuestro caso favorecer el aprendizaje del MO – coexisten de manera interrelacionada uno en el otro, reinventándose y resignificándose de manera simultánea, donde conviven situaciones deseadas y no deseadas, conocidas y desconocidas, en las que se ponen en juego conceptos, categorías, proposiciones, redes semánticas, más los conocimientos previos que tienen los sujetos. Mediante un contexto tecnológico – presente en una pantalla y validado por la comunidad científica – la información debería retornar al usuario como *ideas científicas*; según lo observado en la Figura 16.

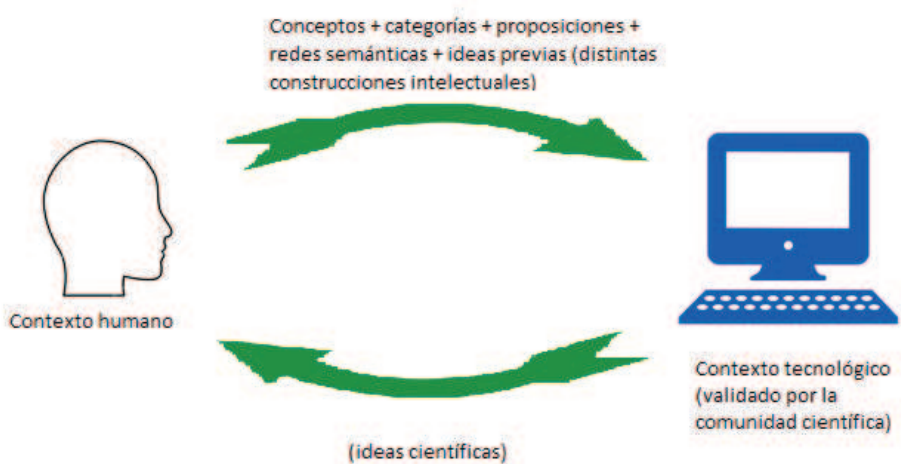


Figura 16. Representación del conocimiento mediado por la tecnología (elaboración propia)

De esta manera, se produce una ruptura acerca de la linealidad que se asigna al lenguaje, para que el hecho comunicativo se transforme en una situación mediada multidimensional y multidireccionalmente, de manera similar a como opera la memoria humana. A través de la pantalla los estudiantes trabajan con algo “observable”. En este contexto, “la imagen deja de ser lo visto para convertirse en lo construido” (Piscitelli, 1995, p. 22; en Lion, 2005, p. 122). Así, se produce un aprendizaje “basado en una epistemología de la imagen” (Lion, 2005, p. 121), donde lo *visto* en la pantalla actúa como organizador gráfico informático. En el proceso de reconstrucción del conocimiento, lo presentado oportunamente en la *pantalla* se asocia a la imagen mental, produciendo un “conocimiento holístico y coherente” (Lion, 2005, p. 121). De este modo, se presenta un instrumento (como objeto) que produce un hecho, o coordinaciones de hechos (de un observable), orientado a la generación de procesos cognitivos y metacognitivos (necesarios) para la coordinación de conceptos y procesos asociados a la comprensión del MO.

3.3.2. Contexto curricular

Los contenidos abordados en la propuesta de actividades mediadas por TIC corresponden a la Unidad Temática N° 10: Movimiento oscilatorio, de la asignatura Física I. La asignatura, de régimen anual, tiene una carga horaria de 5 horas semanales. Su cronograma prevé 4 semanas para el desarrollo de la Unidad, cuyos contenidos teóricos son: Cinemática del movimiento armónico simple. Dinámica del movimiento armónico simple. Energía del oscilador armónico. Ejemplos: péndulo de resorte, péndulo simple, péndulo físico, péndulo de torsión. Composición de movimientos armónicos simples. Movimiento amortiguado.

En particular, en la propuesta de actividades diseñadas con uso de sistemas de adquisición de datos en tiempo real, pensada como instancia de introducción a la Unidad temática, se priorizó el análisis cualitativo y se trabajó a partir de los conocimientos previos detectados en la administración de un pretest (Enrique y otros, 2018a; 2018b; 2018c).

Por otra parte, las actividades planteadas con uso de simulaciones mediante LVA estuvieron ideadas como instancias de aplicación de los contenidos de la Unidad temática

luego de su desarrollo teórico, de la resolución de problemas de lápiz y papel y de un trabajo de laboratorio tradicional sobre cálculo de la aceleración de la gravedad utilizando un péndulo simple.

3.3.3. Actividades mediadas por un sistema de adquisición de datos en tiempo real

Estas actividades, tal como se citó anteriormente, se desarrollaron previamente al inicio del estudio sobre MO. El objetivo fue efectuar, a partir de los conocimientos previos de los estudiantes evidenciados en la administración de un pretest antes de las actividades, un análisis cualitativo asociado a las características cinemáticas, dinámicas y energéticas de sistemas físicos que describen un movimiento oscilatorio, priorizando los aspectos conceptuales sin necesidad de manipular ecuaciones complejas que generalmente ofrecen dificultades a los estudiantes al intentar asignar significados dado que todavía no dominan contenidos asociados a ecuaciones diferenciales; las cuales se enseñan en Análisis Matemático II y porque corresponde al segundo año de la carrera ingenieril.

Para ello se propuso el estudio del movimiento de dos péndulos -simple y físico- a través del análisis de gráficas de datos experimentales obtenidos en tiempo real, capturadas en una “pantalla”. En particular, para el caso del péndulo simple se trabajó con un sensor de fuerza, Figura 17, que permitió la visualización de la gráfica de la fuerza restauradora vs tiempo, y en el caso del péndulo físico a través de un sensor de rotación se obtuvieron las gráficas de la posición, la velocidad y la aceleración (todas angulares) vs tiempo.

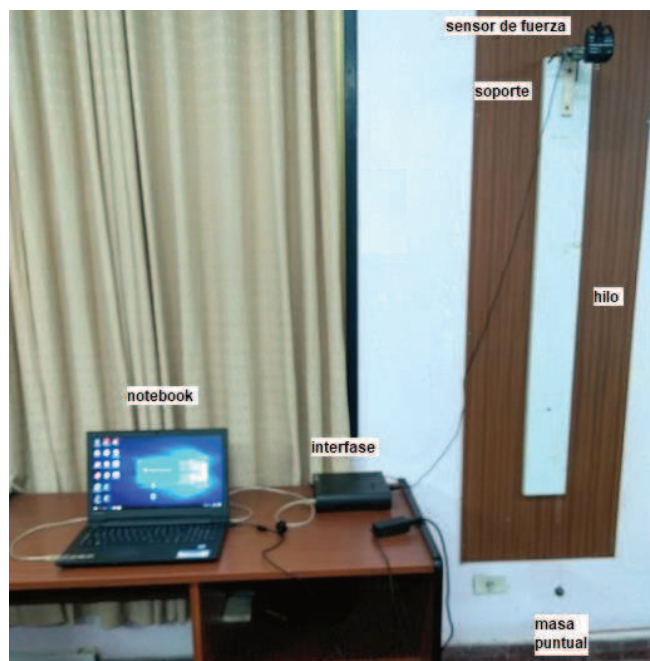


Figura 17. Péndulo Simple asociado a un equipo informático de adquisición de datos

Antes de iniciar el estudio del movimiento de un péndulo simple se consideró fundamental reflexionar que al indicar “péndulo simple” se está haciendo referencia a un modelo físico; reconocer cuáles son las propiedades relevantes que lo caracterizan; y analizar si es posible reproducirlo experimentalmente. Además, se trabajaron aspectos básicos relacionados con la construcción, tratamiento e interpretación de las representaciones gráficas; en particular, el proceso de ajuste de los datos experimentales, que demanda establecer una dependencia funcional entre las variables representadas en la “pantalla”. Esto permitió que los estudiantes, con la orientación del docente, discutieran y tomaran una decisión acerca del tipo de modelo matemático asociado a la curva que mejor ajustó los puntos representados, sin recurrir a una formulación matemática tal como se suele hacer en una clase tradicional.

A partir de la gráfica de la fuerza restauradora en función del tiempo, se pudieron desarrollar los siguientes aspectos conceptuales asociados al movimiento del péndulo simple:

- Cuando el tiempo de la corrida es breve, Figura 18, la fuerza neta se repite a intervalos de tiempos iguales y, por lo tanto, se evidencia la periodicidad de dicha fuerza.
- La fuerza restauradora de una partícula en un movimiento periódico puede expresarse siempre para tiempos cortos en términos de senos y cosenos, propio del ajuste a una función periódica tal como se observa en la Figura 18, donde en color azul se representan

los valores hallados experimentalmente y, en naranja los provenientes del ajuste sinusoidal. Es decir, los estudiantes pudieron evidenciar la “repetición” de valores instantáneos de manera periódica y distinguir valores máximos y mínimos. Aprovechando el uso de la tecnología, los estudiantes fueron capaces de visualizar la *periodicidad* de la fuerza restauradora sin emplear procedimientos matemáticos avanzados implicados en la resolución de ecuaciones diferenciales de segundo orden.

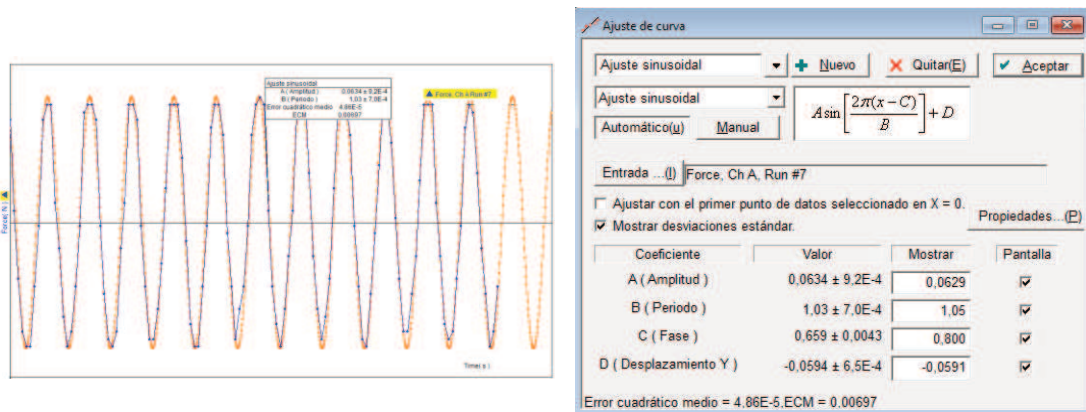


Figura 18. Representación gráfica de la fuerza restauradora que actúa sobre un péndulo simple -izquierda- junto al ajuste sinusoidal utilizando un sistema de toma de datos en tiempo real

- El movimiento periódico es característico de un MAS.
- Una partícula realiza un MAS cuando los límites de su oscilación están igualmente espaciados a uno y otro lado de su posición de equilibrio. Siempre que no haya rozamiento, este movimiento continuaría indefinidamente.
- La segunda ley de Newton permite relacionar la componente tangencial de la fuerza Peso, que es la fuerza restauradora que actúa sobre la masa (constante) y la hace tender a recobrar su posición de equilibrio.
- Si la aceleración tangencial es periódica, también lo son la velocidad tangencial y el desplazamiento.
- Si el momento de inercia de una masa puntual es constante y la aceleración angular es variable y periódica, el momento de la fuerza restauradora es periódico.
- La energía mecánica de un oscilador que describe un MAS es constante. Es decir que en un MAS, en el cual no están presentes fuerzas disipativas, la energía mecánica se conserva. Se puede analizar que como el sistema se mueve entre dos posiciones extremas donde instantáneamente la velocidad es nula, la energía cinética también lo es. Por otra parte, como la energía mecánica es constante, en estas posiciones extremas la energía

potencial es máxima. Además, si se toma la energía potencial igual a cero en la posición más baja de la trayectoria (posición de equilibrio), toda la energía presente en dicha posición es cinética. Se puede deducir entonces que la velocidad de la masa es máxima cuando pasa por la posición de equilibrio.

- Un péndulo *real* puesto a oscilar se detiene al cabo de un cierto tiempo, describiendo un MOA. Cabe aclarar que esto se visualiza fácilmente al aumentar el tiempo de corrida de la medición. Es decir, si bien todo sistema real describe un movimiento oscilatorio que generalmente es amortiguado, en tiempos breves resulta ser armónico, tal como se observa en la Figura 21 – arriba y la derecha, página 67 – para la aceleración angular.

Para analizar el MOA se empleó un péndulo físico, Figura 19, conformado por una varilla metálica en la que en uno de sus extremos se dispuso un cilindro macizo de metal. El otro extremo se anexó a un sensor de rotación a través del cual se llevó a cabo la toma de datos de posición, velocidad y aceleración (todas angulares) en función del tiempo, durante un intervalo de tiempo suficientemente extenso para poder observar la amortiguación.

Previo al estudio del MOA se efectuó un análisis cualitativo solo con la varilla homogénea sujeta, en su centro geométrico, para poner en evidencia que, debido a que el centro de gravedad de la varilla coincide con el apoyo, si se desplaza la misma de su posición de equilibrio el movimiento resultante es circular y no oscilatorio. Esto contribuyó a reflexionar sobre una de las características propias de un péndulo físico relacionada con la distribución no homogénea de su masa respecto al punto de apoyo (cambia el momento de inercia y la posición del centro de gravedad respecto al eje de oscilación, por lo que la fuerza Peso genera un momento de fuerza). También se abordó la modelización del sistema en estudio como sólido rígido conformado por una masa puntual unida a uno de los extremos de una varilla homogénea.



Figura 19. Péndulo físico asociado a un equipo informático de adquisición de datos

Aprovechando la posibilidad de ajustar el tiempo de análisis de una misma gráfica, en particular la correspondiente a la posición angular vs tiempo, Figura 20, fue posible evidenciar que cuando se reduce el tiempo de barrido de la medición, el MOA de un péndulo físico se aproxima a un MAS.

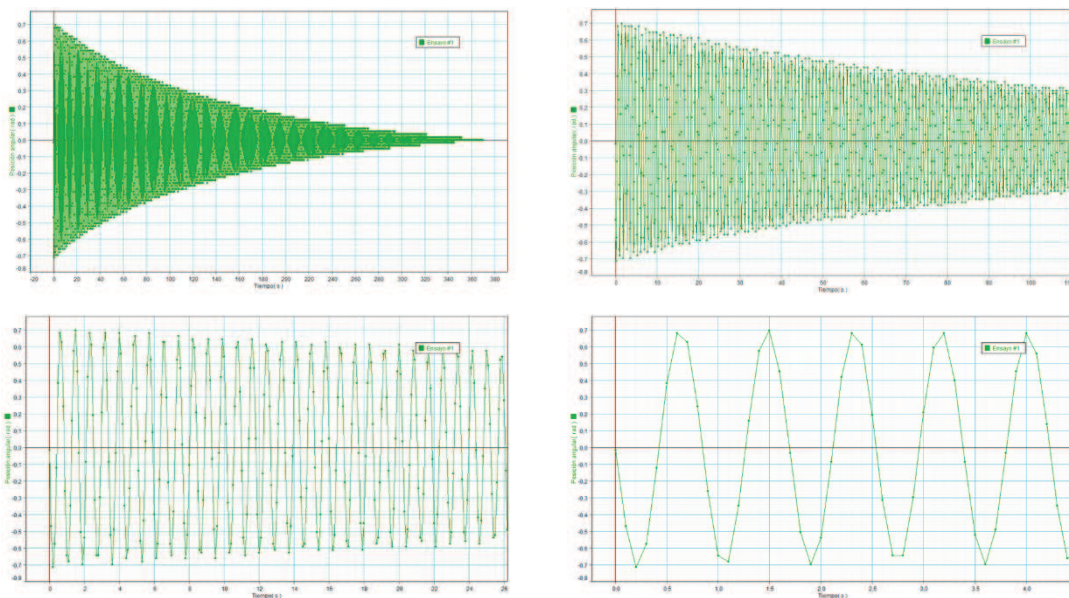


Figura 20. Gráficas de la posición angular en función del tiempo para diferentes intervalos de tiempo -de mayores a menores intervalos, comenzando desde la izquierda y arriba, hasta la derecha y abajo-

Como en simultáneo se registraron la velocidad y la aceleración angulares en función del tiempo, Figura 21, fue posible establecer relaciones entre las variables cinemáticas y

modelar un MAS desde un MOA. Sin el uso de recursos informáticos, tales actividades no se podrían haber llevado a cabo.

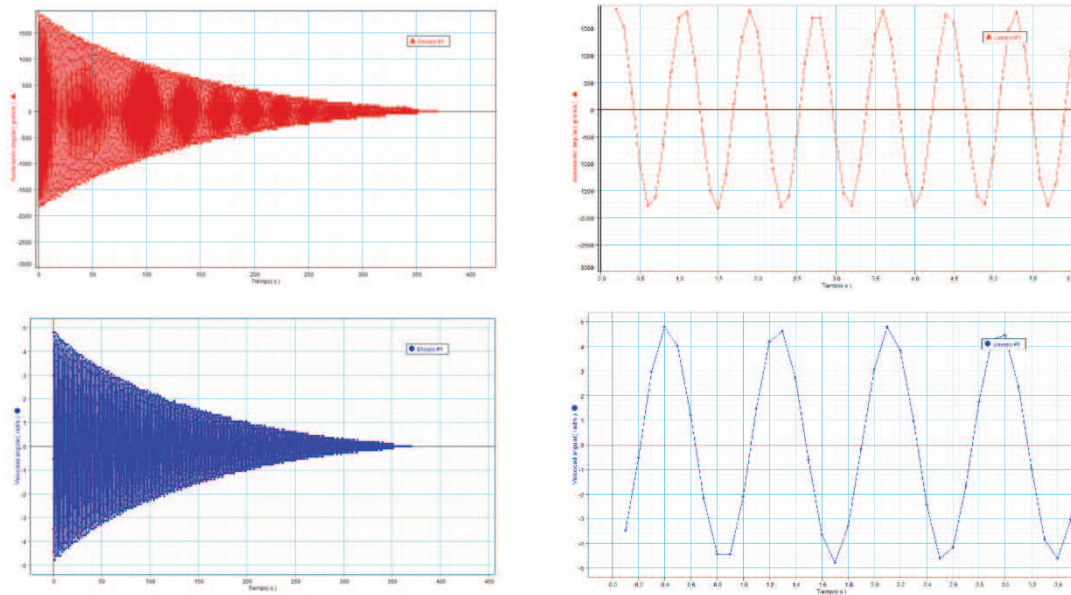


Figura 21. Gráficas de la aceleración angular (arriba, en color rojo) y velocidad angular (abajo, en azul) en función del tiempo, para el MOA (izquierda) y el MAS (derecha).

Asimismo, las gráficas del MOA como función del tiempo permitieron observar que la amplitud disminuye continuamente en forma exponencial.

Finalmente, se efectuó un análisis cualitativo sobre la energía en un MOA reconociendo que, si existen trabajos de fuerzas de tipo disipativas como la fuerza de rozamiento, entonces la energía mecánica ya no es constante, de allí que en el MOA la energía se disipa poco a poco por la fricción y tiende al valor cero conforme transcurre el tiempo.

3.3.4. Actividades con laboratorios virtuales de aprendizaje (LVA)

A fin de resignificar los contenidos desarrollados en las clases teóricas, de resolución de problemas y de trabajos prácticos sobre movimientos oscilatorios se diseñaron tres actividades, que se realizaron en grupo, utilizando programas sencillos (*apletts*) construidos en JAVA y de acceso público en internet. Para su selección se recurrió a las categorías de análisis propuestas por Bouciguez y Santos (2010) que permiten valorar las características disciplinares y tecnológicas de las aplicaciones. Se tuvieron en cuenta,

además, la confiabilidad y la validez de las fuentes de dichos programas. Las aplicaciones elegidas, fueron las siguientes: *springpendulum_es*; *pendulum_es*; *Spring - Mass SHM*; y *Damped Oscillations*. Las dos primeras están disponibles en el sitio web: <https://www.walter-fendt.de/html5/phes/>; mientras que las dos últimas, en la página: <https://ngsir.netfirms.com/>.

En la primera actividad con los simuladores *springpendulum_es* y *pendulum_es* se propuso la realización de un análisis integral del movimiento de los péndulos simple y de resorte, Figura 22, y la meta fue que los estudiantes logren resignificar sus saberes asociados al MAS a partir del análisis -en función del tiempo- tanto de las variables cinemáticas y de la fuerza restauradora, como así también de las energías potencial, cinética y mecánica. En las tareas se aprovecharon las características similares de diseño gráfico entre las dos aplicaciones -forma, color, magnitudes físicas analizadas-, lo cual permitió a los estudiantes relacionar ambos péndulos de manera fácilmente perceptible.

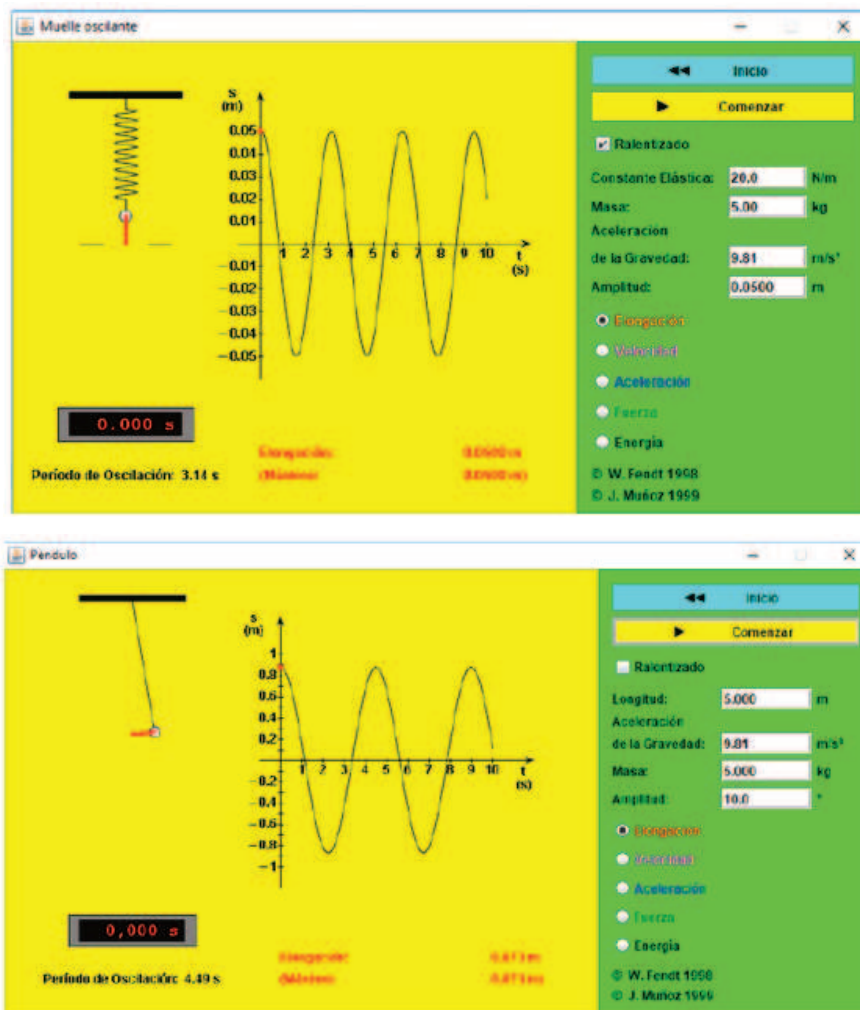


Figura 22. Captura de pantallas de las aplicaciones JAVA: péndulo de resorte -arriba- y simple -abajo-

En la segunda actividad con *Spring – Mass SHM* se planteó el análisis cinemático integral de un péndulo de resorte. A diferencia de la actividad anterior en la que se pudo analizar la evolución temporal de la posición, la velocidad y la aceleración de a una por vez en la pantalla, en la aplicación utilizada en esta actividad la evolución temporal de las tres magnitudes físicas se presenta en la misma pantalla. Este *software* también brinda la posibilidad de comparar un sistema oscilatorio con un movimiento circular uniforme.

Finalmente, en la tercera actividad con *Damped Oscillations*, el objetivo fue que los estudiantes investiguen sobre las diferencias entre oscilaciones armónicas simples y amortiguadas en términos de los conceptos de periodicidad y de amplitud; de las representaciones gráficas de la posición en función del tiempo, y de un análisis de carácter energético. Por otro lado, fue deseable que puedan interpretar, si bien de manera inicial, ya que no contaban con los conocimientos matemáticos para realizar un análisis detallado de dicho comportamiento, que cuándo un péndulo se encuentra críticamente amortiguado o sobreamortiguado, la presencia de una fuerza de fricción puede no necesariamente provocar un movimiento oscilatorio.

Las capturas de pantallas de estas dos últimas aplicaciones se muestran en la Figura 23.

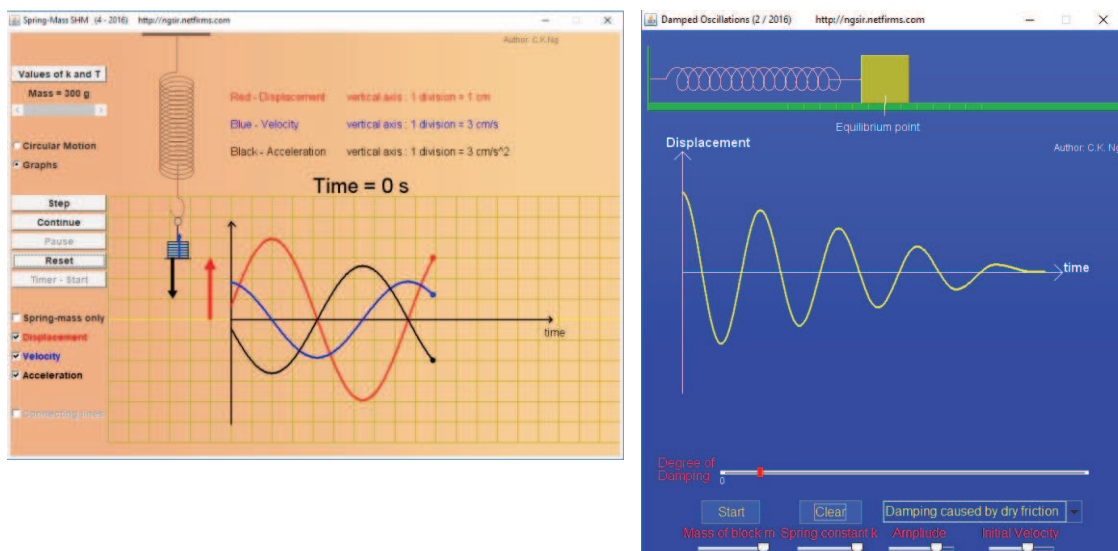


Figura 23. Captura de pantallas de las aplicaciones JAVA para un MAS -izquierda- y un MOA -derecha-

A partir de las actividades con LVA se esperó que los estudiantes logren:

- Diferenciar conceptos básicos tales como período, frecuencia, amplitud, frecuencia angular, elongación o posición de la partícula referida al origen, el que se toma coincidente con la posición de equilibrio.
- Identificar las magnitudes físicas que influyen en el período de un péndulo que describe un MAS.
- Inferir que las magnitudes físicas asociadas a la cinemática y a la dinámica del MAS son periódicas; y que tanto el período de oscilación como la energía mecánica permanecen constantes.
- Deducir que cuando el sistema pasa por la posición de equilibrio la velocidad tangencial es máxima y la aceleración tangencial es nula; por lo tanto, la componente de la fuerza resultante en dicha dirección también es nula mientras que no ocurre lo mismo con la componente en la dirección radial pues ésta no es nula.
- Vincular el MAS con el movimiento circular uniforme.
- Concluir que, si bien la energía mecánica es constante, la misma depende de las condiciones iniciales.
- Deducir que, debido a la periodicidad, la igualdad de ambas formas de energías – cinética y potencial – no se presenta en la mitad entre una de las posiciones extremas y la de equilibrio – característica de una presunción basada en un comportamiento lineal.
- Reconocer que un MOA se caracteriza por la disminución de la amplitud, por la disipación de energía debido a la presencia de algún tipo de rozamiento, y por el aumento del período de las oscilaciones respecto al de las oscilaciones libres, debido al rozamiento.

Cabe aclarar que las actividades con LVA se plantearon para ser desarrolladas en tiempo extra clase y en grupos, con el objeto de favorecer un aprendizaje colaborativo. Se previeron horarios de consulta, en los cuales los docentes pueden aclarar dudas o dificultades. A través del campus virtual de la facultad los estudiantes accedieron al material didáctico seleccionado por parte del profesor (guía y aplicaciones), y dispusieron de 15 días para la entrega de un informe -grupal- en el que se les solicitaron describir los objetivos, la metodología, los resultados y conclusiones de los experimentos realizados.

3.3.5. Sobre la guía de actividades con LVA. Aspectos generales

El objetivo fundamental que orientó la elaboración de la guía de actividades con LVA sobre MAS y MOA fue proporcionar a los estudiantes una herramienta que favorezca el desarrollo de sus procesos cognitivos y metacognitivos, de modo tal que “pongan en juego” sus conocimientos mediante el uso de información global, junto a la realización de inferencias y deducciones sobre estos movimientos. En el Anexo IV se presenta la guía que orienta el desarrollo de las actividades con los LVA.

Así, se incluyeron consignas explícitas sobre el control de las estrategias metacognitivas orientadas a los aspectos procedimentales (Mateos, 1995). Para ello, se trabajó sobre las demandas específicas de las tareas de aprendizaje, producto de su planificación (antes de la intervención), control *on line* (durante la intervención), y evaluación (después de la intervención), de modo de favorecer la práctica reflexiva y controlada de los LVA con el fin de que la metacognición pueda relacionarse a la noción de *transferencia* (Mateos, 2001).

En esta actividad se tuvo en consideración la Figura 14 incluida en el capítulo 2, y en particular la parte superior donde se pone en evidencia una interacción entre el alumno, el ordenador y los significados. Por ello, se construyó el diagrama que se muestra en la Figura 24, el cual representa un esquema sobre la co - construcción de conocimientos cognitivos y metacognitivos en un proceso de enseñanza mediados por LVA. Una de sus características es que las TIC permiten la interacción de los dos tipos de conocimientos de forma simultánea, de modo tal que es casi imposible disociar uno del otro.

De forma resumida, las imágenes en la pantalla (b) de determinados fenómenos físicos (c), asociados al MO, que suministran los LVA (a) permiten la externalización de las representaciones de dichos fenómenos (d) promoviendo el aprendizaje experiencial y representacional (e) en los estudiantes. Se sostiene que tal aprendizaje facilita la internalización de las representaciones de estos fenómenos (f), pasando a conformar los recursos cognitivos propios (g). Las acciones presentes en (f) junto a (a) hacen que el alumno manipule los parámetros del sistema físico analizado (h), como producto de sus recursos cognitivos (g) y sus estrategias metacognitivas (i) debido a las demandas de las tareas (j) asignadas en la guía de trabajo con los LVA.

Continuando el análisis de este esquema, al interactuar la manipulación por parte de los estudiantes de los parámetros del sistema físico analizado (h) y sus estrategias metacognitivas (i), flechas de color verde, el alumno incorpora distintas acciones que corresponden al denominado como Ciclo de análisis metacognitivo - indicado en el diagrama con flechas de color rojo -, donde el sujeto ejecuta diferentes pasos - los cuales se describirán con más detalles en el apartado 3.4.3 - para que los conocimientos mediados por la tecnología puedan incorporarse como producto de sus recursos cognitivos (g) una vez que el alumno comprueba e incorpora en su estructura cognitiva los nuevos conocimientos - flecha de color azul -.

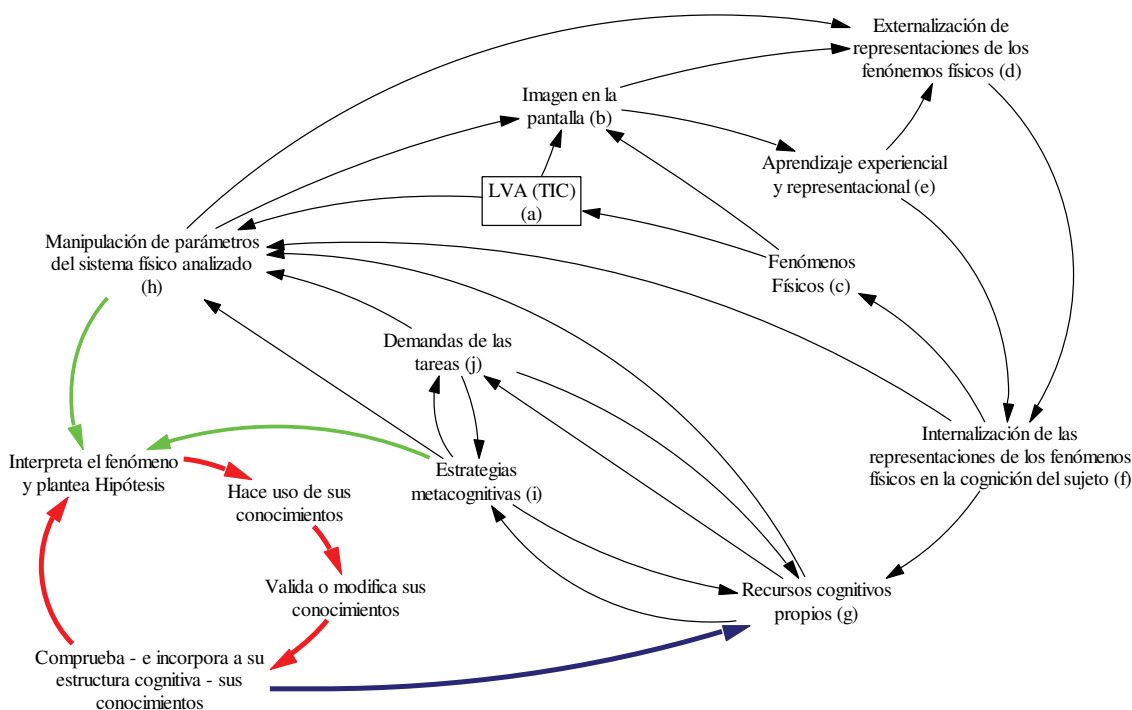


Figura 24. Esquema de co - construcción de conocimientos cognitivos y metacognitivos por parte de estudiantes en un proceso de enseñanza mediado por LVA (elaboración propia)

Es esperable que los estudiantes frente a los LVA no actúen de la misma manera, dado que el facilitar estas estrategias no garantiza necesariamente el uso generalizado de las mismas. De acuerdo a sus características personales, cada estudiante activará distintas estrategias a través de la supervisión sobre su conocimiento actual y la regulación -en realidad, su *autorregulación*- de acciones tanto cognitivas como metacognitivas, al planificar, supervisar, y evaluar los resultados hallados mediante su interacción con los LVA.

Como es evidente este esquema es cíclico e interactivo, y el inicio se presenta en los conocimientos o *recursos cognitivos propios* del alumno; los científicos suministrados por las TIC - LVA - , y la diferencia entre ambos. Según la Teoría de Aprendizaje Significativo, cuando estos alumnos pongan en juego sus saberes junto a los presentados en la *pantalla* de los LVA se activarían procesos de diferenciación progresiva y de reconciliación integradora sobre MO.

Particularmente, considero que esta situación está relacionada con la zona de PC a la que pertenece el estudiante. Así, los menos competentes -o novatos- sólo harían un *uso activo* automático de los LVA, mientras que los sujetos más competentes -o expertos- efectuarían un uso activo junto a la *autorregulación y supervisión* en la gestión de sus aprendizajes. La supervisión está asociada a la manera en que el sujeto obtiene información sobre el estado en que se encuentran sus conocimientos, mientras que la regulación está vinculada al modo en que se modifica dicho estado, en lo que el estudiante podría iniciar, continuar o terminar determinadas acciones.

3.3.6. Sobre la guía de actividades con LVA. Aspectos particulares

A continuación, se amplían algunos aspectos interesantes asociados a las tres actividades con LVA propuestas que pueden contribuir a disminuir la diferencia entre los conocimientos propios del estudiante y los que devienen del conocimiento científico.

En la primera actividad, se orienta un análisis integral del movimiento de los péndulos simple y de resorte, a partir de la ejecución de un *control de variables* mediante la selección de las condiciones iniciales del sistema y de la *evaluación* del comportamiento simultáneo de las variables: posición o elongación; velocidad; aceleración; fuerza; y energía. Si bien la aplicación muestra la evolución temporal de una variable a la vez, presenta una flexibilidad importante dado que se puede pasar de una a otra simplemente seleccionando el botón correspondiente.

En el caso del péndulo simple que describe un MAS, con los datos previamente seleccionados en la imagen de la pantalla: longitud del hilo; aceleración de la gravedad; masa del sistema y amplitud -Figura 25, a la derecha en el fondo verde-, se puede

visualizar la posición instantánea -identificada con un círculo- en un determinado instante de tiempo (1,797 s), el período de oscilación -abajo a la izquierda-, y el valor máximo de la elongación.

En particular al abordar el estudio energético, se pueden observar los valores instantáneos de las energías cinética y potencial, junto a la energía mecánica poniéndose en evidencia que esta última permanece constante. Además, la aplicación permite que el estudiante observe rápidamente cómo es el comportamiento del sistema cuando se modifican las condiciones iniciales.

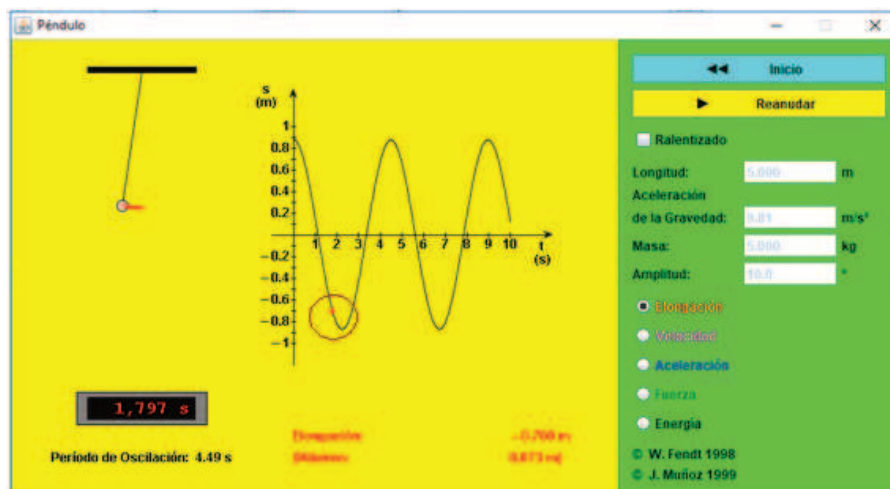


Figura 25. Posición instantánea en la aplicación del péndulo simple

Otra de las opciones con que cuentan los estudiantes es comprobar la relación entre la aceleración y la Fuerza -ambas en dirección tangencial- a través de la ya estudiada 2ª ley de Newton para masa constante, $\mathbf{F}(t) = m \mathbf{a}(t)$. Asimismo, pueden comprobar el valor del periodo de oscilación T de acuerdo a los valores seleccionados de longitud l y de aceleración de la gravedad g a partir de la expresión, $T = 2\pi \sqrt{l/g}$; los valores instantáneos de energía cinética, $E_C(t) = \frac{1}{2} m v(t)^2$ y energía potencial gravitatoria, $E_P(t) = m g h(t)$, y la energía mecánica, $E_M(t) = E_C(t) + E_P(t) = \text{cte}$.

Un análisis similar se puede abordar para el péndulo de resorte.

En la segunda actividad, orientada al análisis cinemático integral del MAS descrito por un péndulo de resorte vertical, la aplicación permite visualizar en la misma pantalla no solo las gráficas de desplazamiento, velocidad y aceleración en función del tiempo

simultáneamente - para un T inicial igual a $0s$ -, sino también las correspondientes a las componentes de los vectores desplazamiento -en color rojo-, velocidad -azul- y aceleración -negro- (Figura 26). Cabe aclarar que los colores de las componentes de los vectores asociados a las tres magnitudes físicas son los mismos con los que se presentan las gráficas de dichas magnitudes en función del tiempo. Esto le otorga al estudiante la posibilidad de *establecer relaciones y comparaciones* entre las representaciones gráficas y vectoriales de manera más clara y sencilla.

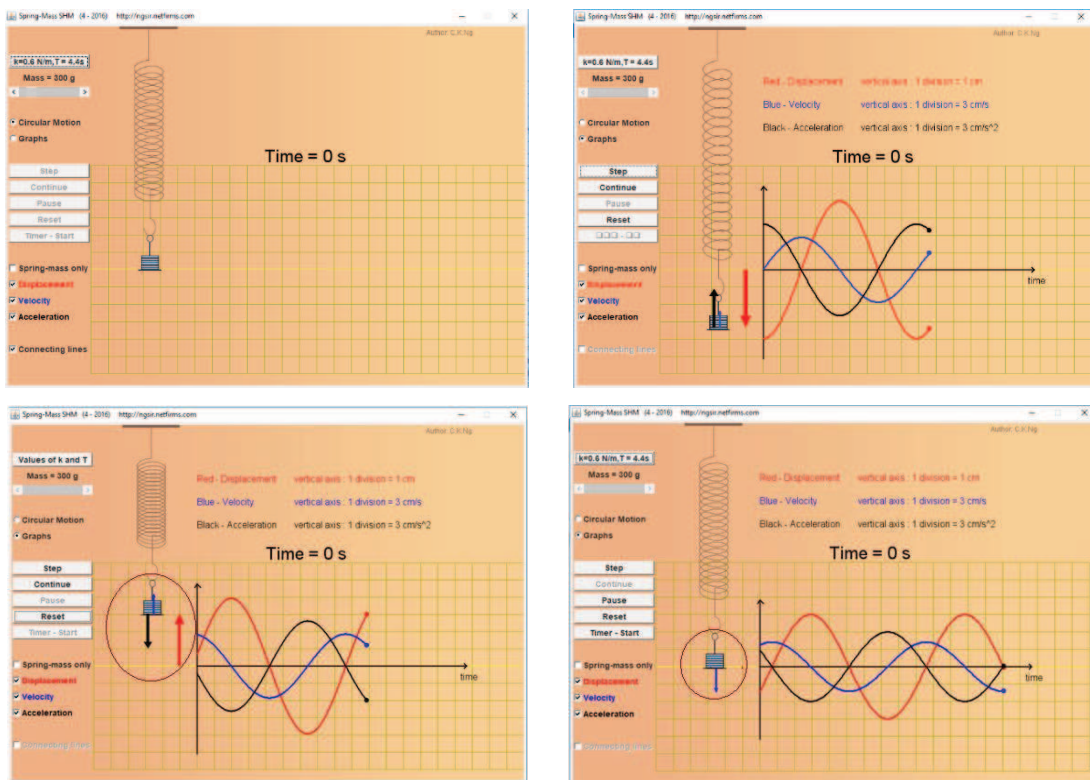


Figura 26. Condiciones iniciales de la simulación -arriba izquierda- y resultados -arriba derecha-. Vectores instantáneos Velocidad y Aceleración (resaltados con un círculo) junto a las gráficas de las variables cinemáticas en función del tiempo, en el programa Spring - Mass SHM -abajo-.

La aplicación brinda la posibilidad de modificar la Amplitud del sistema mediante el uso del cursor. Así, el estudiante puede “estirar” la masa unida al resorte una determinada distancia que visualmente corresponde a n “cuadrados” o “divisiones”, donde 1 división equivale a 1 cm y comprobar el período de oscilación T presentado en la pantalla utilizando la ecuación $T = 2\pi \sqrt{m/k}$; la masa m del sistema se puede modificar mientras que la constante elástica k es un valor prefijado.

Además, se puede relacionar el MAS con uno circular uniforme, Figura 27. Esta relación es útil para describir diversos aspectos del MAS. También proporciona un significado geométrico simple de la frecuencia angular y de la constante de fase. Asimismo, es posible reflexionar sobre el movimiento circular uniforme como una combinación especialmente sencilla de MAS individuales.

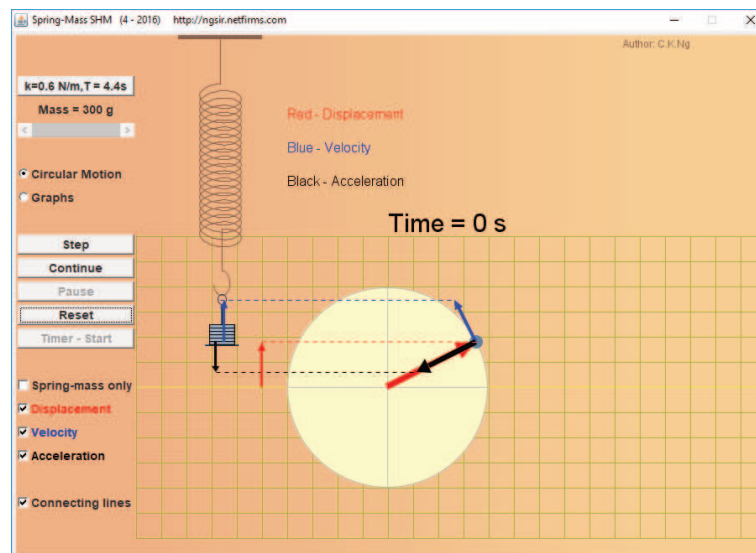


Figura 27. Vectores desplazamiento, velocidad y aceleración tanto en el péndulo de resorte como en el movimiento circular uniforme

Finalmente, la tercera actividad, en la que se propuso indagar sobre los movimientos armónico simple y amortiguado de manera comparativa, se esperó que el estudiante, al modificar las condiciones iniciales pueda observar la presencia – o no – de un sistema oscilatorio, y evidenciar que un sistema que describe un MO puede comportarse como oscilatorio armónico, amortiguado, críticamente amortiguado, o sobreamortiguado, según la intensidad de la fuerza de rozamiento que está actuando en el mismo. Además, que el rozamiento puede considerarse proporcional a la velocidad.

Se utiliza un péndulo de resorte – como continuación de las actividades preliminares -, aunque éste se encuentra en posición horizontal. La interfaz permite distinguir - a través del uso de distintos colores - las gráficas de la posición vs tiempo para distintos tipos de movimientos. Se puede modificar la masa del bloque; la constante k del resorte; la amplitud y la velocidad inicial del sistema.

El programa cuenta con otras opciones que permiten modificar los valores de las zonas donde el sistema se amortigua (Degree of Damping o Grado de Amortiguamiento), Figura 28, mostrando distintos comportamientos – movimiento oscilatorio amortiguado; críticamente amortiguado; o sobreamortiguado –, previa selección del tipo de fuerza rozamiento. Si bien el MAS ya fue analizado en las dos actividades anteriores, con este simulador se puede revelar su presencia adoptando grado de amortiguamiento igual a cero.

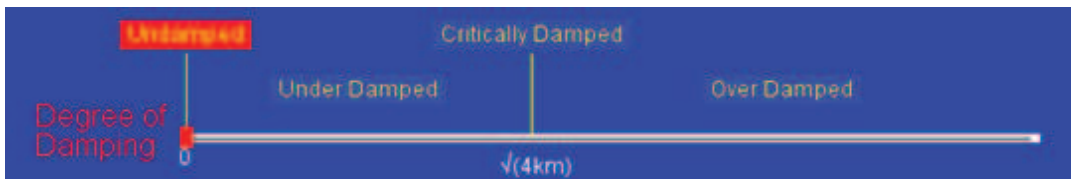


Figura 28. Zonas del péndulo de resorte en función del grado de amortiguamiento.

En la parte superior de la pantalla se pueden observar las fuerzas que actúan sobre la masa del péndulo y, además, se pueden contrastar los dos tipos de rozamiento por separado y de manera conjunta.

En el caso de un MOA se revela claramente la disminución de la amplitud en función del tiempo, Figura 29.

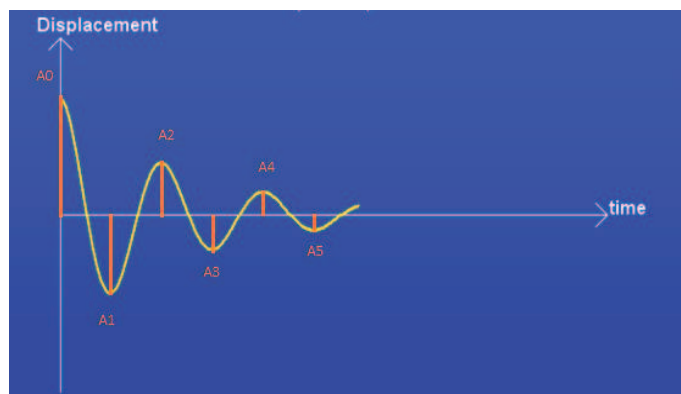


Figura 29. Gráfica de un MOA obtenido con el aplet

El alumno también puede comprobar la dependencia del periodo de oscilación de la masa del sistema, o de la constante elástica del resorte, a través de la gráfica de la posición en función del tiempo. Además, puede indagar sobre la influencia de la amplitud y/o de la

velocidad inicial. Específicamente, las oscilaciones amortiguadas ya no son periódicas porque no se repiten las condiciones del movimiento en intervalos iguales de tiempo, esto se puede deducir directamente observando la Amplitud, y por ello este tipo de movimiento se define como *oscilatorio no periódico amortiguado*.

3.4. Técnicas e instrumentos

Para la recolección de la información necesaria en esta investigación se propusieron distintos instrumentos para la obtención de datos:

3.4.1. Cuestionario como pretest/postest

Como instrumento de obtención y registro de información sobre los conocimientos previos que disponen los estudiantes relacionados con los MO se elaboró un cuestionario como pretest (Enrique y col., 2018). El mismo fue utilizado como postest, para evaluar la influencia de la intervención didáctica mediada por TIC.

Para su confección se tomaron como referentes los trabajos de Enrique (2017); García Arteaga (2013); García Barneto y Bolívar Raya (2008); Jiménez García y col. (2016); Otero y col. (2003); y Santos Benito y col. (2004). De este modo “no sólo se garantiza que los distractores están bien contruidos, sino que, además, los resultados locales pueden compararse con los obtenidos por estudiantes de otros sistemas educativos” (Benegas y col., 2010, p. 13).

Con el objeto de contextualizar los contenidos teóricos a abordar en una situación real, en el cuestionario se presentó una introducción con una narrativa sobre un personaje de historietas que está jugando en una hamaca; y se indicó que, al analizar el movimiento de ida y vuelta desde el punto de vista de la Mecánica Clásica, se llegaría a la conclusión de que el movimiento de la hamaca es oscilatorio. Posteriormente, se establecieron las condiciones para modelizar el sistema como un péndulo simple y se orientó el análisis del movimiento desde un marco de referencia inercial o fijo en la Tierra. Finalmente se

presentaron las 12 preguntas que conformaron el cuestionario, siendo las mismas abiertas, y cerradas de opción múltiple. El texto completo del mismo se encuentra en el Anexo I.

A continuación, se incluye la secuencia de acciones establecida para proporcionar un orden lógico a los contenidos incluidos en las preguntas del cuestionario:

- a. Aplicar contenidos de dinámica, previamente abordados con los alumnos en el estudio del MCU, a un sistema que describe un MAS. Preguntas 1 y 2.
- b. Abordar el concepto de periodicidad (Abalos, 2006; Shama, 1998). Preguntas 2, 9 y 10.
- c. Analizar la energía mecánica para distintas posiciones de un sistema que describe un MAS y su conservación. Preguntas 3, 4 y 8.
- d. Conceptualizar período de oscilación. Preguntas 5, 6 y 8.
- e. Caracterizar el movimiento de un péndulo desde el punto de vista cinemático. Preguntas 7, 8 y 10.
- f. Identificar el movimiento de un sistema oscilatorio con presencia de fricción. Preguntas 9 y 12.
- g. Reconocer la discontinuidad en el movimiento de un péndulo simple por ruptura de la cuerda en una determinada posición. Pregunta 11.
- h. Describir el movimiento de un sistema en el que la amplitud disminuye y la energía mecánica no se conserva como es el caso de un MOA. Pregunta 12.

Al final de cada una de las preguntas se agregó una consigna complementaria donde el estudiante debía calificar su grado de confianza ante la respuesta dada, con un intervalo comprendido entre 0 -confianza nula- y 10 puntos -confianza plena-, a fin de evaluar su seguridad en los conocimientos cuando los pone “en juego” en una actividad didáctica. De este modo se buscó incorporar los aspectos metacognitivos, dado que los mismos hacen referencia al conocimiento que tienen los estudiantes sobre sus propios procesos cognitivos o sobre cualquier elemento relacionado con ellos, y, entre otras cosas, el control y la regulación subsiguiente de estos procesos (Flavell, 1976).

A fin de evaluar la calidad del cuestionario como instrumento de recogida de datos y de garantizar la utilidad y significado de los resultados obtenidos, el mismo fue sometido a pruebas estadísticas de validez y de fiabilidad. La validez se refiere al grado en que el instrumento mide lo que se pretende medir; la fiabilidad de un cuestionario se refiere a la

confianza que se concede a los datos que se obtienen con el mismo y está relacionada con la coherencia, o consistencia interna, y la precisión de las medidas recopiladas (Lacave Rodero y col., 2015, p. 136).

a. Análisis de la Validez

En este trabajo se consideraron los siguientes análisis:

I. Validez de contenido del cuestionario. Tuvo el objeto de determinar el grado de comprensión de las preguntas que formaron parte del cuestionario. Esta validez mide “el grado en que un instrumento refleja un dominio específico de contenido de lo que se mide” (Marroquín, 2013, p. 14.).

Para ello, se sometió al cuestionario a una validación por parte de expertos. Se trabajó con docentes de la materia Física I de distintas universidades nacionales como la Facultad Regional Santa Fe de la UTN; la Facultad de Ingeniería Química de la UNL (ambas en la ciudad de Santa Fe), y la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la UNR. Asimismo, se consideraron trabajos publicados de investigaciones que hayan recurrido en el proceso de recolección de datos a cuestionarios sobre sistemas oscilatorios, dado que dichos trabajos ya han sido validados por expertos de la comunidad científica. Los mismos se citaron anteriormente.

II. Validez de constructo. El objetivo fue explorar las respuestas al cuestionario y averiguar si las relaciones entre las variables definían una estructura dimensional en el mismo que se mantenga invariante y pueda servir de base para la interpretación de los resultados en distintas poblaciones (Delgado y Prieto, 2010). En esta investigación, se procedió a calcular la medida de adecuación muestral KMO (Kaiser-Meyer-Olkin), que contrasta si las correlaciones parciales entre las variables son suficientemente pequeñas, para comprobar la pertinencia de este tipo de análisis. El estadístico KMO varía entre 0 y 1; un valor menor que 0,5 se interpreta como que la correlación entre dichas variables no es suficientemente significativa, por lo que no tendría sentido realizar un análisis de las relaciones entre las variables con los datos muestrales que se están utilizando (Barbero García y col., 2006).

El resultado anterior se confirmó mediante la realización de la prueba de esfericidad de Bartlett (Bartlett, 1950), que contrasta la hipótesis nula que la matriz de correlaciones de las variables es la identidad, en cuyo caso dichas variables no estarían relacionadas. En consecuencia, si el nivel de significación del estadístico de Bartlett es mayor que 0,05, no se puede rechazar dicha hipótesis nula y, por lo tanto, no tendría sentido realizar el análisis de la estructura dimensional, o análisis factorial del cuestionario.

Luego se continuó con el análisis de validez mediante el uso de los modelos de análisis factorial exploratorio o confirmatorio. En los dos casos la meta de dicho análisis estadístico fue explicar la varianza común entre las variables con el menor número de factores, dado que intenta que todas las variables se agrupen o saturen en un mismo factor o dimensión, dada la existencia de una relación o atributo común. Así, se logró afirmar que determinados ítems se explican mejor desde una dimensión que desde otra.

La comunalidad de una variable es la proporción de su varianza explicada por el modelo factorial obtenido. De manera concreta, cuando su valor se aproxima a 1 indica que la variable queda totalmente explicada por los factores, mientras que, si se aproxima a 0, la variabilidad de las variables no puede ser explicada por los factores. Dicho de otro modo, “los ítems del cuestionario representados por variables con comunalidades cercanas a 0 se pueden eliminar del mismo” (Lacave Rodero y col., 2015, p. 138).

b. Análisis de la Fiabilidad

Para evaluar la fiabilidad del cuestionario, se realizó el análisis de consistencia interna. También denominado Validez de Criterio (Marroquín, 2013). Se empleó para proveer de significación a las preguntas del cuestionario mediante el cálculo del coeficiente alfa de Cronbach (Cronbach, 1951), el cual está basado en la correlación inter-elementos promedio, y asume que los ítems (medidos en escala tipo Likert) miden un mismo constructo y que están altamente correlacionados (Welch y Comer, 1988). Los valores de dicho coeficiente oscilan entre 0 y 1, considerando como criterio general un coeficiente aceptable cuando su valor es igual o superior a 0,70 (George y Mallery, 2003), pues este estadístico no está acompañado de ningún contraste de hipótesis (mediante un p-valor).

También se recomienda evaluar el valor del coeficiente alfa al eliminar del cuestionario cada uno de los ítems que lo componen, debido a que se puede prescindir de aquellos en los que, al ser eliminados, hacen que el valor del coeficiente aumente. Dicho análisis se conoce como Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados.

Respecto al análisis de la capacidad de discriminación de los ítems, en este caso se hizo uso del índice de homogeneidad que es el coeficiente de correlación de Pearson entre la puntuación en el ítem y la suma de las puntuaciones en los restantes ítems. Así, el índice de homogeneidad de un dado ítem va a dar la información respecto al grado en que el mismo está midiendo lo mismo que la prueba globalmente. Dicho de otra manera, determina el grado en que contribuye a la consistencia interna del test. Por lo tanto, los ítems con bajos índices de homogeneidad pueden medir algo diferente a lo que refleja la prueba en su conjunto, por lo que se pueden eliminar del cuestionario. Normalmente, se eliminan aquellos cuyo índice de homogeneidad es menor que 0,2 (Barbero García, 2006).

En este trabajo se analizaron los resultados presentes en la tabla “Estadísticas de total de elemento”, para la columna “Correlación total de elementos corregida”. Los resultados de las pruebas estadísticas de validez y fiabilidad del cuestionario se presentan de manera resumida debido a su extensión. Los mismos se encuentran en el Anexo II.

c. Resultados de las pruebas de fiabilidad

Primero se analizaron las 12 preguntas de manera individual, y luego, se continuó con los distintos tipos de agrupaciones. La meta fue analizar los resultados del Alfa de Cronbach. Sus resultados más su interpretación se indica en la Tabla 1.

Tabla 1. Resultados de las pruebas de fiabilidad del cuestionario

| Situación analizada | Alfa de Cronbach | Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados | Interpretación |
|----------------------------|-------------------------|--|-----------------------|
| 12 preguntas individuales | 0,407 | 0,399 | Baja calidad |

| | | | |
|--|-------|-------|--|
| 4 agrupaciones conceptuales (Cinemática; Dinámica; Energía; y Conceptos Básicos) | 0,691 | 0,687 | Mejora la calidad, pero no llega al valor recomendado de 0,70. |
| 6 categorías conceptuales (4 anteriores más Conservación; y No conservación) | 0,777 | 0,788 | Mejora la calidad, llegando a valores deseables |
| 8 categorías (4 anteriores más sus grados de confianza) | 0,847 | 0,839 | Mejora notablemente la calidad |
| 12 categorías (las 6 anteriores, más sus grados de confianza) | 0,891 | 0,890 | Presenta los mejores resultados |

Según lo observado, los mejores valores correspondieron a la presencia de las seis categorías de análisis Cinemática; Dinámica; Energía; Conceptos Básicos; Conservación; y No conservación junto a sus grados de confianza.

d. Prueba de validez de constructo

Para ello se realizaron las Pruebas de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y de esfericidad de Bartlett, empleando las mismas categorías elegidas previamente. Los resultados arribados para las 12 categorías se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Prueba de KMO y Bartlett

| | | |
|---|---------------------|---------|
| Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo | | 0,658 |
| Prueba de esfericidad de Bartlett | Aprox. Chi-cuadrado | 428,941 |
| | gl | 66 |
| | Sig. | 0,000 |

La Medida de Kaiser – Meyer – Olkin dio un valor de 0,658. Redondeando éste – 0,7 – el nivel es aceptable, pero junto con el nivel de significación (0,000), para la prueba de Bartlett, se corrobora una adecuación muestral alta de los datos para el Análisis Factorial (Valderrey Sanz, 2010).

e. Análisis Factorial

Posteriormente se continuó con el Análisis Factorial (AF) para las 12 categorías. Como el valor del Determinante fue muy bajo y próximo a cero ($9,723E^{-6}$), está indicando que las variables utilizadas se encuentran linealmente relacionadas, lo que significa que el análisis factorial es una técnica pertinente para analizar esas variables.

Continuando este análisis mediante las comunalidades, éstas fueron altas a excepción de una de ellas. Por ejemplo, para Grado de confianza en Conservación, su valor fue 0,909. Por lo tanto, la variabilidad de esta variable está representada en un 89,3% por los tres factores extraídos. La menor de todas corresponde a Grado de Confianza en No Conservación (0,498), y está representada en un 49,8% por los citados tres factores. Utilizando como método de extracción el análisis de componentes principales, se obtuvo que el 75,645% de la varianza puede ser explicada por 3 autovalores – mayores que 1 -. Esto se comprobó junto al gráfico de sedimentación.

Posteriormente se continuó el análisis mediante la tabla de correlaciones reproducidas. Cuando las variables están descritas en función de los tres factores, el coeficiente de correlación entre dos variables es el llamado coeficiente de correlación reproducido. Entre ambos coeficientes habrá una diferencia – un error – que debe ser lo más pequeño posible. Como se observó que el 54% de los residuos no redundantes tuvieron valores absolutos menores que 0,05, la bondad del modelo es aceptable.

f. Pruebas complementarias

Con el objetivo de ampliar el estudio de la validez y la fiabilidad del cuestionario, se realizaron dos pruebas complementarias. La primera de ellas consistió en dividir la población indagada en dos grupos, conformados por los números pares e impares con los que fueron identificados los estudiantes, mientras que en la segunda prueba se dividieron los estudiantes en dos grupos divididos de manera aleatoria por parte del programa estadístico. Los resultados hallados se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Pruebas complementarias del cuestionario

| Situación analizada | Alfa de Cronbach | Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados | Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo | Prueba de esfericidad de Bartlett | Valor del determinante | Interpretación |
|------------------------------------|------------------|---|---|---|------------------------|-----------------------|
| Datos impares | 0,896 | 0,898 | 0,569 | Aprox. Chi-cuadrado: 249,853 gl:78 Sig.: 0,000 | 0,001 | Muy buenos resultados |
| Datos pares | 0,870 | 0,859 | 0,642 | Aprox. Chi-cuadrado: 210,680 gl:66 Sig.: 0,000 | 0,000 | Muy buenos resultados |
| Valores aleatorios (primer grupo) | 0,864 | 0,860 | 0,776 | Aprox. Chi-cuadrado: 204,436 gl:66 Sig.: 0,000 | 1,01E-006 | Muy buenos resultados |
| Valores aleatorios (segundo grupo) | 0,914 | 0,916 | 0,776 | Aprox. Chi-cuadrado: 204,436 gl:66 Sig.: 0,000 | 4,97E-007 | Muy buenos resultados |

Las pruebas de validez y de fiabilidad realizadas tanto con números pares e impares, así como también con valores aleatorios para dos grupos, indicaron que el cuestionario es muy robusto respecto a los resultados que permite obtener.

Debido a estos resultados y con el objeto de proponer un mismo nivel de comparación, se optó por emplear este mismo cuestionario como postest, y de este modo investigar sobre de la influencia de la intervención didáctica desarrollada.

3.4.2. Estrategia para la elaboración y la evaluación de los Perfiles Conceptuales

Para construir las zonas de PC se emplearon los pasos teóricos y metodológicos asociados a la construcción de una Matriz Epistemológica (Ribeiro, 2013) donde, se tuvo en cuenta

un juego dialógico entre estudios teóricos y empíricos, involucrando al menos tres dominios: el Sociocultural, el Macrogenético y el Microgenético. En base a la Matriz Epistemológica, se identificaron las zonas de PC en distintos momentos asociados a la intervención didáctica. La meta fue evaluar la eficiencia y la eficacia de dicha intervención a partir de la evolución - o no - de las zonas de PC de los estudiantes sobre MO:

- el Perfil Conceptual Inicial (PCI) atiende a los conocimientos previos sobre MO antes de la intervención. El análisis de las respuestas a un cuestionario en tanto pretest, elaborado y validado para tal fin, aportó la información necesaria para su elaboración;
- el Perfil Conceptual asociado a los LVA (PCLVA) indica los *desplazamientos cognitivos* que logran los alumnos debido a esta actividad en particular. El análisis interpretativo textual (Bernárdez, 2006) efectuado sobre los informes escritos elaborados por los estudiantes a partir del trabajo con LVA, se constituyó en insumo fundamental para su construcción; y
- el Perfil Conceptual Final (PCF) al finalizar las acciones pedagógicas, denota *hacia dónde fueron dirigidos* los saberes de los alumnos. El análisis de las respuestas al cuestionario en tanto posttest, suministró las referencias para su elaboración.

Las zonas de PC permitieron identificar también otro tipo de Perfiles Conceptuales en los estudiantes, que fueron denominados Relativos a la metacognición Inicial (PCRÍ) y Final (PCRÍF); así como también las Transiciones entre zonas de PC. Finalmente, se indagaron aquellos cambios en estas zonas que se orientaron hacia un aprendizaje significativo mediado por TIC.

La información se organizó de distintas maneras, tales como cuadros comparativos de datos, gráficos y tablas. En función de la riqueza de los datos emergentes se recurrió a los análisis estadísticos univariado, bivariado y multivariado.

Se clasificaron y agruparon los alumnos con perfiles similares para evaluar los desarrollos cognitivos de cada uno de los grupos detectados en la comisión A de alumnos que cursan la carrera Ingeniería Civil; dicha evaluación también se efectuó de forma individual o por estudiante.

Luego se contrastaron los PC obtenidos con las dos teorías que se consideraron como Referentes Teóricos en esta investigación (TAS y Sociocultural), de modo de caracterizar los procesos cognitivos mediados por TIC, e intentar establecer una justificación teórica acerca del aprendizaje logrado.

3.4.3. Estrategia para el análisis de los informes escritos correspondientes a los LVA

Para indagar acerca de los procesos cognitivos y metacognitivos que pusieron en juego los alumnos en las actividades con los LVA, y que manifestaron en las expresiones escritas consignadas en sus informes, se propusieron cuatro etapas - como categorías - que corresponden a lo que he denominado “ciclo de análisis metacognitivo”, Figura 30.

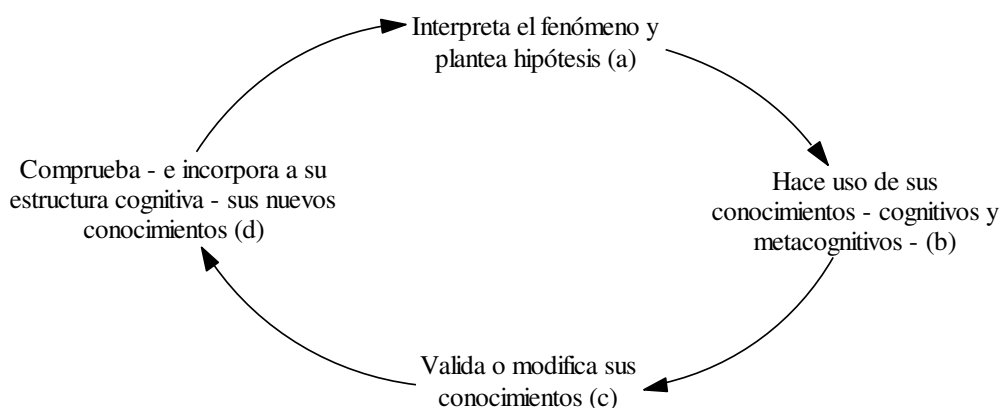


Figura 30. Ciclo de análisis metacognitivo (elaboración propia)

De acuerdo a un orden de complejidad creciente éstas son:

- a. *interpreta el fenómeno y plantea hipótesis* – lee y analiza el contenido –;
- b. *hace uso de sus conocimientos cognitivos y metacognitivos* – actúa (hace) –;
- c. *valida o modifica sus conocimientos* – reflexiona en la acción (sabe hacer) –;
- d. *comprueba - e incorpora a su estructura cognitiva - sus nuevos conocimientos* – reflexiona sobre la acción (comprende lo que hace) –.

Cuando finaliza la actividad “d” dicho ciclo puede reiniciarse con conocimientos más refinados. Además, se considera que la categoría que está ubicada en orden posterior incluye a la anterior. Por ejemplo, la categoría “c” se admite cuando además se han

efectuado acciones inherentes a las categorías “a” y “b”, de modo de ir completando el ciclo.

El “ciclo de análisis metacognitivo” supone la ejecución de acciones sistémicas que se efectúan mediante una estructura circular y cerrada, la cual permite interpretar que cuando los sujetos detecten diferencias entre sus saberes y los científicos que el “contexto externo” les muestra en las pantallas de los LVA, pueden reiniciar las acciones hasta adoptar la zona de perfil conceptual que los satisfaga, produciéndose la incorporación de los nuevos conocimientos en sus estructuras cognitivas. Finalmente, sólo les resta comunicar, previo acuerdo entre los integrantes del grupo, los resultados de estas interacciones en el informe escrito.

Por otro lado, las etapas del ciclo de análisis completo presentan cierta relación con las zonas de PCLVA sobre MO.

Recordando que la fase Interpreta el fenómeno y plantea hipótesis (a) es condición necesaria y suficiente para iniciar el ciclo, la misma corresponde a la única acción que generalmente no se presenta de manera explícita en el informe. Si bien no se observó en esta investigación, puede darse el caso de que el grupo de alumnos no pueda realizar las actividades propuestas y comunicarlas a través de un informe: esta situación revelaría que este grupo se encuentra dentro de la zona 1 de PCLVA de menor complejidad cognitiva, al presentar características propias de una visión donde prevalece lo perceptivo/intuitivo (animismo), y por lo tanto no pueden explicar adecuadamente el fenómeno físico analizado al no contar con los saberes básicos y necesarios para su interpretación y posterior comunicación.

Al evidenciarse en los informes la inclusión de sólo las dos primeras etapas del ciclo, los estudiantes se encontrarían dentro de la zona 2 de PCLVA como consecuencia de una cosmovisión empírica, y las explicaciones sobre los fenómenos que estudian sólo las podrían consignar de manera descriptiva, presentando dificultades al intentar formalizarlas - por ejemplo, a través del uso de ecuaciones que caracterizan al sistema a analizar -.

Cuando los alumnos trabajaron incluyendo la etapa (c), se consideró que habrían arribado a la zona 3 de PCLVA. Así, se caracterizaron por aplicar conceptos científicamente aceptados, - mecánica newtoniana – pero no interrelacionados, debido a que se evidenció el empleo de reglas simplificadoras (reglas heurísticas) de manera individual o no asociadas. En consecuencia, se interpretó que aludieron a un plano teórico de comprensión donde el análisis de los procesos se asoció al uso ecuaciones matemáticas y algoritmos derivados de la consideración de modelos teóricos, sin que eso se pudiera traducir en el entendimiento de las relaciones conceptuales.

Finalmente, los estudiantes que completaron el ciclo – al menos una vez – se consideraron pertenecientes a la zona 4 de PCLVA de mayor complejidad cognitiva. Al análisis del MAS y del MOA lo realizaron a través de la activación de relaciones conceptuales y su posterior integración, en el marco de una totalidad, revelándose el empleo correcto de la Mecánica Newtoniana a través de la interpretación de las propiedades de los sistemas en estudio en términos de interacción. De este modo emplearon relaciones cuantitativas múltiples entre las variables que tipifican al sistema - dado que se establecieron explicaciones causales y estructuraciones de conceptos en un sistema - analizando sin dificultades las condiciones de conservación y de no conservación, junto a la de equilibrio.



Figura 31. Ciclo de análisis metacognitivo y zonas de Perfil Conceptual con Laboratorios Virtuales de Aprendizaje (LVA)

Mediante este nuevo análisis se puede suponer, al menos en una primera instancia, la relación entre la forma de comunicar tanto los resultados obtenidos en los informes como las conclusiones elaboradas a partir de la realización de las actividades propuestas en los LVA y la pertenencia del alumno a una determinada zona de PC. Es decir, si se avanza en la zona de PCLVA, también se incrementan las etapas recorridas en el ciclo de análisis, y por lo tanto, en la calidad del informe de las actividades correspondientes.

Por otra parte, este ciclo también se puede asociar a los procesos de asimilación de la Teoría de Aprendizaje Significativo conocidos como diferenciación progresiva y reconciliación integradora. Cuando el alumno logra llegar hasta la categoría “c”, sus subsunores sobre MO se reelaboraron y por tanto se modificaron, y se adquieren nuevos conocimientos por diferenciación progresiva. Pero cuando llega hasta “d” incluso puede reiniciar el ciclo - si bien en una condición diferente porque los conceptos relevantes ya han sido refinados - y los elementos ya existentes en la estructura cognitiva pueden ser precisados, relacionados, y reorganizados con la nueva información, y así adquirir nuevos significados por integración reconciliadora.

3.4.4. Estudio de las Transiciones entre zonas de Perfil Conceptual

El análisis de las zonas de PC de manera autónoma tiene, en mi opinión, una dificultad inherente: no indica cómo ha sido el cambio en los procesos cognitivos *debido* a las intervenciones didácticas. Es decir, sólo podemos conocer la zona a la que pertenecía el grupo, o el alumno, indagado antes y al finalizar tales intervenciones.

Por ello se propone una nueva herramienta, orientado a un análisis más minucioso, mediante el cual se puede analizar *cómo* ha sido el camino seguido en las concepciones de los estudiantes debido a una determinada intervención didáctica desde una perspectiva cognitiva. Tal herramienta, se ha denominado Transición.

Se entiende por Transición a la información que deriva del análisis de relacionar dos zonas de PC, correspondientes a dos intervenciones didácticas diferentes, a ser comparadas. La meta es averiguar cómo ha sido este cambio para poder evaluar con más detalle la influencia de una intervención respecto de la otra.

En primera instancia se definieron los distintos tipos de Transiciones, junto a su descripción según sus características generales. En la Tabla 4 se muestra, a modo ilustrativo, el esquema de los distintos tipos de Transiciones bajo el supuesto que las zonas de PC van creciendo en complejidad desde la Zona 1 hasta la Zona 4. Las dos intervenciones didácticas que se comparan, indicadas con (1) y (2) en la Tabla 4 se presentan junto a las respectivas zonas de PC. Cabe aclarar que la intervención (1) antecede a la (2); por lo tanto, en las celdas la zona de PC (1) se indica en primer lugar seguida por la zona de PC (2) que corresponde a la intervención posterior. Por ejemplo, el caso [3, 4] implica que se analiza la zona 3 de PC (1) frente a la zona 4 de PC (2).

Tabla 4. Esquema de los distintos tipos de Transiciones

| | | Zonas de PC (2) | | | |
|-----------------|--------|-----------------|--------|--------|--------|
| | | Zona 1 | Zona 2 | Zona 3 | Zona 4 |
| Zonas de PC (1) | Zona 1 | [1, 1] | [1, 2] | [1, 3] | [1, 4] |
| | Zona 2 | [2, 1] | [2, 2] | [2, 3] | [2, 4] |
| | Zona 3 | [3, 1] | [3, 2] | [3, 3] | [3, 4] |
| | Zona 4 | [4, 1] | [4, 2] | [4, 3] | [4, 4] |

De acuerdo a la Tabla 4, existen varias combinaciones posibles:

En las que se encuentran en la diagonal principal, no existe cambio en la zona de PC por ello se denominaron como *Permanencia* y se clasificaron como:

1. Crítica: [1, 1]. Existen ciertas razones como para indicar la presencia de importantes dificultades en el aprendizaje.
2. Baja: [2, 2]. Si bien no es tan crítico como en el caso anterior, aún se permanece en una zona de baja demanda cognitiva.
3. Media: [3, 3]. Si bien es una zona que se caracteriza por la presencia de concepciones científicamente aceptadas, existen dificultades para relacionarlas a través de un análisis global e integrador.
4. Alta: [4, 4]. Se caracteriza por la disposición de conocimientos científicamente integrados e interrelacionados sobre el MAS y el MOA.

Las Transiciones que están por encima de la diagonal, son propias de una *Evolución*. Ello indica un aumento en complejidad de la zona de PC (2) en relación a la de PC (1) – la actividad didáctica (2) es de mayor nivel cognitivo que la (1) –. Las Evoluciones se categorizan como:

1. Baja: [1, 2]. El aumento en complejidad no es suficiente como para indicar una apropiación adecuada de los conocimientos científicos.
2. Media: [2, 3]. Da cuenta del acceso a conocimientos científicos considerados básicos.
3. Alta: [1, 3]; [1, 4]; [2, 4]; y [3, 4]. En todos estos casos, se alcanzan mayores aprendizajes. El más relevante corresponde al acceso a la zona 4 dado que llega a la zona de mayor poder explicativo donde se interrelacionan conocimientos.

Por el contrario, al estar debajo de la mencionada diagonal, ha habido una *Involución*, producto de un descenso en complejidad de la zona de PC (2) respecto a la de PC (1). Las Involuciones se caracterizan como:

1. Crítica: [3, 1]; [4, 1]. Se caracteriza por una disminución muy notable en las conceptualizaciones sobre el MO.
2. Algo crítica: [4, 2]. Si bien la disminución en las conceptualizaciones es menor a la anterior, se observa un cambio bastante significativo.
- e.3. No crítica: [2, 1]; [3, 2]; [4, 3]. Dado que la disminución en las conceptualizaciones se produce desde una zona hacia otra inmediata de menor complejidad, los cambios no son tan destacados como los citados previamente. El más delicado es el primero dado que no ha habido modificaciones significativas en los saberes a pesar de la intervención didáctica.

Como las relaciones [2, 3] y [3, 2] se ubican en una región donde se pasa del conocimiento cuasi – científico al científico o viceversa, a estas Transiciones se las ha considerado dentro de la denominada *zona difusa crítica*. En ellas se involucra un paso importante en la gestión del aprendizaje significativo para los estudiantes cuando pasan definitivamente a la zona 3. No obstante, el acceso a la zona 3 de PC no garantiza la permanencia en el mismo, dado que al no tener los conocimientos científicos integrados e interrelacionados, puede ser probable que en el sujeto tenga lugar un proceso de asimilación obliteradora, producto de la disminución o la pérdida gradual en la retención de los significados aprendidos en las intervenciones didácticas.

3.4.5. Estrategia para la evaluación del rendimiento académico

Se evaluaron los logros académicos en un examen final de la asignatura Física I en la UTN – FRSF, representativo del régimen de promoción directa, no sólo del grupo que participó en la investigación sino también de uno considerado como testigo. La hipótesis principal fue que las diferencias detectadas entre ambos grupos, en las producciones escritas de los exámenes donde se evaluaban contenidos sobre MO, se debían a la influencia del uso de las TIC.

Para el análisis de las producciones de los estudiantes se recurrió a una combinación de estrategias de carácter cualitativo, concretado a través de un análisis interpretativo textual y cuantitativo, apelando a un análisis estadístico descriptivo e inferencial.

3.4.6. Cuestionario de opinión sobre las vivencias con las TIC

Como instancia final de esta investigación, se trabajó con un cuestionario de opinión el cual fue elaborado para recoger información sobre las distintas vivencias que experimentaron los estudiantes a partir del uso de las TIC en el estudio de los Movimientos Oscilatorios.

Las preguntas y cuestiones exploratorias estuvieron basadas en aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales asociados tanto a las actividades sobre MO propuestas con el sistema de toma de datos en tiempo real en la primera clase, como a las actividades experimentales con empleo de los apletts.

Un aspecto que se considera como novedoso en el marco de esta investigación, es que el cuestionario se implementó dos años después de la intervención didáctica. La meta fue indagar sobre los procesos de memoria lejana de los alumnos, dado que sus testimonios podrían revelar si ellos han sido capaces de lograr un aprendizaje significativo, usar las TIC como herramientas cognitivas, trabajar con las tecnologías en un entorno social colaborativo, defender algún punto de vista mediante el establecimiento de relaciones entre distintos conceptos y procesos sobre el MAS y el MOA.

Descripción del cuestionario

El cuestionario estuvo conformado por una presentación que ofició de recordatorio, seguida de preguntas y cuestiones exploratorias asociadas a la:

1. Experiencia con sensores llevada a cabo en la clase introductoria sobre el MAS y el MOA.
2. Experiencia con simuladores de péndulo simple y de resorte (actividades con los LVA).
3. Transferencia de resultados.
4. Aspectos emocionales y actitudinales.

El texto detallado de dicho cuestionario se muestra en el Anexo III.

Como la clase sobre MO se inició durante el mes de octubre del año 2017, este cuestionario fue presentado para la misma fecha, pero del año 2019, tal como se mencionó anteriormente. Se entregó digitalmente a cada uno de los participantes, vía correo electrónico, y se sugirió una fecha de entrega, de modo tal que dispusiesen de un tiempo dedicado exclusivamente a la lectura e interpretación de las distintas consignas, y así los estudiantes puedan contestar, replicar, alegar, objetar, protestar, argüir, y/o rebatir con honestidad intelectual cada una de las cuestiones propuestas.

Dado que sólo interesó realizar un análisis descriptivo, este cuestionario no fue sometido a las pruebas de validez y fiabilidad tal como se efectuaron en el cuestionario que ofició de pretest/postest sobre MO.

3.5. Cierre del capítulo

En el presente capítulo se consigna el diseño metodológico empleado en esta investigación para dar respuesta a las preguntas de investigación planteadas y cumplir con los objetivos propuestos. En este sentido, se detallaron los criterios de diseño y elaboración de los instrumentos de recolección de datos y las estrategias metodológicas empleadas.

Así, se consideró identificar cuáles son los conocimientos previos sobre MO que disponen los estudiantes antes de la intervención didáctica, y para ello, se diseñó, elaboró y validó

un cuestionario como pretest que además se utilizó como postest al finalizar dicha intervención.

Por otra parte, la elaboración, evaluación y comparación de los PC de los estudiantes que participaron en cada una de las actividades didácticas permitió reconocer la manera en que el alumno modificó – o no – sus conocimientos previos sobre MO. Este análisis puede verse fortalecido a través de la implementación de nuevas herramientas tales como los perfiles conceptuales relativos (PCR); el estudio de las Transiciones entre PC; y el análisis de las expresiones escritas consignadas en los informes de las actividades con LVA a través del Ciclo de análisis metacognitivo.

Finalmente, los alcances de la investigación se ampliaron por un lado, con las estrategias propuestas para el estudio de las producciones sobre MO correspondientes a los exámenes formales de Física I, elaborados tanto por estudiantes que participaron en la investigación como por aquellos que conformaron un grupo testigo; y por otro, a través del análisis de las respuestas a un cuestionario de opinión sobre el uso de las TIC, de modo de incluir las “voces” de los estudiantes que participaron en las actividades didácticas.

CAPÍTULO 4

RESULTADOS DEL PRETEST

4.1. Introducción

En el presente capítulo se aborda el análisis y la discusión de los resultados obtenidos a partir de la aplicación de un pretest diseñado para indagar sobre los conocimientos que disponen los estudiantes que se encuentran cursando Física I, particularmente de primer año de la carrera de Ingeniería Civil, antes de iniciar el desarrollo de los contenidos asociados a MO.

Identificar aquello que el alumno ya sabe sobre el tema de referencia es para Ausubel el factor más importante para el logro de un aprendizaje significativo. Asimismo, desde un punto de vista vigotskyano, el uso de los conocimientos previos es esencial para construir un marco de referencia sobre el cual poco a poco se pueden ir reconstruyendo y co - construyendo nuevos significados compartidos a través de apropiados instrumentos de mediación.

Desde esta perspectiva, el cuestionario se organizó planteando al inicio una situación conocida que corresponde al movimiento de ida y vuelta de una hamaca, en la que se establecieron las condiciones para modelizar el sistema como un péndulo simple. En el tratamiento de la situación los estudiantes debían recurrir a contenidos de Dinámica previamente desarrollados en etapas anteriores del cursado en las que se abordaron las leyes de Newton. Así, se esperaba que las tareas de construcción del diagrama de cuerpo libre, DCL, conformado por las fuerzas Tensión y Peso en un sistema inercial (Tierra); de adopción de un sistema de coordenadas en las direcciones más adecuadas - radial y tangencial -; y consistentes en la aplicación de la segunda ley de Newton, podrían orientar a los alumnos a inferir un sistema con aceleración variable.

De la misma manera, en el momento en el que se implementó el pretest, los estudiantes ya contaban con conocimientos acerca de Movimiento Circular Uniforme (MCU), por lo que podían asociar el MAS a dicho movimiento, deducir que el tiempo que le lleva al

sistema completar un ciclo es constante, y concluir que ambos tipos de movimientos son periódicos. También se encontraban en condiciones de asociar el sistema a uno de tipo conservativo energéticamente, al desprestigiar la fuerza de rozamiento - particularmente, su trabajo disipativo -, y como consecuencia notar que los tipos de energía mecánica presentes estarían vinculados al movimiento - cinética - y a la posición instantánea - potencial -.

Por otro lado, con el objetivo de conocer la manera en que los estudiantes activan sus conocimientos sobre la Mecánica Clásica, necesarios para empezar a estudiar los MO en la intervención didáctica a implementar, se introdujo el análisis mecánico de un sistema oscilatorio - el péndulo simple-. De este modo, y según la teoría de Aprendizaje Significativo, se revelarían cuáles eran los subsunsores o “ideas – ancla” en los estudiantes (Moreira, 2012, p. 5).

En el análisis también se tuvieron en cuenta las investigaciones sobre concepciones alternativas citadas en el Capítulo 2, presentes en la estructura cognitiva de los sujetos. El objetivo fue primero detectarlas, para después diseñar distintas actividades didácticas tendientes a modificarlas cuando sea necesario.

Para indagar sobre los procesos metacognitivos se agregó al final de cada una de las preguntas del cuestionario sobre MO que ofició tanto como pretest y posttest, una solicitud acerca del grado de confianza que el estudiante consideró en su respuesta, calificándola entre 0 - confianza nula - y 10 puntos -confianza plena - . De este modo, se pudo *visibilizar* qué tan seguro estuvo el alumno respecto de los conocimientos que poseía y que “ponía en juego” al leer, interpretar, contrastar y comunicar los mismos frente a las respuestas solicitadas en las distintas preguntas de dicho cuestionario. Según Mateos (2001, p. 70) en este contexto el alumno debe realizar tres actividades de procesos de control metacognitivo:

- Planificación (antes);
- Control *on line* (durante); y
- Evaluación (después).

Se entiende que los Conocimientos Metacognitivos que los estudiantes emplearon en responder el cuestionario se dan de manera circular y dinámica, donde interactúan los

Recursos cognitivos propios; las Demandas de las tareas propuestas; y las Estrategias que empleó para abordar las mismas; tal como lo indica la Figura 32.

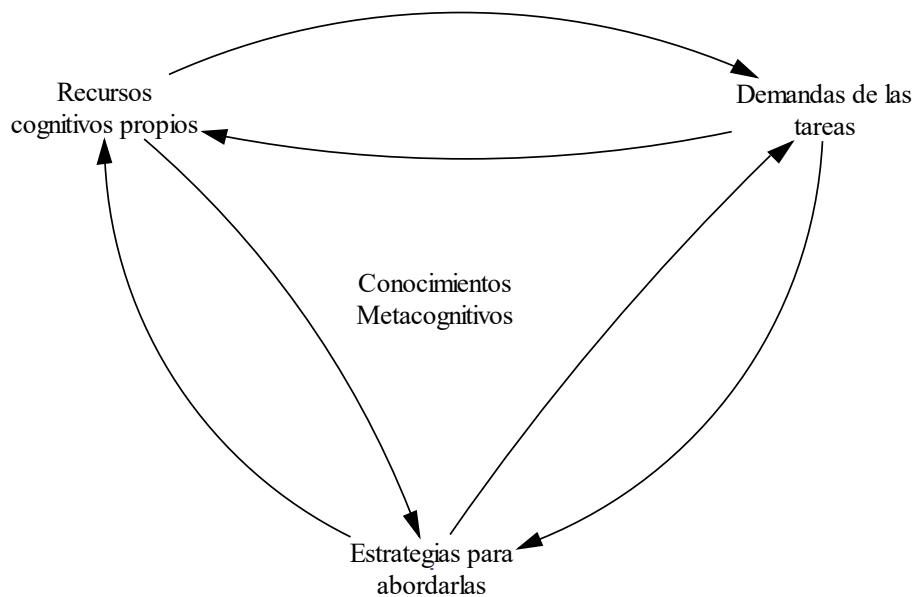


Figura 32. Conocimientos Metacognitivos puestos en juego por los estudiantes al elaborar las respuestas del cuestionario sobre Movimiento Oscilatorio (elaboración propia)

4.2. Resultados derivados del análisis de las preguntas del pretest

La presentación del análisis de las respuestas de los estudiantes al pretest está de acuerdo al orden que se estableció para las preguntas en el cuestionario. Además del análisis descriptivo, al final de cada pregunta se efectúa el análisis estadístico de las respuestas dadas a dicha pregunta junto a su grado de confianza a través de tablas de contingencia y la Prueba exacta de Fisher. Su objetivo fue analizar el tipo de dependencia entre las dos categorías: tipo de respuesta dada y grado de confianza explicitado, y así obtener información complementaria sobre los procesos cognitivos involucrados. De este modo se propuso que la hipótesis nula (H_0) corresponde a la independencia de las dos variables consideradas, y la hipótesis alternativa (H_1) a la correlación entre ambas para un nivel de significación bilateral de una probabilidad mayor o igual al 95% - o para un p - valor $\leq 0,05$ -. No obstante, también se tuvieron en cuenta p - valores asociados a altos porcentajes (o p - valores = 1,000) y así indagar acerca del tipo de dependencia.

En esta etapa de la investigación participaron 47 estudiantes de la comisión de Ingeniería Civil “A”, cohorte 2017, quienes se identificaron con un código numérico correlativo.

- Pregunta 1 (P1)

Esta pregunta estuvo orientada a aplicar contenidos de dinámica, previamente abordados por los alumnos en el estudio del MCU, en el análisis del movimiento pendular de una persona al hamacarse modelizado como MAS, en dos posiciones instantáneas: una de las posiciones extremas, y la de equilibrio. Para ello, se les sugirió una serie de cuatro pasos:

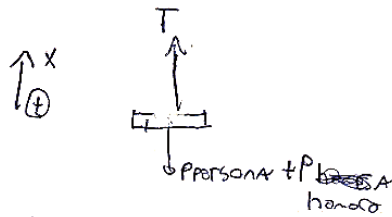
- a. realización del DCL del sistema (persona + asiento de la hamaca);
- b. selección de un sistema de referencia y de coordenadas conveniente;
- c. aplicación de la segunda ley de Newton para cada uno de los ejes asociados; e
- d. indicación de la fuerza resultante que actúa sobre el sistema.

Luego de un análisis interpretativo textual (Bernárdez, 1995) de las respuestas correspondientes a los pasos sugeridos, se definieron las modalidades asociadas a cada uno de ellos.

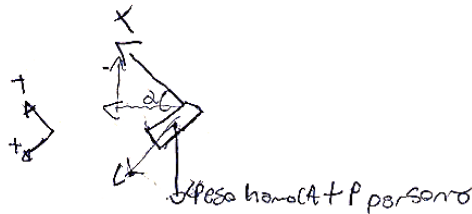
- a. Realización del DCL. Las modalidades definidas, para las respuestas dadas por los estudiantes, fueron:
 - a.1. usó fuerzas (Tensión y Peso) - como vectores - de manera correcta;
 - a.2. usó fuerzas de manera incorrecta;
 - a.3. usó fuerzas de manera incompleta.

Cabe destacar que ninguno de estos estudiantes contempló de manera adecuada a las dos magnitudes vectoriales fuerzas Peso y Tensión en la confección del DCL para las dos posiciones, dado que hicieron uso de sólo una u omitieron ambas fuerzas, revelándose además falencias en el empleo del álgebra vectorial. En este contexto, sólo dos de los estudiantes (4,2%), identificados como alumnos 6 y 42 efectuaron los DCL en ambas posiciones de manera adecuada, pero empleando como magnitudes escalares a la Tensión y al Peso, Figura 33. Por su parte, el estudiante identificado como 42 explicitó que “El sistema no posee Froz causada por el aire, se encuentra en condiciones ideales”, lo cual estaría dando cuenta que percibió un aspecto relevante que permite describir y explicar el movimiento en estudio, Figura 33 (abajo).

1) 2) D.C.L para el punto C



D.C.L para el punto A



D.C.L.

POSICIÓN A:

• EL SISTEMA NO POSEE FROZ QUISADO POR EL AIRE SE ENCUENTRA EN CONDICIONES IDEALES.

$\sum F_x = F_x = m \cdot a \cdot \text{sen} \theta$

$\sum F_y = P - F_y = 0 \Rightarrow P = F_y$

POSICIÓN B:

$F = m \cdot a$

$P - F = 0$ (EL SISTEMA ESTÁ EN REPOSO)

$P = F$

GRADO DE CONTINUANZA: 9.

Figura 33. Respuestas de los alumnos codificados como 6 – arriba – y 42 – abajo – correspondientes a la Pregunta 1

La mayoría de los alumnos realizó el DCL incorrectamente (76,6%), y se detectaron casos donde incluyeron fuerzas inexistentes como la Normal, la de Rozamiento, u otras magnitudes físicas tales como la velocidad lineal o angular. Así, la producción del alumno 47 – Figura 34 –, correspondiente a la posición de equilibrio identificada como C en el enunciado, denota el uso de un sistema físico consistente sólo en la persona, en lugar de la persona más la hamaca de acuerdo a las condiciones indicadas en la consigna, que derivó en la inclusión de una fuerza de rozamiento “entre la tabla y el hombre”. Además, consideró la presencia de un medio material, el viento, como necesario para justificar una “fuerza exterior”, poniendo en evidencia en este último caso una concepción

prenewtoniana. Un aspecto que cabe mencionar es que manifestó que no tiene confianza en su respuesta.

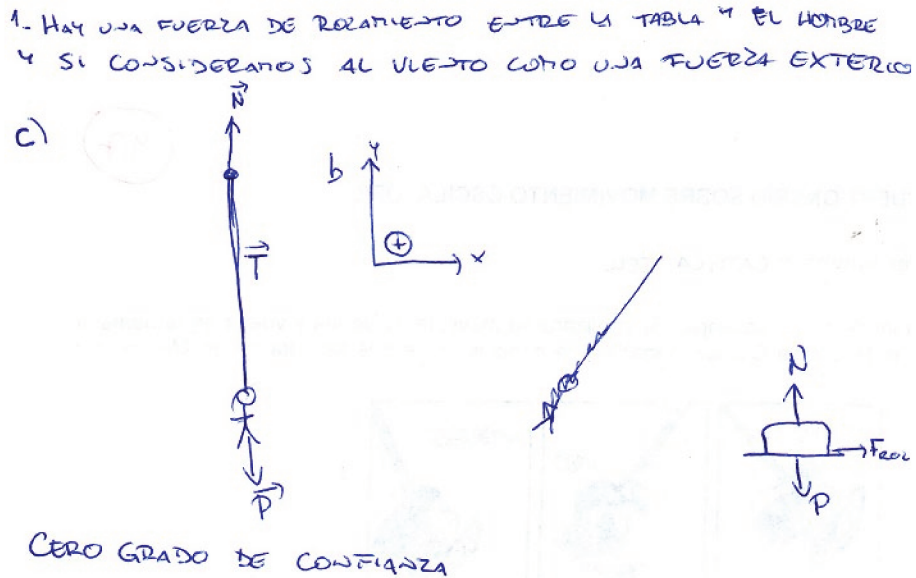


Figura 34. Respuesta del alumno 47 correspondiente a P1

En el DCL, correspondiente a la posición de equilibrio, elaborado por el alumno 2 se observó que, al igual que en el caso anteriormente analizado, el estudiante tampoco empleó un sistema modelizado como masa puntual. Además, indicó una fuerza horizontal \vec{F} en la dirección del movimiento – Figura 35 – lo cual da cuenta de la presencia de una concepción alternativa en la que la fuerza se asocia a la velocidad del sistema y no a su aceleración.

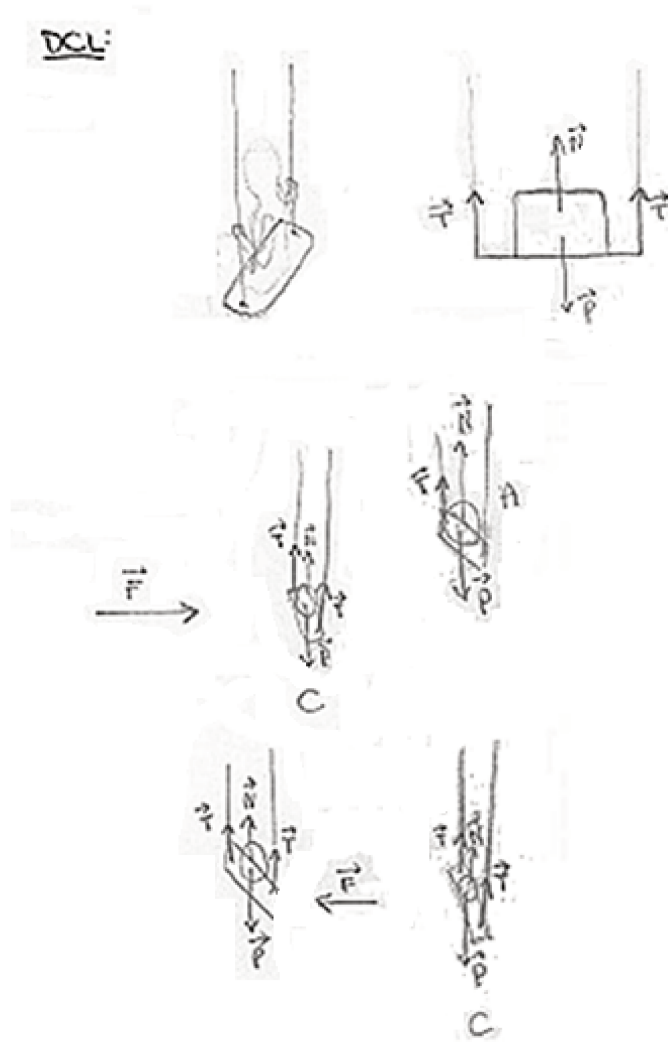


Figura 35. Diagrama de Cuerpo Libre elaborado por el alumno 2 correspondiente a P1

El 19,2% de los estudiantes elaboró DCL incompletos; es decir, no los hicieron para ambas posiciones, o no indicaron alguna de las fuerzas involucradas.

b. En relación al uso de un sistema de coordenadas, lo esperado era la aplicación de uno asociado a las direcciones radial y tangencial, al igual que en el análisis de un movimiento circular. Las modalidades de respuestas, dadas por los estudiantes, definidas fueron:

b.1. no respondió (14,9%);

b.2. correcto: empleó las direcciones radial y tangencial (10,6%). La producción del alumno 7 - Figura 36 - da cuenta de ello;

b.3. no adecuado: usó sistemas de coordenadas alternativos a las direcciones radial y tangencial (74,5%). En general, los estudiantes adoptaron uno con el eje "x" horizontal positivo hacia la derecha, y el eje "y" vertical positivo hacia arriba - alumno 42 en la

Figura 24 abajo; o alumno 47 en la Figura 34 -, lo cual les dificultó la aplicación de la segunda ley de Newton en las posiciones analizadas derivando en deducciones erróneas vinculadas a la descomposición de las fuerzas.

Respecto a la elección del sistema de referencia, cabe aclarar que en el enunciado de la pregunta se optó por *orientar* el análisis del movimiento desde uno inercial o fijo a la Tierra. Por ello, todos los estudiantes emplearon un marco de referencia inercial.

c. Aplicación de la segunda ley de Newton. Las modalidades detectadas en las respuestas fueron:

c.1. no respondió (27,7%);

c.3. parcialmente correcta (36,2%): planteó dicha ley acertadamente sólo en la posición de equilibrio – la mayoría –; o en la posición extrema (alumnos 6 y 47);

c.4. incorrecta (36,1%): no planteó adecuadamente la segunda ley en ambas posiciones.

Como se observa, no hubo estudiantes que hayan aplicado correctamente la segunda ley de Newton en ambas posiciones y de manera simultánea. Además, no todos los estudiantes que usaron un sistema de coordenadas en las direcciones radial y tangencial lograron plantear adecuadamente la segunda ley de Newton para dichas posiciones. La producción del alumno 7 - Figura 36 - es representativa de esta aseveración. Al involucrar la cuerda como parte del sistema en estudio, el punto al cual está sujeta la cuerda de la hamaca, indicado con la letra O en el enunciado de la pregunta, pasa a constituir un elemento del medio que interactúa con la cuerda. Es decir, \vec{T} y \vec{T}' constituyen un par acción-reacción de acuerdo a la tercera ley de Newton cuando se considera la presencia de una cuerda ideal. Un aspecto que el estudiante demostró fue que no había asimilado aún que estas fuerzas actúan en cuerpos distintos y; por lo tanto, no debe incluir \vec{T}' al aplicar la segunda ley de Newton al sistema en estudio en la dirección radial. Cabe mencionar que trabajó adecuadamente en la dirección tangencial.

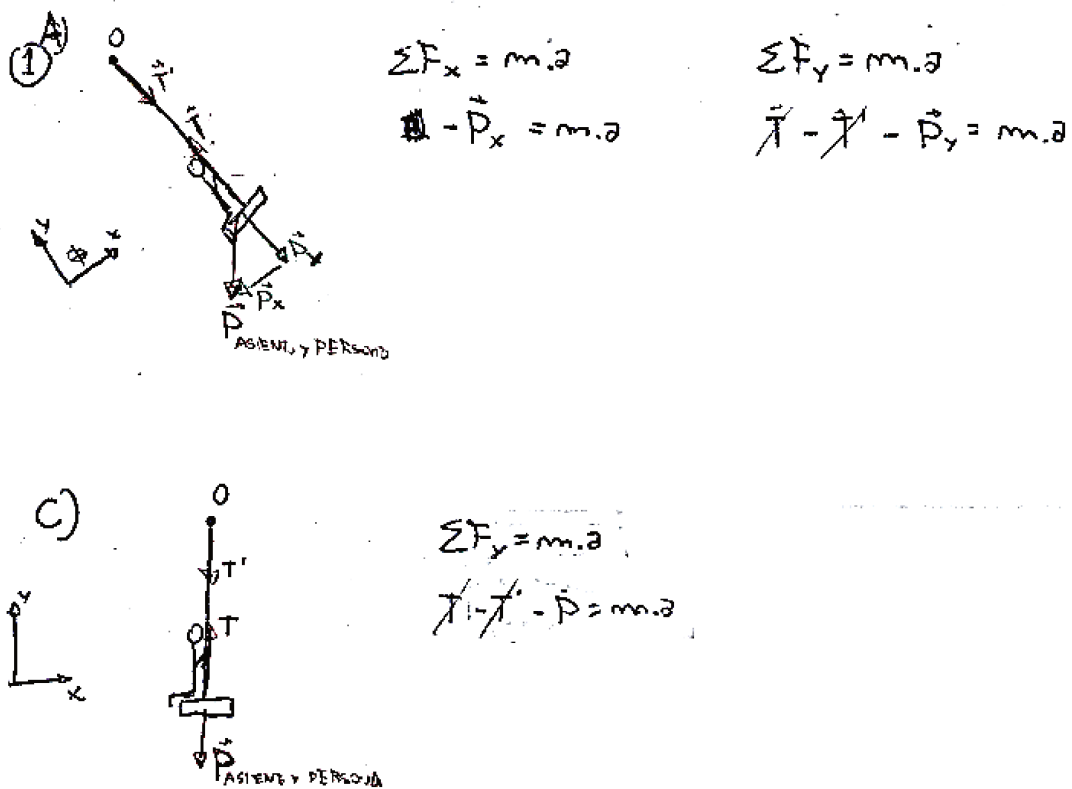


Figura 36. Respuestas a la Pregunta 1 correspondientes al alumno 7

d. Indicación de la Fuerza Resultante. Los resultados arribados dadas las respuestas de los estudiantes fueron:

- d.1. parcialmente correcto: el estudiante sólo indicó correctamente la fuerza neta en una de las dos posiciones (14,9%);
- d.2. incorrecta (55,3%): no indicó correctamente la fuerza neta en ambas posiciones;
- d.3. no respondió (29,8%).

Particularmente, se evidenció que un número importante de estudiantes propuso que cuando el sistema pasa por la posición de equilibrio, la resultante de las fuerzas es nula al considerar que el Peso y la Tensión son fuerzas de igual módulo y dirección, pero de sentido contrario, y de este modo ignoraron la presencia de la aceleración centrípeta; lo cual podría ser producto de una confusión entre “posición de equilibrio” y “condición de equilibrio”. Además, se trata de una de las concepciones alternativas más frecuentes identificadas en otros trabajos de investigación tomados como referentes teóricos. En el caso del alumno 28, además confundió la fuerza de Tensión con la fuerza Normal - Figura 37 -.

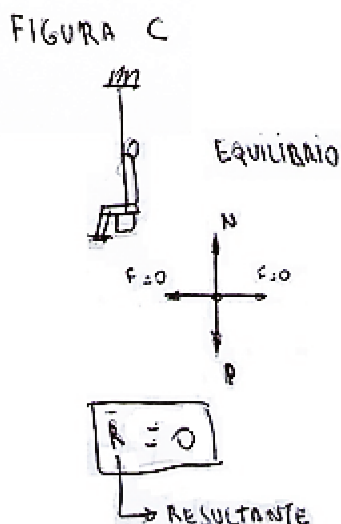


Figura 37. Respuesta a la Pregunta 1 correspondiente al alumno 28

De manera resumida, el análisis de las respuestas a P1 reveló que:

- El 91,5% de los estudiantes modelizó el sistema (persona + asiento de la hamaca) como masa puntual. Se destaca que uno de estos estudiantes incluyó en su análisis al Centro de Masas - propio de un sistema de partículas -, atendiendo de esta manera a la distribución de las masas del sistema en estudio.
- En contraste, la mayoría de los estudiantes aún en esta etapa del cursado de la asignatura presentó dificultades en la construcción de DCL, detectándose incluso la representación de magnitudes físicas diferentes a las fuerzas exteriores.
- De igual forma, sólo el 10,6% utilizó el sistema de coordenadas más adecuado a la situación problemática y asociado a las direcciones radial y tangencial. Esto evidencia que la mayoría de los estudiantes cometieron un error de tipo situacional (Slisko, 2013), dado que el planteamiento de la situación fue erróneo respecto a la conexión con la situación real analizada. Es decir, el uso de un sistema de coordenadas cartesianas inadecuado - referido al primer cuadrante - pudo derivar en una idea equivocada consistente en que el movimiento del sistema es ocasionado por la componente de la fuerza Tensión en la dirección del movimiento, en lugar de la componente de la fuerza Peso en la dirección tangencial.

- Asimismo, se detectaron otros dos tipos de errores: a. de modelación, que aparecen cuando “en la modelación matemática de la situación, explícita o implícitamente, se suponen simplificaciones que no corresponden a la realidad” (Slisko, 2013, p. 93) tal como en el caso de considerar fuerza resultante nula en la posición de equilibrio; y b. conceptuales, que se dan “cuando la formulación del problema o los pasos en su "resolución" revelan que el autor sostiene ideas erróneas sobre las cantidades, leyes o los procesos físicos relacionadas con la situación” (Slisko, 2013, p. 95). Por ejemplo: no reconocer la presencia de una aceleración centrípeta cuando la masa del péndulo pasa por la posición de equilibrio. En relación a los errores mencionados cabe señalar que la mayoría de los estudiantes presentó los dos tipos de errores de modo simultáneo.

En relación al grado de confianza en esta pregunta pudo observarse una distribución casi gaussiana, teniendo como valor medio de 4,2 y un error medio 0,5.

No se detectaron correlaciones significativas entre las respuestas correspondientes a los cuatro pasos analizados en la pregunta P1 y su grado de confianza, lo cual indica que las respuestas y su seguridad en elaborarlas y comunicarlas han sido en general de carácter azaroso o aleatorio.

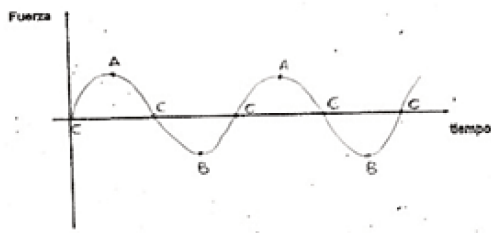
- Pregunta 2 (P2)

Se sostiene que la representación gráfica de una magnitud física periódica implica una serie de múltiples realizaciones: construcción de patrones, desarrollo de razonamientos y ejecución de ajustes, asociados al funcionamiento del sistema. Esto da lugar a una forma, donde los estudiantes ponen en juego significados, procedimientos y argumentos sobre la *periodicidad* resignificando sus conocimientos a través del debate entre su función y su forma (Téllez Suárez y Cordero Osorio; 2008). En este caso, el movimiento del sistema conformado por la persona más el asiento de la hamaca, daría lugar a una fuerza neta variable en el tiempo de tipo periódica. Shama (1998) considera que la periodicidad es un concepto científico y que los fenómenos periódicos se entienden como procesos completos que obedecen a leyes unificadas. Por su parte, Dreyfus y Eisenberg (1983) identificaron que la visualización global es un elemento necesario para que el estudiante reconozca lo periódico. En su tesis doctoral, Buendía (2004) planteó la existencia de una

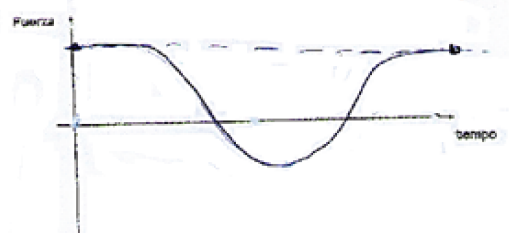
relación “entre el reconocimiento de la periodicidad de la gráfica de un movimiento y la acción de informar acerca de ese movimiento en un estado futuro dada una cierta información actual” (p. 34). Dicho de otro modo, el reconocer la periodicidad de manera gráfica implica la posibilidad de predecir; ésta fue la razón principal de incorporar esta pregunta después de la pregunta disparadora P1.

Los resultados obtenidos a partir del análisis de las respuestas dadas a P2 mostraron que 38 estudiantes representaron gráficamente la componente de la fuerza resultante en función del tiempo, de los cuales 35 propusieron gráficas continuas y 22 indicaron un comportamiento periódico. En base al tipo de gráfica elaborada, el 40,4% (19 alumnos) apeló a una función armónica, de las cuales 16 fueron construidas simétricas respecto al eje de las abscisas mientras que 3 se ubicaron desfasadas por encima de dicho eje. Entre los que elaboraron gráficas incorrectas (40,4%), 12 estudiantes hicieron uso de relaciones lineales y 7 recurrieron a distintas relaciones funcionales no adecuadas. Finalmente, 9 estudiantes (19,2%) no respondieron.

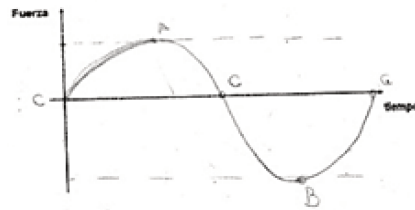
Otro tema de interés estuvo asociado a la percepción de la regularidad de la periodicidad, constatada mediante la construcción de la gráfica de la componente de la fuerza resultante en función del tiempo para más de un ciclo. Se observó que la lograron percibir 14 estudiantes, de los cuales 11 iniciaron la gráfica en el punto “cero o de equilibrio” - Figura 38 arriba y a la izquierda, alumno identificado como 21 -, mientras que los 3 restantes lo hicieron en un punto de inflexión o en un máximo - Figura 38 arriba a la derecha, alumno identificado con el código numérico 9 -. Finalmente, 6 sujetos graficaron un ciclo - Figura 38 abajo, alumno 15 -; y fueron 2 los que expresaron menos de un ciclo. Un detalle muy interesante es que 7 alumnos ubicaron en la gráfica las posiciones instantáneas extremas A y B; y de equilibrio C del sistema en estudio - alumnos números 21 y 15 en la Figura 38 -, estableciendo una correlación con la Figura 1 del cuestionario. Ello evidencia que estos estudiantes localizaron de manera correcta la situación física particular - o local - en un análisis o contexto global.



Alumno 21



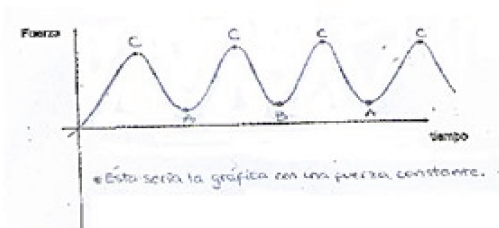
Alumno 9



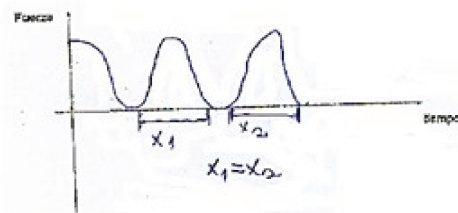
Alumno 15

Figura 38. Respuestas a la Pregunta 2 asociadas a la percepción de la regularidad -alumnos 21 y 9- y a las posiciones instantáneas A, B y C -alumnos 21 y 15-

Entre los estudiantes que propusieron una función periódica y armónica, aunque desfasada por encima del eje de las abscisas, el identificado como 2 indicó de manera contradictoria que “Ésta sería la gráfica con una fuerza constante” y además ubicó incorrectamente tanto las posiciones extremas A y B como la de equilibrio C. El alumno 6 efectuó una gráfica similar sin ubicar las posiciones A, B y C; si bien consignó que los intervalos de tiempo X_1 y X_2 son iguales, lo cual estaría dando cuenta que consideró que el tiempo de los ciclos permanece constante, no los indicó uno a continuación de otro - ambos casos en la Figura 39 -.



Alumno 2



Alumno 6

Figura 39. Respuestas a la Pregunta 2 correspondientes a los alumnos identificados como 2 y 6

Entre los estudiantes que elaboraron gráficas de modo incorrecto se reconocieron funciones lineales, por ejemplo, rectas con pendientes negativa (alumno 22) o positiva

(alumno 23) y otras funciones tales como exponencial decreciente (alumno 33) y no periódica (alumno 11) - Figura 40 -.

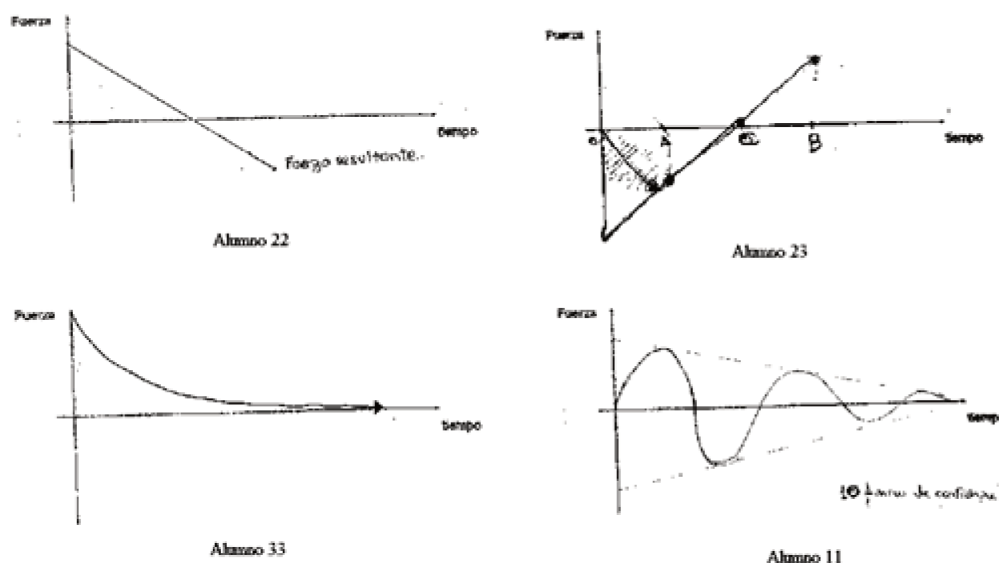


Figura 40. Respuestas a la Pregunta 2 correspondientes a los alumnos codificados como 22, 23, 33 y 11

Los grados de confianza con los que fueron dadas las respuestas fueron variables, con 3 puntos de mínimo, y 10 de máximo. La media fue de 2,3 y el error medio 0,5. Respecto a las correlaciones entre P2 y su confianza, el comportamiento fue similar al hallado en P1. Esto indica que indica que la confianza depositada en elaborar y comunicar las respuestas en general tuvo un carácter aleatorio o azaroso.

- Pregunta 3 (P3)

En esta pregunta los estudiantes debían indicar las formas de energía mecánica que están presentes en las posiciones extremas A y B y en la de equilibrio C. Atendiendo a que la periodicidad de un movimiento implica la existencia de un sistema conservativo energéticamente, y a que en las posiciones extremas A y B el sistema se detiene instantáneamente, - su velocidad instantánea es nula -, resulta que en dichas posiciones la energía cinética es nula y el sistema sólo tiene energía potencial gravitatoria. Al estar entre dos posiciones con velocidad cero, es razonable pensar que cuando el sistema pasa por la posición de equilibrio - C - la velocidad instantánea es máxima. Si además se propone que el nivel “0” de energía potencial gravitatoria está en la posición más baja de

la trayectoria - y coincidente con C -, la energía mecánica en dicho punto sólo es cinética. No obstante, puede existir otro punto “cero” de referencia para la energía potencial gravitatoria que es el piso - ubicado arbitrariamente -, por lo tanto, en la posición más baja de la trayectoria pendular pueden coexistir las dos formas de energía mecánica. No obstante, teniendo en cuenta las variaciones de energía esto último no influye.

Los resultados indicaron que el 44,7% de los estudiantes respondió de manera correcta; por ejemplo, se muestra el caso del estudiante número 41, Figura 41, en cuya respuesta consideró el “0” de Energía Potencial en la posición más baja de la trayectoria.

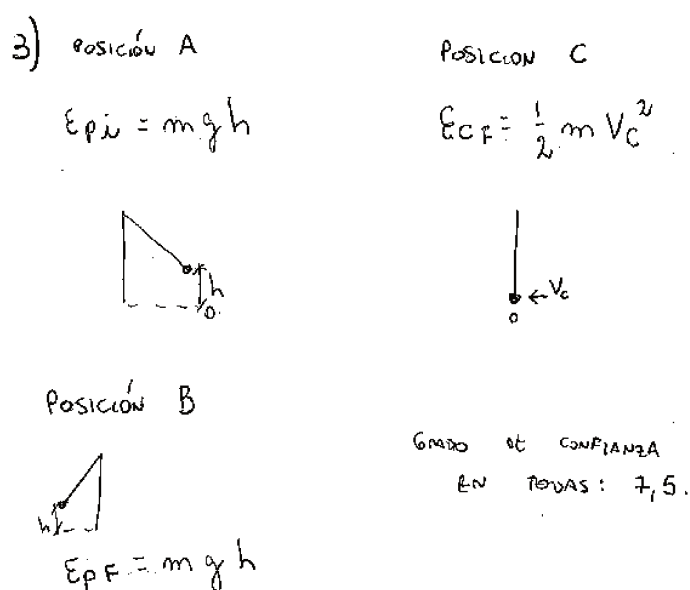


Figura 41. Respuesta a la Pregunta 3 correspondiente al alumno identificado como 41

El 19,1% de los alumnos resolvió P3 de manera parcial, debido a que sólo lo hicieron correctamente para una de las posiciones. Por ejemplo, el alumno 8 propuso acertadamente que en la posición de equilibrio toda la energía mecánica es cinética, aunque no así en las posiciones extremas porque consideró la presencia de energía cinética y potencial.

Cabe mencionar que más de la mitad del grupo pudo distinguir las formas de energía mecánica presentes. Finalmente, no respondió el 23,4%, mientras que el 12,8% lo hizo incorrectamente. Es decir, el 36,2% de los estudiantes todavía no manejó conceptos asociados a las formas de energía mecánica y su conservación.

Respecto al grado de confianza, éste fue variable entre 0 y 10 puntos. El valor medio fue de 5,5, y el error medio 0,5. No se observaron correlaciones entre las consignas de P3 y su grado de confianza, por lo que llama la atención que, a pesar de ser un tema ya dado en Física I, menos de la mitad de los estudiantes elaboró respuestas adecuadas, y además no estuvieron tan confiados en esbozar y comunicar sus respuestas correctas porque sólo el 27,7% declaró un grado de confianza comprendido entre 8 y 10 puntos.

- Pregunta 4 (P4)

Los estudiantes debían responder cuál/es de las cuatro aseveraciones se comprueban cuando una partícula describe un MAS:

- Su energía potencial es máxima en los puntos donde la aceleración (en módulo) es máxima.
- Su energía cinética es siempre mayor que su energía potencial.
- Su energía total es constante y, por tanto, no depende de las condiciones iniciales.
- Su energía cinética es máxima en los puntos donde la aceleración (en módulo) es máxima.

Las respuestas esperables se indican en la Tabla 5.

Tabla 5. Respuestas correctas para P4

| Antecedente | Consecuente | Razonamiento |
|--------------------------------------|---|--|
| Energía potencial es máxima | Cuando la aceleración (en módulo) es máxima. | $E_{p_{\max}} = \frac{1}{2} K A^2$ $a(t) = -\omega^2 \cdot x(t) $ $x(t)_{\max} = A$ <i>Verdadera</i> |
| La energía cinética siempre es mayor | Que la energía potencial | $E_m = E_c + E_p = \text{constante}$ $E_{c_{\max}}$: en posición de equilibrio $E_{p_{\max}}$: en posición extrema <i>Falsa</i> |
| La energía total es constante (V) | Y no depende de las condiciones iniciales (F) | Las condiciones iniciales son: $x = A$ $v_0 = 0$ <i>Falsa</i> |
| La energía cinética es máxima | Cuando la aceleración (en módulo) es máxima | – comparar con la primera y la segunda – <i>Falsa</i> |

Particularmente para elaborar la opción “c”, se hizo uso de una conexión denominada de “tópico – comentario” (Van Dijk, 1997), donde el tópico es la información ya conocida - *energía total constante* -, y el comentario o “focus” de la pregunta es la información nueva - *no depende de las condiciones iniciales* -. Por ello, la respuesta en este caso es *Falsa*. La meta fue analizar si existió coherencia en las conexiones entre ambas proposiciones, o si directamente los estudiantes, al leer y conocer la conservación de la energía mecánica total, afirmaron directamente que la respuesta era *Verdadera*, cualquiera sea la proposición siguiente. Particularmente en esta pregunta, y si bien la energía mecánica total es constante, la misma depende de las condiciones iniciales. Dicho de otro modo, “la energía total de una partícula en movimiento armónico simple es proporcional al cuadrado de la amplitud del movimiento” (Resnick y Halliday, 1977, p. 320), siendo la amplitud el valor máximo del desplazamiento (x) medido desde la posición de equilibrio (donde $x_0 = 0$). Además, “la amplitud A y la constante de fase Φ de la oscilación se determinan por la posición y la rapidez iniciales de la partícula (Resnick y Halliday, op cit, p. 317). Por lo tanto, se confirma que su respuesta es *Falsa*.

Las modalidades definidas de acuerdo a las respuestas obtenidas en los 4 incisos de P4 se indican en la Tabla 6. Se incluye, además, la frecuencia y el porcentaje con que se presentó cada modalidad en las respuestas dadas a cada uno de los incisos de P4. Vale aclarar que todos los alumnos respondieron a las consignas en esta pregunta.

Tablas 6. Distribución en frecuencia y porcentaje de las modalidades definidas para las respuestas correspondientes a P4

| Modalidad | P4.a | | P4.b | | P4.c | | P4.d | |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| | Frecuencia | Porcentaje | Frecuencia | Porcentaje | Frecuencia | Porcentaje | Frecuencia | Porcentaje |
| NR | 33 | 70,2 | 34 | 72,3 | 17 | 36,1 | 18 | 38,3 |
| Correcto | 7 | 14,9 | 6 | 12,8 | 6 | 12,8 | 2 | 4,3 |
| Incorrecto | 7 | 14,9 | 7 | 14,9 | 24 | 51,1 | 27 | 57,4 |
| Totales | 47 | 100,0 | 47 | 100,0 | 47 | 100,0 | 47 | 100,0 |

En relación al inciso a. se identificó que sólo el 14,9% de los alumnos infirió que la energía potencial es máxima en los puntos donde la aceleración - en módulo - es máxima. Asimismo, sólo el 12,8% respondió acertadamente el apartado b. En el caso del inciso c., debe tenerse en cuenta que, en base a lo explicado anteriormente, si bien la energía mecánica del sistema es constante, la misma depende de su amplitud y ésta a su vez de las condiciones iniciales. Sólo respondió de manera correcta el 12,8% de los estudiantes.

Cabe citar que debido a la situación de “tópico – comentario”, el 51,1% identificó un sistema conservativo – expresado en la primera parte de la consigna -, pero no lo relacionó con la segunda parte que vinculaba la dependencia de la energía mecánica con las condiciones iniciales del movimiento - posición y velocidad -. Finalmente, en la opción d., únicamente el 4,3% indicó que la energía cinética no es máxima cuando la aceleración, en módulo, es máxima.

Se observó que, en general, los estudiantes presentaron dificultades en identificar relaciones entre las formas de energías de un sistema oscilatorio y otras magnitudes físicas como la aceleración y, además en interpretar el papel que juegan las condiciones iniciales en el movimiento.

Los valores asignados al grado de confianza tuvieron una distribución gaussiana, comprendida entre 0 y 10. La media fue 5,3, y su error medio 0,4.

En relación a la dependencia entre las respuestas dadas a las distintas consignas en P4 versus el grado de confianza explicitado por los estudiantes, se hallaron niveles de significación (bilateral) altamente significativos y para una probabilidad del 95 %, revelando que en la consigna P4a los alumnos tuvieron poca o media confianza en su respuesta, mientras que en P4b y P4d la confianza fue media y alta. Por el contrario, las respuestas dadas por los estudiantes a la situación de tópico - comentario presente en P4c visibilizaron que la confianza entre los que respondieron de manera incorrecta comprendió un intervalo de confianza entre los dos extremos: 0 puntos en 3 alumnos; y 10 puntos en 1 sujeto.

- Pregunta 5 (P5)

Con relación al estudio acerca de la concepción de los estudiantes respecto al período como el tiempo empleado en completar una oscilación, los mismos debían elegir entre las siguientes opciones: Período, Frecuencia, Longitud de onda, Velocidad y No lo puedo explicar. Los resultados obtenidos - Figura 42 - indican que el 66% de los alumnos identificó al tiempo empleado en completar una oscilación como el período de oscilación, en segundo lugar, optaron por *frecuencia* (20%); situación errónea, aunque con cierta

coherencia dado que existe una relación entre ésta y el período. Los menores porcentajes correspondieron a longitud de onda, velocidad y no lo puedo explicar.

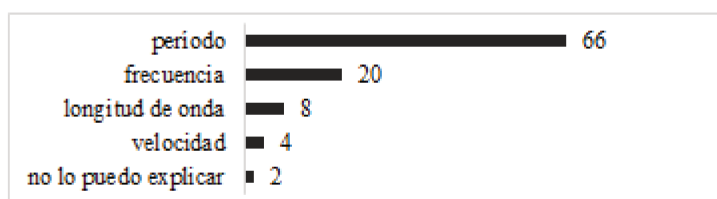


Figura 42. Resultados, expresados en porcentajes, correspondientes a la Pregunta 5

En el grado de confianza se indicaron los valores 5; 6; 10; 8; 7, y 9, ordenados según la frecuencia de elección de mayor a menor. Se detectó que 12 alumnos que respondieron correctamente optaron por un grado de confianza elevado en relación a su respuesta (8; 9; y 10), mientras que 10 lo hicieron con un puntaje medio - bajo de 5 puntos. El valor medio fue de 6,1 y el error medio 0,4. Finalmente, en esta pregunta se infirieron comportamientos aleatorios entre sus respuestas y grados de confianza.

- Pregunta 6 (P6)

En relación a la dependencia del período de oscilación con ciertas magnitudes físicas, los estudiantes debían elegir entre seis consignadas en el cuestionario: a. masa; b. longitud del hilo; c. amplitud del movimiento; d. velocidad inicial; e. otra magnitud física (indicar cuál) -esta opción se incorporó para indagar si los estudiantes contemplaban la aceleración de la gravedad-; y f. no lo puedo explicar. Se observó que los estudiantes incluyeron en sus elecciones desde una hasta varias de las seis opciones. Es decir, se registraron distintos tipos de respuestas, Figura 43, dado que los estudiantes podían escoger varias alternativas de manera simultánea.

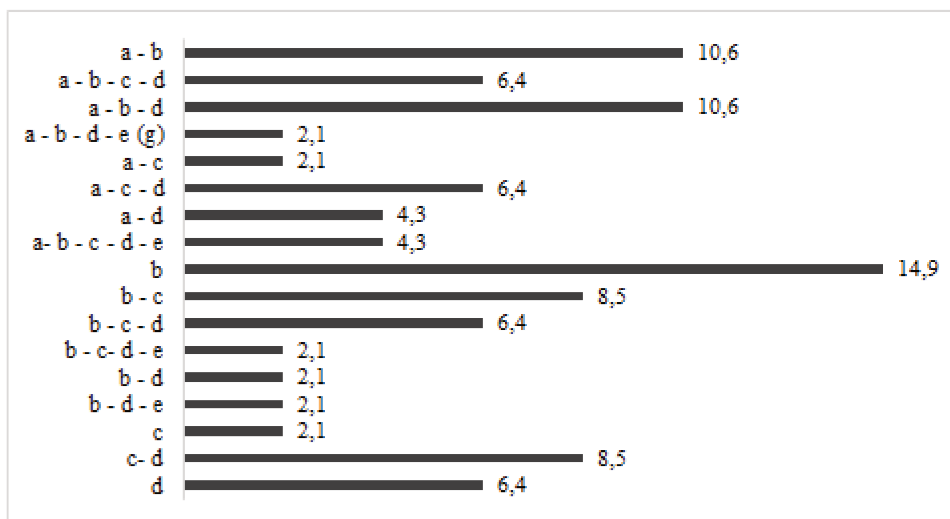


Figura 43. Resultados en porcentajes de respuestas correspondientes a la Pregunta 6, cuyas opciones fueron: a. masa; b. longitud del hilo; c. amplitud del movimiento; d. velocidad inicial; e. otra magnitud física (indicar cuál); y f. no lo puedo explicar

La alternativa más elegida fue la b. longitud del hilo (14,9%). Un número importante de estudiantes la consideró junto a las condiciones iniciales (velocidad inicial; amplitud). La masa también fue una de las opciones más elegidas, junto a otras variables.

Cabe destacar la permanencia de concepciones alternativas en aquellas respuestas en las que se incluyeron la masa, la amplitud y/o la velocidad inicial como magnitudes físicas que influyen en el periodo de oscilación de un péndulo simple; es decir, subyacieron las siguientes concepciones:

- la *más pesada* tarda menos en describir una oscilación completa;
- cuanto más se aleja de la posición de equilibrio, más tiempo tardará en realizar una oscilación completa;
- cuanto más se lo empuja, más rápido se moverá y así disminuirá el período (Triguero Gaisman, 2006).

En relación a la opción e. otra magnitud física (indicar cuál), que se incorporó para detectar si los estudiantes contemplaban la aceleración de la gravedad, se observó que 5 estudiantes lo hicieron, y entre ellos el alumno identificado con el código numérico 43 fue el único que indicó correctamente a la aceleración de la gravedad, más allá de que además optó por a; b; y d. Los 4 restantes mencionaron: “altura inicial del movimiento” (alumno 6), de lo cual se podría inferir que el alumno no manejaba el concepto de

amplitud; “fuerza exterior” (alumno 13); mientras que el alumno 34 especificó “rozamiento” y el alumno 26 escribió “al cambiar cualquiera de estas magnitudes modificaría el período”. Cabe mencionar que los 5 estudiantes incluyeron la opción correcta b. longitud del hilo. Finalmente, no se registraron casos asociados a la selección de la opción f. no lo puedo explicar.

Se observó un porcentaje alto de confianza en las respuestas, siendo los de mayor frecuencia 6 y 7. El valor medio fue 6,1 y su error medio 0,3. Respecto al análisis de correlaciones, se detectó que el 51,1% que respondió correctamente P6 lo hizo con una confianza comprendida entre 5 y 9 puntos; es decir, entre valores medios - altos. Otro resultado muy significativo fue el de los sujetos que no seleccionaron la *Amplitud*, porque estuvieron muy confiados en su elección.

- Pregunta 7 (P7)

En relación a cómo los estudiantes caracterizaron al MAS desde el punto de vista cinemático, los resultados hallados reflejaron que el 12,8% lo hizo como un Movimiento Uniforme con velocidad constante; el 25,5%, como Movimiento Rectilíneo Uniformemente Variado con aceleración constante; el 57,4%, como un movimiento con velocidad y aceleración variables en el tiempo; y sólo el 4,3% como ninguna de las opciones anteriores. De este modo, se evidenció que la mayoría realizó una interpretación correcta.

Respecto a la confianza en las respuestas, de los 27 alumnos que respondieron correctamente, 12 lo hicieron con un alto grado (8 y 10 puntos), y 7 con valores medio y alto (6 y 7). El valor medio fue 5,7 y su error medio igual a 0,4. Una correlación muy importante para una probabilidad del 94,5% se dio en los sujetos que eligieron correctamente P7 y que estuvieron confiados en su elección.

- Pregunta 8 (P8)

El objetivo de esta cuestión fue analizar si los estudiantes identificaban las magnitudes físicas que permanecen constantes en un MAS considerando las opciones que se muestran en la Figura 44. Cabe aclarar que los porcentajes indicados para cada magnitud incluyen tanto los casos en los que sólo se seleccionó la opción correspondiente a esa magnitud como los casos en que la seleccionaron junto a otra/s magnitud/es. Los resultados revelaron que la mayoría identificó que el período (66%) y la energía mecánica (48,9%) permanecen constantes en un MAS, mientras que el 8,5% no lo pudo explicar.

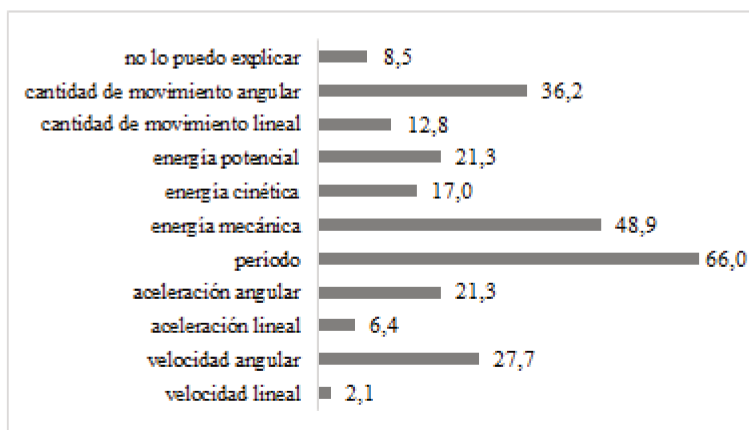


Figura 44. Resultados obtenidos sobre las magnitudes que permanecen constantes en el MAS, expresados en porcentajes, correspondientes a la Pregunta 8

Particularmente, los estudiantes que optaron por las opciones período y energía mecánica (respuesta correcta) fueron 5 alumnos (10,6%). Llamó la atención que 7 estudiantes (14,9%) que optaron por las 2 opciones correctas seleccionaron además una tercera “cantidad de movimiento angular” como, por ejemplo, el caso del alumno identificado con el código numérico 9 - Figura 45 -.

8. En ausencia de fricción, un péndulo simple que realiza oscilaciones alrededor de cierta posición de equilibrio mantiene constante su:

| | | |
|------------------------|---|---|
| a. velocidad lineal | <input checked="" type="checkbox"/> e. período | i. cantidad de movimiento lineal |
| b. velocidad angular | <input checked="" type="checkbox"/> f. energía mecánica | <input checked="" type="checkbox"/> j. cantidad de movimiento angular |
| c. aceleración lineal | g. energía cinética | k. no lo puedo explicar |
| d. aceleración angular | h. energía potencial | |

Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -). 6/

Figura 45. Respuestas del alumno 9 correspondientes a la Pregunta 8

Finalmente, no seleccionaron ninguna de las dos respuestas correctas un total de 7 alumnos (14,9%), mientras que 3 no respondieron (6,4%).

El grado de confianza tuvo una media igual a 5,2, siendo su error medio 0,4. Unos resultados muy importantes derivados del estudio sobre las correlaciones en P8 fueron las correspondientes a las opciones Período y Energía Mecánica versus el grado de confianza, las cuales fueron altamente significativas - para un 95% de probabilidad -, interpretándose que los alumnos que respondieron correctamente las dos opciones, también estuvieron muy confiados en sus elecciones.

- Pregunta 9 (P9)

El propósito de esta pregunta fue detectar si los estudiantes lograban caracterizar el movimiento de un sistema que realiza oscilaciones alrededor de cierta posición de equilibrio con presencia de fricción. Las opciones que se propusieron y los resultados hallados, expresados en porcentajes, se indican en la Figura 46.

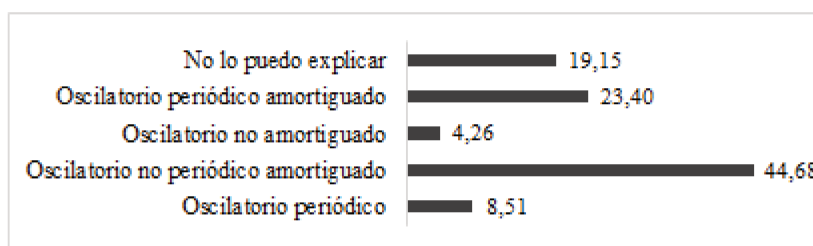


Figura 46. Resultados, expresados en porcentajes, correspondientes a la Pregunta 9

El 44,68% de los estudiantes seleccionó la opción correcta, “Oscilatorio no periódico amortiguado”. En el 23,40% que optó por “Oscilatorio periódico amortiguado” y el 8,51% que lo hizo por “Oscilatorio periódico” se puso en evidencia que aún persistían dificultades en la comprensión del concepto de periodicidad que de acuerdo con Cordero y Martínez (2002) conduce al estudiante a relacionar fenómenos no periódicos como periódicos.

La media del grado de confianza fue 3,8 y el error medio 0,4. Una situación particular revelada mediante el análisis de correlaciones es que los sujetos que optaron por la opción *No lo puedo explicar*, frente a su grado de confianza (que fue bajo) tuvieron un p – valor de 0,081. La correlación fue significativa para una probabilidad del 91,9%, por lo que se puede afirmar que los alumnos que no pudieron identificar *El movimiento de un sistema*

que realiza oscilaciones alrededor de cierta posición de equilibrio con presencia de fricción estuvieron poco confiados al responderla.

- Pregunta 10 (P10)

El objetivo fue reconocer si los estudiantes identificaban en cuatro gráficas periódicas - posición (x); componentes de fuerza (F); velocidad (v) y aceleración (a) en función del tiempo- valores instantáneos de las mismas para tiempos expresados en fracciones del período T ($t = 0$, $t = T/4$ y $t = T/2$). El porcentaje de las respuestas correctas para cada una de las gráficas se indica en la Figura 47.

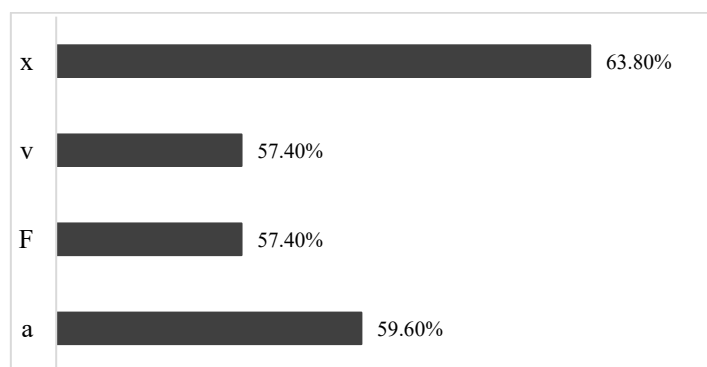


Figura 47. Resultados de respuestas correctas, en porcentajes, correspondientes a la Pregunta 10

En particular, los resultados obtenidos asociados a (F) y (a) variables fueron alentadores dado que, hasta el momento, en la asignatura Física I se había trabajado con movimientos en los que estas magnitudes eran consideradas constantes.

En relación al grado de confianza, 14 de los 27 estudiantes que respondieron de manera correcta los cuatro ítems de esta pregunta lo hicieron con un alto grado (8, 10). El valor medio del grado de confianza fue 5,6 y su error medio 0,5.

Los resultados obtenidos acerca de las correlaciones significativas resultantes al estudiar las respuestas dadas y los grados de confianza en P10 indican que hubo una significación muy alta para cualquier valor entre las cuatro magnitudes periódicas; así como también valores muy significativos en la confianza. De este modo se detectó que los alumnos que respondieron correctamente las distintas consignas presentes en P10 no sólo estuvieron

confiados en sus respuestas, sino que también pudieron establecer una asociación entre las características comunes de cada una de ellas, y así llegar a establecer una especie de “patrón” sobre los valores instantáneos de las funciones periódicas en función de fracciones de su período.

- Pregunta 11 (P11)

Esta pregunta estuvo orientada a detectar si los estudiantes reconocían la trayectoria descrita por la masa de un péndulo simple cuando se corta la cuerda al pasar por la posición de equilibrio, e identificaban la presencia del vector velocidad tangencial un instante antes de que la cuerda se corte. Los resultados revelaron que:

- el 51,1% de los alumnos respondió ambas consignas de manera correcta; es decir, reconocieron la trayectoria de vuelo que sigue un objeto puntual sometido únicamente a la fuerza de atracción gravitatoria y graficaron el vector velocidad tangencial cuando la masa pasa por la posición de equilibrio un instante antes de que la cuerda se corte;
- el 19,1% indicó adecuadamente la trayectoria que tendría la masa después del corte de la cuerda, pero no su velocidad tangencial antes del mismo;
- del 29,8% que respondió incorrectamente la primera consigna, el 8,5% indicó correctamente la velocidad tangencial, otro porcentaje igual respondió incorrectamente esta segunda consigna y el 12,8% restante no la respondió.

Respecto al grado de confianza, 14 alumnos que respondieron de manera correcta lo hicieron con un alto grado (8; 9; 10), y 6 con medio – alto (6 y 7). El valor medio fue de 6,40, siendo su error medio de 0,44. Según el análisis de correlaciones, se puede decir con un 90,4% de probabilidad que los estudiantes que respondieron adecuadamente la consigna b. (identificación de la presencia del vector velocidad tangencial un instante antes de que la cuerda se corte) de P11 estuvieron confiados en su respuesta.

- Pregunta 12 (P12)

El objetivo fue conocer si los estudiantes reconocían la existencia de un MOA. Para ello, se les propuso: “si una persona que se está hamacando decide no impulsarse más -para lo

cual se queda quieta respecto del asiento-, indica de manera resumida cómo será su movimiento”.

Según el trabajo de Santander (2011), y haciendo uso de la “vigilancia analítica” - que exige que los conceptos teóricos y los analíticos de la investigación estén relacionados con el objeto de estudio, y que se apoyen mutuamente para la ejecución del análisis - se construyó el siguiente cuadro para ayudar a comprender lo señalado, en particular en las producciones de los estudiantes sobre MOA, Figura 48.

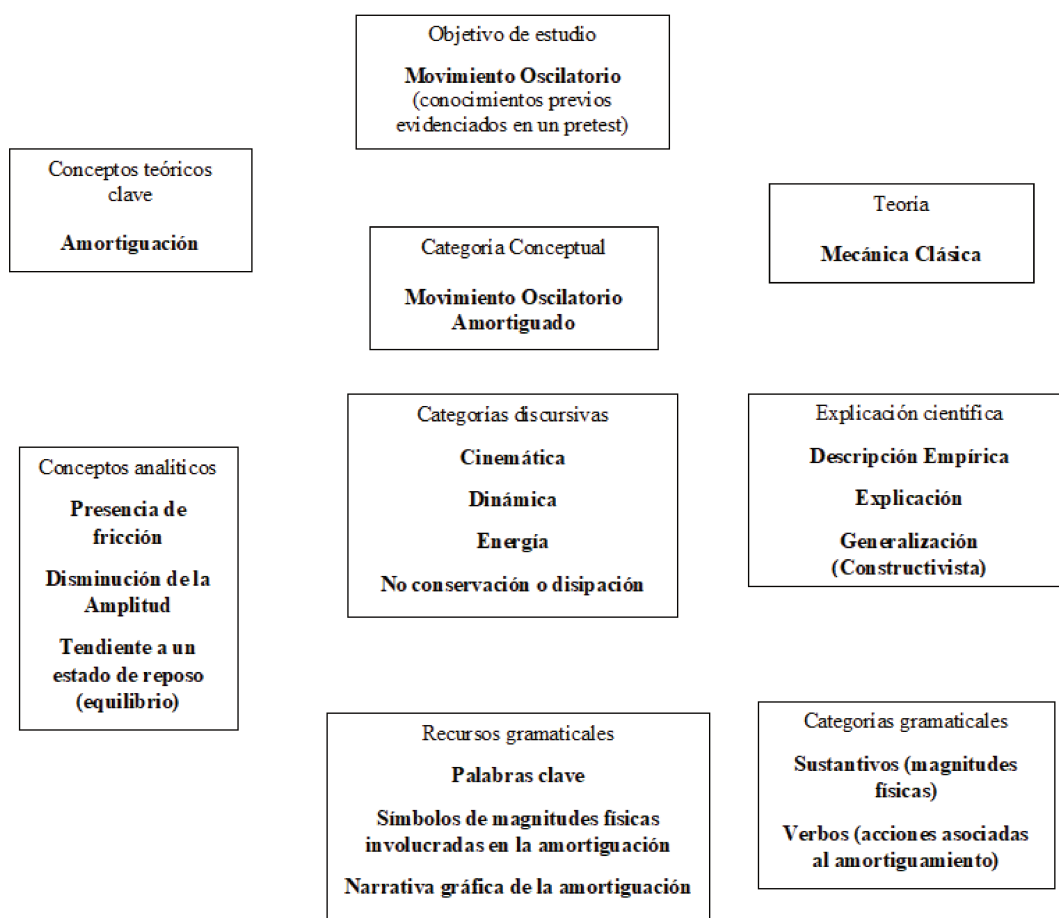


Figura 48. Análisis del contenido para evaluar las producciones escritas de los estudiantes acerca de lo solicitado en la Pregunta 12 (elaboración propia)

El contenido involucrado en las respuestas de los estudiantes fue variado, tal como se observa en la Tabla 7. Lo denominado como *Contenido Global* implica que el alumno empleó numerosas palabras clave en su producción escrita sobre MOA, tales como periodo, altura máxima, amplitud, rozamiento, junto a características específicas del

mismo, lo cual se considera que indica que se expresó mediante interrelaciones entre dichas palabras clave. Así, el alumno 9, expresó: “*Al venir hamacándose y decidir dejar de hacerlo el movimiento va a seguir produciéndose pero va “frenándose” debido a que hay interacción con fuerzas exteriores, ya sea rozamiento con el aire, fricción en los extremos de la hamaca etc. Hasta que en un momento esta va a frenarse y quedar en un punto de equilibrio*”. Se revela que en su producción incluyó al rozamiento de manera explícita, introdujo el punto de equilibrio como posición final y describió el movimiento en términos de desaceleración al indicar “*va frenándose*”.

Lo indicado como *Contenido Genérico* incorpora sólo términos generales del MOA, como por ejemplo movimiento, oscilatorio, equilibrio, mencionado por el alumno 3: “*Su movimiento será oscilatorio hasta encontrar el equilibrio*”.

Tabla 7. Tipos de contenidos empleados por los estudiantes en las explicaciones a P12

| Contenido | Frecuencia | Porcentajes |
|------------------------|-------------------|--------------------|
| Cinemático | 7 | 15 |
| Dinámico | 6 | 13 |
| Energético | 1 | 2 |
| Cinemático – Dinámico | 3 | 6 |
| Dinámico – Energético | 1 | 2 |
| Global | 22 | 47 |
| Genérico | 2 | 4 |
| Sólo mediante gráficas | 1 | 2 |
| NR | 4 | 9 |
| Totales | 47 | 100 |

De la Tabla 7 se deduce que el 47% de los estudiantes empleó un análisis global para caracterizar el MOA; interrelacionando términos específicos. En menor porcentaje se registraron análisis desde un enfoque Cinemático (15%); y Dinámico (13%).

Respecto del tipo de análisis empleado, en la Tabla 8, se observa que la mayoría utilizó uno de carácter descriptivo (57%), seguido por aquellos en los que se propusieron hipótesis (36%).

Tabla 8. Tipos de análisis empleados por los estudiantes en las respuestas dadas a P12

| Tipos de análisis empleados en las respuestas | Frecuencia | Porcentajes |
|--|-------------------|--------------------|
| Descriptivo | 27 | 57 |

| | | |
|---------------|----|-----|
| Con hipótesis | 16 | 34 |
| NR | 4 | 9 |
| Totales | 47 | 100 |

Así se obtuvo que respondió acertadamente el 25,5% de los estudiantes; de manera parcialmente correcta el 55,3%; no correcta el 10,7%; y no respondió el 8,5%. Entre los casos que se tomaron como adecuados, en la Figura 49 - arriba - se presenta la producción del alumno identificado con el código numérico 6 quién propuso condiciones para que el sistema describa un MAS o un MOA, involucrando al rozamiento como causa del amortiguamiento. Por su parte, el identificado como 40 - Figura 49, abajo -, hizo referencia a la disminución de la amplitud.

12) Si el sistema no posee fricción, su altura máxima se conservará, su velocidad y aceleración varían de la misma forma.
 Si posee mucha fricción la altura máxima irá variando al igual que su velocidad y aceleración (no se conserva) y terminará frenando.
 Confianza: 5

12. Si una persona que se está hamaçando decide no impulsarse más – para lo cual se queda quieta en el asiento -, indica de manera resumida cómo será su movimiento. Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -).

El movimiento irá disminuyendo, la amplitud de la oscilación será cada vez menor hasta que puede quieto por completo.

Figura 49. Respuestas de los alumnos identificados como 6 – arriba – y 40 – abajo – a la Pregunta 12

Las respuestas consideradas parcialmente correctas devienen de un conocimiento asociado a las experiencias cotidianas de los estudiantes; no obstante, en algunos casos las explicaciones incluyeron términos propios del lenguaje científico. Por ejemplo, en el caso del alumno identificado con el código numérico 4, Figura 50, se evidenció la distinción de una de las características propias de un movimiento oscilatorio amortiguado que es la disminución de su amplitud – denominado como “radio” -, si bien se lo asoció erróneamente a la disminución del período de oscilación. Por su parte, el alumno 23

realizó un razonamiento similar, aunque recurriendo a una narrativa visual, la cual se presenta en la Figura 51.

Respuesta: (12) El momento irá escapando, ya que se frenará hasta que su velocidad sea cero. El periodo irá disminuyendo y por lo tanto, su radio también.

Figura 50. Respuesta del alumno identificado como 4 correspondiente a la Pregunta 12

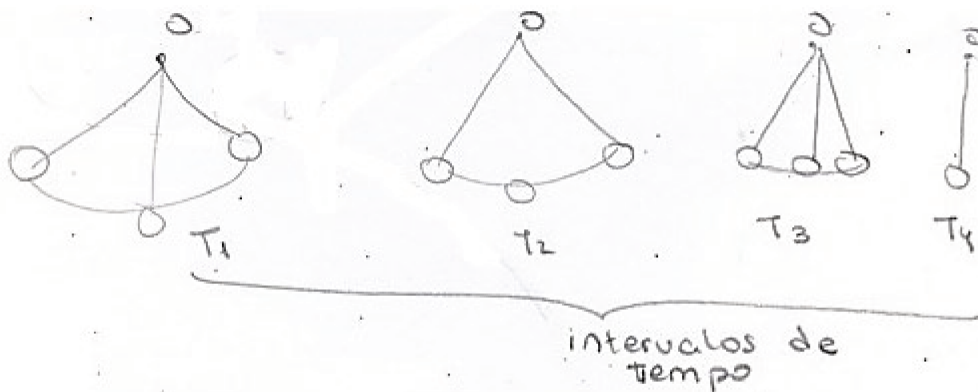


Figura 51. Respuesta del alumno identificado como 23 correspondiente a la Pregunta 12

Entre las respuestas que se consideraron no correctas, en el caso del alumno 47 se observó la “necesidad” de una fuerza externa -la acción del viento- para producir el frenado del sistema, Figura 52.

12. Si una persona que se está hamaçando decide no impulsarse más – para lo cual se queda quieta en el asiento - , indica de manera resumida cómo será su movimiento.
Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -).

SU MOVIMIENTO SERÁ EL MISMO, NO AUMENTARÁ LA VELOCIDAD Y POR ACCIÓN DEL VIENTO (FUERZA EXTERIOR) SE IRÁ FRENANDO

Figura 52. Respuesta del alumno identificado como 47 correspondiente a la Pregunta 12

En relación al grado de confianza, el mismo está comprendido entre 3 y 8 para las respuestas correctas. El valor medio fue de 4,60 y su error medio igual a 0,5. No se observaron correlaciones significativas entre las respuestas dadas a P12 y su grado de confianza, por lo que se puede decir que hubo independencia entre ambos.

4.3. Discusión de los resultados

Los resultados obtenidos de los análisis de validez y fiabilidad del cuestionario usado como pretest permitieron efectuar una categorización de las preguntas individuales, las cuales se organizaron en seis categorías de conceptos y procesos sobre MO, Tabla 9.

Tabla 9. Categorías de análisis del MO

| Categorías | Preguntas |
|-------------------|---------------------|
| Conceptos Básicos | 5 - 6 - 8 |
| Cinemática | 7 - 8 - 10 - 11 |
| Dinámica | 1 - 2 - 9 - 10 - 12 |
| Energía | 3 - 4 - 8 |
| Conservación | 2 - 3 - 4 - 5 - 8 |
| No Conservación | 9 - 12 |

La definición de estas categorías permitió efectuar un análisis interrelacionado y más detallado, tanto para el grupo de alumnos en su totalidad como de manera individual; incluso incorporando el grado de confianza expresado en las respuestas.

En base a los resultados hallados se observa que los estudiantes que respondieron el cuestionario como pretest evidenciaron el desempeño más adecuado a nivel conceptual y procedimental, como también los mayores grados de confianza, en las respuestas dadas a las preguntas relacionadas con los contenidos acerca de los Conceptos Básicos (P5, P6 y P8); Cinemática (P7, P8, P10 y P11); y Energía del MAS (P3, P4 y P8), en orden decreciente. En particular, la mayoría de los mismos trabajó de manera adecuada con la interpretación del período de oscilación; la caracterización del MAS desde el punto de vista cinemático; y la obtención de valores instantáneos en gráficas de variables periódicas y armónicas. Un número menor de estudiantes abordó correctamente el análisis energético de un sistema oscilatorio que describe un MAS.

Se han detectado niveles de conocimientos conceptuales que pueden considerarse básicos sobre el Movimiento Oscilatorio Amortiguado, preguntas 9 y 12, en las que en algunas de sus producciones los estudiantes se expresaron en un lenguaje específico de la disciplina como en el caso del alumno identificado como 9, que se mencionó anteriormente.

Por otra parte, llama la atención en los estudiantes tanto el escaso rendimiento conceptual y procedimental, como el bajo grado de confianza en los contenidos básicos de Dinámica Newtoniana, en particular en los asociados al movimiento circular, abordados previamente en el cursado de Física I. Es decir, en general, no utilizaron un sistema de coordenadas vinculado a las direcciones radial y tangencial; no consideraron que un péndulo simple al pasar por la posición de equilibrio tiene aceleración en la dirección radial, y en consecuencia que las fuerzas Peso y Tensión no se equilibran entre sí.

Las concepciones alternativas evidenciadas en los estudiantes indagados son similares a las detectadas en otros trabajos de investigación preliminares: la existencia de una fuerza en la dirección del movimiento de la masa puntual (Viennot, 1989; Clement, 1982); la no identificación ni diferenciación de las fuerzas que actúan sobre un cuerpo en un momento dado (García y col., 2016); la dependencia del periodo de un péndulo con la masa y las condiciones iniciales (Gómez Toro, 2015; García Barneto y Bolívar Raya, 2005); la resultante nula de las fuerzas en la posición de equilibrio, con la consecuente inexistencia de la aceleración centrípeta (Enrique, 2017; Santos Benito y col., 2004); la comprensión parcial de la segunda Ley de Newton, usándola para una fuerza en particular y no para la fuerza resultante (Enrique, 2017; García y col., 2016) y la representación de velocidades y de fuerzas como magnitudes escalares en el DCL (Enrique, 2017).

Los análisis de correlaciones, estadísticamente relevantes, entre las categorías que se consignaron en la Tabla 9, ponen en evidencia que:

- En Conceptos Básicos, el distractor *longitud de onda* en P5 estuvo fuertemente correlacionado en P6 con *masa* (p – valor 0,041). El 53,2% respondió adecuadamente las dos opciones, y se infiere que los integrantes de este grupo identificaron que la longitud de onda no corresponde al tiempo que tarda un péndulo simple en completar una oscilación, y que la masa tampoco influye en éste.
- En Cinemática aquellos alumnos que seleccionaron al movimiento de un péndulo simple como uno *con velocidad y aceleración variables en el tiempo* en P7, eligieron adecuadamente en P8 que, *En ausencia de fricción, un péndulo simple que realiza oscilaciones alrededor de cierta posición de equilibrio mantiene constante el periodo y la energía mecánica, pero no la aceleración angular*. Además, les fue posible identificar correctamente en P11 cuando *Una esfera suspendida de un hilo se mueve pendularmente*

como lo indica la Figura 5 – ver cuestionario en Anexo I – y cuando pasa por su punto más bajo, el hilo se corta, la trayectoria descrita por la esfera es la mostrada en la opción “C”; además de graficar acertadamente el vector velocidad sobre la esfera un instante antes que el hilo se corte.

- Para la categoría Conservación se hallaron varios resultados muy interesantes:

a. Hubo una correlación del 90,2% entre P3 (formas de energía mecánica que están presentes en cada una de las posiciones A, B y C de la Figura 1) y la opción *periodo* en P8. De este modo, la mayoría del grupo que logró identificar las formas de energía mecánica que están presentes en cada una de las tres posiciones representativas en un MAS y su conservación, también indicó que el período de oscilación es constante.

b. En la comparación entre P3 y P5, hubo una correlación muy fuerte - con 97,7% de probabilidad - entre quienes respondieron correctamente las formas de energía de la Figura 1 y definieron al *periodo* como el tiempo de un ciclo en un péndulo simple;

b. Para el *periodo* tanto en P5 como en P8 también existió una correlación con 81,8% de probabilidad entre los que reconocen en un MAS al tiempo de un ciclo como *periodo* y que permanece constante.

- Por el contrario, para los procesos No Conservativos no se observaron dependencias entre P9 y P12.

También fueron interesantes las situaciones en donde el p – valor fue de 1,000; es decir, hubo independencia total entre las dos variables de estudio analizadas. Las más destacadas permitieron inferir que:

- En Conceptos Básicos, los distractores *frecuencia* y *velocidad* en P5 no tuvieron relación en P6 con *amplitud del movimiento*; y *velocidad* con *velocidad inicial* y *masa*, respectivamente. Así, quiénes no optaron por estas alternativas en P5 tampoco lo hicieron en P6.

- En Cinemática:

a. No hubo correlación entre las características cinemáticas científicamente correctas del movimiento de un péndulo simple cuando describe un MAS en P7, frente a la conservación de las magnitudes velocidades lineal y angular; la energía potencial, y la cantidad de movimiento lineal – todas opciones incorrectas – en P8.

b. En P8 fueron totalmente independientes la conservación de la aceleración lineal en un MAS (situación errónea), frente a la elección (correcta) de los valores instantáneos en

función del periodo para las gráficas periódicas de la posición, la velocidad, la fuerza y la aceleración.

- En Dinámica:

a. Fueron totalmente independientes la respuesta en P9 identificando a un MOA como *oscilatorio no amortiguado* – errónea –; con las respuestas – correctas – sobre los valores instantáneos de la posición y de la fuerza en función del período.

- En Conservación:

a. Las formas de energía mecánica que los estudiantes identificaron como presentes en cada una de las posiciones A, B y C de la Figura 1 no presentaron ningún tipo de correlación con la no variación en un MAS de la velocidad y aceleración lineal; la cantidad de movimiento angular; o la imposibilidad de explicarlo.

b. El distractor *frecuencia* en P5 resultó totalmente independiente de la conservación de la *Energía Mecánica*. Junto a la correlación entre el *periodo* en las preguntas 5 y 8 (donde hubo un 81,8% de probabilidad), se puede inferir que existe coherencia entre algunos de los conocimientos previos de los alumnos respecto de los científicamente aceptados sobre el MAS.

c. Los distractores *velocidad y longitud de onda* en P5 fueron totalmente independientes de las magnitudes físicas que son constantes en P8 - *periodo y energía mecánica* -.

d. También hubo independencia absoluta entre la definición del *periodo* en P5, y la no variación de las magnitudes lineales velocidad y cantidad de movimiento en P8.

- En No conservación se obtuvo independencia total entre la opción *Oscilatorio no amortiguado* en P9 versus P12 donde se debía indicar de manera resumida cómo hubiese sido el movimiento *Si una persona que se está hamacando decide no impulsarse más – para lo cual se queda quieta en el asiento -*. Esto resulta razonable dado que el movimiento de un sistema que realiza oscilaciones alrededor de cierta posición de equilibrio con presencia de fricción es uno considerado *Oscilatorio no periódico amortiguado*, y por ello no tiene ninguna relación con las respuestas correctas en P12, donde el alumno debió considerar que si el análisis es a “largo plazo” el sistema se va amortiguando debido al trabajo de la fricción, y la amplitud disminuye en función del tiempo hasta que se detiene definitivamente.

Finalmente, un aspecto interesante para analizar son los resultados correspondientes a los valores de grado de confianza explicitados por los estudiantes ante las respuestas elaboradas. Los mismos se han sintetizado en la Tabla 10 atendiendo a una escala descendente de los valores medios obtenidos para cada pregunta. Además, se asocia un orden en relación a la confianza en la respuesta producida.

Tabla 10. Resultados de los grados de confianza por pregunta del pretest - en orden decreciente -.

| Grado de Confianza | | |
|--------------------|-------------|---|
| Pregunta | Valor medio | Intención de la pregunta |
| P11 | 6,40 | Reconocimiento de la trayectoria e identificación del vector velocidad instantánea cuando la cuerda de un péndulo simple se corta en la posición de equilibrio |
| P6 | 6,12 | Identificación de las variables que influyen en el período de oscilación de un péndulo simple |
| P5 | 6,09 | Conceptualización del período de oscilación de un péndulo simple |
| P7 | 5,69 | Características cinemáticas del movimiento de un péndulo simple |
| P10 | 5,62 | Identificación de valores instantáneos de posición, velocidad, fuerza y aceleración de un sistema que describe un MAS para tiempos expresados en fracciones del periodo |
| P3 | 5,48 | Identificación de las formas de energía en posiciones características de un MAS |
| P4 | 5,30 | Caracterización de un sistema que describe un MAS desde un enfoque energético |
| P8 | 5,20 | Identificación de las magnitudes físicas que permanecen constantes en el movimiento de un péndulo simple |
| P12 | 4,60 | Descripción del movimiento oscilatorio de un sistema real |
| P1 | 4,23 | Análisis dinámico del MAS |
| P9 | 3,78 | Identificación del movimiento de un sistema oscilatorio con presencia de fricción |
| P2 | 2,30 | Representación gráfica de la fuerza en función del tiempo de un MAS |

A fin de comparar estos resultados con los que devienen de una evaluación tradicional de las respuestas dadas por los estudiantes a las preguntas del pretest donde se otorgan valores entre 0 y 10 puntos, se elaboró la Tabla 11 en la que, en la columna Puntaje medio, se indicó el valor promedio obtenido por los estudiantes que participaron en la investigación.

Tabla 11. Puntajes medios obtenidos por los estudiantes en las respuestas a las preguntas del pretest, en orden decreciente, a partir de una evaluación tradicional

| Pregunta | Puntaje medio | Intención de la Pregunta |
|----------|---------------|--------------------------|
|----------|---------------|--------------------------|

| | | |
|-----|------|---|
| P5 | 7,19 | Conceptualización del período de oscilación de un péndulo simple |
| P11 | 7,19 | Reconocimiento de la trayectoria e identificación del vector velocidad instantánea cuando la cuerda de un péndulo simple se corta en la posición de equilibrio |
| P9 | 6,94 | Identificación del movimiento de un sistema oscilatorio con presencia de fricción |
| P7 | 6,51 | Características cinemáticas del movimiento un péndulo simple |
| P10 | 6,47 | Identificación de valores instantáneos de posición, velocidad, fuerza y aceleración de un sistema que describe un MAS para tiempos expresados en fracciones del periodo |
| P12 | 6,09 | Descripción del movimiento oscilatorio de un sistema real |
| P3 | 5,87 | Identificación de las formas de energía en posiciones características de un MAS |
| P8 | 5,70 | Identificación de las magnitudes físicas que permanecen constantes en el movimiento de un péndulo simple |
| P4 | 5,49 | Caracterización de un sistema que describe un MAS desde un enfoque energético |
| P6 | 4,98 | Identificación de las variables que influyen en el período de oscilación de un péndulo simple |
| P2 | 3,66 | Representación gráfica de la fuerza en función del tiempo de un MAS |
| P1 | 2,00 | Análisis dinámico del MAS |

Del análisis de la Tabla 10 se deduce que la mayor confianza se asoció a las respuestas correspondientes a P11, P6 y P5; es decir, - sobre la identificación del vector velocidad instantánea cuando la cuerda de un péndulo simple se corta en la posición de equilibrio y el reconocimiento de la trayectoria descrita por la masa a partir de ese instante; - la identificación de las variables que influyen en el período de oscilación de un péndulo simple; y - la conceptualización en términos de la definición de período, respectivamente. Por el contrario, los menores grados de confianza correspondieron a las respuestas sobre: - el análisis dinámico del Movimiento Oscilatorio (P1); - la identificación del movimiento que realiza un péndulo simple con rozamiento (P9); y - la representación gráfica de una fuerza periódica en función del tiempo (P2).

Comparando estos resultados con los consignados en la Tabla 11 se observa que las respuestas a las preguntas P11 y P5 asociadas a los mayores grados de confianza, corresponden también a los mejores desempeños. Asimismo, los menores grados de confianza relacionados con las respuestas a las preguntas P1 y P2 coinciden con los desempeños menos favorables.

De este modo se deduce que los alumnos cuentan con algunos de los conocimientos científicos básicos de Mecánica necesarios para abordar el estudio del MO; si bien se ha detectado que presentan dificultades en su interrelación. Por ello, al diseñar la intervención didáctica mediada por TIC y, en particular, para atender tales dificultades,

se consideró que las *pantallas* de los applets pueden ocupar el rol de un organizador previo - visual y pictórico – sirviendo como puente entre lo que el estudiante sabe y lo que debería saber a fin de lograr un aprendizaje significativo.

4.4. Cierre del capítulo

El análisis efectuado permitió evidenciar que los estudiantes que participaron en la investigación presentaron distintos niveles de comprensión para enfrentar situaciones que demandaron una conceptualización sobre MO.

A su vez permitió disponer de información relevante para promover en los estudiantes los siguientes tipos de aprendizaje significativo – ver Figura 53 –:

a. Subordinado derivativo.

Una nueva idea, la periodicidad, se vinculó a conceptos ya establecidos en la estructura cognitiva – el Periodo de oscilación es constante y Conservación de la Energía Mecánica –. Además, estos dos conceptos pueden ser relacionados con la constancia del periodo en un MCU, y a la conservación de la energía mecánica para todos los sistemas donde el trabajo de la fuerza de rozamiento es despreciable o nulo. Ambas situaciones estuvieron asociadas a una idea subordinante ya existente en los alumnos permitiendo realizar una extensión de tales conceptos; por lo que no fueron modificados.

b. Aprendizaje supraordinado.

Con los conocimientos ya establecidos – Conceptos Básicos y Conservación –, los estudiantes pudieron identificar movimientos específicos – el MAS – dado que en este tipo de movimiento tanto el período de oscilación como la energía mecánica permanecen constantes. Se sostiene que dichos saberes permiten realizar transformaciones de conceptos mediante ramificaciones jerárquicas iguales, donde por oposición el estudiante puede inferir una nueva idea: la de los Procesos no conservativos y caracterizar al movimiento como MOA. La inclusión de la Fuerza de rozamiento y su trabajo implican la pérdida de la periodicidad, y ello orientó a la gráfica propia de un sistema donde disminuye la Amplitud – de forma exponencial – y aumenta el tiempo de la oscilación.

c. Aprendizaje combinatorio.

Con los conocimientos establecidos sobre sistemas conservativos y no conservativos – o procesos conservativos y no conservativos – el sujeto pudo disponer de un bagaje de conocimientos que le permitió identificar y diferenciar al MAS y al MOA. En consecuencia, pudo comprender el estudio de un sistema real - aquél donde siempre influye la fricción – y uno modelizado o ideal – donde se minimiza dicha fuerza -. También se pudieron interrelacionar los contenidos de Cinemática, Dinámica y Energía de estos procesos conservativos y no conservativos, propios de un MAS y de un MOA respectivamente.

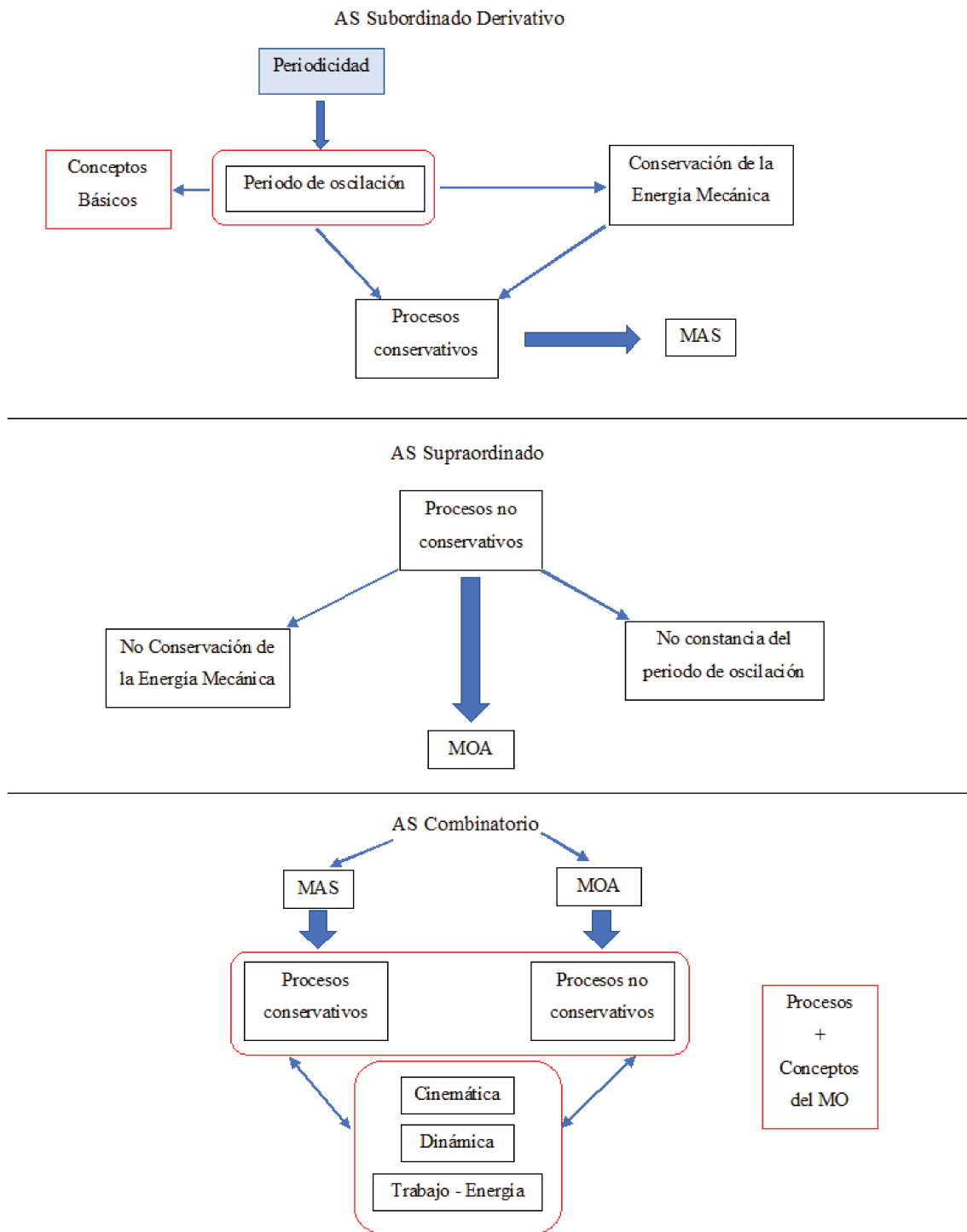


Figura 53. Tipos de aprendizaje significativo en el MO (elaboración propia)

Así, se presentó la oportunidad de atender de manera más detallada a presentación de los contenidos a trabajar en la intervención didáctica que se aplicó posteriormente y en la que se hizo uso de TIC en tanto recurso que puede facilitar el pasaje de la estructura conceptual asociada al MO a la estructura cognitiva del estudiante de una manera significativa.

Luego de la intervención didáctica mediada por TIC, se aplicó el mismo cuestionario a modo de posttest para comparar los resultados obtenidos en éste con los del pretest. El fin fue evaluar cualitativamente la evolución conceptual de los estudiantes, teniendo en cuenta los niveles de apropiación logrados en sus conocimientos y la coherencia de sus explicaciones.

CAPÍTULO 5

MATRIZ EPISTEMOLÓGICA

5.1. Introducción

La Matriz Epistemológica es una herramienta que se diseñó en esta investigación para la constitución de las zonas de PC sobre Movimiento Oscilatorio (Enrique y col., 2019). Se emplearon los pasos teóricos y metodológicos propios del enfoque de PC (Sepúlveda, 2010; Coutinho y col. 2007; Sepúlveda y col. 2007; Amaral y Mortimer, 2006), los cuales atienden a

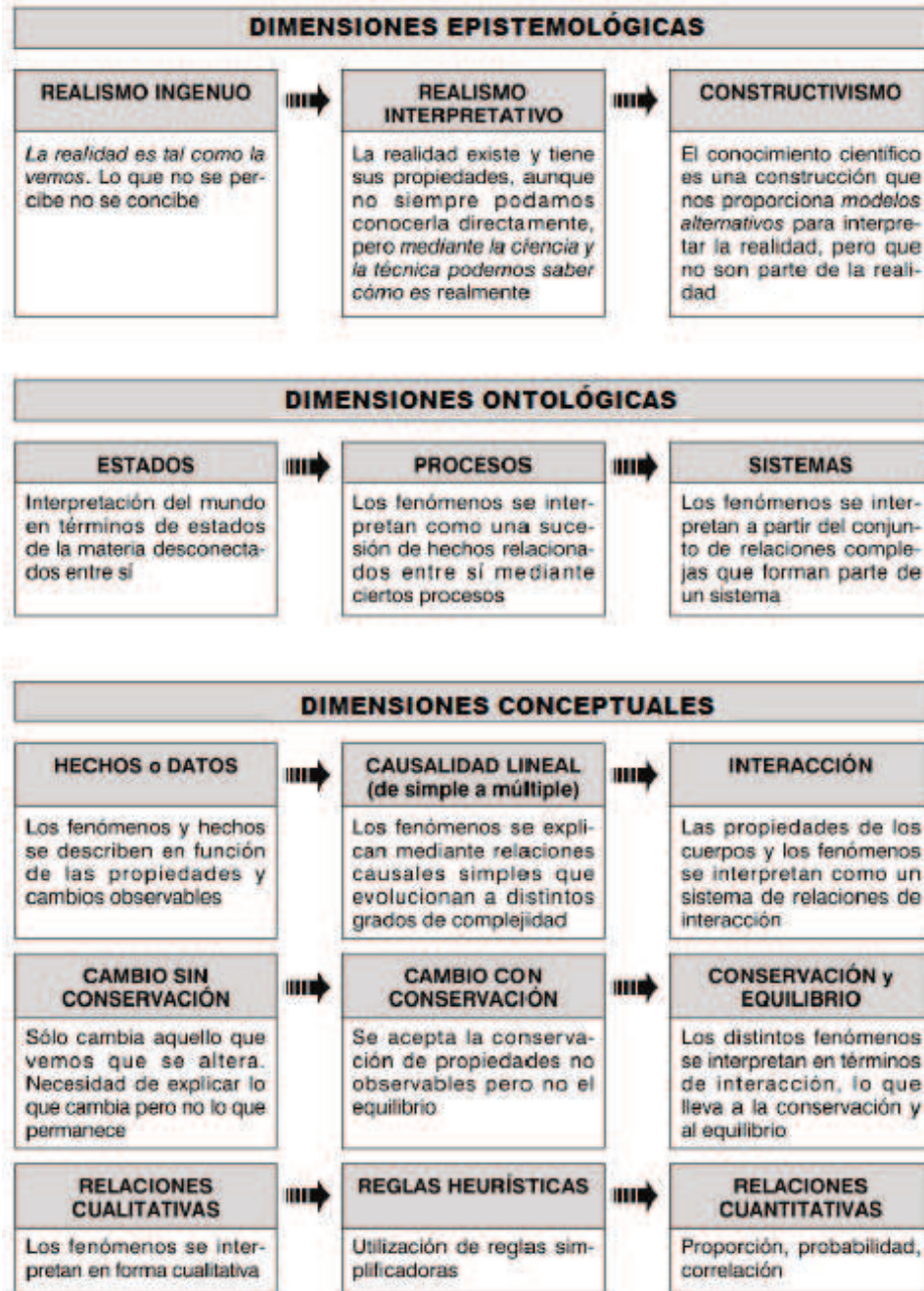
un juego dialógico entre estudios teóricos y empíricos, involucrando al menos tres ámbitos o dominios genéticos (Wertsch, 1985): sociocultural; ontogenético o macrogenético; y el microgenético (Coutinho y col., 2007, p. 116).

Asimismo, en el análisis de los dominios genéticos se tomaron en cuenta las *dimensiones del cambio* en el aprendizaje de la ciencia propuestas por Pozo y Gómez Crespo (1998), en las que se caracterizan los principios epistemológicos; ontológicos; y conceptuales, Tabla 12, producto de diferentes “niveles de análisis emprendidos” (p. 118) y de “un continuo a lo largo del cual habría que ir profundizando con el fin de acercarse al sentido del conocimiento científico” (p. 119).

El dominio sociocultural de la Matriz Epistemológica, también denominado sociohistórico, involucra el estudio del MO en la historia del conocimiento científico. Como en el estudio de estos sistemas no existe una categoría propia asociada a sus conceptos - como en el caso de la masa o la fuerza -, se empleó el estudio del movimiento en la historia de la Física. En el dominio macrogenético se tomaron como referentes varias investigaciones publicadas sobre concepciones de los alumnos sobre MO. Dentro del último dominio se incluyen los resultados obtenidos a partir del análisis de las respuestas al cuestionario como pretets. Por ello, resultó conveniente emplear las categorías conceptuales Conceptos Básicos, Cinemática, Dinámica, Energía, Conservación, y No Conservación, como conceptos y procesos identificados por los estudiantes, las cuales

resultaron de las pruebas estadísticas de validez y de fiabilidad detalladas en los incisos *a.* y *b.* del capítulo 3.4.1. *Cuestionario como pretest/postest.*

Tabla 12. Las tres Dimensiones de cambio en el aprendizaje de la ciencia (modificado de Pozo y Gómez Crespo, 1998, p. 120)



La Matriz Epistemológica se empleó para la conformación de las zonas de PC sobre MO. La evolución en el aprendizaje, tanto del grupo como de cada alumno en particular, puede evidenciarse a partir de detectar si se presentaron cambios – o no – en la zona de PC al

ejecutar y comunicar las acciones previstas en las diferentes instancias comenzando con el pretest; continuando con las tareas propias de la intervención didáctica mediadas por los LVA, y finalizando en el postest.

5.2. Dominios de la Matriz Epistemológica

De acuerdo a lo expresado anteriormente, en la construcción de la Matriz Epistemológica se consideraron tres dominios: sociohistórico, macrogenético u ontogenético, y microgenético. A continuación, se detallan las características de cada uno de ellos.

5.2.1. Dominio Sociohistórico

En este dominio se realizó el estudio y el análisis de las concepciones asociadas a la historia del movimiento en Física, dado que no se cuenta – hasta el presente – con una visión histórica – epistemológica específica sobre MO. Se definieron tres momentos históricos: a. Aristotélico; b. Medieval o del Ímpetu; y c. Mecánica Clásica o Newtoniana.

Se da inicio con la Física aristotélica como etapa "pre-científica" del estudio del movimiento, la cual adopta principios metafísicos o trascendentales ya que éstos, así como muchas de las ideas propuestas por los antiguos filósofos acerca del movimiento, “en la actualidad están bastante presentes en la manera de pensar de las personas inexpertas en Física” (Camargo y col., 2007, p. 172). Como indica Peduzzi (1996, p. 60)

en términos didácticos y teniendo en vista la construcción del conocimiento por el alumno, parece no sólo inevitable sino también necesario establecer algunas analogías entre la ley de movimiento de Aristóteles y ciertas concepciones alternativas sustentadas por el estudiante de cualquier grado de escolaridad sobre fuerza y movimiento.

El pensamiento medieval está incluido en una etapa intermedia entre las concepciones aristotélicas y las aceptadas por la comunidad científica o Mecánica Clásica. Cada uno de estos momentos se describe brevemente en los siguientes párrafos.

a. Aristotélico

En la Física de Aristóteles sólo existían dos tipos de movimientos naturales simples: el rectilíneo y el circular. Este último se definía como un movimiento cíclico (o línea circular) alrededor del centro del Universo. De esta manera, Aristóteles consideraba que todos los cuerpos del llamado mundo *supralunar* -que se encontraba por encima de la esfera de la Luna- describían movimientos circulares, los cuales se consideraban uniformes, perfectos y eternos. Por otro lado, el movimiento rectilíneo, hacia arriba o hacia abajo, era considerado no perfecto, y era pertinente con el de los cuerpos simples o naturales en la superficie de la Tierra, pertenecientes al mundo *sublunar* situado debajo de la esfera de la Luna. Dichos movimientos rectilíneos se clasificaron mediante dos categorías: el movimiento forzado o violento; y el movimiento natural.

Según Piaget y García (1982), otro punto importante para la comprensión de la doctrina aristotélica del movimiento fue la necesidad de recurrir a un "motor" como la causa de dicho movimiento. Para estos autores, la distinción entre los movimientos forzados o violentos y los movimientos naturales llevó a Aristóteles a establecer también una especie de distinción paralela entre dos "especies de motores" que causan el movimiento: un motor de naturaleza interna - inherente a la materia -, y un motor externo - por contacto -. Este último debía estar en contacto permanente con el cuerpo, dado que rechaza toda posibilidad de acción a distancia. Así, los movimientos naturales causados por el motor interno y los movimientos forzados causados por un motor externo no podían existir en el vacío, porque el vacío era un no ser. Por otra parte, cuando Aristóteles explicó el movimiento de un proyectil como un movimiento forzado causado por un motor externo junto a la inexistencia de movimiento en el vacío, según Piaget y García (1982) se aproximó al principio de inercia que tanto rechazaba.

El movimiento violento - el lanzamiento de una piedra - ocurría, según Aristóteles, por una "fuerza" causada por un motor externo como agente. Es decir, el movimiento externo resultaba de una causa externa que impulsa los cuerpos - para la traslación -. Así, llegó a la conclusión de que este agente externo retiraba al cuerpo de su lugar natural (suelo) mediante un razonamiento singular, concluyendo que el medio proporcionaba la fuerza necesaria para mantener un proyectil en movimiento.

Cuando se ponía en movimiento, el proyectil pasaba a ocupar el lugar que antes era ocupado por el aire que había en su frente. Este mismo aire, a su vez, fluía en torno de la piedra para ocupar el espacio vacío dejado por la misma. Con este movimiento el aire impulsaba el objeto hacia delante. Este proceso, denominado antiperístasis, Figura 54, era imperfecto y la fuerza sobre el proyectil gradualmente se extinguía y éste se detenía (Peduzzi, 1996, p. 58).



Figura 54. Movimiento de la antiperístasis (modificado de Peduzzi, 1996)

Por otra parte, Aristóteles concebía dos acciones durante el movimiento violento: "una impidiendo al objeto desplazarse, y otra resistiendo a esa fuerza" (Cherman y Mendonça, 2009; p. 34). Así, esas dos acciones o "fuerzas" eran externas, dado que Aristóteles rechazaba la existencia de una resistencia interna - tal como es conocida actualmente la masa inercial - y ese movimiento se agotaría inmediatamente cuando no haya más contacto del agente causante del movimiento con el cuerpo. Esta situación podría justificar la explicación "no científica" consistente en que un cuerpo está en reposo y apoyado sobre una mesa, para sacarlo de esa situación sería preciso que una acción se mantuviera continuamente sobre él.

El movimiento llamado natural - el movimiento de cuerpos celestiales u objetos en caída - era uno de características intrínsecas al cuerpo o "interno", dado que existía una tendencia a que dichos cuerpos busquen su "lugar natural", que para Aristóteles era el centro de la Tierra (considerada esférica). Así, sostenía que cada cuerpo simple, cuando estaba fuera de su lugar, estaba dotado de un movimiento natural que lo impulsa a ocupar su lugar natural propio - hacia arriba o hacia abajo - dependiendo de su composición o proporción en elementos simples o naturales: los elementos pesados agua y tierra (la tierra

es más pesada que el agua), y los elementos ligeros fuego y aire (el fuego es más ligero que el aire). Así, y según su composición, el cuerpo podría ser "leve" o "grave" dado que tenía cierta "ligereza" o "peso"; es decir, estas dos cualidades opuestas influyen en el movimiento natural de los cuerpos. Dicho de otro modo, el movimiento podría ser hacia abajo (o de caída) para los cuerpos pesados o graves, o no caer (o ir hacia arriba), para los cuerpos ligeros. Pero si bien para Aristóteles la Tierra era el centro del Universo, la misma no cumplía ningún papel en ese movimiento porque no se reportaba como el centro del movimiento, simplemente porque el centro del que habla Aristóteles era el centro del Universo (Piaget y García, 1982).

b. Medieval o del Ímpetu

Las explicaciones sobre los movimientos de los cuerpos cercanos a la superficie de la Tierra, en la edad media, avanzaron con los estudios sobre el movimiento de un proyectil. Así, los adversarios de la dinámica de Aristóteles siempre fundamentaron sus críticas en el concepto de antiperístasis y, como indica Koyré (1986), la respuesta a las explicaciones aristotélicas a los movimientos continuos de la rueda, de la piedra, de la flecha, está presente en sus críticos, desde Hiparco y Philoponus a Buridan, y de Nicolau Oresme y Alberto de la Saxonía a Leonardo da Vinci, Benedetti y Galileo.

Tal crítica, establecida inicialmente por Hiparco (siglo II a. C.) y Philoponus (siglo V d. C.), se fundamentaba en el concepto de *fuerza impresa* (Stinner, 1994), que más tarde fue denominada *ímpetu* por Jean Buridan (siglo XIV d. C.). A pesar de que la teoría del ímpetu sostenía el principio aristotélico de que la fuerza produce velocidad - y no aceleración -, debe destacarse que representó un avance conceptual en relación con las ideas propuestas por Aristóteles para explicar el movimiento de objetos, ya que de acuerdo con esa teoría, el medio pasaba a tener un papel apenas de resistencia al movimiento, y no era más responsable de la continuidad del mismo (Piaget y García, 1982).

Philoponus (C. 490 – C.570) se opuso a las ideas de Aristóteles sobre el movimiento de un proyectil, indicando que cuando un cuerpo era arrojado recibe una especie de "fuerza motriz", transferida desde el motor (el lanzador) al móvil (el proyectil), y que continuaba

en este último después de haber finalizado el contacto. Con el tiempo, la "fuerza" desaparecía de manera espontánea, produciendo la finalización del movimiento. Además, consideraba que el tiempo para que los objetos caigan hasta el suelo no varía según sus pesos. Esta idea, conocida posteriormente como teoría del ímpetu, resulta ser una especie de concepto primitivo de la "inercia".

En el caso de que la fuerza motriz desapareciera espontáneamente como pensaba Philoponus, Buridan (1300-1358) también refutó la teoría aristotélica de la antiperístasis mediante su teoría del "impetus". Ésta fue su idea de fuerza motriz, que se podía explicar de la siguiente manera: después de dejar el motor (lanzador), el proyectil sería movido por un "ímpetus"; es decir, por una especie de poder de automovimiento capaz de mover el proyectil en la dirección dada por el motor, cuando aquél ya no era movido por éste (López, 2009). Así llegaba a la conclusión de que el motor producía una "virtus motiva" en el proyectil. El movimiento de un proyectil podría incluso seguir infinitamente, pero ese movimiento infinito no era posible por las influencias externas como la resistencia del aire y la "gravedad", o sea, el impetus se debilitaría continuamente hasta que la gravedad predominara y el proyectil retornase a su lugar natural.

La teoría del ímpetu de Buridan se caracterizó por tres propiedades. Piaget y García (2011) describen que las dos primeras conducen al concepto de "momentum" o "cantidad de movimiento" ($\vec{p} = m\vec{v}$) de la Física newtoniana. La primera propiedad establecía que cuanto mayor es la velocidad con la que el motor movía el cuerpo, mayor era el ímpetu impreso en el cuerpo en movimiento. La segunda exponía que cuanto mayor es la materia del cuerpo movido, más intenso sería el ímpetu recibido por él. La tercera está asociada a la noción primitiva de inercia: el ímpetu era cualquier cosa cuya naturaleza era permanente y no era "corrompido" por la resistencia que le ofrece el medio.

Avicena (980 – 1037) (citado en Peduzzi y Zylbersztajn, 1997) propuso que, en el caso del movimiento de un proyectil lanzado horizontalmente, éste se movía inicialmente en línea recta, en la dirección en que fue lanzado, y continuaba su movimiento horizontal hasta que la fuerza (horizontal) que le fue impresa fuera totalmente agotada. Cuando esto ocurría, el proyectil se detenía, momentáneamente, y luego se movía hacia abajo, bajo la acción de su «peso natural». La trayectoria del proyectil, de acuerdo con Avicena, es la de una L invertida”, tal como se observa en la Figura 55.

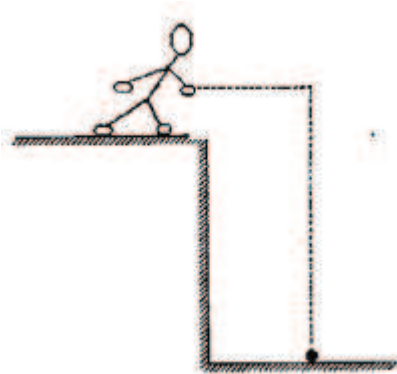


Figura 55. Trayectoria del proyectil según Avicena (modificado de Peduzzi & Zylbersztajn, 1997)

c. Mecánica Newtoniana

Newton concibió un sistema de tres leyes del movimiento, presentado en su obra "Principios matemáticos de la filosofía natural" (Principia Mathematica). Las tres leyes de Newton explican las relaciones de causa y efecto en los movimientos de los cuerpos. De acuerdo a la primera ley de Newton - "ley de inercia" -, todo cuerpo permanece en su estado de reposo o de movimiento rectilíneo uniforme, a no ser que sea obligado al cambio por fuerzas ejercidas sobre él. Cherman y Mendonça (2009, p. 109) recuerdan que Galileo (1574-1642) en su última obra "Discursos" (en la tercera jornada), formuló lo que Newton consideró como la legítima antecesora de la primera de sus tres leyes del movimiento, la ley de inercia.

La segunda ley de Newton propone una ecuación diferencial ($\vec{F} = d\vec{p}/dt$), pero si se trata de un sistema donde la masa permanece constante, se arriba a la tradicional ($\vec{F} = m\vec{a}$), la cual explica que una alteración en el movimiento es proporcional y del mismo sentido que la fuerza motriz ejercida. La variación temporal de la velocidad de un cuerpo en movimiento es, exactamente, la aceleración, magnitud explícita en la segunda ley de Newton. Esto quiere decir que el efecto de una fuerza continua sobre un cuerpo inicialmente en reposo o en movimiento con velocidad constante es acelerarlo. Newton consideró la confirmación de Galileo, acerca de que un cuerpo en caída acelera a una tasa uniforme, y concluyó que la fuerza de atracción gravitatoria es responsable que el cuerpo se acelere. Esta segunda ley también explica la órbita de la Luna en la Tierra: La fuerza de atracción gravitatoria, actuando continuamente, imprime a la Luna una aceleración en

la dirección de la Tierra, pero el *momentum* o cantidad de movimiento ($\vec{p} = m\vec{v}$) de la Luna establece la tendencia inercial de mantener su movimiento en la dirección del *momentum*.

En la tercera ley de Newton - "ley de acción y reacción" -, para cualquier acción hay siempre una reacción, en la misma dirección, de sentido opuesto e igual intensidad. Significa que, si un cuerpo ejerce una fuerza sobre otro, el segundo ejercerá simultáneamente fuerza opuesta y de la misma intensidad y dirección sobre el primero, una acción se corresponde siempre con una reacción.

Aplicando estas tres leyes, Newton fue capaz de concluir cómo la fuerza gravitacional actuaba entre dos cuerpos. En los "Principios matemáticos de la Filosofía natural", libro III - "Sistema del mundo (Matemáticamente tratado)", en el Escolio de la Quinta proposición, Newton habla de la ley de la gravitación:

La fuerza que retiene a los cuerpos celestes en sus órbitas ha sido hasta ahora denominada fuerza centrípeta. Sin embargo, tras haber demostrado que no puede ser sino una fuerza gravitatoria, desde este momento la llamaremos gravedad... (p. 476).

Como este es el paradigma vigente en la Mecánica Clásica que se dicta en los cursos universitarios de ingenierías, las referencias se encuentran en la bibliografía sugerida por la cátedra de Física I.

5.2.2. Dominio Macrogenético

Los conocimientos previos de los estudiantes sobre Movimiento Oscilatorio forman parte del dominio Macrogenético, e incluye a las *concepciones alternativas* - detectadas en varias investigaciones preliminares -, que se han citado de manera resumida en el apartado 2.6 de esta tesis.

Las tres corrientes presentadas en el dominio Sociohistórico resultan relevantes para el estudio del dominio Macrogenético, dado que investigaciones en el área de las concepciones alternativas han demostrado que la Física de sentido común mantiene

estrechas relaciones con la Física aristotélica y/o con el pensamiento medieval del ímpetus (De Lozano y col., 2016; Herrera Espinosa, 2013; Mora y Herrera, 2009; Mora y Benítez, 2007; Pozo, 1987).

En la definición de este dominio también se tomarán como referentes auxiliares los trabajos de García Barneto y Bolívar Raya (2008); Inhelder y Piaget (1985); y Piaget y García (1982).

García Barneto y Bolívar Raya (2008), han distinguido entre los alumnos que participaron en su investigación, tres etapas en la conceptualización del movimiento armónico simple:

- una primera “temprana” en la que aún no se comprende el significado de las magnitudes que describen el fenómeno (tales como período, amplitud, etc.) y responden guiados por la intuición;
- una segunda “lineal” en la que, a pesar de usar con propiedad esas magnitudes, se razona como si el movimiento fuera uniforme; y
- una tercera “sinusoidal”, coherente con el conocimiento físico establecido.

En el capítulo IV de la obra “De la lógica del niño a la lógica del adolescente” de Inhelder y Piaget (1985), se describen las tareas que debían realizar niños sobre el péndulo a fin de determinar el grado en que podían aislar y manipular las posibles variables -longitud, amplitud, peso, e impulso- que afectan su periodicidad. Las tareas de aislar y desacoplar (o controlar) las variables se vieron como una oportunidad o como ventana para analizar estructuras o capacidades cognitivas del niño y su secuencia de desarrollo.

La conclusión exitosa de estas tareas permitió vislumbrar un indicador del cambio del pensamiento concreto al operacional formal que será tenido en cuenta en este trabajo. La secuencia cognitiva está conformada por cuatro estadios que para esta investigación se consideran como referencias asociadas a cada zona del perfil conceptual sobre MO. De manera resumida, estos estadios se caracterizarían por las siguientes etapas:

- a. Indiferenciación entre acciones propias del sujeto y los movimientos del péndulo; donde “casi todas las explicaciones se reducen más o menos a concebir que el impulso que el sujeto imprime es la verdadera causa de las variaciones de la frecuencia de las oscilaciones” (p. 66).

b. Seriaciones y correspondencias, pero sin separación de variables: los estudiantes son capaces de secuenciar las longitudes, amplitudes, etc., y juzgar de modo objetivo diferencias de frecuencias. Logran así establecer correspondencias exactas desde el punto de vista de la experiencia bruta, pero no logran disociar los factores, salvo en el caso del impulso.

c. Separación posible de variables, pero no de manera sistemática, de modo tal que "las operaciones formales ya están suficientemente esbozadas para permitir ciertas inferencias, pero aún no lo bastante organizadas para funcionar a título de esquema anticipatorio" (pp. 69 – 70).

d. Separación de variables y la exclusión de enlaces inoperantes. Estos sujetos logran disociar todos los factores en juego mediante el método, que consiste en hacer variar sólo uno por vez y mantener "igual a todos los demás". Los sujetos desarrollan la capacidad de abstracción y de hipotetizar, aplicando principios más lógicos que en la etapa anterior.

Otra fuente de información para este dominio es el trabajo de Piaget y García (1982), quienes analizaron el desarrollo histórico de la Mecánica en cuatro fases históricas - desde los griegos hasta el siglo XVII -, y además describieron a las cuatro etapas de la Psicogénesis, identificando las siguientes características:

I) indiferenciación de los conceptos, pseudonecesidades, animismo, finalismo, primado del sensorial, motor interno, egocentrismo, centración en los atributos (predicados), contradicciones;

II) diferenciación parcial de los conceptos, inicio del paso de los atributos a las relaciones (asimétricas), introducción de la medida (comparaciones);

III) diferenciación plena de los conceptos, relaciones, medida;

IV) estructuración de los conceptos en un sistema, transformaciones, explicaciones causales.

Además, distinguieron tres maneras específicas de "transición" de una etapa a la otra:

a. el pasaje de las pseudonecesidades y de las pseudoimposibilidades a la necesidad lógica y causal;

b. el paso de los atributos a las relaciones; y

c. la transición de una "explicación física" en términos de causas últimas y causas concurrentes, a la concepción de una dinámica que sólo establece dependencias funcionales y sistemas de transformaciones.

Así, se considera que las cuatro etapas de la Psicogénesis constituyen un referente relevante para identificar las operaciones o procedimientos empleados por los estudiantes indagados según la zona del PC cuando resuelven distintas situaciones problemáticas de sistemas oscilatorios.

Finalmente, para el dominio macrogenético se tendrán en cuenta las categorías de concepciones propuestas por Camargo y col. (2007), dado que son adecuadas para ser empleadas de acuerdo a las concepciones que tienen los estudiantes sobre MO, y son las siguientes:

a. Concepciones alternativas sin conexión: no mantienen ninguna correspondencia con los distintos modelos de movimiento, y por ello no pueden ser categorizadas como aristotélicas, del ímpetus, o científicas, dado que no utilizan estos tipos de conceptos - tanto desde el punto de vista concordante como desde el punto de vista discordante - en su justificación. Este tipo de concepciones estaría asociado a la presencia de una especie de interpretación “realista e ingenua”, considerada incompleta para las tres categorías citadas. Por ejemplo, los sujetos usan en sus modelos explicativos como motores a elementos como el aire o la gravedad. Además, hacen uso de principios no aristotélicos para justificar algunas ideas de movimiento como el consistente en el tiro vertical, durante el movimiento de subida la velocidad de una pelota aumenta, o que la velocidad de llegada es superior a la velocidad de salida cuando vuelve a la mano que la lanzó.

b. Concepciones alternativas aristotélicas: son aquellas que siguen el modelo aristotélico del movimiento. Acatan los principios de que todo objeto móvil está asociado a un motor que mantiene un contacto permanente con el mismo cuando el movimiento es forzado; y consideran la caída libre de los cuerpos como un movimiento natural. Por ejemplo, interpretan que el movimiento de una masa sostenida por una cuerda inextensible y de masa despreciable es una caída libre cuando dicha cuerda se corta en la posición más baja de una trayectoria circular.

c. Concepciones alternativas del ímpetus: son las que, de cierta manera, sostienen analogías con la teoría de la fuerza impresa, desarrollada en la Edad Media. Si bien esta concepción no deja de ser aristotélica, al seguir el paradigma de que todo cuerpo que se

mueve está asociado a una fuerza, la misma no está relacionada con el concepto de la antiperístasis.

d. Concepciones generales o aceptadas por la comunidad científica: son aquellas acordes a la mecánica newtoniana. Esta categoría puede subdividirse en dos partes:

d.1. concepción científica aislada. Se da cuando el alumno responde las distintas cuestiones sin relacionar las distintas partes con que se analizan los sistemas oscilantes, pudiendo responder algunas preguntas bien y otras mal. Por ejemplo, el estudiante puede responder adecuadamente preguntas sobre Dinámica del MO, pero no así sobre Conceptos Básicos.

d.2. concepción científica sistémica. Implica un compromiso epistemológico del alumno de manera global, de modo que relaciona las distintas dimensiones del MO y de manera interrelacionada. Responde correctamente las consignas en todas - o casi todas - las categorías de análisis sobre MO.

5.2.3. Dominio Microgenético

El dominio microgenético constituye una fuente de datos importante para la comprensión de los procesos de aprendizaje y desarrollo cognitivo. Vigotsky distinguió cuatro dominios en el estudio genético de los procesos psicológicos, siendo el último de ellos el microgenético; que fue desarrollado por sus seguidores (Wertsch, 1985). Así,

el análisis microgenético se centra en el estudio minucioso de los procesos de aprendizaje y desarrollo en períodos muy cortos de tiempo y constituyen una fuente de datos muy importante para la comprensión de dichos procesos. Así mismo, el dominio microgenético se refiere al proceso de formación de una función psicológica en un contexto espacio temporal concreto y limitado (Martínez Rodríguez, 1999, p. 22)

Desde la perspectiva de la Teoría Sociocultural de Vigotsky, el análisis microgenético de los cambios observados *ipso facto* durante la interacción social se usa como una evaluación dinámica de la ZDP (Lavelli y col. 2005).

El análisis microgenético funciona como un medio para explorar los mecanismos a través de los cuales los factores culturales estructuran la organización y el desarrollo de las estrategias comunicativas y cognitivas en un individuo. A través de las actividades conjuntas observadas durante una interacción, este tipo de análisis permite al investigador indagar y correlacionar cambios específicos de un momento a otro con aquellos observados en el rendimiento cognitivo de los participantes (Miller y Coyle, 1999).

Según Lavelli y col. (2005), es posible catalogar cuatro pautas que orientan un análisis microgenético:

1. los sujetos son estudiados durante un período de cambio en su desarrollo cognitivo, constituyéndose el cambio individual en unidad de análisis. Es decir, el individuo cambiante es la unidad fundamental de análisis. En este caso, se analizaron los cambios en la cognición - y en la metacognición - asociada al PC sobre MO para cada uno de los estudiantes que participaron en la investigación. No obstante, estos alumnos indagados de manera grupal; si bien el punto de partida siempre fue el sujeto individual.
2. Los estudios se efectúan antes, durante y después de una actividad o episodio en el que se producen cambios durante intervalos de tiempos cortos en un ámbito particular. En este trabajo se indagaron dichos cambios en relación a las distintas actividades diseñadas y desarrolladas para abordar el estudio del MO.
3. Los datos se construyen a través de una elevada densidad de observaciones que se realizan a intervalos de tiempo considerablemente más cortos que el necesario para que ocurran cambios relevantes en el desarrollo cognitivo. Así, se analizaron estos cambios *durante la intervención didáctica*, la cual puede ser parcial en base a los resultados hallados sobre el MO. Por esta misma razón, durante la ejecución de esta tesis se decidió continuar la indagación mediante un *cuestionario de opinión* efectuado a los dos años de dicha intervención didáctica y evaluar, por ejemplo, si el aprendizaje ha sido significativo.
4. los comportamientos observados son analizados tanto cualitativa como cuantitativamente y de manera intensiva, con el objetivo puesto en identificar procesos que darían lugar a cambios en el desarrollo cognitivo.

Para el análisis de este dominio se tuvieron en cuenta las respuestas dadas por los estudiantes a las preguntas del pretest, partiendo del supuesto que al estar los mismos cursando Física I deberían haberse apropiado de un conjunto de saberes que les permitirían responder las preguntas del cuestionario. De esta manera se revelarían sus

conocimientos previos al desarrollo de los contenidos sobre Movimiento Oscilatorio junto a la confianza depositada en sus respuestas.

5.3. Zonas de Perfil Conceptual sobre Movimiento Oscilatorio

En base a los tres dominios seleccionados, se presentan a continuación las principales ideas características de cada una de las zonas de PC sobre Movimiento Oscilatorio.

- Zona 1: Perceptiva/intuitiva (animismo) (*Realismo ingenuo*): relacionada con los niveles de percepción inmediata y sensible de los fenómenos y corresponde a ideas intuitivas que apenas justifican la ocurrencia natural de los mismos, no siendo consideradas las condiciones en que ocurren los procesos. Predomina el pensamiento de sentido común; asociado a la realidad sensorial inmediata. Asimismo, prevalece una concepción aristotélica del movimiento, por lo que revela la presencia de concepciones alternativas. Contempla la posibilidad de que los estudiantes no puedan explicar el fenómeno físico analizado, al no contar con los saberes básicos y necesarios para su interpretación y comunicación.
- Zona 2: Empírica (*Realismo interpretativo*): vinculada con descripciones de los fenómenos y hechos en función de propiedades y cambios observables, donde sólo cambia aquello que “se ve que se altera”. Por ello, la experiencia es traducida en términos de constructos de la ciencia en la cual son enfatizadas condiciones físicas experimentales - relacionada a la utilización de instrumentos para la medición -. Existe la necesidad de explicar lo que cambia, pero no lo que permanece (cambio sin conservación). Los fenómenos se interpretan en forma cualitativa, teniendo dificultades en expresar de manera coherente las ecuaciones que caracterizan al objeto a analizar. Predomina una concepción medieval del movimiento. Existe la probabilidad de que los estudiantes manifiesten algunas concepciones alternativas.
- Zona 3: Formalista y racionalista (*Racionalismo formal o clásico*): alude a un plano teórico de comprensión, en el cual el análisis de los procesos está asociado al uso de algoritmos y fórmulas matemáticas que derivan de la consideración de modelos teóricos, sin que eso se traduzca en la comprensión de las relaciones conceptuales. Los conceptos

se relacionan de una forma más racional, no están tan vinculados a las experiencias sensoriales, donde se acepta la conservación de propiedades no observables, pero no el equilibrio (cambio con conservación). Se caracteriza por el uso de conceptos científicamente aceptados, - Mecánica newtoniana - no interrelacionados. Por ello, se utilizan reglas simplificadoras (reglas heurísticas) de manera individual, o no asociadas. Los estudiantes pueden revelar alguna de las concepciones alternativas.

- Zona 4: Formalista, racionalista y sistémica (*Racionalismo sistémico*): refiere a un plano teórico de comprensión, asociado al uso de algoritmos y ecuaciones matemáticas provenientes de modelos teóricos, al analizar los procesos. La comprensión del MO se realiza mediante la activación de relaciones conceptuales y su integración pasando a conformar un “todo”. Se caracteriza por el uso correcto de la Mecánica newtoniana donde las propiedades de los cuerpos y los fenómenos se interpretan como un sistema en términos de interacción. Se emplean relaciones cuantitativas múltiples entre las variables que tipifican al sistema - dado que se establecen explicaciones causales y estructuraciones de conceptos en un sistema - analizando sin problemas las condiciones de conservación y de equilibrio. Los estudiantes no revelan concepciones alternativas.

A continuación, en la Tabla 13 se presenta la Matriz Epistemológica de forma resumida y en la Tabla 14 el Dominio Microgenético para las seis categorías de análisis sobre conceptos y procesos del MO a ser identificados en los estudiantes en el estudio del MO. En esta última, las preguntas asociadas a cada categoría se indican entre paréntesis; asimismo las descripciones correspondientes a las cuatro zonas de PC de cada pregunta comienzan en el mismo renglón y siguen el orden en el que se han indicado los números asociados a las preguntas.

Tabla 13. Matriz Epistemológica resumida

| Zona de PC | Dominio Sociohistórico | Dominio Macrogenético | Dominio Microgenético (*) |
|------------|-------------------------------------|--|---|
| Zona 1 | Visión aristotélica del movimiento | Presentan concepciones alternativas sin conexión y aristotélicas | No responde; lo hace de manera incorrecta en toda la pregunta; o no lo puede explicar |
| Zona 2 | Visión medieval del movimiento | Presentan concepciones alternativas del <i>impetus</i> | Responde la pregunta de manera mayormente incorrecta |
| Zona 3 | Visión newtoniana del movimiento no | Presentan muy pocas concepciones | Responde la pregunta de manera mayormente |

| | | | |
|--------|--|--|--|
| | interrelacionada (casos aislados) | alternativas - en general sólo una - | correcta, o correcta sin establecer relaciones |
| Zona 4 | Visión newtoniana del movimiento interrelacionada (casos relacionados) | No presentan concepciones alternativas | Responde la pregunta de manera correcta e interrelacionada |

(*) Incluye de modo resumido el Dominio Microgenético.

Tabla 14. Dominio Microgenético de la Matriz Epistemológica por categorías de análisis

| Categoría de análisis | Zona 1 | Zona 2 | Zona 3 | Zona 4 |
|-------------------------------------|--|--|---|--|
| Conceptos Básicos (5, 6 y 8) | <p>No responde a la consigna, o lo hace sin coherencia ni cohesión con el MCU</p> <p>Elige opciones incorrectas</p> <p>No considera al período como una magnitud física que permanece constante en un MAS</p> | <p>Selecciona “frecuencia” en lugar de “período”</p> <p>Elige “longitud del hilo” junto a otras opciones</p> <p>Considera, además del período, otras magnitudes físicas que no permanecen constantes en un MAS</p> | <p>Selecciona “período” más otra opción</p> <p>Elige “longitud del hilo” y “g”, junto a otras opciones</p> <p>Considera, además del período, otra magnitud física que no permanece constantes en un MAS</p> | <p>Selecciona sólo “período”</p> <p>Elige “longitud del hilo” y en otras opciones indica “g”</p> <p>Considera al período como magnitud física que permanece constante en un MAS</p> |
| Cinemática (7, 8, 10 y 11) | <p>Describe al movimiento de un péndulo como MRU, o no lo puede hacer</p> <p>Incluye todas las magnitudes cinemáticas como aquellas que permanecen constantes en un MAS</p> <p>No reconoce tiempos que corresponden a fracciones de período en las gráficas $x = x(t)$, $v = v(t)$ y $a = a(t)$ de un MAS</p> | <p>Describe al movimiento de un péndulo como MRUV (v variable y a constante)</p> <p>Incluye la mayoría de las magnitudes cinemáticas como aquellas que permanecen constantes en un MAS</p> <p>Reconoce tiempos que corresponden a fracciones de período en sólo una de las gráficas $x = x(t)$, $v = v(t)$ y $a = a(t)$ de un MAS</p> | <p>Describe al movimiento de un péndulo como uno con v y a variables en el tiempo, junto a otra opción</p> <p>Incluye sólo algunas de las magnitudes cinemáticas como aquellas que permanecen constantes en un MAS</p> <p>Reconoce tiempos que corresponden a fracciones de período en dos de las gráficas $x = x(t)$, $v = v(t)$ y $a = a(t)$ de un MAS</p> | <p>Describe al movimiento de un péndulo como uno con v y a variables en el tiempo</p> <p>No incluye magnitudes cinemáticas como aquellas que permanecen constantes en un MAS</p> <p>Reconoce tiempos que corresponden a fracciones de período en las gráficas $x = x(t)$, $v = v(t)$ y $a = a(t)$ de un MAS</p> |

| | | | | |
|--|---|--|---|--|
| | No selecciona la trayectoria de la masa de un péndulo simple al cortarse la cuerda en la posición más baja, ni representa el vector velocidad instantánea en dicha posición | No selecciona la trayectoria de la masa de un péndulo simple al cortarse la cuerda en la posición más baja, y representa la velocidad instantánea en dicha posición como un escalar | Selecciona la trayectoria de la masa de un péndulo simple al cortarse la cuerda en la posición más baja, y representa la velocidad instantánea identificándola como componente tangencial | Selecciona la trayectoria de la masa de un péndulo simple al cortarse la cuerda en la posición más baja, y representa la velocidad instantánea como una magnitud vectorial |
| Dinámica (1, 2, 9, 10 y 12) | Construye un DCL del sistema incorrecto o incompleto No adopta un sistema de coordenadas cartesianas No aplica la segunda ley de Newton No indica la fuerza resultante | Construye un DCL del sistema incorrecto o incompleto Adopta un sistema de coordenadas cartesianas inadecuado Aplica la segunda ley de Newton para cada componente de manera incorrecta, pero coherente con el sistema de coord. adoptado No indica la fuerza resultante | Construye correctamente el DCL del sistema Adopta un sistema de coordenadas cartesianas en las direcciones radial y tangencial Aplica la segunda ley de Newton para cada componente, si bien puede considerar ausencia de aceleración centrípeta Indica la fuerza resultante | Construye correctamente el DCL del sistema Adopta un sistema de coordenadas cartesianas en las direcciones radial y tangencial Aplica correctamente la segunda ley de Newton para cada componente Indica acertadamente la fuerza resultante |
| | No construye la gráfica de la fuerza resultante en función del tiempo para un MAS | Construye una gráfica incorrecta de la fuerza resultante en función del tiempo para un MAS | Construye una gráfica de la fuerza resultante en función del tiempo sólo para un ciclo para un MAS | Construye una gráfica de la fuerza resultante en función del tiempo para más de un ciclo. Además, ubica en la gráfica las posiciones extremas y de equilibrio para un MAS |
| | No caracteriza el movimiento ante la presencia de fricción | Caracteriza al movimiento ante la presencia de fricción como “Oscilatorio periódico” u “Oscilatorio no amortiguado”. | Caracteriza al movimiento ante la presencia de fricción como “Oscilatorio periódico amortiguado” | Caracteriza al movimiento ante la presencia de fricción como “Oscilatorio no periódico amortiguado” |
| | No reconoce tiempos que corresponden a fracciones de período en la | Reconoce tiempos que corresponden sólo a una de las fracciones de período en la | Reconoce tiempos que corresponden a dos de las fracciones de período en la | Reconoce tiempos que corresponden a fracciones de período en la |

| | | | | |
|--------------------------------------|--|--|--|--|
| | <p>gráfica $F = F(t)$ de un MAS</p> <p>No describe el movimiento desde un enfoque asociado a Dinámica</p> | <p>gráfica $F = F(t)$ de un MAS</p> <p>Describe el MOA de forma inconsistente, producto del análisis de un mov. con velocidad y/o aceleración etc. Indica la presencia de algún medio (aire, viento) como causa del frenado del sistema</p> | <p>gráfica $F = F(t)$ de un MAS</p> <p>Describe el MOA de manera ambigua, interpretando la amortiguación en función de experiencias cotidianas. Incluye algunos términos propios del lenguaje científico</p> | <p>gráfica $F = F(t)$ de un MAS</p> <p>Describe el MOA como un sistema oscilatorio real. Expresa ideas en las que interrelaciona conceptos básicos. Menciona de forma explícita a la fuerza de rozamiento</p> |
| Energía (3, 4 y 8) | <p>No diferencia las formas de energía mecánica en un MAS en las posiciones extremas y en la de equilibrio</p> <p>Considera más de una opción entre las que no incluye la correcta “su energía potencial es máxima en los puntos donde la aceleración (en módulo) es máxima”</p> <p>No considera que la energía mecánica permanece constante en un MAS</p> | <p>Confunde las formas de energía mecánica en un MAS, o las indica sin diferenciarlas</p> <p>Considera -de manera incorrecta- que en un MAS “su energía total es constante y, por tanto, no depende de las condiciones iniciales</p> <p>Considera a la energía mecánica junto a otra/s magnitud/es física/s que no permanece/n constante/s en un MAS</p> | <p>Diferencia las formas de energía mecánica en un MAS. Justifica el análisis a través del uso de ecuaciones</p> <p>Considera -de manera incorrecta - que en un MAS “su energía total es constante y, por tanto, no depende de las condiciones iniciales”, junto a otras opciones que incluyen la correcta sobre la relación de la energía potencial y el módulo de la aceleración (máxima en ambos casos)</p> <p>Considera que la energía mecánica y la energía cinética más la potencial permanecen constantes en un MAS</p> | <p>Diferencia las formas de energía mecánica en un MAS. Enuncia hipótesis. Aplica ecuaciones y/o esquemas</p> <p>Sólo considera que en un MAS “su energía potencial es máxima en los puntos donde la aceleración (en módulo) es máxima”</p> <p>Considera que la energía mecánica permanece constante en un MAS</p> |
| Conservación (2, 3, 4, 5 y 8) | <p>No identifica la fuerza resultante en un MAS, por lo que no responde a la consigna solicitada</p> <p>No recurre a la conservación de energía mecánica</p> | <p>Indica un comportamiento no periódico de la fuerza resultante en un MAS</p> <p>Recurre a la conservación de energía mecánica</p> | <p>Indica un comportamiento periódico de la fuerza resultante limitado sólo a un ciclo en un MAS</p> <p>Recurre a la conservación de energía mecánica</p> | <p>Indica un comportamiento periódico de la fuerza resultante en un MAS para varios ciclos</p> <p>Recurre a la conservación de energía mecánica</p> |

| | | | | |
|--|--|---|--|---|
| | <p>para indicar sus formas en un MAS para las posiciones extremas y en la de equilibrio</p> <p>No puede identificar la relación entre la conservación de la energía mecánica y la dependencia de las condiciones iniciales de un MAS</p> <p>Selecciona cualquier opción incorrecta para identificar el tiempo de un ciclo de un MO que es periódico</p> <p>No considera la conservación de la energía mecánica en un MAS</p> | <p>para indicar sus formas en un MAS, pero de manera incorrecta</p> <p>Identifica la conservación de la energía mecánica pero no la dependencia de las condiciones iniciales de un MAS. Las asocia a varias magnitudes físicas que no son constantes</p> <p>Elige “frecuencia” para identificar el tiempo de un ciclo de un MO que es periódico</p> <p>Considera la conservación de la energía mecánica junto a la de otra/s magnitud/es física/s que no se conservan en un MAS</p> | <p>para indicar sus formas en un MAS. Justifica el análisis a través del uso de ecuaciones</p> <p>Identifica la conservación de la energía mecánica pero no la dependencia de las condiciones iniciales de un MAS.</p> <p>Selecciona “período” junto a otra magnitud física para identificar el tiempo de un ciclo de un MO que es periódico</p> <p>Considera la conservación de la energía mecánica y de la energía cinética más la potencial en un MAS</p> | <p>para indicar sus formas en un MAS. Enuncia hipótesis. Aplica ecuaciones y/o esquemas</p> <p>Identifica la conservación de la energía mecánica junto a la dependencia de las condiciones iniciales de un MAS</p> <p>Selecciona sólo “período” para identificar el tiempo de un ciclo de un MO que es periódico</p> <p>Considera sólo la conservación de la energía mecánica en un MAS</p> |
| <p>No Conservación (9 y 12)</p> | <p>No puede identificar la influencia de la fricción en un MOA sobre la disminución de la amplitud y el cambio del tiempo de una oscilación respecto al período de las oscilaciones libres</p> <p>No analiza un sistema real con la introducción del rozamiento - como MOA - en términos de no</p> | <p>Identifica de forma incorrecta la influencia de la fricción en un MOA sobre la disminución de la amplitud y el cambio del tiempo de una oscilación respecto al período de las oscilaciones libres al considerarlo como “Oscilatorio periódico”; u “Oscilatorio no amortiguado”</p> <p>Analiza un sistema real con la introducción del rozamiento - como MOA en términos de no conservación</p> | <p>Identifica de forma incorrecta la influencia de la fricción en un MOA sobre la disminución de la amplitud y el cambio del tiempo de una oscilación respecto al período de las oscilaciones libres al considerarlo como “Oscilatorio periódico amortiguado” (o cuasiperiódico)</p> <p>Analiza un sistema real con la introducción del rozamiento - como MOA en términos de la no</p> | <p>Identifica de forma correcta la influencia de la fricción en un MOA sobre la disminución de la amplitud y el cambio del tiempo de una oscilación respecto al período de las oscilaciones libres al considerarlo como “Oscilatorio no periódico amortiguado”</p> <p>Analiza un sistema real con la introducción del rozamiento - como MOA - a partir de la no conservación</p> |

| | | | | |
|--|-------------------------------------|--|---|--|
| | conservación de la energía mecánica | de la energía mecánica de manera inconsistente | conservación de la energía mecánica de manera ambigua, si bien percibe la disminución de la amplitud. | de la energía mecánica junto a la disminución de la amplitud, y frente a la conservación de la energía en el MAS |
|--|-------------------------------------|--|---|--|

Las zonas descritas permitieron construir los PC de los estudiantes en tres momentos de la investigación:

- Perfil Conceptual Inicial, PCI, antes de la intervención didáctica;
- Perfil Conceptual con Laboratorios Virtuales de Aprendizaje, PCLVA, inmediatamente después de las actividades didácticas con los applets; y
- Perfil Conceptual Final, PCF, al finalizar las actividades sobre MO.

La meta fue evaluar las bondades en la reconstrucción de conocimientos por parte de los estudiantes participantes de la intervención didáctica a implementar a partir de la evolución - o no - de sus zonas de PC con relación al estudio de los MO. Dichas zonas permitieron identificar también los nombrados como Perfiles Conceptuales Relativos a la metacognición Inicial, PCRI y Final, PCRF, los cuales se explican en el próximo ítem.

5.4. Sobre los Perfiles Conceptuales Relativos

En esta investigación consideramos importante incluir las variables metacognitivas como *predictores* en la capacidad para controlar la comprensión por parte de los alumnos (Trowbridge y Mac Dermott, 1981), y en función de ellas analizar la seguridad de los mismos al completar la tarea asignada. Se incorporó, entonces, como novedad lo que hemos denominado *Perfiles Conceptuales Relativos a la Metacognición, PCR*, tanto antes de la intervención didáctica – llamados *iniciales*, PCRI – como posteriores a la misma – *finales*, PCRF –.

Representar la zona de PC a la que pertenece cada sujeto – primera dimensión –, en función del grado de confianza en un gráfico – segunda dimensión – permitiría analizar no sólo el tipo de evolución en su nivel de comprensión, sino también en su confianza al responder el cuestionario.

Si bien la inclusión de la confianza ya fue presentada en otras investigaciones, en ninguna de las mismas se indagó este aspecto en profundidad. García Barneto y Bolívar Raya (2008) sólo efectuaron una comparación entre los grados de confianza antes y después de una intervención didáctica mediada por TIC. Benegas y col. (2010), haciendo uso de una escala tipo Lickert con 4 niveles – muy baja, alguna, bastante y mucha –, se mostraron interesados “en conocer el grado de seguridad que los estudiantes tenían en sus respuestas, comparando esta confianza con la adecuación de la respuesta” (p. 15).

Cabe aclarar que sólo se van a trabajar los PCR antes y después de la intervención didáctica mediada por TIC, y por ello no se incluyeron preguntas sobre el grado de confianza en la guía de actividades con los LVA tal como se efectuó en el cuestionario sobre MO implementado antes y después de las actividades con los LVA.

Desde el punto de vista metacognitivo, la diferencia entre los PCI y PCF versus el PCLVA en el uso de los PCR se debe a la existencia de dos situaciones diferentes; en consecuencia, no se pueden comparar.

En las respuestas al cuestionario los alumnos tuvieron que hacer uso exclusivo de sus abstracciones donde podían *ayudarse* con cálculos auxiliares, en un entorno estático propio de las imágenes impresas en papel, y con respuestas que involucraban un determinado tiempo en su ejecución y comunicación. En cambio, en el uso de las TIC, y en particular los LVA, la *pantalla* les ofreció una colaboración en un contexto dinámico, con respuestas rápidas y la simultaneidad de una información presentada para varias magnitudes físicas - imágenes; valores numéricos, etc. -, favoreciendo una participación activa y el desarrollo de habilidades comunicativas y de razonamiento de orden superior (Mestre, 2001). Es decir, las TIC permitieron la activación, ejecución y comunicación de los conocimientos cognitivos y metacognitivos de forma simultánea. Por ello en esta instancia se van a identificar las zonas de los PCLVA y los aspectos metacognitivos revelados en los informes escritos, que se analizarán a través del *Ciclo de análisis metacognitivo* desarrollado en el Capítulo 3. Metodología.

5.5. Cierre del capítulo

Analizar la influencia de las TIC en el aprendizaje del MO implica poder evaluar los procesos cognitivos y metacognitivos que “ponen en juego” los alumnos cuando interactúan con las herramientas digitales. En este contexto resultó primordial el diseño y elaboración de la Matriz Epistemológica en tanto herramienta que permitió constituir las zonas de PC sobre Movimiento Oscilatorio; las que, a su vez, posibilitan el diagnóstico y análisis sobre los procesos de aprendizaje.

Así, las zonas de PC construidas a través de la Matriz Epistemológica se utilizaron para indagar sobre los progresos en las conceptualizaciones de los alumnos sobre MAS y MOA ya que los PCI dieron cuenta de sus conocimientos previos; los PCLVA informaron sobre la apropiación de los contenidos sobre tales movimientos debida a las acciones mediadas por los LVA; y los PCF refieren a los conocimientos que asimilaron luego de haber finalizado la intervención didáctica mediada por TIC.

También se incorporaron los aspectos metacognitivos, a través de nuevos instrumentos como los PCRI y PCRf construidos a partir de los valores de grado de confianza explicitados por los estudiantes en las respuestas dadas al cuestionario que se usó como pre y pos test en función de las zonas del PC correspondiente. Con relación a los aspectos metacognitivos involucrados en los PCLVA, los mismos fueron tenidos en cuenta en los informes de las actividades con estos laboratorios virtuales y analizados a través del *Ciclo de análisis metacognitivo*.

En el próximo capítulo se aborda en profundidad en el análisis de los PC mencionados, a fin de describir la evolución de las ideas sobre MO en los estudiantes como consecuencia de los procesos de enseñanza y aprendizaje. Asimismo, dichos PC se constituyeron en un instrumento de análisis del proceso de generación de nuevos significados considerando las relaciones entre las formas de pensar y los modos de comunicación.

CAPÍTULO 6

ANÁLISIS DE LOS PERFILES CONCEPTUALES

6.1. Introducción

En este capítulo se describen y analizan los distintos PC de los estudiantes asociados a las diferentes actividades didácticas. En particular, se presentan los PCI y PCRI a fin de detectar los conocimientos previos que disponen los alumnos sobre MO. Posteriormente, se estudian los perfiles relacionados con las actividades mediadas por las TIC, y finalmente, los PCF y PCRf, contruidos a partir de las respuestas dadas al cuestionario implementado como postest.

La noción de PC constituye una herramienta relevante para investigar acerca de la evolución de los conocimientos sobre el MAS y el MOA en los estudiantes, debido a la diversidad de significados que ellos pueden tener de un mismo concepto como consecuencia del proceso de enseñanza (Coutinho y col., 2007). Es en este contexto donde el aprendizaje de conceptos y procesos sobre MO es entendido a partir de

“1) el enriquecimiento de los perfiles conceptuales y b) la toma de consciencia de la multiplicidad de modos de pensar que constituyen un perfil y los contextos en los cuales estos modos de pensar y los significados que se les asignan pueden ser aplicados de modo apropiado, es decir, pragmáticamente poderosos” (Pedreros, 2013, p. 125).

Una nueva herramienta que resultó de esta investigación son los denominados Perfiles Conceptuales Relativos a la Metacognición (PCR) que incluyen el grado de confianza explicitado por los estudiantes al comunicar los resultados relacionados con conceptos y procesos sobre MO. También se presentan como novedad las *Transiciones*. Esta herramienta fue creada con el fin de ampliar la noción de PC de Mortimer, dado que permitió analizar la influencia de una intervención didáctica en el marco del proceso cognitivo al contrastar dos zonas pertenecientes a dos PC provenientes de dos actividades didácticas diferentes.

Cabe aclarar que se analizaron las evoluciones de 38 alumnos, dado que fueron los que participaron de todas las actividades didácticas.

6.2. Perfil Conceptual Inicial (PCI)

El análisis de la información correspondiente a las respuestas dadas por los estudiantes al cuestionario implementado como pretest, atendiendo a las cuatro zonas definidas mediante la Matriz Epistemológica, permitió construir el PCI sobre MO. La contrastación de dichas zonas con el grado de confianza posibilitó la confección del PCRI.

Para clasificar a los estudiantes de acuerdo a las características de cada zona, se empleó el análisis estadístico multivariado de conglomerados. En particular se empleó el clúster jerárquico; el procesamiento de caso se hizo a través del método de Ward; en la Matriz de proximidades se empleó la distancia euclídea al cuadrado; y se obtuvo el dendograma mostrado en la Figura 56. La información obtenida permitió identificar los estudiantes pertenecientes a las distintas zonas e inferir, además, los tipos de similitudes entre las 4 zonas de acuerdo a la distancia arrojada por el tratamiento de datos entre las barras verticales. Así, la menor distancia entre la zona 3 Racionalismo Clásico y la zona 4 Racionalismo Sistémico, indica una mayor similitud entre ellas. Análogamente, se evidencia una mayor similitud entre la zona 1 Realismo Ingenuo y la zona 2 Realismo Interpretativo, si bien la distancia es mayor a la de las zonas 3 y 4.

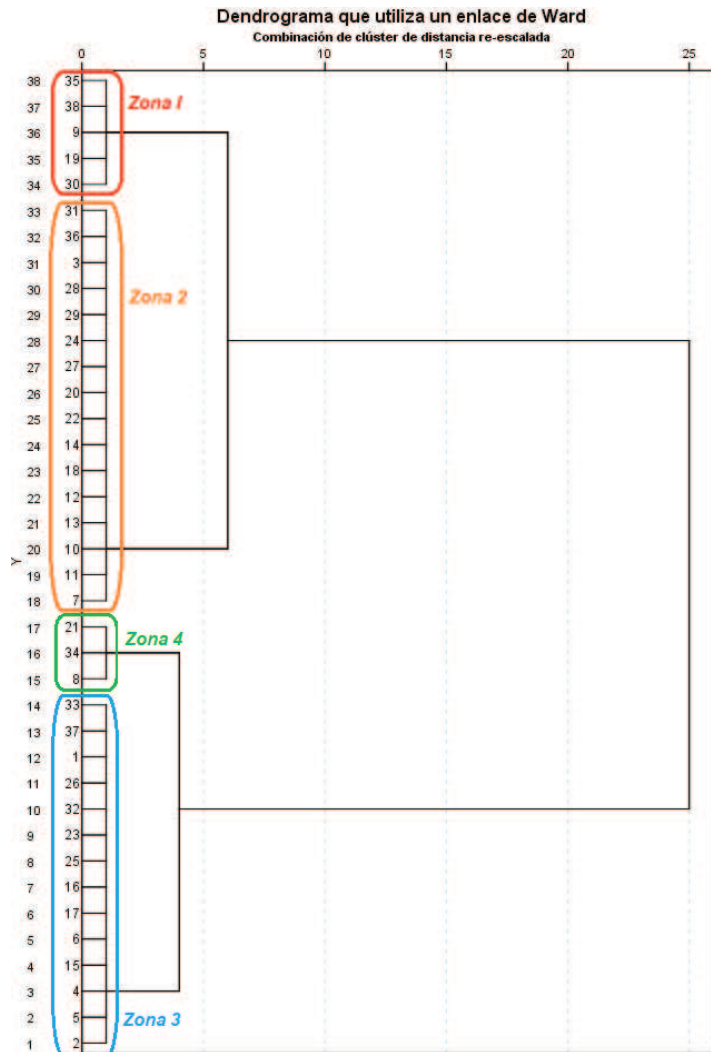


Figura 56. Dendrograma que muestra los alumnos que pertenecen a cada zona de PCI y las distancias entre zonas de PC

El diagrama de barras, en la parte superior de la Figura 57, muestra la cantidad de estudiantes de acuerdo a la zona de PCI a la cual pertenecen, mientras que en la parte inferior se identifican los alumnos que conforman cada zona - según el código numérico que le fue asignado -.

Así, en relación a los conocimientos previos sobre MO, de acuerdo al diagrama de barras se puede inferir que el 44,7% (17/38) de los alumnos se encontró dentro de las zonas 3 y 4 que corresponden a Racionalismos, si bien sólo el 7,9% (3/38) se encontró en la zona 4 Racionalismo Sistemico. Por otro lado, el 55,3% (21/38), que perteneció a las zonas 1 y 2, no manifestó solidez conceptual al abordar las diferentes situaciones sobre MO, y en el 13,2% (5/38) estas carencias fueron muy significativas.

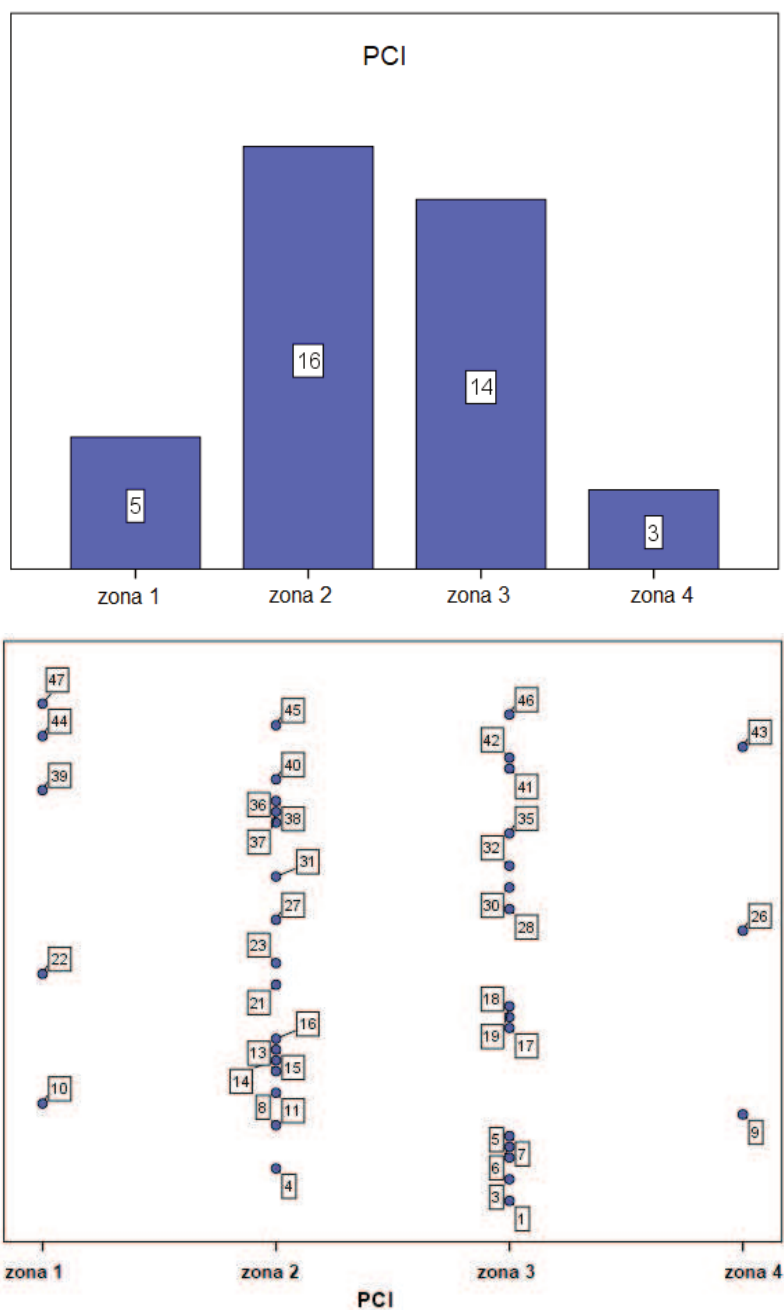


Figura 57. Diagrama de las zonas de PCI (arriba) -
Alumnos que conforman cada zona de PCI (abajo)

El análisis de las zonas de PCI en función de cada una de las seis categorías de análisis permitió evaluar de forma más detallada cuáles y cómo fueron los conocimientos previos sobre MO. La distribución de los alumnos por zona de PCI, atendiendo a cada categoría, se indica en la Tabla 15.

Tabla 15. Cantidad de alumnos por zona de PCI según las seis categorías de análisis

| Categoría | Zona del PCI | | | | |
|-------------------|--------------|--------|--------|--------|---------|
| | Zona 1 | Zona 2 | Zona 3 | Zona 4 | Totales |
| Conceptos Básicos | 4 | 10 | 19 | 5 | 38 |
| Cinemática | 2 | 13 | 13 | 10 | 38 |
| Dinámica | 7 | 22 | 9 | 0 | 38 |
| Energía | 12 | 18 | 8 | 0 | 38 |
| Conservación | 5 | 15 | 17 | 1 | 38 |
| No Conservación | 3 | 18 | 10 | 7 | 38 |

Esta información permitió deducir que el desarrollo cognitivo de los conceptos y procesos relacionados con este tipo de movimiento puede darse de manera diferenciada. Por ejemplo, si se analizan los desempeños de dos alumnos en particular - identificados como 6 y 47 en la Figura 57 –.

Para el alumno número 6, en la Figura 58 se observa que sus conocimientos previos se ubicaron en la zona 2 Realismo Interpretativo para Energía, Conceptos Básicos y Conservación. Por otro lado, presentó saberes dentro de los coherentes con la Mecánica Clásica tanto en Dinámica y Cinemática, si bien éstos corresponden a la zona 3 Racionalismo Clásico; en el caso de la categoría No Conservación se observó que este estudiante disponía de una visión interrelacionada entre conceptos relevantes correspondiente a la zona 4 Racionalismo Sistémico.

Por su parte, en la misma figura se puede observar que los conocimientos previos del alumno identificado como 47 presentaron características propias del Realismo Ingenuo, zona 1. Por lo tanto, aún no había logrado conformar una estructura cognitiva coherente sobre conceptos y procesos de la Mecánica Clásica asociados al MO.

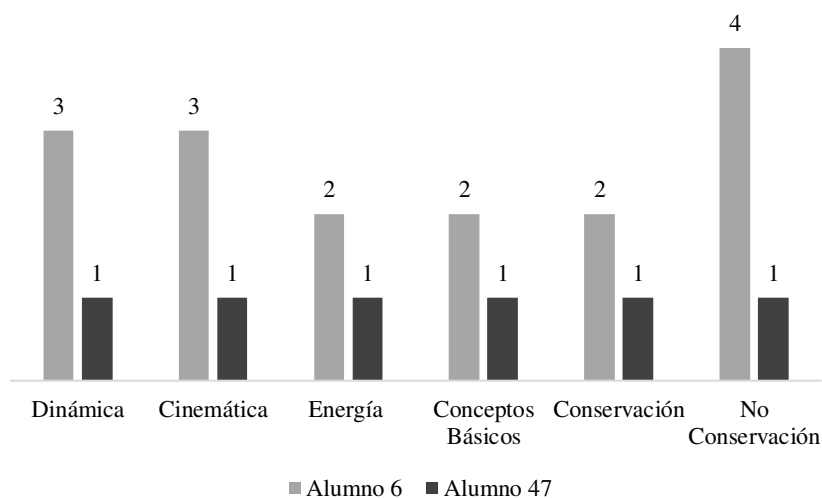


Figura 58. Zonas de PCI por categoría para los alumnos 6 y 47

Por otra parte, del análisis de la distribución de alumnos de acuerdo a la zona de PCI a la que pertenecen, Tabla 15, se deduce que, previo a la intervención didáctica los conocimientos más utilizados por ellos pertenecieron a la zona 2 Realismo Interpretativo en Dinámica, Energía y No Conservación, y a la zona 3 Racionalismo Clásico en Conceptos Básicos y Conservación. En particular, en la categoría Conceptos Básicos se encontró que los estudiantes identificaron al período como el tiempo empleado por un péndulo simple en completar un ciclo en un MAS y su constancia; si bien todavía no lograron relacionarlo con las magnitudes físicas que influyen en el mismo. En el análisis de los procesos relacionados con la categoría Conservación se observó que para indicar las formas de energía en un MAS al cambiar la posición del sistema en estudio los estudiantes recurrieron a la conservación de energía mecánica.

Asimismo, se encontró que los alumnos disponían de muy pocos conocimientos propios de la zona 4 Racionalismo Sistemico los cuales se asociaron a Cinemática, seguido por No conservación, Conceptos Básicos y Conservación, destacándose la ausencia de los relacionados con Dinámica y Energía.

Producto de este análisis, se desprende que a pesar de que los estudiantes indagados se encontraban cursando Física I en la segunda parte del ciclo lectivo y habiéndose abordado los contenidos de Mecánica Clásica de la partícula y del sólido rígido en su totalidad en la primera parte del cursado, un número importante de alumnos no había desarrollado aún los subsunores necesarios para el proceso de anclaje de nueva información sobre MO. En consecuencia, se señala que los nuevos conocimientos referidos al MAS y MOA - ideas, conceptos y proposiciones – podrían no incorporarse de manera significativa en la estructura cognitiva de estos estudiantes derivando un aprendizaje memorístico y con menor estabilidad cognitiva.

6.3. Perfil Conceptual Relativo Inicial (PCRI)

Considerar los aspectos metacognitivos que pusieron en juego los estudiantes durante la ejecución del pretest, a través de indicar el grado de confianza en sus respuestas, permitió

elaborar un nuevo instrumento: el PCRI; el cual posibilitó disponer de mayor información acerca de la reconstrucción de los conocimientos sobre MAS y MOA.

Específicamente, al representar para cada estudiante el grado de confianza en función de las zonas de PCI – Figura 59 – se pudo analizar para cada uno de ellos el nivel de seguridad respecto de las ideas, conceptos y proposiciones que puso en juego en sus respuestas a las consignas del pretest. El grado de confianza para cada una de las categorías de análisis se obtuvo como producto de la media de las correspondientes preguntas del cuestionario, porque se detectó que, para cada alumno en particular, no hubo diferencias significativas en los puntajes declarados. Como ejemplo, el alumno 44, incluido en la zona 1 Realismo Ingenuo, indicó un grado de confianza inicial (G de CI) en sus respuestas de 2 puntos. Es decir, presentó conocimientos que correspondían a ideas intuitivas que no le permitieron explicar el fenómeno físico analizado; a un pensamiento de sentido común, asociado a una realidad sensorial inmediata y a una visión aristotélica del movimiento. Por lo tanto, resultó acorde que explicité muy baja seguridad en lo que elabora y comunica sobre MO lo cual se reflejó en el bajo grado de confianza correspondiente.

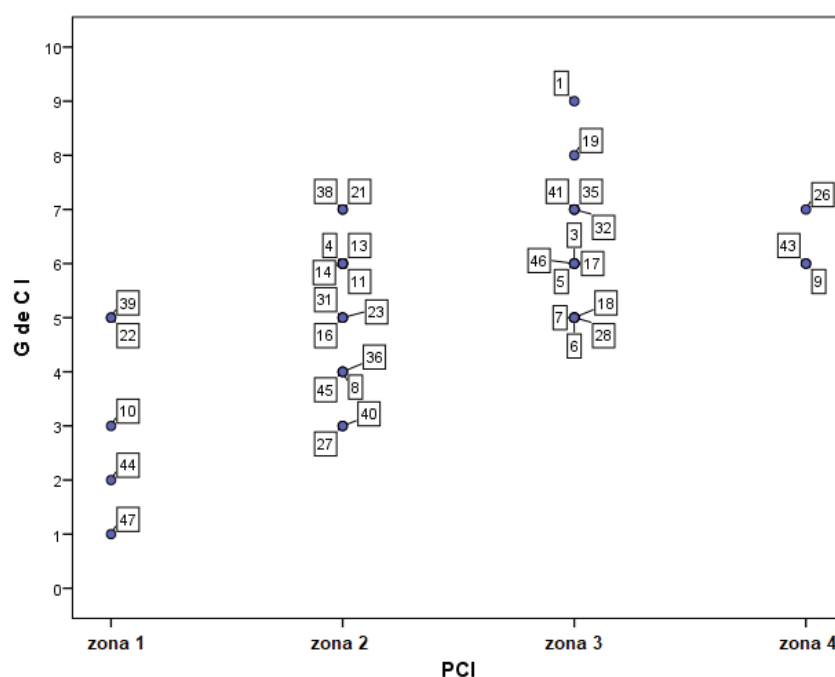


Figura 59. El grado de confianza en función de las zonas de PCI permite inferir el PCRI

Una situación diferente se observa para el estudiante identificado como 26 dado que, al pertenecer a la zona 4 Racionalismo Sistemico y además indicar un grado de confianza de 7 puntos, se puede inferir que manejó tanto los aspectos cognitivos como metacognitivos relacionados con el estudio del MO.

En el caso del alumno cuyo código numérico es 1, se observa que, si bien se encontró dentro de la zona 3 Racionalismo Clásico, estuvo muy seguro de la elaboración y comunicación de sus respuestas al indicar un G de CI de 9 puntos.

Cabe destacar que los integrantes de la zona 1 Realismo Ingenuo presentaron un rango de confianza entre 1 y 5 puntos, mientras que para la zona 2 Realismo Interpretativo dichos valores se encontraron entre 3 y 7 puntos. Por otra parte, en los estudiantes pertenecientes a la zona 3 Racionalismo Clásico se registró una confianza entre 5 y 9 puntos, y en los de la zona 4 Racionalismo Sistemico entre 6 y 7 puntos. Por lo tanto, el PCRI estaría denotando que existe en los alumnos una relación entre la pertenencia a determinada zona de PCI y la confianza depositada en la elaboración y comunicación de las respuestas al pretest.

También se puede obtener el PCRI para cada una de las seis categorías de análisis que se han definido. En la Figura 60 se muestra el correspondiente a la categoría Conservación.

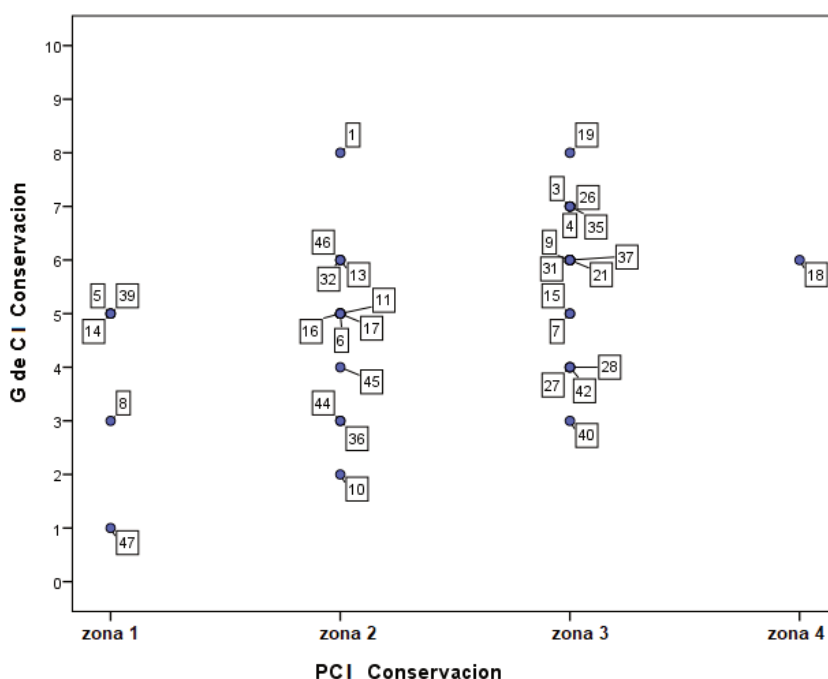


Figura 60. Perfil Conceptual Relativo Inicial para la categoría Conservación

Sólo se registró un estudiante en la zona 4 para la categoría Conservación con una confianza de 6 puntos. Los resultados obtenidos para las categorías restantes denotaron que Cinemática; No Conservación y Conceptos Básicos fueron las que presentaron mayor cantidad de estudiantes en la zona 4, si bien sus G de CI están comprendidos entre 7 y 10; 3 y 8; y 6 y 9 puntos, respectivamente. Para las categorías Dinámica y Energía, la zona de mayor nivel cognitivo fue Racionalismo Clásico, con un G de CI entre 4 y 9, y 4 y 7 puntos, respectivamente.

Este análisis también puede extenderse para cada estudiante. En la Figura 61 se presentan los resultados correspondientes a los estudiantes identificados como 6 y 47.

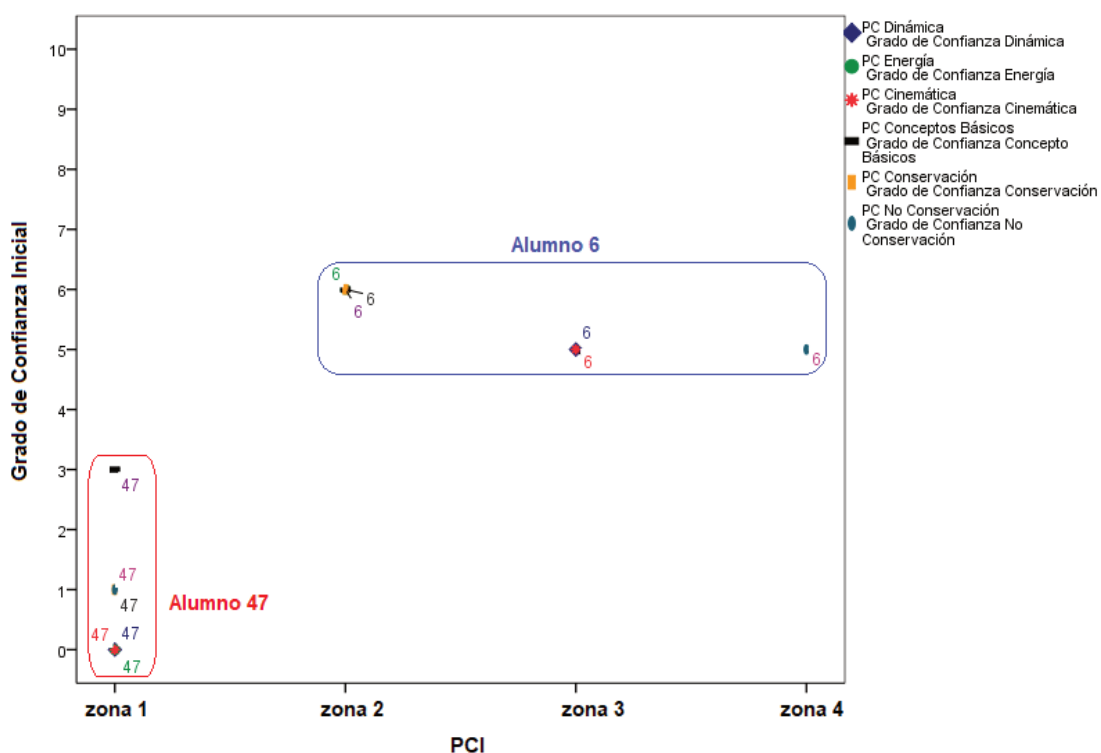


Figura 61. PCRI por categorías de análisis para los alumnos 6 y 47.

De este modo, se observa claramente que los conocimientos del alumno 47 se ubicaron dentro de la zona 1 Realismo Ingenuo en las seis categorías de análisis, y su grado de confianza fue muy bajo - rango comprendido 0 y 3 puntos -. Se deduce que no sólo carecía de conocimientos científicos sobre el MO, sino que además no estuvo seguro de los mismos. Mientras que los conocimientos del estudiante 6 correspondieron a la zona 2 Realismo Interpretativo en las categorías Conceptos Básicos, Energía, y Conservación; zona 3 Racionalismo Clásico en Cinemática y Dinámica; y zona 4 Racionalismo

Sistémico en No Conservación; junto a un grado de confianza, comprendido entre 5 y 6. Es decir, aunque algunos de sus saberes aún correspondían a la zona 2, se inició en la intervención didáctica sobre el MAS y el MOA con una confianza media moderada.

6.4. Perfiles Conceptuales en Laboratorios Virtuales de Aprendizaje (PCLVA)

Como se expresó en el Capítulo 3. Metodología, durante la primera clase sobre MO se desarrollaron diversas actividades mediadas por un sistema de adquisición de datos en tiempo real – identificada como etapa de *Iniciación* -. Las mismas tuvieron un carácter introductorio y se propició la participación de los alumnos a través de preguntas para estimular el cuestionamiento e intercambio de ideas y la reflexión sobre sistemas que describen movimientos oscilatorios armónico simple y amortiguado, haciendo énfasis primero en un análisis desde un enfoque energético, y a continuación desde los enfoques dinámico y cinemático.

Luego de esta instancia, todos los estudiantes participaron de las actividades previstas en el cursado de la asignatura: clases de teoría, clases de problemas y desarrollo de un trabajo práctico sobre péndulo simple.

Respecto de los LVA, correspondientes a la etapa de *Aplicación*, las actividades se orientaron a fin de lograr una participación activa de estos alumnos en la gestión de sus conocimientos sobre MO. Tomando como referencia la Teoría Sociocultural, los LVA pueden considerarse como *instrumentos psicológicos* que ayudan al estudiante a establecer una especie de *control* sobre su actividad cognitiva y metacognitiva mediante la manipulación consciente e interactiva de signos, símbolos, textos, fórmulas, gráficos, que se visualizan en la *pantalla* de los simuladores. Es decir, se considera que el applet actúa como una herramienta tanto cognitiva como metacognitiva - o *mindtools* -, con las cuales los estudiantes ponen en juego aspectos conceptuales, procedimentales y actitudinales durante la resolución de actividades sobre MO, planificando y controlando su progreso personal a través de una interacción mediada con, y por, la tecnología.

En particular, la ejecución de las actividades a través de los LVA, involucraron la incorporación de los siguientes contenidos con relación a las seis categorías de análisis:

- a. Conceptos Básicos: además de que los estudiantes fueran capaces de reconocer el período de oscilación de un MAS, se esperó que ellos interpreten y diferencien conceptos tales como frecuencia del movimiento; amplitud; frecuencia angular e identifiquen las magnitudes físicas que influyen en el período de los péndulos simple y de resorte.
- b. Cinemática: se incorporó el concepto de periodicidad de la posición; velocidad y aceleración en un MAS; junto a la posibilidad de analizar en simultáneo la variación temporal de las tres magnitudes físicas de modo tal de propiciar que no se estudien de forma separada e inconexa. Aunque no se haya explicitado en las actividades de la guía del TP, con el simulador *Spring – Mass SHM* se puede vincular el MAS con el MCU e indagar de manera simultánea la velocidad tangencial y la aceleración radial.
- c. Dinámica: si bien los applets no hacen uso de las herramientas básicas para construir un DCL, a partir de los mismos se puede deducir la periodicidad de la fuerza neta en la dirección del movimiento. Para un péndulo dado, se observa claramente que cuando el sistema pasa por la posición de equilibrio, la velocidad tangencial es máxima y la aceleración tangencial es nula y, por lo tanto, que la componente de la fuerza resultante en dicha dirección también es nula. Con el simulador *Damped* también se pueden visibilizar las dos fuerzas actuantes en un MOA: la de restitución del resorte, y la de la fricción – proporcional a la velocidad; o fricción seca -.
- d. Energía de un MAS: se busca analizar la dependencia de la energía mecánica de las condiciones iniciales. Debe recordarse que, debido a la situación de *tópico – comentario* presente en la pregunta 4 del pretest, los alumnos se confundieron en la interpretación de dicha consigna dado que las condiciones iniciales sí influyen en la energía mecánica de un péndulo simple. Asimismo, se orientó a analizar la periodicidad de las energías cinética y potencial, para poner en evidencia que la igualdad de ambas formas de energías no se presenta en la mitad entre una de las posiciones extremas y la de equilibrio, concepción derivada de una presunción basada en un comportamiento lineal.
- e. Conservación en un MAS: se aprovechó la posibilidad de trabajar en condiciones ideales, ausencia de rozamiento, con el fin de que los estudiantes reconozcan como característica fundamental de este tipo de movimiento que, tanto el período de oscilación como la amplitud y la energía mecánica permanecen constantes.
- f. No Conservación: se planteó todo lo contrario a la categoría anterior. Incluir el trabajo de una fuerza no conservativa como la de rozamiento permitió que los estudiantes reconozcan que un MOA se caracteriza por la disminución de la amplitud y de la energía

mecánica en función del tiempo y el aumento del tiempo de una oscilación, respecto a la situación sin rozamiento. Además, que se trata del comportamiento de un sistema real.

Los cuatro simuladores seleccionados para esta intervención didáctica, por otro lado, permitieron trabajar los contenidos asociados a más de una categoría de análisis. Las categorías de análisis, los conceptos sobre MO, y los applets empleados se indican en la Tabla 16.

Tabla 16. Categorías de análisis y conceptos sobre MO que se abordaron con LVA

| Categoría de análisis | Conceptos sobre MO | Applets |
|------------------------------|---|--|
| Conceptos Básicos | Período; frecuencia del movimiento; amplitud; frecuencia angular; elongación | Springpendulum_es Pendulum_es |
| Cinemática | Posición; velocidad; aceleración en función del tiempo Relación entre el MCU y el MAS Caracterización de la periodicidad y análisis de gráficas de las tres variables cinemáticas en función del tiempo en el MAS, que en los applets se visualizan en simultáneo | Springpendulum_es Pendulum_es SpringSHM |
| Dinámica | Periodicidad de la fuerza neta en la dirección del movimiento para MAS Relación entre el MCU y el MAS para la componente radial de la Fuerza Fuerzas presentes en un MOA | Springpendulum_es Pendulum_es SpringSHM Damped Ocillations |
| Energía | Energía cinética, energía potencial, energía mecánica, relaciones en el MAS asociado a la periodicidad Cálculo de ambas formas en un caso particular – donde ambas son iguales - | Springpendulum_es Pendulum_es |
| Conservación | Procesos conservativos (asociados al MAS): Conservación del periodo de oscilación y de la energía mecánica Amplitud constante en el tiempo | Springpendulum_es Pendulum_es SpringSHM Damped Ocillations |
| No conservación | Procesos no conservativos (asociados al MOA) Disminución de la amplitud en función del tiempo – en forma exponencial – y de la energía mecánica Aumento del tiempo de oscilación | Damped Ocillations |

El análisis de los textos escritos en los informes correspondientes a las actividades experimentales con LVA permitió obtener los siguientes resultados para las zonas de PCLVA -Figura 62 (arriba) - y en función del código del alumno – Figura 62 (abajo) -.

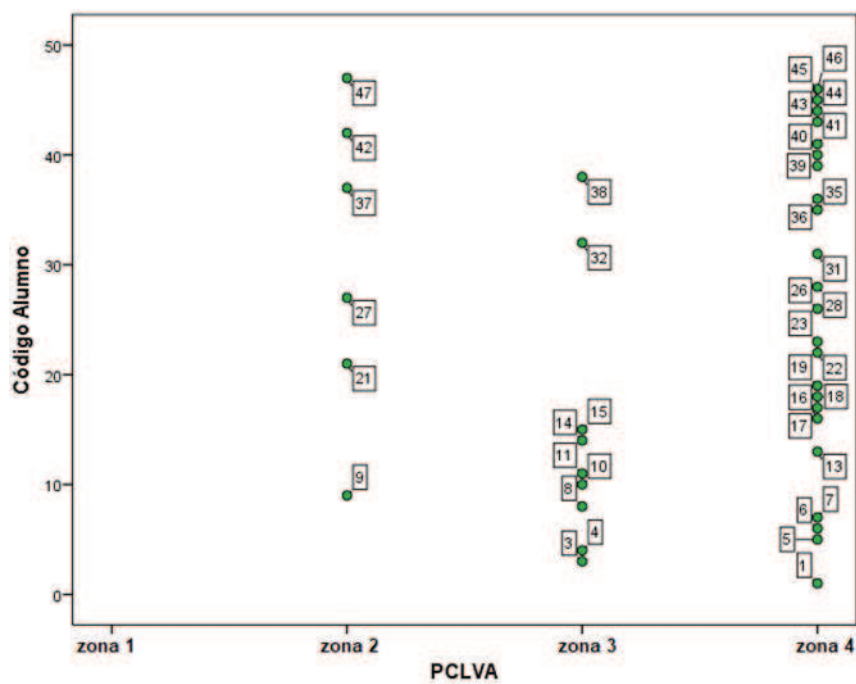
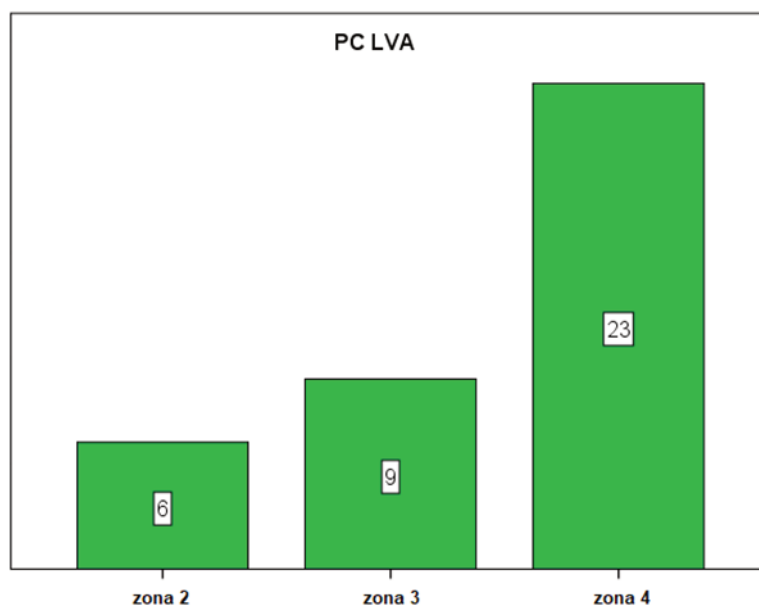


Figura 62. Zonas de PCLVA por código del alumno

A partir del análisis de los informes sobre las actividades efectuadas por los estudiantes con los LVA se encontró que:

- ya no se registraron estudiantes en la zona 1 Realismo Ingenuo
- solo 6 alumnos – identificados como 9, 21; 27; 37, 42 y 47 – se ubicaron en la zona 2 Realismo Interpretativo, es decir que aún no habían ingresado a las zonas de mayor poder explicativo sobre MO.

- los 32 estudiantes restantes se distribuyeron en las zonas correspondientes a los Racionalismos: 9 de ellos en la zona 3 Racionalismo Clásico y 23 en la zona 4 Racionalismo Sistemico.

Para las 6 categorías de análisis, la distribución de alumnos en cada una de las cuatro zonas de PCLVA se muestra en la Tabla 17. Frente a los resultados hallados para el PCI - indicados en la Tabla 15 -, se evidencian avances hacia las dos zonas de mayores niveles cognitivos. Con excepción de la categoría No Conservación, donde prevalece la zona 3 Racionalismo Clásico, en las demás categorías predomina la zona 4 Racionalismo Sistemico; y sólo en Dinámica la zona 2 Realismo Interpretativo supera a la zona 3 Racionalismo Clásico.

Tabla 17. Distribución de números de estudiantes por zonas de PCLVA

| Categorías | Zonas del PCLVA | | | | Totales |
|-------------------|-----------------|--------|--------|--------|---------|
| | Zona 1 | Zona 2 | Zona 3 | Zona 4 | |
| Conceptos Básicos | 0 | 0 | 9 | 29 | 38 |
| Cinemática | 0 | 0 | 10 | 28 | 38 |
| Dinámica | 0 | 9 | 6 | 23 | 38 |
| Energía | 0 | 0 | 17 | 21 | 38 |
| Conservación | 0 | 5 | 8 | 25 | 38 |
| No Conservación | 0 | 10 | 24 | 4 | 38 |

De todos modos, al registrarse estudiantes en la zona 2 Realismo Interpretativo, queda claro que, algunos de ellos todavía no habían logrado reconstruir sus conocimientos sobre Dinámica, No Conservación y en menor cantidad sobre Conservación.

A continuación, se presentan algunos casos representativos como ejemplos, en los que el análisis permitió definir la zona de PCLVA a la cual pertenecieron los estudiantes participantes, divididos en 13 grupos de trabajo, según el estudio de los informes elaborados de acuerdo a la categoría de análisis considerada.

El grupo conformado por los alumnos identificados como 9; 21; 27 y 37, en la actividad 1 apartado d. de la guía, en la que se utilizó el simulador de péndulo de resorte, Anexo IV, que demandó trabajar en términos de energía, indicó en el informe las posiciones instantáneas en donde se dan los valores máximos y mínimos de las energías cinética y potencial, estableciendo una correspondencia entre ambas energías de manera explícita

entre el punto de equilibrio y la amplitud, Figura 63. Cabe aclarar que deberían haber consignado módulo del desplazamiento máximo, que en un MAS se denomina amplitud, y no módulo máximo de amplitud.

d-

| Tipo de energía Mecánica | Valor máximo | Valor mínimo |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Cinetica | Punto de equilibrio | Módulo máximo de amplitud |
| Potencial | Módulo máximo de amplitud | Punto de equilibrio |

Como la energía mecánica se conserva y:

$$E_m = E_c + E_p$$

Cuando ambas energías sean iguales:

$$E_c = E_p = E_m/2 \rightarrow E_c = E_{cmax}/2 \rightarrow E_p = E_{pmax}/2$$

Figura 63. Producción de los alumnos 9; 21; 27 y 37 sobre Energía en un péndulo de resorte

Por otro lado, si bien consignaron que la energía mecánica se conserva y a partir de esa premisa propusieron una relación muy básica entre las energías cinética y potencial, no lograron elaborar una relación que les permita conocer la posición en la cual ambas formas de energía se igualan y de esa manera poder comprobar el resultado numérico que aparece en la *pantalla*. Por ello, en la categoría de análisis Energía estos estudiantes se incluyeron en la zona 3 Racionalismo Clásico.

En la producción del grupo integrado por los alumnos 22 y 23, y para Conceptos Básicos, se observó que ellos se encontraban en la zona 4 Racionalismo Sistémico, Figura 64, dado que no sólo definieron el periodo para un péndulo simple, sino que además lo extendieron para una onda mecánica. Cabe aclarar que, en Física I, tal contenido se aborda posteriormente a aquellos que corresponden al MO, no obstante, cabe recordar que la mayoría de los estudiantes que participaron del estudio eran egresados de escuelas técnicas. También dedujeron la frecuencia de una oscilación y la frecuencia angular, y establecieron relaciones entre las magnitudes físicas involucradas para dicho péndulo.

Desarrollo:

- a- El periodo de oscilación es el mínimo lapso que separa dos instantes en los que el sistema se encuentra exactamente en el mismo estado: mismas posiciones, mismas velocidades, mismas amplitudes. Así, el periodo de oscilación de una onda es el tiempo empleado por la misma en completar una longitud de onda. El periodo (T) es inverso a la frecuencia: $T = \frac{1}{f} = \frac{2\pi}{\omega}$ donde f es la frecuencia y ω la frecuencia angular. Pero en este caso, el programa logro obtener este periodo, despejando de la formula de frecuencia angular $\omega^2 = \frac{g}{L}$ donde g es la aceleración de la gravedad y L la longitud de la cuerda. Quedando así la ecuación $T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$.

Figura 64. Producción de los alumnos 22 y 23 sobre Conceptos Básicos en un péndulo simple

Además, corroboraron los valores que informa el programa de la simulación a través de la aplicación de las expresiones matemáticas del período de oscilación tanto para un péndulo a resorte como para un péndulo simple, Figura 65.

a. El primer dato que se calcula/observa en las simulaciones es el periodo debido a que es el dato que caracteriza particularmente al movimiento armónico simple (MAS) y lo diferencia entre los otros movimientos oscilatorios a medida que se observa la diferencia entre sus periodos.

El periodo de una oscilación u onda (T) es el tiempo transcurrido entre dos puntos equivalentes de la onda. Es el mínimo lapso que separa dos instantes en los que el sistema se encuentra exactamente en el mismo estado: mismas posiciones, mismas velocidades, mismas amplitudes. Así, el periodo de oscilación de una onda es el tiempo empleado por la misma en completar una longitud de onda.

En el caso de la simulación **Springpendulum_es**, al saber la constante elástica (K) y la masa del cuerpo (m), con la fórmula de periodo en movimiento armónico simple, el programa calculo el mismo:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}}$$

DATOS OFRECIDOS POR EL PROGRAMA

| | | |
|-----------------------------|--------|------------------|
| Constante Elástica: | 20.0 | N/m |
| Masa: | 5.00 | kg |
| Aceleración de la Gravedad: | 9.81 | m/s ² |
| Amplitud: | 0.0500 | m |

CÁLCULO DE PERIODO:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{K}} ; T = 2\pi \sqrt{\frac{5.00 \text{ Kg}}{20.0 \text{ N/m}}} = 3.14 \text{ s}$$

PERIODO CALCULADO POR EL PROGRAMA

Período de Oscilación: 3.14 s

Para la simulación **Pendulum_es**, al saber la longitud y la gravedad, se calculó la frecuencia angular (w), para un péndulo simple con amplitud pequeña, mediante la fórmula:

$$w = \sqrt{\frac{g}{L}}$$

DATOS OFRECIDOS POR EL PROGRAMA

| | | |
|-----------------------------|-------|------------------|
| Longitud: | 5.000 | m |
| Aceleración de la Gravedad: | 9.81 | m/s ² |
| Masa: | 5.000 | kg |
| Amplitud: | 10.0 | ° |

CÁLCULO DE LA FRECUENCIA ANGULAR:

$$w = \sqrt{\frac{g}{L}} ; w = \sqrt{\frac{9.81 \text{ m/s}^2}{5 \text{ m}}} = 1.40 \text{ 1/s}$$

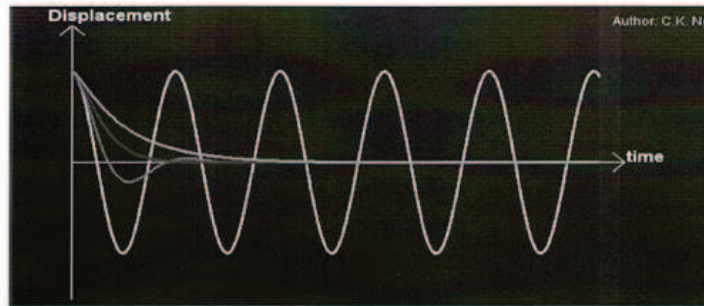
Con la frecuencia angular obtenida, se pudo calcular el periodo mediante la fórmula:

$$T = \frac{2\pi}{w}$$

Figura 65. Continuación de la producción de los alumnos 22 y 23 sobre Conceptos Básicos

Respecto a las actividades con el programa *Damped Oscillations*, en el informe elaborado por el grupo conformado por los estudiantes identificados como 11, 15 y 38 se evidenció que sus expresiones sobre MAS – Figura 66, Undamped (a) – correspondieron a la zona 3 Racionalismo Clásico en la categoría Conservación. Estos estudiantes analizaron adecuadamente dicho tipo de movimiento en base a sus características locales; pero cuando comunicaron la presencia de una “baja amortiguación”, queda claro que sus expresiones en el texto “...el resorte “absorbe” el movimiento del cuerpo...”, relativas a No Conservación corresponden a la zona 2 Realismo Interpretativo.

3)

Damping force prop to velocity

El simulador nos arroja la anterior gráfica, hay que tener en cuenta que:

La línea amarilla hace referencia a Undamped (a), la verde a UnderDamped (b), la roja a Criticallydamped (c) y la azul a overdamped (d).

Las simulaciones se realizaron con los mismos valores de masa, constante elástica, amplitud y velocidad inicial.

- a) Podemos observar en la línea amarilla, correspondiente al movimiento no amortiguado, como el bloque sigue el mismo patrón de tiempo/desplazamiento, simulando una función similar a la del Coseno de un Angulo. La grafica podría seguir oscilando de tal modo indefinidamente ya que no se amortigua el movimiento, por lo tanto, sigue un movimiento armónico. Si el sistema considerara rozamiento, al cabo de un tiempo se detendría. Aquí hay un MAS
- b) En la línea verde, la cual hace referencia a una baja amortiguación, el resorte "absorbe" el movimiento del cuerpo y lo detiene.

Figura 66. Expresiones de los alumnos 11, 15 y 38 en la simulación con el applet *Damped Oscillations*

6.5. Análisis de los procesos cognitivos y metacognitivos en el informe de los LVA

El análisis interpretativo textual de la producción escrita consignada en los informes de los LVA se realizó en base a la herramienta denominada *Ciclo de análisis metacognitivo* – Figura 30, capítulo 3 Metodología -. Teniendo en cuenta los informes elaborados por

los estudiantes para cada una de las actividades diseñadas en la guía de LVA, se obtuvieron distintos resultados para cada grupo de estudiantes. En particular, para el conformado por los alumnos 22 y 23 – Tabla 18 -, se observa que efectuaron la mayoría de las actividades propuestas con los applets – al menos una vez -. La excepción se dio en la indicada como 1.d, la cual tenía como objetivo superar la posible tendencia de considerar un comportamiento lineal en el análisis de la evolución de la Energía Mecánica para ambos péndulos; en particular, para la obtención de las posiciones instantáneas donde las dos formas de energías son iguales, junto a su justificación con los datos hallados de elongación; velocidad; aceleración, y fuerza. En la Tabla 18 se muestra una síntesis del análisis efectuado.

Tabla 18. Etapas del ciclo metacognitivo para las actividades con los applets para los alumnos 22 y 23

| Integrantes del grupo | Actividad | Applet | Etapas del ciclo metacognitivo | Observaciones |
|-----------------------|--------------|----------------------------------|--------------------------------|--|
| 22 - 23 | 1.a | Pendulum_es Springpendulum_es | a – b – c -d | Realizan todas las actividades mediante los applets y comprueban las magnitudes físicas correspondientes |
| | 1.b | | a – b – c -d | |
| | 1.c | | a – b – c -d | |
| | 1.d | | a – b | Expresan los valores donde se igualan las dos energías, y lo comprueban mediante un cálculo explícito. |
| | 2 | SpringSHM | a – b – c -d | Analizan adecuadamente las tres gráficas que se presentan de manera simultánea posición, velocidad y aceleración. No comparan el péndulo de resorte con el MCU |
| | 3.a | Damped Pendulum | a – b – c -d | Analizan correctamente la evolución de la amplitud en el MOA, pero no logran identificar lo que sucede con el aumento del tiempo de una oscilación. |
| 3.b | a – b – c -d | | | |

De acuerdo a las actividades efectuadas con los LVA, identificadas como 1.a; 1.b; 1.c; 1.d; 2; 3.a; y 3.b, la cantidad de etapas llevadas a cabo según el ciclo de análisis completo para los 13 grupos se presentan en la Figura 67. Cabe aclarar que uno de los grupos no realizó la actividad 3.b.

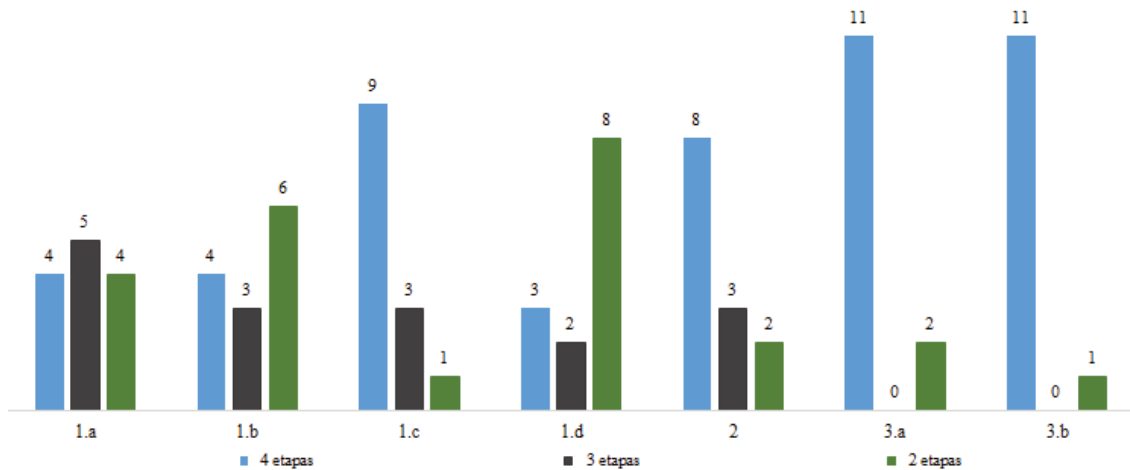


Figura 67. Distribución de números de grupos que completaron 4, 3 y 2 etapas del ciclo de análisis en función de las actividades con los LVA

Se distingue que las cuatro etapas fueron completadas por la amplia mayoría de los grupos en el estudio del movimiento oscilatorio amortiguado con el programa *Damped Oscillations*, seguido por el análisis de los valores máximos y mínimos de elongación; velocidad, aceleración, fuerza y energía con los programas *pendulum_es* y *springpendulum_es*; y el estudio de la Cinemática desde un punto de vista integral para un péndulo de resorte con el simulador *SpringSHM*. Por otra parte, sólo cinco grupos completaron dos fases en las acciones con los simuladores de péndulo simple y de resorte, al analizar la evolución de la Energía y el cálculo y la justificación de las posiciones instantáneas donde se igualan las energías cinética y potencial; y tres grupos en la obtención y justificación de los valores máximos de las cinco magnitudes físicas de acuerdo a las condiciones iniciales.

Otros aspectos que se observaron en relación a las producciones de los estudiantes que integraron las dos zonas de PCLVA de mayor poder explicativo – los Racionalismos Clásico, y sobre todo el Sistémico – son los siguientes:

- * hicieron uso de relaciones formales y/o explicaciones para comprobar los resultados obtenidos con las simulaciones;
- * presentaron en el informe una mayor cantidad de imágenes. Por ello, y como resultado del desarrollo cognitivo sobre MO, se considera que se enriqueció la manera de presentar la información que aparece en la *pantalla*;
- * también presentaron más información en formato de tablas, lo cual indicó mayor nivel de organización y jerarquización en la comunicación de sus actividades.

Vale aclarar que al no encontrarse alumnos en la zona 1 Realismo Ingenuo, se podría inferir que el uso de las TIC, en primera instancia, favoreció el desarrollo cognitivo, porque el sólo hecho de haber desarrollado las distintas actividades con los LVA implicó que los estudiantes, al menos, debieron leer e interpretar las consignas, establecer hipótesis, poner en juego sus conocimientos y comunicar información. Asimismo, se advirtió que las TIC en tanto medio de expresión, promovieron el uso de diferentes tipos de lenguajes, el simbólico de la matemática, el gráfico, el tabular y el específico de la Física asociado al MO. Se considera que el espacio abierto de posibilidades que brindó el uso de dichos recursos, que cada grupo precisó a su manera, favoreció la iniciativa y una comunicación multimedial y multidimensional mediado por la presencia de una *pantalla* al abordar cada una de las actividades propuestas basadas en una interacción sistémica entre el contexto humano y uno mediado por la tecnología, como la expresada en la Figura 16 correspondiente al *Capítulo 3. Metodología*.

6.6. Perfiles Conceptuales finales (PCF)

Con el objetivo puesto en la indagación sobre los conocimientos logrados sobre MO luego de haber finalizado la intervención didáctica mediada por las TIC, se procedió a analizar las respuestas del cuestionario, en este caso, como posttest. Como producto de este nuevo análisis resultó la siguiente distribución de estudiantes de acuerdo a la zona de PCF a la que pertenecen, Figura 68. Se observa que ya no se registran estudiantes en la zona 1 Realismo Ingenuo; se inscriben 7 en la zona 2 Realismo Interpretativo; 18 en la zona 3 Racionalismo Clásico; y 13 en la zona 4 Racionalismo Sistémico. Comparando con las zonas de PCI – conformadas por 5; 16; 14 y 3 alumnos respectivamente -, es evidente el avance en los conocimientos científicos sobre el MO. En particular, se pasó del 44,7% al 81,6% en las zonas Racionalismos; zonas a las cuales corresponden los mayores niveles cognitivos.

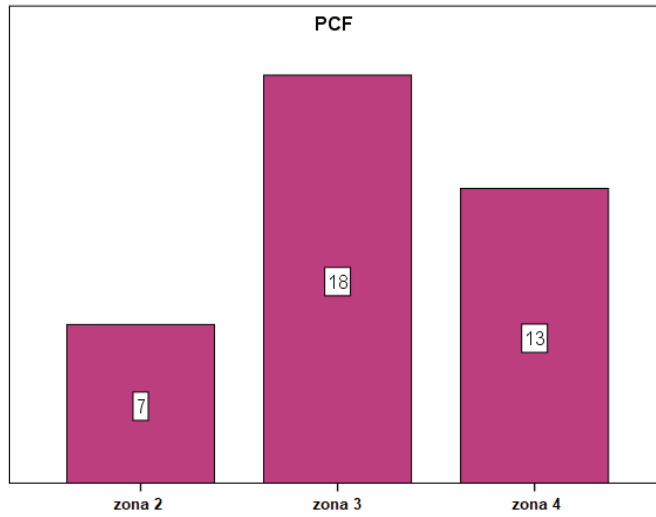


Figura 68. Distribución de números de estudiantes de acuerdo a la zona de PCF

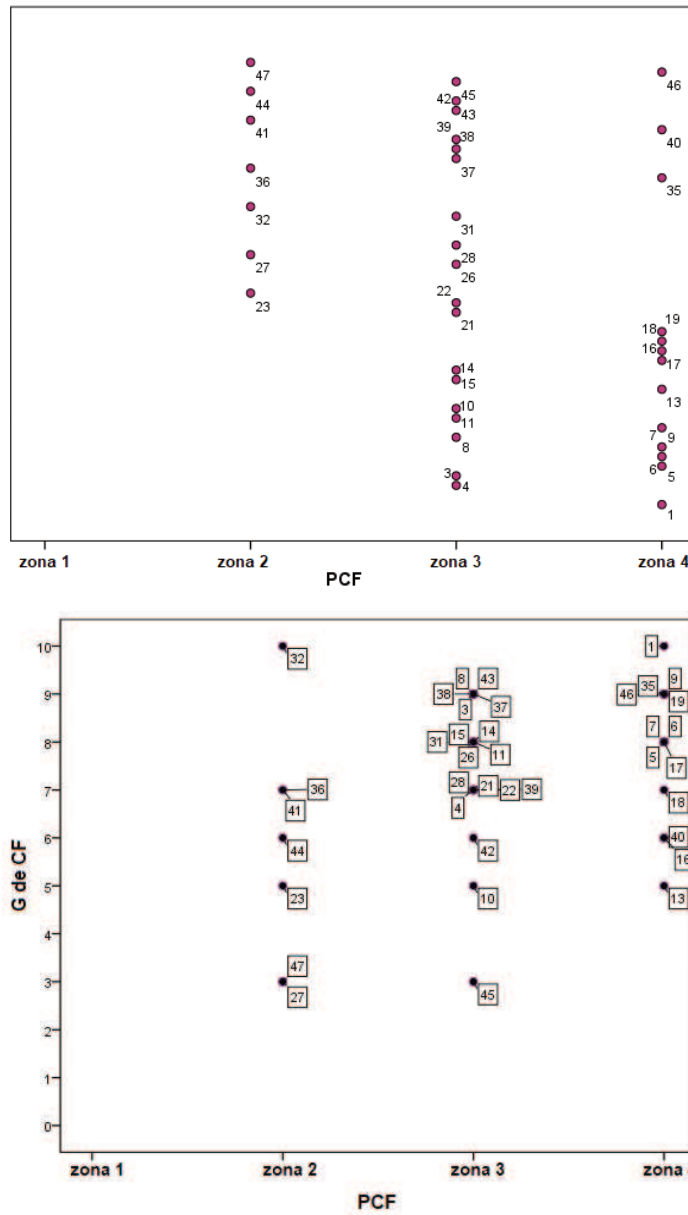


Figura 69. Alumnos individuales según la zona del PCF (arriba) y PCRf (abajo)

Siguiendo el mismo tratamiento que el efectuado para los PCI en la Figura 70 se presentan las zonas de PCF (arriba) y de PCRF (abajo) en función del código del alumno. Por ejemplo, el identificado como 22 se ubica dentro de la zona 3 Racionalismo Clásico, y con un grado de confianza de 7 puntos. Cabe destacar que tal alumno en el PCI se ubicaba dentro de la zona 1 Realismo Ingenuo y con un grado de confianza de 5 puntos, mientras que en el PCLVA evolucionó a la zona 4 Racionalismo Sistemico.

Tal como se mencionó anteriormente, el seguimiento de las zonas de PC a la que perteneció cada alumno de manera individual al finalizar cada etapa de la intervención didáctica permitió conocer la evolución de sus conocimientos sobre MAS y MOA; como consecuencia del proceso de enseñanza.

Para las seis categorías de análisis, la distribución de alumnos por zona del PCF arrojó los resultados que se muestran en la Tabla 19.

Tabla 19. Distribución de números de alumnos en las zonas del PCF para las seis categorías de análisis

| Categorías | Zonas del PCF | | | | |
|-------------------|----------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
| | Zona 1 | Zona 2 | Zona 3 | Zona 4 | Totales |
| Conceptos Básicos | 1 | 1 | 32 | 4 | 38 |
| Cinemática | 1 | 9 | 13 | 15 | 38 |
| Dinámica | 2 | 18 | 16 | 2 | 38 |
| Energía | 3 | 21 | 10 | 4 | 38 |
| Conservación | 0 | 10 | 23 | 5 | 38 |
| No Conservación | 3 | 14 | 13 | 8 | 38 |

Donde se evidencia que al finalizar la intervención didáctica:

- muy pocos alumnos se ubicaron en la zona 1 Realismo Ingenuo, excepto en la categoría Conservación en la que no se registraron casos;
- prevaleció la zona 2 Realismo Interpretativo en Dinámica, Energía y No Conservación;
- la zona 3 Racionalismo Clásico predominó en Conceptos Básicos y Conservación; y
- finalmente, la zona 4 Racionalismo Sistemico se destaca por el número de alumnos con avances cognitivos en Cinemática. También se señala que los números de alumnos superan a la zona 1 en todas las categorías; con excepción de Dinámica.

Respecto al grado de confianza final (G de CF) de manera individual y que fue calculado de la misma manera que el G de CI, Figura 70, el rango de valores explicitados por los estudiantes y teniendo en cuenta todas las actividades está comprendido entre 3 y 10 puntos. Se destacan la presencia de 18 estudiantes con puntajes de 8 y 9; y 8 con estudiantes 7 puntos.

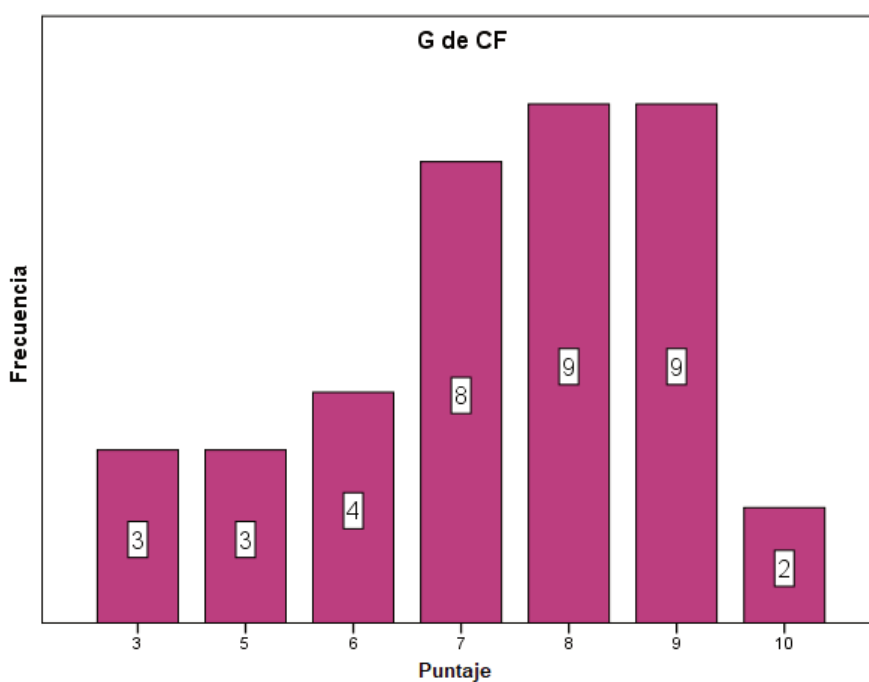


Figura 70. Distribución de números de estudiantes según el puntaje del Grado de Confianza asignado en las actividades relativas al postest

Si se contrastan ambos grados de confianza (en el pre y pos test), se distingue claramente que hubo avances *a posteriori* de la intervención didáctica mediada por las TIC, Figura 71; con excepción de los alumnos identificados como 27; 23; 21 y 41 que mantuvieron su confianza en 3, 5 y 7 puntos, respectivamente; y los estudiantes 45 y 13 en los cuales disminuyó su confianza de 4 a 3 y de 6 a 5 puntos, respectivamente.

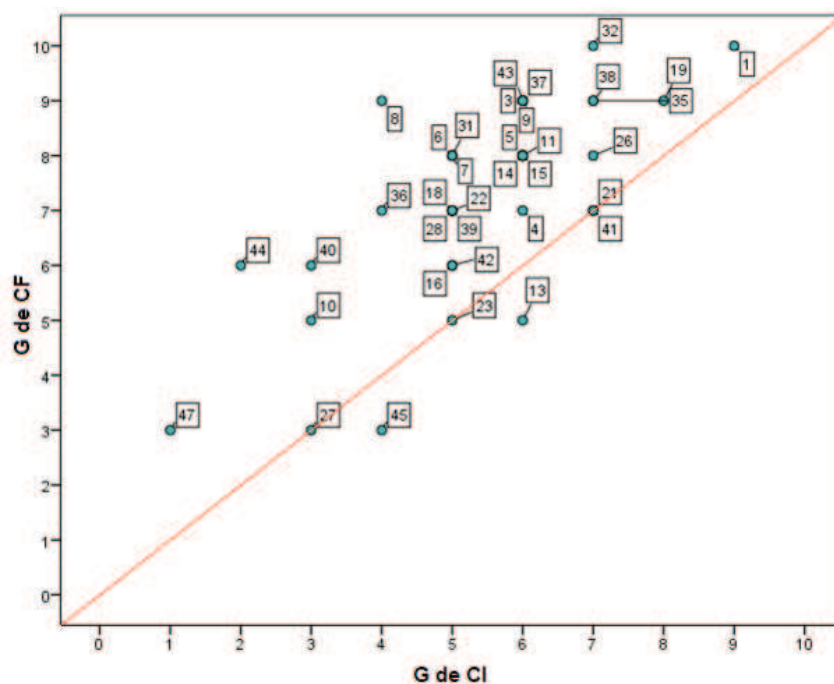


Figura 71. Grado de Confianza Final en función del Grado de Confianza Inicial

A partir de lo encontrado se puede decir, en una primera instancia, que hubo avances de tipo cognitivo y metacognitivo en los estudiantes mediados por la intervención didáctica implementada.

6.7. Análisis inferencial sobre los Perfiles Conceptuales

Luego del análisis descriptivo sobre las zonas de los tres PC estudiados (PCI, PCLVA, PCF), interesa en esta investigación realizar un análisis estadístico inferencial para indagar sobre las correlaciones presentes.

Primero se efectuó el análisis de normalidad a través de la prueba de Kolmogorov - Smirnov para una muestra para los tres PC, Tabla 20. Lo mismo se analizó para los dos grados de confianza (pretest y postest), Tabla 21.

Tabla 20. Prueba de Kolmogorov - Smirnov para una muestra para los tres PC

| Valores estadísticos | | PCI | PCLVA | PCF |
|--|--------------|------|-------|------|
| N | | 38 | 38 | 38 |
| Parámetros normales^{a,b} | Media | 2,39 | 3,42 | 3,16 |

| | | | | |
|---|----------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Desviación estándar | 0,823 | 0,758 | 0,718 |
| Máximas diferencias extremas | Absoluta | 0,237 | 0,356 | 0,245 |
| | Positivo | 0,237 | 0,223 | 0,245 |
| | Negativo | -0,216 | -0,356 | -0,229 |
| Estadístico de prueba | | 0,237 | 0,356 | 0,245 |
| Sig. asintótica (bilateral) | | 0,000 ^c | 0,000 ^c | 0,000 ^c |
| Significación exacta (bilateral) | | 0,023 | 0 | 0,017 |
| Probabilidad en el punto | | 0 | 0 | 0 |

Tabla 21. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra para los dos grados de confianza

| Valores estadísticos | | G de CI | G de CF |
|--|----------------------------|--------------------|--------------------|
| N | | 38 | 38 |
| Parámetros normales^{a,b} | Media | 5,39 | 7,29 |
| | Desviación estándar | 1,603 | 1,829 |
| Máximas diferencias extremas | Absoluta | 0,192 | 0,177 |
| | Positivo | 0,142 | 0,122 |
| | Negativo | -0,192 | -0,177 |
| Estadístico de prueba | | 0,192 | 0,177 |
| Sig. asintótica (bilateral) | | 0,001 ^c | 0,004 ^c |
| Significación exacta (bilateral) | | 0,105 | 0,162 |
| Probabilidad en el punto | | 0,000 | 0,000 |

a. La distribución de prueba es normal.

b. Se calcula a partir de datos.

c. Corrección de significación de Lilliefors.

Los resultados de dicho análisis para el grupo en su totalidad indican que:

- las zonas del PCI se desplazaron hacia las de mayor poder explicativo sobre MO luego de las actividades realizadas con los LVA;
- también se observa que las zonas del PCF son conceptualmente más acordes con la visión científica que las del PCI;
- el PCLVA es ligeramente más adecuado que el PCF.

Respecto al grado de confianza, en el PCRI se obtuvo un valor medio – bajo cuyo promedio fue 5,39. Luego de las intervenciones didácticas, avanzó hasta un valor medio en el PCRF cuya media fue 7,29.

También se realizó un análisis estadístico a fin de averiguar si hubo independencia – o no - entre los PC. Para ello, se emplearon tablas de contingencia donde se compararon las zonas para dos PC a la vez; donde se consideró como nivel de significación un p – valor $\leq 0,05$ (o 95% de probabilidad), y donde se consideró el valor obtenido según el test estadístico exacto de Fisher, para las siguientes hipótesis:

H_0 : existe independencia entre las dos variables

H_1 : no existe independencia entre las dos variables

Los resultados se presentan en la Tabla 22.

Tabla 22. Categorías comparadas de PC, valor de la Prueba exacta de Fisher, nivel de Significación exacta (bilateral), Interpretación, y tipo de dependencia

| Categorías comparadas (zonas del PC) | Prueba exacta de Fisher | Significación exacta (bilateral) | Interpretación | Tipo de dependencia |
|---|--------------------------------|---|-----------------------|----------------------------|
| PCI – PCF | 10,955 | 0,047 | Existe independencia | |
| PCI – PCLVA | 6,275 | 0,341 | Existe independencia | |
| PCLVA – PCF | 13,320 | 0,004 | Existe dependencia | Moderada y significativa |

De acuerdo a los resultados obtenidos, se infiere que:

- al haber independencia entre las zonas del PCI frente a las correspondientes de los PCLVA y PCF, se concluye que las dos últimas actividades (actividades con los LVA y postest) lograron cambiar de manera significativa los conocimientos previos sobre el MO avanzando hacia mayores niveles cognitivos correspondientes a las zonas 3 Racionalismo Clásico y 4 Racionalismo Sistemático.
- La dependencia establecida entre las zonas del PCLVA y del PCF revela que las actividades mediadas por las TIC fueron las que favorecieron el avance de dichos niveles cognitivos. Es decir, las actividades con los LVA influyeron de manera significativa en la conformación del PCF.

Si bien no se tuvieron en cuenta en este trabajo, las otras actividades realizadas en el marco del dictado del MO en la materia Física I ejecutadas principalmente por parte de los alumnos – resolución de problemas y realización de un trabajo práctico tradicional – se encontró que las mismas presentaron tanto dependencia con el PCI como

independencia con los PCVA y PCF. Por ello, se infiere que estas actividades no influyeron significativamente en la intervención sobre MO.

6.8. Transiciones entre los Perfiles Conceptuales

En el capítulo 3 Metodología se definió como Transición al análisis comparativo de dos zonas pertenecientes a pares de PC construidos a partir de dos actividades didácticas diferentes, en este caso entre zonas de los PCI, PCLVA y PCF. Interesa averiguar cómo ha sido este cambio para poder evaluar la influencia de una actividad respecto de la otra en el desarrollo cognitivo logrado. Se efectuó un análisis global entre las zonas de los PC mencionados de los 38 alumnos que han participado de todas las actividades sobre el estudio del MAS y del MOA. La meta fue visibilizar cuáles fueron los tipos de transiciones más destacadas teniendo en cuenta las tres actividades didácticas: pretest, actividades con LVA y posttest – PCI, PCLV y PCF -.

Tabla 23. Transiciones globales: tipos, cantidades y porcentajes

| Transiciones Globales | | |
|------------------------------|-------------------|--------------------|
| Tipos | Cantidades | Porcentajes |
| [1, 1] | 6 | 0,9 |
| [1, 2] | 17 | 2,5 |
| [1, 3] | 21 | 3,1 |
| [1, 4] | 22 | 3,2 |
| [2, 1] | 4 | 0,6 |
| [2, 2] | 65 | 9,5 |
| [2, 3] | 80 | 11,7 |
| [2, 4] | 67 | 9,8 |
| [3, 1] | 7 | 1,0 |
| [3, 2] | 48 | 7,0 |
| [3, 3] | 93 | 13,6 |
| [3, 4] | 73 | 10,7 |
| [4, 1] | 3 | 0,4 |
| [4, 2] | 40 | 5,8 |
| [4, 3] | 89 | 13,0 |
| [4, 4] | 49 | 7,2 |
| Totales | 684 | 100 |

Los resultados más relevantes indican que:

a. Los mayores porcentajes en orden decreciente se dieron en las transiciones de tipos [3, 3] (13,6%); [4, 3] (13,0%); [2, 3] (11,7%); [3, 4] (10,7 %); y [2, 4] (9,8 %). Es decir, los desplazamientos se dieron hacia las zonas de mayor poder explicativo que corresponden a los Racionalismos.

b. Los menores porcentajes se dieron en los tipos [3, 1] (1,0%); [1, 1] (0,9%); [2, 1] (0,6%); y [4, 1], (0,4 %), lo cual denota una baja cantidad de involuciones y específicamente hacia la zona 1 Realismo Ingenuo.

A continuación, se presenta el estudio de las zonas de los PCI, PCLVA y PCF comparándolas de a pares: zonas de PCI con zonas de PCLVA, zonas de PCLVA con zonas de PCF, y zonas de PCI con zonas de PCF.

6.8.1. Comparación entre zonas de Perfil Conceptual Inicial y de Perfil Conceptual en Laboratorios Virtuales de Aprendizaje

La comparación entre las zonas de PCI con las de PCLVA se realiza a partir de los porcentajes obtenidos según los tipos de transiciones entre dos zonas de dichos PC. La misma permite evaluar el impacto de la intervención didáctica mediada por las TIC, Figura 72.

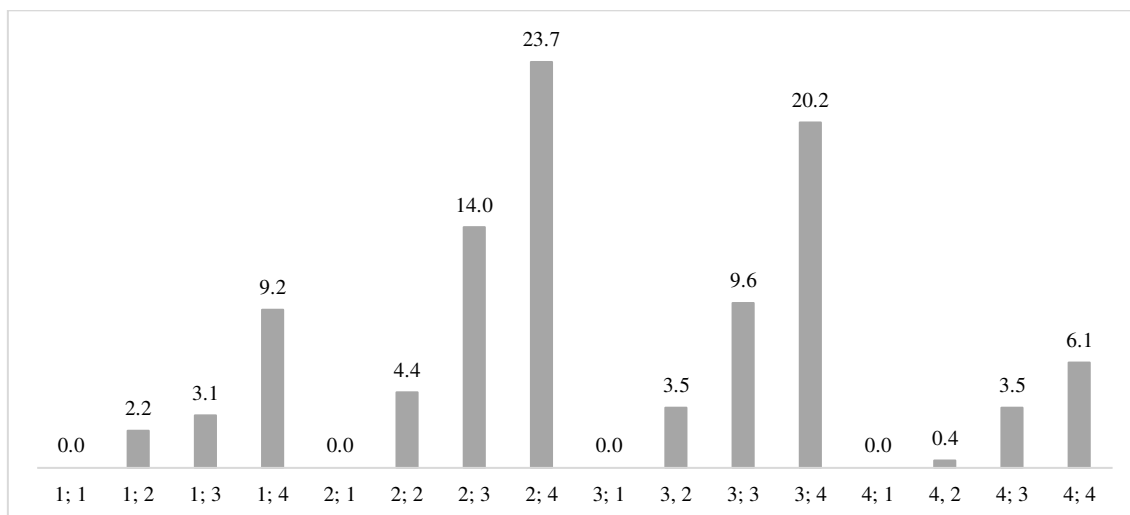


Figura 72. Tipos de Transiciones entre las zonas de los Perfiles Conceptuales Inicial (PCI) y en Laboratorios Virtuales de Aprendizaje (PCLVA), expresadas en porcentajes

Las Transiciones más numerosas fueron de tipos: [2, 4] (23,7%); [3, 4] (20,2%); y [2, 3] (14,0%). Por su parte, no hubo casos en las de tipos [1, 1]; [2, 1]; [3, 1]; y [4, 1]. Así se observa que la intervención didáctica mediada por las TIC ha logrado impactos positivos acerca de los aprendizajes sobre el MAS y el MOA en los estudiantes que participaron en la investigación. Teniendo en cuenta los menores porcentajes, también se evidencia que no se presentaron permanencias e involuciones críticas.

6.8.2. Comparación entre zonas de Perfil Conceptual en Laboratorios Virtuales de Aprendizaje y de Perfil Conceptual Final

Se la interpreta como una *Transición* que evalúa la permanencia de conocimientos sobre MO, que se han puesto en juego al responder el postest, producto principalmente de las actividades con las TIC. Es decir, en esta comparación se contemplan los conocimientos asimilados por los estudiantes con los LVA. Por tal motivo, se la considera como una de las más importantes, debido a que se puede evaluar la influencia de las TIC en el aprendizaje significativo sobre el MAS y el MOA; especialmente cuando están incluidas las zonas correspondientes a los Racionalismos Clásico y Sistémico.

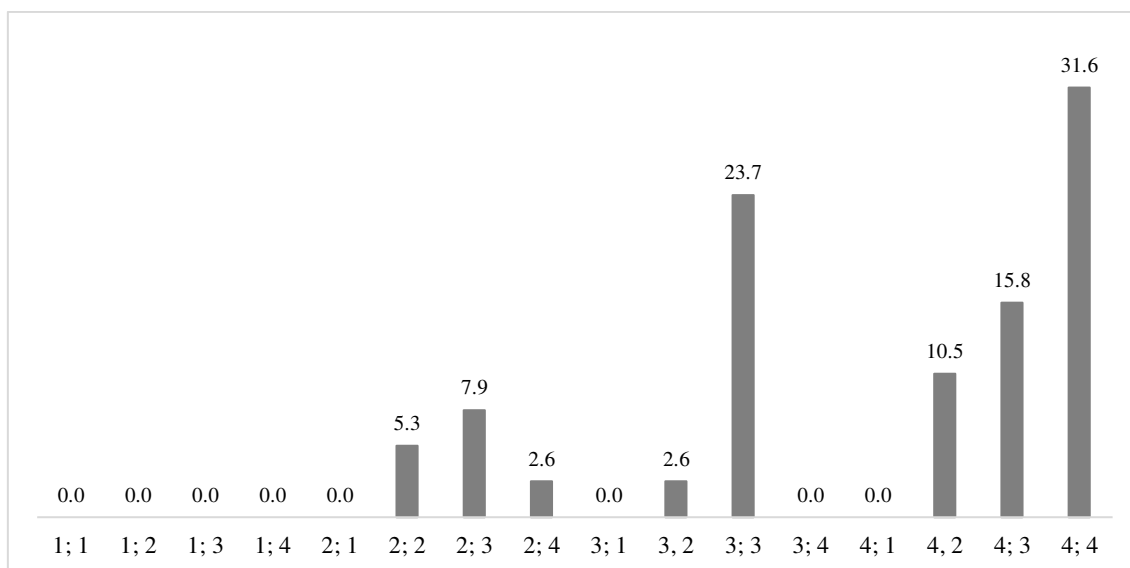


Figura 73. Tipos de Transiciones entre zonas de los Perfiles Conceptuales en los Laboratorios Virtuales de Aprendizaje (PCLV) y Finales (PCF), expresadas en porcentajes

La Figura 73 pone en evidencia que las Transiciones más numerosas resultaron ser de tipos: [4, 4] (31,6%); y [3, 3] (23,7%); mientras que no hubo casos en los tipos [1, 1]; [1, 2]; [1, 3]; [1, 4]; [2, 1]; [3, 1]; [3, 4]; y [4, 1]; y fueron las menores las correspondientes a los tipos [2, 4]; y [3, 2] (2,6 %).

Por lo tanto, se puede mencionar que las actividades con los LVA han sustentado, en líneas generales, un aprendizaje significativo sobre MO, dado que el 31,6% de los estudiantes permaneció en la zona 4 Racionalismo Sistemico y el 23,7% de los mismos en la zona 3 Racionalismo Clásico.

6.8.3. Comparación entre zonas de Perfil Conceptual Inicial y de Perfil Conceptual Final

En la Figura 74 se muestran los resultados de la comparación de las zonas de PC antes y después de la intervención didáctica.

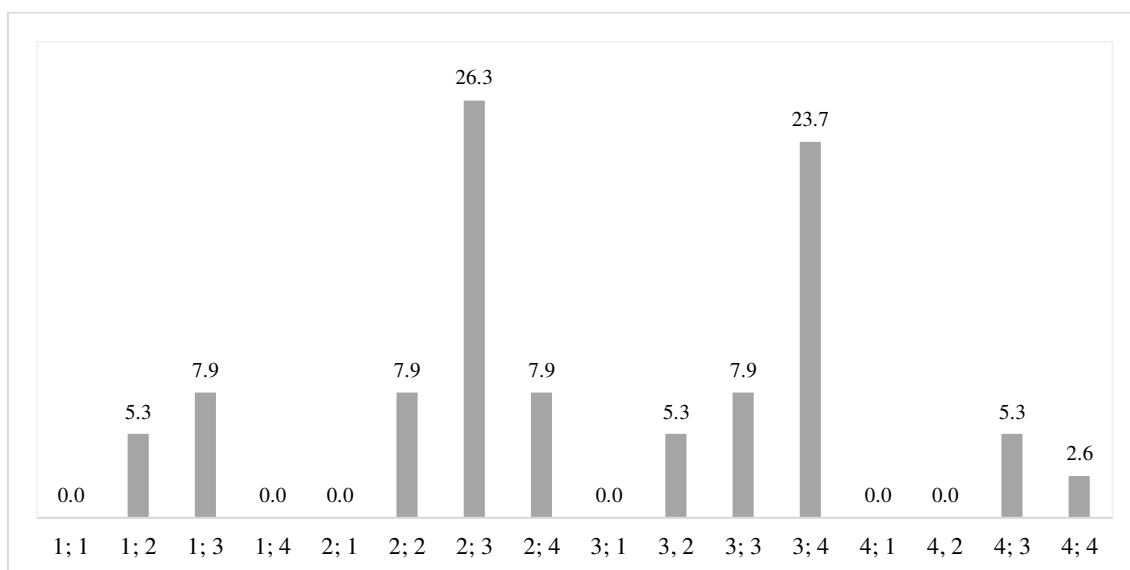


Figura 74. Tipos de Transiciones entre las zonas de los Perfiles Conceptual Inicial (PCI) versus Final (PCF), expresados en porcentajes

Los mayores porcentajes se observaron en las Transiciones de tipos [2, 3] (26,3%) y [3, 4] (23,7%); seguidos de los tipos [1, 3]; [2, 2]; [2, 4]; y [3, 3] (7,9%). No hubo casos en las correspondientes a los tipos [1, 1]; [1, 4]; [2, 1]; [3, 1]; [4, 1]; y [4, 2].

De este modo se evidenció que, los cambios cognitivos producto de la intervención didáctica sobre MO, mediada por las TIC, desde su inicio con la implementación de un cuestionario como pretest hasta su finalización a través de la aplicación del mismo cuestionario como postest, fueron:

* Evoluciones en orden de porcentajes decrecientes desde:

- la zona 2 Realismo Interpretativo a la zona 3 Racionalismo Clásico;
- la zona 3 Racionalismo Clásico a la zona 4 Racionalismo Sistemico;
- la zona 1 Realismo Ingenuo a la zona 3 Racionalismo Clásico;
- la zona 2 Realismo Interpretativo a la zona 4 Racionalismo Sistemico; y

* Permanencias en:

- la zona 2 Realismo Interpretativo; y
- la zona 3 Racionalismo Clásico;

Además, no se registraron:

* Permanencias en la zona 1 Realismo Ingenuo;

* Evoluciones desde la zona 1 Realismo Ingenuo a la zona 4 Racionalismo Sistemico; e

* Involuciones desde:

- la zona 2 Realismo Interpretativo a la zona 1 Realismo Ingenuo;
- la zona 3 Racionalismo Clásico a la zona 1 Realismo Ingenuo;
- la zona 4 Racionalismo Sistemico a la zona 1 Realismo Ingenuo; y
- la zona 4 Racionalismo Sistemico a la zona 2 Realismo Interpretativo.

Finalmente, se aborda el estudio de las transiciones atendiendo a las seis categorías de análisis: Conceptos Básicos; Cinemática; Dinámica; Energía; Conservación; y No Conservación.

6.8.4. Transiciones para las categorías de análisis

Si bien el estudio de las transiciones se efectuó para las seis categorías de análisis sobre conceptos y procesos del MO, debido a su extensión sólo se presentan, en la Tabla 24, los resultados obtenidos para la categoría Conceptos Básicos. En dicha Tabla se incluye el tipo de Transición y la distribución de estudiantes por PC comparados, junto a la cantidad

total de estudiantes por cada tipo de transición y el porcentaje correspondiente. Se destacan con sombreado los tres mayores valores.

Tablas 24. Transiciones en Conceptos Básicos para las tres comparaciones entre PC

| Conceptos Básicos | | | | | | |
|-------------------|-------------|-------------|-----------|----------|------------|-------------------------|
| Transición | PCI - PCLVA | PCLVA - PCF | PCI - PCF | Cantidad | Porcentaje | Tipo de Transición |
| [1, 1] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | Permanencia crítica |
| [1, 2] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | Evolución baja |
| [1, 3] | 1 | 0 | 4 | 5 | 4,4 | Evolución alta |
| [1, 4] | 3 | 0 | 0 | 3 | 2,6 | Evolución alta |
| [2, 1] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | Involución no crítica |
| [2, 2] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | Permanencia baja |
| [2, 3] | 1 | 0 | 3 | 4 | 3,5 | Evolución media |
| [2, 4] | 9 | 0 | 7 | 16 | 14,0 | Evolución alta |
| [3, 1] | 0 | 1 | 1 | 2 | 1,8 | Involución crítica |
| [3, 2] | 0 | 1 | 1 | 2 | 1,8 | Involución no crítica |
| [3, 3] | 6 | 6 | 16 | 28 | 24,6 | Permanencia media |
| [3, 4] | 13 | 1 | 1 | 15 | 13,2 | Evolución alta |
| [4, 1] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | Involución crítica |
| [4, 2] | 0 | 0 | 0 | 0 | 0,0 | Involución algo crítica |
| [4, 3] | 1 | 26 | 3 | 30 | 26,3 | Involución no crítica |
| [4, 4] | 4 | 3 | 2 | 9 | 7,9 | Permanencia alta |
| Totales | 38 | 38 | 38 | 114 | 100 | |

Tabla 25. Tipos de Transiciones con mayores frecuencias en las restantes categorías

| Categoría | Transición | PCI - PCLVA | PCLVA - PCF | PCI - PCF | Cantidad | Porcentaje | Tipo de Transición |
|-----------------|------------|-------------|-------------|-----------|----------|------------|-------------------------|
| Cinemática | [3, 3] | 2 | 3 | 7 | 12 | 10,5 | Permanencia media |
| | [3, 4] | 11 | 4 | 4 | 19 | 16,7 | Evolución alta |
| | [4, 3] | 1 | 10 | 1 | 12 | 10,5 | Involución no crítica |
| | [4, 4] | 9 | 11 | 9 | 29 | 25,4 | Permanencia alta |
| Dinámica | [2, 2] | 6 | 4 | 5 | 15 | 13,2 | Permanencia baja |
| | [2, 4] | 2 | 15 | 1 | 18 | 15,8 | Evolución alta |
| | [3, 3] | 7 | 2 | 3 | 12 | 10,5 | Permanencia media |
| | [4, 3] | 1 | 0 | 11 | 12 | 10,5 | Involución no crítica |
| Energía | [2, 2] | 0 | 0 | 13 | 13 | 11,4 | Permanencia baja |
| | [2, 3] | 8 | 0 | 4 | 12 | 10,5 | Evolución media |
| | [2, 4] | 10 | 0 | 1 | 11 | 9,6 | Evolución alta |
| | [3, 2] | 0 | 9 | 2 | 11 | 9,6 | Involución no crítica |
| | [4, 2] | 0 | 12 | 0 | 12 | 10,5 | Involución algo crítica |
| Conservación | [2, 3] | 4 | 3 | 8 | 15 | 13,2 | Evolución media |
| | [3, 3] | 4 | 3 | 11 | 18 | 15,8 | Permanencia media |
| | [4, 3] | 0 | 17 | 0 | 17 | 14,9 | Involución no crítica |
| No Conservación | [2, 2] | 6 | 3 | 8 | 17 | 14,9 | Permanencia baja |

| | | | | | | | |
|--|--------|----|---|---|----|------|-----------------------|
| | [2, 3] | 10 | 3 | 7 | 20 | 17,5 | Evolución media |
| | [3, 2] | 2 | 9 | 2 | 13 | 11,4 | Involución no crítica |
| | [3, 3] | 7 | 9 | 4 | 20 | 17,5 | Permanencia media |

En líneas generales, se destaca la presencia de evoluciones y de permanencias bajas, medias y altas, junto a involuciones no críticas. Cabe destacar que los mayores porcentajes se dieron en las *Transiciones*:

- [4, 3] - Involución no crítica - en Conceptos Básicos, con el 26,3%; y
- [4, 4] - Permanencia alta – en Cinemática, con el 25,4%.

La única categoría que contó con valores altos para una transición de menor jerarquía correspondió a Energía, la cual fue del tipo [4, 2] - Involución algo crítica - con el 10,5%.

Se puede concluir que en líneas generales prevalecieron las Transiciones deseables, es decir, aquellas cuya zona de PC posterior a la intervención didáctica estuvo en los Racionalismos Clásico y Sistemico, y correspondió al 80,2% de las transiciones más destacadas.

Según las categorías de análisis, los porcentajes de las transiciones deseables - evoluciones, permanencias, e involución no crítica del tipo [4, 3] - y en orden decreciente fueron los siguientes (entre paréntesis figuran los porcentajes para los que finalizaron en el Racionalismo Sistemico):

- Conceptos Básicos: 96,5% (37,7%);
- Cinemática: 82,4% (51,8%);
- Conservación: 78,1% (30,7%);
- Dinámica: 65,8% (35,1%);
- No Conservación: 61,4% (17,6%); y
- Energía: 57,8% (29,8%).

Dichos porcentajes corresponden a los alumnos que accedieron y/o permanecieron en los Racionalismos, que corresponden a aquellas conceptualizaciones científicas sobre MO, y que se pueden asociar a un aprendizaje significativo. Asimismo, se notaron diferencias en el acceso, o permanencia, para la zona 4, que se caracteriza por una comprensión genuina y la presencia de significados claros, precisos e interrelacionados en la estructura conceptual del estudiante. Según el mismo orden de presentación, primero correspondió

a Cinemática, seguido por Conceptos Básicos; Dinámica; Conservación; Energía; y No Conservación.

6.9. Cierre del capítulo

El PC está constituido de diferentes zonas distribuidas según un orden genético: mediante los procesos de enseñanza y aprendizaje se espera que cada zona presente una complejidad conceptualmente mayor que las anteriores. Así, el análisis de las zonas de los PC asociadas a las diferentes actividades didácticas permitió evaluar cómo evolucionaron los procesos cognitivos y metacognitivos de los estudiantes; tanto de manera grupal, como individual.

Además, al emplear las seis categorías de análisis que derivaron de los estudios de fiabilidad y de validez del cuestionario, no sólo se garantizó la reproducibilidad de dicha herramienta, sino que además permitió organizar la investigación sobre la intervención didáctica mediada por las TIC sobre MO, dado que la misma hubiese resultado ser confusa e inconexa si se hubiese efectuado a partir de cada una de las preguntas del cuestionario de manera individual.

Otra ventaja del uso de la noción de PC corresponde a las nuevas herramientas diseñadas e implementadas en el marco de este trabajo:

- el PCR, a partir del cual se articuló qué es lo que conoce el alumno con qué tan seguro está al comunicarlo;
- el ciclo de análisis metacognitivo, dado que permitió indagar sobre la manera en que los estudiantes elaboraron y comunicaron las distintas tareas ejecutadas con los LVA. Junto al PCLVA se estimaron los conocimientos cognitivos y metacognitivos puestos en juego en una actividad mediada por las TIC sobre MO;
- finalmente, los Tipos de Transiciones que posibilitaron caracterizar la evolución entre los saberes que disponía el estudiante, y los adquiridos al finalizar la intervención didáctica.

En el capítulo siguiente, se presenta el estudio en profundidad de las evoluciones de los distintos PC.

CAPÍTULO 7

EVOLUCIÓN DE LOS PERFILES CONCEPTUALES Y LA INFLUENCIA DE LAS TIC

7.1. Introducción

En el capítulo anterior se caracterizaron los PC de los estudiantes y construidos a partir de las diferentes actividades propuestas en el marco de la intervención didáctica implementada en esta investigación. Según Pedreros (2013), la influencia de las distintas actividades didácticas en la reconstrucción de los conocimientos puede revelarse mediante el análisis de la evolución de las zonas de los distintos PC. En esta investigación, comparar las zonas de PC antes y después de cada actividad didáctica nos puede revelar la manera en que evolucionaron – o no - los conocimientos sobre MAS y MOA, y en particular cómo las TIC influyeron en los procesos cognitivos y metacognitivos de acuerdo a lo propuesto en el Ciclo de análisis metacognitivo y zonas de PCLVA, en la Figura 31 del *Capítulo 3. METODOLOGÍA*.

En este capítulo se analizó la evolución de los PC y la influencia de las TIC en el aprendizaje sobre MAS y MOA, a través de:

- a. el análisis estadístico de independencia - o dependencia - entre las zonas de los PCI, PCLVA y PCF y su interpretación;
- b. una indagación sobre las Transiciones y en particular las denominadas como *deseables*;
- c. los testimonios de los alumnos participantes. La meta fue interpretar sus “voces” a través de:
 - c.1. los informes de las actividades con los LVA;
 - c.2. el análisis de los testimonios de estudiantes dos años *a posteriori* de dicha intervención didáctica junto a las observaciones sobre las zonas de sus distintos PC, y la profundización en el estudio de sus rendimientos cognitivos y metacognitivos de manera interrelacionada; y
 - c.3. la comparación de los resultados en los exámenes de promoción directa, sobre MO entre el grupo de estudiantes indagado y uno considerado como testigo, para poder estudiar la influencia de las TIC en la reconstrucción de sus conocimientos sobre MO.

7.2. Comparación entre las zonas de los Perfiles Conceptuales

Las comparaciones entre los alumnos que conformaron las zonas de PCI versus aquellos que conformaron las zonas de PCLVA - Figuras 57 (abajo) y 62, respectivamente, del capítulo anterior - indicaron los cambios cognitivos desde los conocimientos previos hasta los denotados mediante el uso de las TIC, y principalmente a los LVA. Los resultados de dichas comparaciones dieron cuenta que:

- * de 5 alumnos que inicialmente se encontraban en la zona Realismo Ingenuo, 1 pasó a la zona Realismo Interpretativo; 1 a la zona Racionalismo Clásico; y 3 a la zona Racionalismo Sistemico;
- * sobre 16 estudiantes que formaron parte de la zona Realismo Interpretativo, 3 permanecieron en la misma zona; mientras que 6 avanzaron a la zona Racionalismo Clásico, y 7 a la zona Racionalismo Sistemico;
- * los alumnos que al principio estaban en la zona Racionalismo Clásico, se distribuyeron del siguiente modo: 1 pasó a la zona Realismo Interpretativo; 2 permanecieron en ésta; y 11 evolucionaron hacia la zona Racionalismo Sistemico;
- * finalmente, de los 3 alumnos que se encontraban en la zona Racionalismo Sistemico, sólo 1 pasó a la zona Realismo Interpretativo, mientras que los dos restantes permanecieron en la misma.

Cotejar las zonas de PCLVA frente a las de PCF - Figuras 62 y 69 (arriba), respectivamente, del capítulo anterior - permitió inferir la permanencia, en la estructura cognitiva, de los conocimientos facilitados por la tecnología al finalizar el desarrollo de los contenidos sobre MO en Física I. Se registró que:

- * sobre 6 alumnos que pertenecían a la zona Realismo Interpretativo, 2 de ellos permanecieron en dicha zona al finalizar el desarrollo de los contenidos sobre MO, mientras que 3 avanzaron a la zona Racionalismo Clásico y 1 a la zona Racionalismo Sistemico;
- * de los 9 estudiantes que se encontraban en la zona Racionalismo Clásico; 1 migró a la zona Realismo interpretativo mientras que los restantes permanecieron en la misma;
- * finalmente, de los 23 alumnos que pertenecían al Racionalismo Sistemico, 4 pasaron a la zona Realismo Interpretativo de menor nivel cognitivo; 6 a la zona Racionalismo Clásico; y los restantes, cabe aclarar la mayoría, permanecieron en la misma.

Por último, en la contrastación entre las zonas de PCI y las de PCF - Figuras 57 (abajo) y 69 (arriba), respectivamente, del capítulo anterior - se revelaron los cambios entre los conocimientos previos y los que permanecieron en la estructura cognitiva de los alumnos al finalizar la enseñanza de MO; interpretándose que dichos cambios devienen fundamentalmente de la intervención didáctica mediada por las TIC. Los resultados mostraron que:

- * ya no se presentaron estudiantes dentro de la zona 1 Realismo Ingenuo de PCF;
- * disminuyó de 16 a 7 el número de estudiantes en la zona 2 Realismo Interpretativo;
- * la mayor cantidad de los estudiantes pasó de la zona Realismo Interpretativo a la zona Racionalismo Clásico; y
- * se incrementó la cantidad de estudiantes de 14 a 18 en la zona Racionalismo Clásico y de 3 a 13 en la zona Racionalismo Sistémico.

En síntesis, se observó que hubo avances significativos en la cantidad de alumnos que evolucionaron hacia las dos zonas de mayor nivel explicativo sobre MO.

También se registraron avances en los PCRI versus PCRF - Figuras 59 y 69 (abajo), respectivamente, en el capítulo anterior - y entre el Grado de Confianza medio Final en función del Grado de Confianza medio Inicial - Figura 71 en el capítulo anterior -.

Los resultados comunicados responden a análisis descriptivos; a continuación, se presenta una serie de pruebas estadísticas complementarias.

7.3. Pruebas estadísticas complementarias

Para establecer los tipos de correlaciones entre las zonas correspondientes a los distintos PC y los Grados de Confianza medios se emplearon las pruebas de rangos con signos de Wilcoxon y de los signos, y para muestras relacionadas dado que se comparan los mismos integrantes del grupo investigado en dos actividades diferentes.

La primera de las mismas es una prueba de contrastes no paramétrico donde se tienen en cuenta tanto el signo como la magnitud de las diferencias entre los valores de cada par de

variables. En este caso, entre las zonas de dos PC por vez, y entre los grados de confianza inicial y final. Por su parte, la segunda permite contrastar la hipótesis que las respuestas a dos *tratamientos* - en este caso, dos actividades didácticas - pertenecen a poblaciones idénticas, y calcula las diferencias entre las dos variables para todos los casos, clasificándolas como positivas, negativas, o empatadas. Cuando los valores de las dos variables testeadas tienen la misma distribución - en este caso normal, y ya corroborado en el capítulo anterior - , la hipótesis nula H_0 considera que el número de las diferencias tanto positivas como negativas son similares.

Estadísticamente la prueba de Wilcoxon suele ser más potente que la de los signos. Al final mediante el estudio de la significación - en este caso, para un p - valor $\leq 0,05$ -, se contrasta el nivel de significación exacta (bilateral) y se define si se acepta la Hipótesis Nula (H_0), que considera la igualdad entre las sumas de los rangos de las diferencias positivas [$S_{(+)}$] y la suma de los rangos de las diferencias negativas [$S_{(-)}$]; o la Hipótesis Alternativa (H_1), que no contempla estas igualdades:

$$H_0: S_{(+)} = S_{(-)}$$

$$H_1: S_{(+)} \neq S_{(-)}$$

Los resultados presentes en la Tabla 26 revelan que:

- el contraste entre zonas de PCI y de PCLVA mostró que 29 alumnos presentaron evoluciones hacia zonas de mayor complejidad cognitiva (76,3% de los estudiantes); seguido de 7 que permanecieron en la misma zona (18,4%); y 2 en los cuales se registró una involución (13,3%) - alumnos identificados como 9 con una transición del tipo [4, 2]; y 46 con otra del tipo [4, 3] -;
- la comparación entre zonas de PCLVA y de PCF indicó, debido a la prevalencia de los empates (23 estudiantes; 60,5%), que la mayoría de los alumnos permanecieron en la misma zona, seguido de involuciones (11; 28,9%); y 4 evoluciones (10,6%);
- el contraste entre zonas de PCI y de PCF reveló que, luego de las acciones mediadas por la tecnología, una amplia mayoría de los estudiantes avanzó a zonas de mayor nivel cognitivo (71,0%; 27 alumnos); junto a permanencias en la misma zona (18,4%; 7 alumnos); y en menor porcentaje involuciones hacia zonas de menor complejidad (10,5%; 4 alumnos, identificados como 26, 41, y 43 con una transición [4, 3]; y el alumno 32 con otra del tipo [3, 2].

Tabla 26. Prueba de los Rangos con Signos de Wilcoxon

| | | N | Rango promedio | Suma de rangos |
|-------------------------|------------------|-----------------|----------------|----------------|
| zonas PCLVA - zonas PCI | Rangos negativos | 2 ^a | 17,00 | 34,00 |
| | Rangos positivos | 29 ^b | 15,93 | 462,00 |
| | Empates | 7 ^c | | |
| | Total | 38 | | |
| zonas PCF - zonas PCLVA | Rangos negativos | 11 ^d | 8,23 | 90,50 |
| | Rangos positivos | 4 ^e | 7,38 | 29,50 |
| | Empates | 23 ^f | | |
| | Total | 38 | | |
| zonas PCF - zonas PCI | Rangos negativos | 4 ^g | 13,00 | 52,00 |
| | Rangos positivos | 27 ^h | 16,44 | 444,00 |
| | Empates | 7 ⁱ | | |
| | Total | 38 | | |

a. zonas del PCLVA < zonas del PCI

b. zonas del PCLVA > zonas del PCI

c. zonas del PCLVA = zonas del PCI

d. zonas del PCF < zonas del PCLVA

e. zonas del PCF > zonas del PCLVA

f. zonas del PCF = zonas del PCLVA

g. zonas del PCF < zonas del PCI

h. zonas del PCF > zonas del PCI

i. zonas del PCF = zonas del PCI

Finalmente se confirmó que de acuerdo a los Estadísticos de Prueba - Tabla 27 - hubo diferencias significativas entre las zonas de PCI frente a los otros dos perfiles y para cualquier valor. Por otra parte, entre las zonas de PCLVA y de PCF no se encontraron diferencias significativas.

Tabla 27. Estadísticos de prueba

| zonas del PCLVA - zonas del PCI | zonas del PCF - zonas del PCLVA | zonas del PCF - zonas del PCI |
|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
|------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|

| | | | |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Z | -4,327 ^b | -1,801 ^c | -4,110 ^b |
| Sig. asintótica (bilateral) | 0,000 | 0,072 | 0,000 |
| Significación exacta (bilateral) | 0,000 | 0,093 | 0,000 |
| Significación exacta (unilateral) | 0,000 | 0,047 | 0,000 |
| Probabilidad en el punto | 0,000 | 0,018 | 0,000 |

a. Prueba de rangos con signo de Wilcoxon

b. Se basa en rangos negativos.

c. Se basa en rangos positivos.

Estos resultados permitieron inferir cómo ha sido la influencia de las TIC comparando las tres actividades a través de las zonas de sus respectivos PC - ver Tabla 28 -.

Tabla 28. Comparaciones entre las zonas de los tres PC; nivel de significación; e interpretación didáctica

| Comparaciones | Mayor diferencia | Nivel de significación | Interpretación didáctica |
|---------------|--------------------------------------|------------------------|---|
| PCLVA - PCI | Rangos positivos (29 estudiantes) | 0,000 | La actividad mejoró las zonas de PCLVA frente a las de PCI. La diferencia entre las zonas fue significativa para cualquier valor. |
| PCF - PCI | Rangos positivos (27 estudiantes) | 0,000 | La actividad mejoró las zonas de PCF respecto de las de PCI. La diferencia entre las zonas fue significativa para cualquier valor. |
| PCF - PCLVA | Empates (23 estudiantes) | 0,093 | Con la actividad las zonas no cambiaron. La diferencia entre las zonas no es significativa. |

En la contrastación entre los G de CF y G de CI se detectaron 32 rangos positivos (G de CF > G de CI); 2 rangos negativos (G de CF < G de CI) - Alumnos identificados como 13 [6 a 5 puntos] y 36 [4 a 3 puntos] -, y 4 empates (G de CF = G de CI). Con un p - valor igual a 0,000 en la Significación exacta (bilateral) se admite que las diferencias fueron significativas para cualquier valor, por lo que se rechazó la H₀ de igualdad de las diferencias.

Estos análisis estadísticos inferenciales permitieron afirmar que:

*** *El PCI no estuvo correlacionado con el PCF***

Si bien estuvo cerca del p-valor, este resultado reveló que los conocimientos previos sobre MO que disponían los alumnos antes de la intervención didáctica mediada por las TIC fueron modificados sustancialmente después de la misma. Las zonas de PCF mostraron avances significativos respecto de las zonas de PCI debido a la predominancia de evoluciones hacia las zonas de mayor nivel explicativo - los Racionalismos Clásico y Sistémico -; junto a la ausencia de estudiantes en la zona 1 Realismo Ingenuo. De este modo se interpreta que dichos conocimientos previos se *reconfiguraron* debido al empleo de las TIC como herramientas cognitivas que contribuyeron a reconstruir un “nuevo conocimiento”. Específicamente, el 81,6% de los estudiantes que participó en la investigación accedió o permaneció en las zonas 3 y 4 de PCF.

*** *No hubo correlación entre el PCI y el PCLVA***

La independencia entre ambas intervenciones posibilita afirmar que el uso de las TIC – particularmente las actividades experimentales con los applets – permitió modificar y de manera significativa muchos de los conocimientos que disponían los alumnos antes de las clases sobre MO.

Mediante las pruebas de los rangos de Wilcoxon y de los signos, se observó la prevalencia de avances en las zonas, seguidos por los empates. Por lo tanto, se deduce que las TIC dieron lugar a la reconstrucción de los conocimientos sobre MO incorporando los científicamente aceptados.

*** *El PCLVA estuvo correlacionado con el PCF***

Las zonas de PCLVA y de PCF mostraron una correlación fuerte y significativa como consecuencia de una amplia superioridad de empates, por lo que deduce que la mayoría de los estudiantes permanecieron en la misma zona de PCF a la que accedieron luego de realizar las actividades con los applets en JAVA, y el 81,6% de los estudiantes permanecieron en las zonas correspondientes a los Racionalismos. Por lo tanto, se podría inferir que las TIC contribuyeron a que los conocimientos científicos sobre MO

permanezcan en la estructura cognitiva de la mayoría de los alumnos que participaron en la investigación.

*** *Los grados de confianza final e inicial fueron diferentes***

Los G de CF fueron superiores respecto a los G de CI, y estadísticamente esta diferencia fue significativa y para cualquier valor. Por ello, se infiere que luego de la intervención didáctica mediada por las TIC, los alumnos mejoraron sus aspectos metacognitivos en la elaboración y comunicación de respuestas a consignas sobre MAS y MOA. En consecuencia, también se observan avances del PCRf en relación al PCRI.

Dada la independencia de las zonas de PCI frente a las zonas de PCLVA y de PCF, y sumado a la dependencia entre las zonas de estos dos últimos, se deduce que las actividades didácticas mediadas por las TIC - principalmente las ejecutadas con los LVA - favorecieron el aprendizaje sobre MAS y MOA. Este es el primer resultado que indica que mediante el uso de las TIC los alumnos no sólo mejoraron las zonas de PCI *dirigiéndolas* hacia las de mayor nivel explicativo en el PCLVA, sino que además dichos conocimientos permanecieron en la estructura cognitiva de los estudiantes dado que se registró que las zonas de PCF corresponden a los Racionalismos.

Por ello se puede afirmar, en una primera instancia, que las TIC actuaron como un *material potencialmente significativo* para la internalización de conceptos y procesos sobre MO en los estudiantes. Expresado de otro modo, las TIC a través de un adecuado diseño tecnopedagógico con el fin de *crear* ZDP, permitieron que los alumnos accedan a conocimientos cognitivos y metacognitivos científicos sobre estos movimientos.

7.4. Estudio asociado a las categorías de análisis

Con el objeto de ampliar la indagación en función de los conceptos y procesos del MO, se efectuó un estudio relacionado con las seis categorías de análisis. Los resultados más relevantes fueron:

a. En Conceptos Básicos, las evoluciones en la zona de PCF se evidenciaron en la identificación del periodo de oscilación para un péndulo simple; por ejemplo, en los casos de los estudiantes identificados como 1 y 14, quienes en el pretest habían seleccionado las opciones “frecuencia” y “no lo puedo explicar”, respectivamente. Se registraron muy pocos retrocesos como el caso del alumno 11, quien pasó de identificarlo apropiadamente a indicarlo como “frecuencia”, tal vez porque aún no había podido diferenciar los conceptos de frecuencia angular y de período del movimiento (magnitudes físicas que fueron abordadas a través de los LVA).

En la elección de las magnitudes físicas que influyen en el período de un péndulo simple hubo avances en la selección de longitud del hilo y la aceleración de la gravedad. No obstante, todavía algunos estudiantes mencionaron a la velocidad inicial y la amplitud; situación que nos indica que aún no habían logrado modelizar el movimiento de este péndulo.

Por otro lado, los estudiantes incorporaron la “amplitud” en el análisis del MO; incluso en otras categorías de análisis. Por ejemplo, el alumno 40 cuando respondió la pregunta 12 en el postest - Figura 75 -, indicó de manera correcta su disminución en un MOA junto a la de la energía debido a la fricción (si bien se la adjudica al aire). Es decir, interrelacionó un concepto básico tanto con energía mecánica como con un proceso no conservativo propio del MOA.

12. Si una persona que se está hamacando decide no impulsarse más – para lo cual se queda quieta en el asiento -, indica de manera resumida cómo será su movimiento.
Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -).

Dado el rozamiento del aire el movimiento oscilatorio lentamente irá disminuyendo su amplitud y velocidad, hasta alcanzar el reposo.

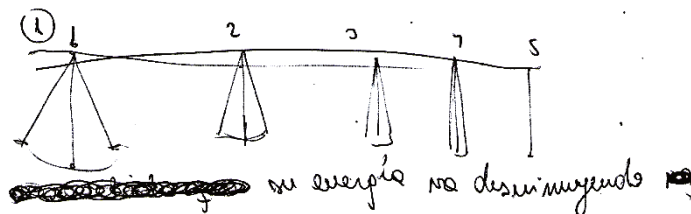


Figura 75. Respuestas del alumno 40 a la pregunta 12 del postest

b. En Cinemática, se observó un avance en la zona de PCF dado que muchos alumnos corrigieron su elección, no sólo sobre la descripción del movimiento de un péndulo simple

identificándolo como uno con velocidad y aceleración variables en el tiempo; sino también en la ubicación de valores instantáneos de posición, velocidad y aceleración en gráficas periódicas y en función de fracciones del periodo.

Se registró que 9 estudiantes modificaron acertadamente su concepción alternativa sobre la trayectoria de la masa de un péndulo simple al cortarse la cuerda cuando pasa por la posición de equilibrio y 3 estudiantes lo hicieron respecto de la gráfica de la velocidad instantánea en dicha posición.

c. Para Dinámica se notaron avances en la aplicación de la segunda ley de Newton para dos posiciones instantáneas de un péndulo simple; si bien los applets *pendulum_es* y *springpendulum_es* sólo indican la fuerza neta en la dirección del movimiento. Por otro lado, muchos estudiantes conservaron la concepción alternativa sobre la fuerza resultante nula cuando el sistema pasa por la posición de equilibrio.

Por ejemplo, como se puede observar en la Figura 76 (abajo), el alumno 7 mejoró su producción al responder en el postest a la pregunta 1 respecto de su respuesta, a la misma pregunta, en el pretest, Figura 76 (arriba). Se advierte que realizó correctamente:

- la elección del sistema en estudio modelando asiento + hamaca como una partícula;
- el empleo de un sistema de coordenadas cartesiano en las direcciones radial y tangencial;
- el uso de magnitudes vectoriales en el DCL y escalares en las componentes;
- la descomposición de la fuerza Peso; y
- la condición de equilibrio para la dirección radial en la posición extrema.

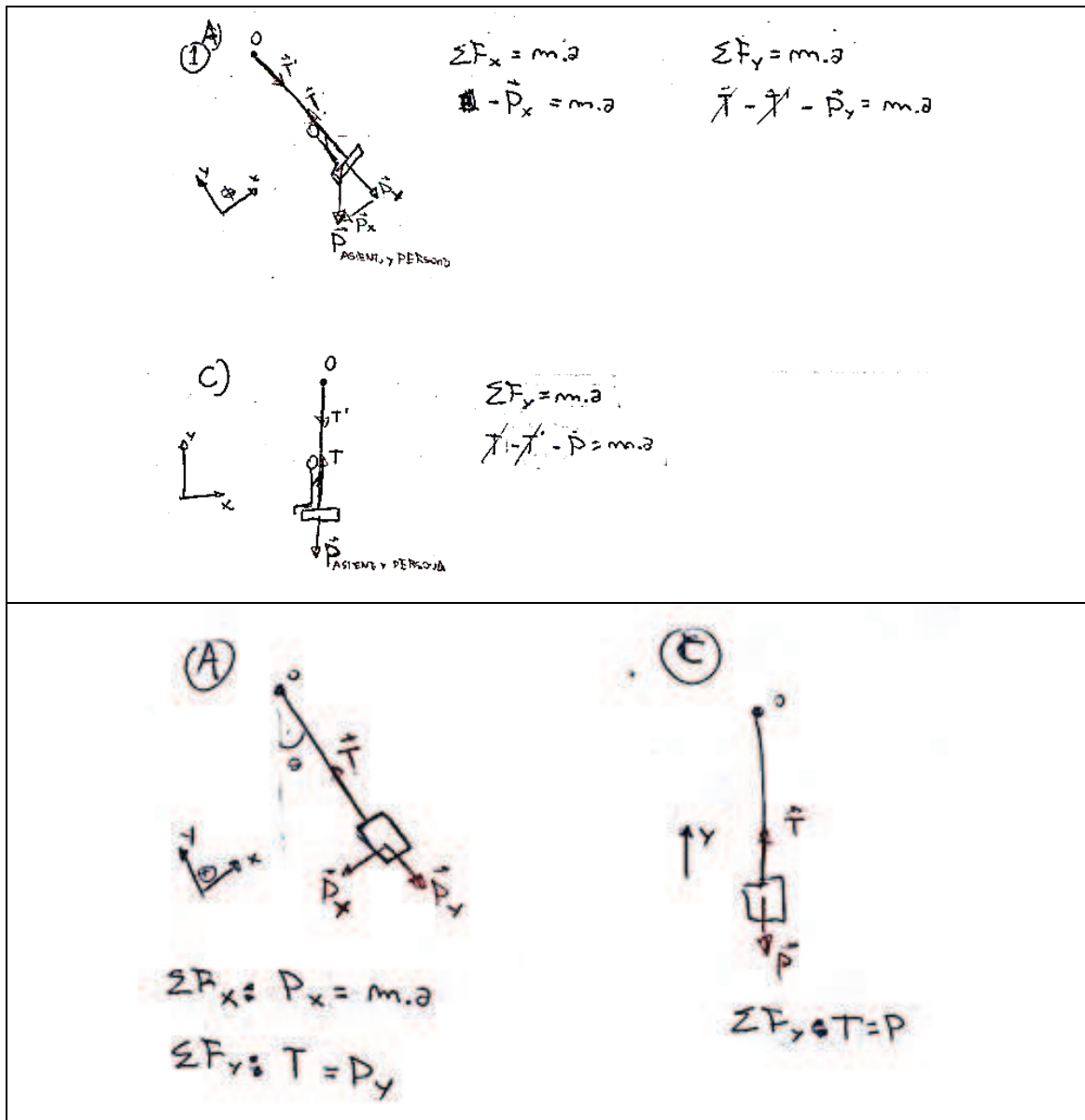


Figura 76. Respuestas del alumno 7 a la pregunta 1 en el pretest (arriba) y en el postest (abajo)

Por el contrario, omitió el signo de la componente tangencial del Peso en “A” dado que se trata de una fuerza restitutiva al ser P_x negativa, Figura 76 (abajo), y aún mantuvo la concepción alternativa asociada a fuerza resultante nula cuando el sistema pasa por la posición de equilibrio, tal vez por establecer una relación entre las componentes asociadas al eje radial en ambas posiciones.

En la misma pregunta, resultó destacable el análisis del alumno 6, Figura 77, en el que aplicó la segunda ley de Newton para la rotación y de este modo llegó a la ecuación diferencial característica del MAS. No obstante, todavía manifestó permanencia de la

concepción alternativa sobre fuerza neta nula cuando el sistema pasa por la posición de equilibrio. Se evidenció, además, un aumento en su grado de confianza de 5 a 9.

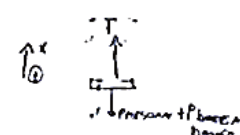
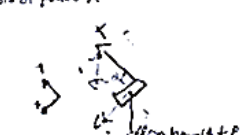
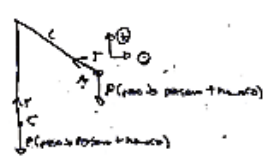
| | |
|--|---|
| <p>1) 2) D.C.L. para el punto C</p>  <p>O.C.L. para el punto A</p>  <p>para el punto C</p> $\sum F_x = T - P_{in} = 0 \text{ m. ax}$ $\sum F_y = 0$ <p>para el punto A</p> $\sum F_x = T - P_y = 0 \text{ m. g}$ $\sum F_y = P_x = m \cdot a_x$ <p>Fuerza resultante para C = $\vec{F} = 0$</p> <p>Fuerza resultante para A = $\vec{F} = \begin{bmatrix} P_x \\ T - P_{in} \end{bmatrix}$</p> <p>Grado de confianza: 5</p> |  <p>c) Para caso A</p> $\sum \tau = I \cdot \alpha$ <p>negl. \Rightarrow $(m \cdot a_x) \cdot g \cdot L \cdot \sin \theta = I \cdot \alpha$</p> $- (m \cdot a_x) \cdot g \cdot L \cdot \sin \theta = I \frac{d^2 \theta}{dt^2}$ $- \frac{(m \cdot a_x) \cdot g \cdot L \cdot \sin \theta}{I} = \frac{d^2 \theta}{dt^2}$ $0 = \frac{d^2 \theta}{dt^2} + \frac{(m \cdot a_x) \cdot g \cdot L \cdot \sin \theta}{I}$ <p>La movimiento es oscilatorio</p> <p>para el caso C</p> $\sum F = T = P \Rightarrow \text{posición de equilibrio}$ <p>Fuerza resultante para A</p> $\vec{F} = T \cdot \sin \theta + P \cdot \hat{j}$ <p>Confianza: 9</p> |
|--|---|

Figura 77. Respuestas del alumno 6 a la pregunta 1 en el pretest (izquierda) y en el posttest (derecha)

También se observaron avances en la conceptualización de la periodicidad de la fuerza neta en la dirección del movimiento. Uno de estos casos fue el del estudiante 3, quien modificó sus conocimientos desde un comportamiento lineal - Figura 78 (arriba) - hacia uno periódico - Figura 78 (abajo) -; si bien “separó” la fuerza neta en Tensión y Peso.

Se observaron avances también en la identificación de valores instantáneos de la gráfica de dicha fuerza para distintos tiempos expresados en fracciones del periodo de oscilación. Éstos estuvieron correlacionados con los resultados que se presentaron en Cinemática para la misma situación detectada en las magnitudes físicas posición, velocidad y aceleración.

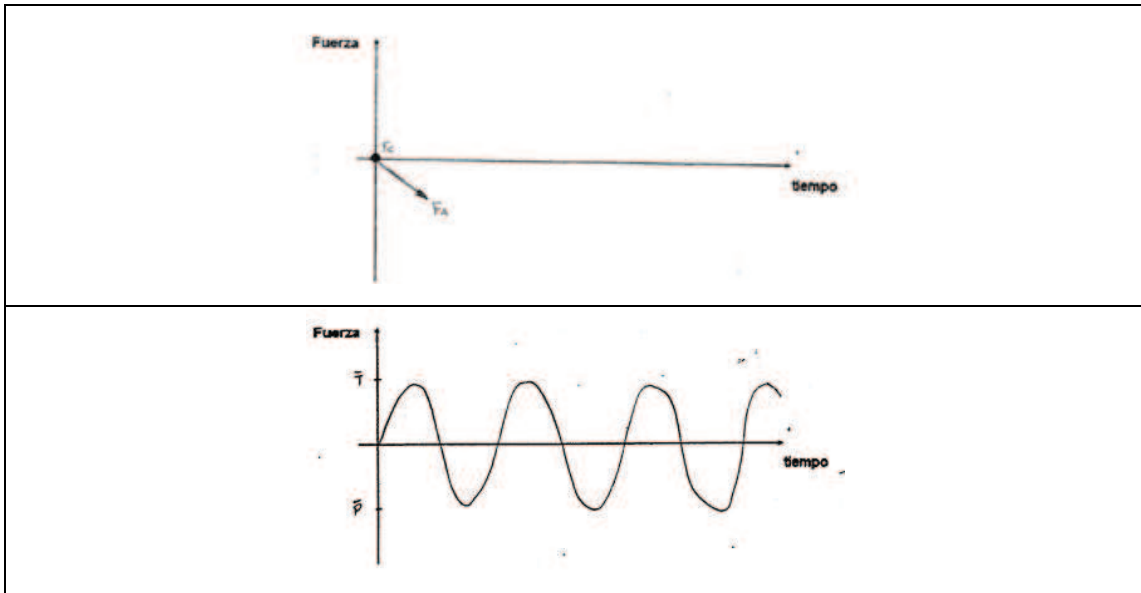


Figura 78. Respuestas del alumno 3 a la pregunta 2 en el pretest (arriba) y en el postest (abajo)

Una situación llamativa se observó al identificar un movimiento que presenta fricción cuando oscila alrededor de cierta posición de equilibrio. En el postest aumentó notablemente la cantidad de estudiantes que optaron por “Oscilatorio periódico amortiguado”. Incluso los identificados como 5; 6; 17; 19; 23; 26; 32; 33; 42 y 43 que habían seleccionado la respuesta correcta en el pretest, “Oscilatorio no periódico amortiguado”. Cabe destacar que este hallazgo es coherente con el análisis de los informes de LVA, dado que la mayoría de los estudiantes no pudo identificar el aumento del tiempo de una oscilación completa en un MOA; sumado a la explicación de la disminución de la amplitud en función del periodo: otra concepción alternativa que varios alumnos no pudieron modificar.

d. En Energía se evidenciaron progresos en la identificación de las formas de energía mecánica que están presentes en las posiciones extremas y de equilibrio de un sistema que describe un MAS; si bien no fueron tan numerosos. Las mayores dificultades se detectaron en la situación de tópico - comentario, dado que los alumnos no lograron vincular de forma interrelacionada la conservación de la energía mecánica y la dependencia entre las condiciones iniciales.

Los mayores incrementos en los números de estudiantes respecto de la elección de las magnitudes físicas que permanecen constantes durante las oscilaciones de un péndulo simple se detectaron en las dos opciones correctas: periodo y energía mecánica. Por

ejemplo, el caso del alumno 9, quien además incrementó su confianza de 6 a 8 puntos, Figura 79. Finalmente, la opción *no lo puedo explicar* no fue seleccionada en el postest, lo cual reveló que, más allá de las magnitudes físicas escogidas, todos los estudiantes lograron explicarlo.

| | | |
|---|---|---|
| <p>8. En ausencia de fricción, un péndulo simple que realiza oscilaciones alrededor de cierta posición de equilibrio mantiene constante su:</p> | | |
| a. velocidad lineal | <input checked="" type="checkbox"/> e. período | i. cantidad de movimiento lineal |
| b. velocidad angular | <input checked="" type="checkbox"/> f. energía mecánica | <input checked="" type="checkbox"/> j. cantidad de movimiento angular |
| c. aceleración lineal | g. energía cinética | k. no lo puedo explicar |
| d. aceleración angular | h. energía potencial | |
| <p>Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -). 6/</p> | | |
| <p>8. En ausencia de fricción, un péndulo simple que realiza oscilaciones alrededor de cierta posición de equilibrio mantiene constante su:</p> | | |
| a. velocidad lineal | <input checked="" type="radio"/> e. período | i. cantidad de movimiento lineal |
| b. velocidad angular | <input checked="" type="radio"/> f. energía mecánica | j. cantidad de movimiento angular |
| c. aceleración lineal | g. energía cinética | k. no lo puedo explicar |
| d. aceleración angular | h. energía potencial | |
| <p>Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -). 8/10</p> | | |

Figura 79. Respuestas del alumno 9 a la pregunta 8 en el pretest (arriba) y en el postest (abajo)

e. Para la categoría Conservación, en líneas generales, se registraron avances hacia las zonas de PCF correspondientes a los Racionalismos. Se interpreta que considerar la conservación de la energía mecánica como así también que el periodo de oscilación permanece constante, trae aparejado la periodicidad de varias magnitudes físicas como posición; velocidad; aceleración; y fuerza neta en la dirección del movimiento. Todas estas situaciones fueron contempladas en el diseño tecnopedagógico para el uso de los simuladores *pendulum_es*; *springpendulum_es*; y *SpringSHM*.

e. En No Conservación se detectaron algunas confusiones en el reconocimiento de las características principales que distinguen un MOA de un MAS. Este resultado es llamativo porque en la pantalla del applet Damped oscillations, Figura 80 (arriba); se distingue de manera clara la diferencia en el período de oscilación en un MAS respecto de un MOA, situación que además se presenta en la bibliografía de referencia. Es evidente que los estudiantes no pudieron “visibilizar” esta característica de los sistemas oscilatorios amortiguados; tal vez por no haber elegido adecuadamente el grado de amortiguamiento - Degree of damping - en la zona Under damped, Figura 80 (abajo). Estas confusiones podrían llevar al refuerzo de una de las concepciones alternativas más

difícil de erradicar: que el MOA se caracteriza por la disminución del periodo en lugar de la amplitud.

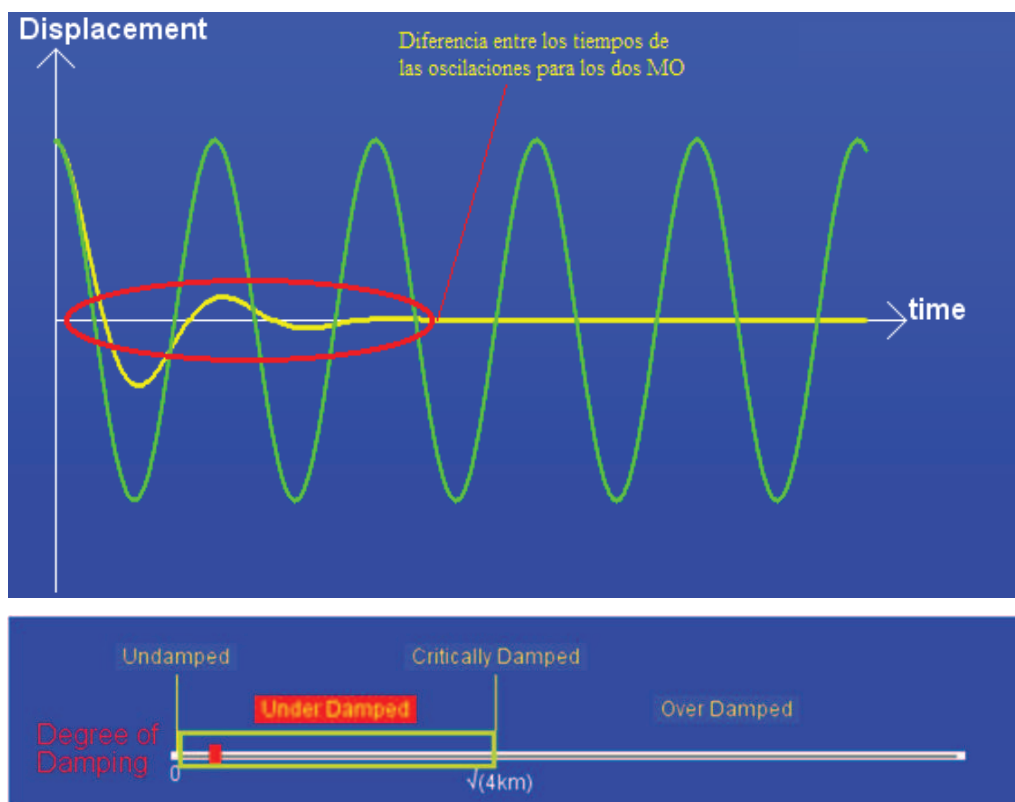


Figura 80. Diferencia entre los tiempos de las oscilaciones -explicitado en el eje de abscisas- para un MAS y un MOA (arriba) y Zonas de amortiguamiento -rectángulo de color verde- (abajo)

7.5. Análisis asociado a las Transiciones

Como se mencionó con anterioridad, las *Transiciones* constituyen una nueva herramienta de diagnóstico de evolución del aprendizaje que complementa la noción de PC de Mortimer.

Los tipos de Transiciones entre las zonas de los tres PC, Tabla 29, denotaron que:

- a. entre PCI y PCLVA prevalecieron las evoluciones - en el 76,3% de los estudiantes-, por lo que se infiere que el empleo de los LVA mejoró sus procesos cognitivos sobre MO. También se registraron permanencias - 18,4% -, mientras que involucionó sólo el 5,3%. En términos de los referentes teóricos de esta tesis, se puede decir que el uso de los LVA como *instrumentos de pensamiento*, en una interacción *mediada socialmente* con base en

la creación de ZDP, permitió que la mayoría de los estudiantes evolucionara a zonas de PC de mayor nivel explicativo sobre conceptos y procesos de MAS y MOA; es decir, hacia un *aprendizaje significativo*. También se observó, aunque en una muy pequeña proporción, un proceso de *asimilación obliterativa* característico de las involuciones.

b. Al comparar PCLVA con PCF predominaron las permanencias – en el 60,5% de los estudiantes -, solo evolucionó el 10,5% del grupo. Ello indica que, en la mayoría de los casos, las actividades realizadas mediante el uso de las simulaciones con los péndulos simple y de resorte favoreció la retención de los conceptos y procesos asociados al MO.

c. Finalmente, al confrontar PCI versus PCF predominaron las evoluciones - en el 71,1% de los estudiantes -. En consecuencia, se puede concluir que los procesos cognitivos y metacognitivos mediados por las TIC permitieron que una amplia mayoría del grupo indagado ingrese o permanezca dentro de los Racionalismos Clásico y Sistemico. Es decir, hacia un aprendizaje más cercano a la visión científica sobre MO.

Tabla 29. Porcentaje de estudiantes presentes en las Transiciones principales entre PCI; PCLVA; y PCF

| Tipo de Transición | PCI – PCLVA (%) | PCLVA – PCF (%) | PCI – PCF (%) |
|--------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Evoluciones | 76,3 | 10,5 | 71,1 |
| Permanencias | 18,4 | 60,5 | 18,4 |
| Involuciones | 5,3 | 28,9 | 10,5 |
| Totales | 100 | 100 | 100 |

La presencia de *involuciones* permite interpretar que, al pasar de una zona de PC a otra de menor nivel cognitivo, el estudiante no logró un avance en sus conocimientos luego de efectuar una actividad didáctica respecto de la actividad que la precedió. Por ejemplo: a. el estudiante identificado como 9, mostró una involución algo crítica [4, 2], dado que migró de la zona 4 Racionalismo Sistemico de PCI a la zona 2 Realismo Interpretativo de PCLVA; y el identificado como 46, evidenció otra del tipo no crítica [4, 3] por transitar de la zona 4 Racionalismo Sistemico a la zona 3 Racionalismo Clásico; de PCI y PCLVA respectivamente.

b. al comparar PCI con PCF se registraron 4 alumnos con involuciones no críticas tipo [4, 3] en los identificados como 26, 41, y 43; y [3, 2] en el estudiante de código numérico 32.

En este trabajo se propuso que el análisis de las *Transiciones* permitiría visibilizar cómo fue el aprendizaje sobre MO. Es evidente que, al detectar que los alumnos evolucionaron a, o permanecieron en, los Racionalismos Clásico y Sistémico, la intervención didáctica mediada por las TIC favoreció el avance hacia los conocimientos científicos de este tipo de movimiento propios de un aprendizaje significativo; e incluso si el proceso de asimilación predominante fue la diferenciación progresiva vinculado a la zona 3 Racionalismo Clásico o se presenta junto al de reconciliación integradora asociados a la zona 4 Racionalismo Sistémico; tal como se presentó en la Figura 32. Ciclo de análisis metacognitivo y zonas del PCLVA, en el *Capítulo 3 Metodología*.

En este nuevo contexto las evoluciones y permanencias deseables y mencionadas como *Transiciones deseables* entre los tres PC indicadas en la Tabla 30 revelan porcentajes muy altos de estudiantes entre las zonas de PCI - PCLVA (91,4%); PCLVA - PCF (71,4%); y PCI - PCF (82,9%). Prevalcieron las evoluciones entre las zonas de PCI y PCLVA (80,0%) y entre PCI - PCF (71,4%); lo cual revela avances significativos en la comprensión de los MO en relación a los conocimientos previos y al desarrollar las actividades con los LVA frente al examen postest.

Por su parte, entre las zonas de PCLVA - PCF predominaron las permanencias (60,0%). Así, la mayoría del grupo indagado continuó en las mismas zonas del PCF a las que accedió luego de la intervención didáctica mediada por los LVA.

Tabla 30. Porcentajes de estudiantes dentro de las Transiciones deseables

| Tipo de Transición deseable | PCI – PCLVA (%) | PCLVA – PCF (%) | PCI – PCF (%) |
|------------------------------------|------------------------|------------------------|----------------------|
| Evoluciones | 80,0 | 11,4 | 71,4 |
| Permanencias | 11,4 | 60,0 | 11,4 |
| Totales | 91,4 | 71,4 | 82,9 |

En consecuencia, se refuerzan los resultados preliminares que indicaron avances en los procesos cognitivos y metacognitivos sobre MO facilitados por el uso de las TIC. En

particular y según este nuevo análisis, manifestado a través de los avances en las evoluciones deseables entre las zonas del PCI frente a las del PCLVA y PCF; y las permanencias entre las zonas entre PCLVA y PCF.

También se robustece la evidencia sobre un aprendizaje significativo sobre MO a partir de las evoluciones y/o permanencias hacia el Racionalismo el Sistémico, dado que según la Figura 82, el sujeto asimiló los conocimientos sobre el MO al realizar de manera conjunta los procesos de *diferenciación progresiva* y *reconciliación integradora*. En esta situación todas las Transiciones deseables culminan en la zona 4.

Por otro lado se observaron *involuciones no críticas* [4, 3] entre PCLVA y PCF. En los casos que revelaron este tipo de Transición se puede inferir que, según la Teoría del Aprendizaje Significativo, existió un proceso de asimilación *obliterativa*, Figura 81. Por lo tanto, se puede afirmar que los alumnos que revelaron este tipo de Transición también lograron un aprendizaje significativo porque los nuevos conocimientos *estaban* en sus subsunsores modificados y enriquecidos y podían facilitar el aprendizaje, si bien “acaban siendo obliterados” (Moreira, 2017, p. 4) y por ello los alumnos sólo manifestaron un *residuo* del mismo.

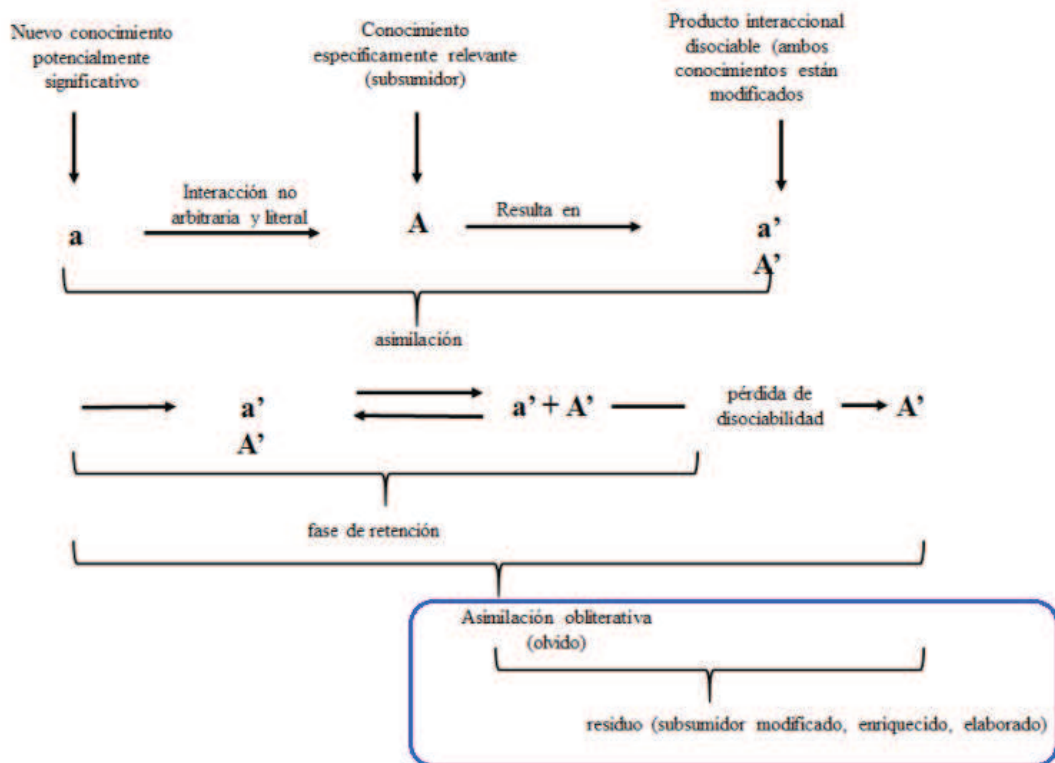


Figura 81. Aprendizaje significativo en la visión cognitiva clásica de Ausubel

(Adaptado de Moreira, 2017, p. 4)

En consecuencia, se deriva que los estudiantes cuya última zona entre las transiciones entre los PCLVA y PCF correspondió al Racionalismo Sistemico o presentaron *involuciones no críticas del tipo* [4, 3] lograron un aprendizaje significativo sobre MO y mediante la intervención didáctica mediada por las TIC.

Teniendo en cuenta el acceso a la zona 4 en todos los PC más las Transiciones del tipo [4, 3] entre PCLVA y PCF, los porcentajes de alumnos dentro de las Transiciones deseables hacia un Aprendizaje Significativo se indican en la Tabla 31.

Tabla 31. Porcentaje de alumnos dentro de las Transiciones deseables hacia un Aprendizaje Significativo

| Tipo de Transición deseable | PCI – PCLVA (%) | PCLVA – PCF (%) | PCI – PCF (%) |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|---------------|
| Evoluciones | 52,6 | 18,4 | 31,6 |
| Permanencias | 5,3 | 31,6 | 2,6 |
| Totales | 57,9 | 50,0 | 34,2 |

El comportamiento observado es el mismo que el correspondiente a la Tabla 30, destacándose las evoluciones entre PCI - PCLVA y PCI - PCF; y las permanencias entre PCLVA - PCF.

Respecto de las Transiciones que corresponden a las *permanencias*; en particular, si éstas indican que ha habido aprendizaje, y si ha sido significativo se considera que permanecer dentro de la misma zona de nivel explicativo no indica necesariamente que el alumno no haya modificado sus conocimientos, sólo que estos cambios han sido fundamentalmente de carácter cualitativo. Por ejemplo, un sujeto que está en la zona 3 en Cinemática pudo haber ampliado sus conocimientos al considerar que la velocidad y la aceleración lineales no se mantienen constantes en un péndulo simple que realiza oscilaciones alrededor de cierta posición de equilibrio en ausencia de fricción, pero si no las pudo interrelacionar con la periodicidad de las mismas en un MAS, se concluye que es evidente que dicho avance es de carácter aislado y por ello, propio del Racionalismo Clásico. De todos modos, el aprendizaje se puede considerar significativo si el alumno ha permanecido en el Racionalismo Sistemico, que es la zona de mayor nivel explicativo y que además garantiza el haber empleado los procesos de asimilación de *diferenciación progresiva* y *reconciliación integradora*.

7.6. Información sobre las TIC procedente de expresiones de los alumnos

Una de las prácticas más eficientes para que los alumnos revelen sus saberes disciplinares es la escritura de informes (Ávila y Cortés, 2017; Oyanedel, 2005; Tapia y col., 2003).

El análisis de los testimonios de los propios alumnos estuvo dirigido a la obtención de información relevante sobre los tipos de interacciones cognitivas y metacognitivas, que pusieron en juego en las actividades experimentales con LVA y que se presentaron en las conclusiones de los informes respectivos.

Si bien no es estrictamente un informe de una determinada actividad, en este contexto también se consideró analizar las respuestas al cuestionario de opinión sobre las experiencias mediadas por las TIC.

Las expresiones vertidas en estos dos instrumentos nos permitirían visibilizar si se ha cumplido el objetivo general de esta investigación y atendiendo a las “voces” de los protagonistas: “analizar los procesos de aprendizaje que ponen en juego los estudiantes cuando enfrentan actividades que incorporan TIC en el estudio de los movimientos oscilatorios armónico simple y amortiguado”.

7.6.1. Análisis de las expresiones escritas en los informes de las actividades con Laboratorios Virtuales de Aprendizaje

Particularmente en el texto escrito correspondiente a las Conclusiones a las que arribaron los estudiantes a partir de las actividades con LVA, se llevó a cabo un análisis interpretativo textual (Bernárdez, 1995), para poner en evidencia la manera en que los LVA incidieron en el proceso de aprendizaje sobre MO. A continuación, se presentan aspectos representativos detectados en algunos de los grupos conformados (con subrayados de mi parte):

- El grupo conformado por los alumnos 42 y 47 indicó, aludiendo a las actividades con los simuladores de péndulo simple y de resorte: “*pudimos observar también los cambios*

en sus diferentes magnitudes físicas y gráficas”, propios del uso de un sistema dinámico; como así también, *“observar el comportamiento de un péndulo simple y de resorte bajo condiciones ideales y reales (con rozamiento)”*, haciendo referencia a un sistema ideal o modelo físico. También relacionaron este trabajo práctico con la primera clase en la que se trabajó con sistemas de tomas de datos en tiempo real, destacando que producen menores fuentes de errores, y por ello con resultados *“mucho más exactos que los obtenidos en un laboratorio real”*, donde se *“elimina la variable del error”*. Finalmente, en coordinación con el texto subrayado, destacaron el cambio de un MAS en un MOA explicitando que esto sucede *“a partir de ciertos niveles de rozamiento”*.

- El grupo integrado por los alumnos 6; 17; 18; y 35 mencionó que mediante los dos péndulos lograron *“analizar distintos tipos de MO”* y *“compararlos con los cálculos teóricos y las fórmulas deducidas matemáticamente”*, llegando a validar las ecuaciones para ángulos pequeños. Ello evidencia una especie de “retroalimentación” de los valores hallados experimentalmente. También lograron *“diferenciar el movimiento no amortiguado del amortiguado y resaltar las principales diferencias entre ambos”*. Así, se observó que este grupo trabajó de manera interrelacionada con la teoría; además de comparar de manera clara, explícita el movimiento no amortiguado con el amortiguado.

- El grupo conformado por los alumnos 5; 7; 43; y 44 indicó que *“se lograron cumplir con éxito todos los objetivos planteados en el trabajo”*, por lo que se evidencia cierto nivel de satisfacción respecto de las actividades con LVA. Resaltaron poder observar, mediante la *pantalla*, las diferencias entre oscilaciones armónicas simples y amortiguadas, situación similar a la del grupo anterior. Además de *“observar como para cada tipo de movimiento fueron variando las distintas magnitudes y los valores máximos y mínimos que éstas alcanzaron en las oscilaciones”*, lo cual indica la percepción de la periodicidad. Finalmente, resaltaron que pudieron experimentar cómo actuaron las fuerzas en los distintos movimientos, situación muy relevante porque si bien el concepto de Fuerza es ampliamente trabajado en las clases de teoría y de resolución de problemas de Física I, también es cierto que son muy pocas las actividades experimentales tradicionales que las incluyen de manera directa.

- Aunque breves, las conclusiones del grupo de alumnos 11; 15 y 38 fueron muy reveladoras dado que destacaron la *“practicidad debido a la posibilidad de simular”*

situaciones diferentes en cada inciso”, haciendo explícito la multiplicidad de situaciones que es posible simular con el uso de los applets. También indicaron que tenían algunas dudas antes de las actividades con LVA, y que pudieron *“eliminar gracias a simular la situación que uno podía crear”*, poniendo en evidencia la generación de un ambiente de aprendizaje en el que los estudiantes participaron de manera activa en la gestión de sus conocimientos sobre MO, tendiente a mejorarlos mediante una acción comprometida y proactiva.

- El grupo conformado por los alumnos 10; 32; 40; y 41 indicó que en un MAS la energía total permanece constante, aunque *“lo que varía es la relación velocidad/aceleración”*, revelando de cierto modo que estas dos magnitudes físicas tienen comportamientos diferentes y variables en el tiempo. Además, destacaron que la fuerza de rozamiento es *“el principal factor que amortigua el movimiento oscilatorio”*, revelando un intento de modelización del sistema. Asimismo, resaltaron que el uso de los simuladores y *“los ejemplos propuestos”* – haciendo referencia a las directrices en la guía de LVA - *“fueron de gran ayuda para visualizar los conceptos desarrollados en clase sobre el movimiento oscilatorio”*; que se lograron de manera satisfactoria la mayoría de los objetivos, y que las experiencias fueron de gran utilidad *“para la comprensión e incorporación del tema de estudio”*. En este mismo sentido, el grupo de los alumnos 4, 8; 13; 14; y 39 consignó *“se pudo poner en práctica conceptos (...) y comprobar gráficamente los movimientos oscilatorios (...), llevando así, a una mejor comprensión del tema”*. Esto estaría indicando un uso de las TIC como herramientas para la mejora en la comprensión e integración de los conceptos sobre MO.

- Si bien no escribieron las conclusiones en un apartado específico, las expresiones del grupo conformado por los estudiantes 31; 45 y 46 fueron consistentes y coherentes en cada una de las actividades con LVA, revelando una integración en los contenidos asociados a conceptos y procesos sobre el MAS y el MOA. En la primera parte expresaron de manera general las relaciones correspondientes a los períodos para los dos péndulos, y justificaron los cálculos obtenidos mediante el software. Posteriormente argumentaron cada uno de los casos. Un detalle relevante se presentó en el análisis de la velocidad, donde expresaron: *“La velocidad máxima la experimentará en el punto de equilibrio, ya que luego el péndulo comenzará a disminuir su velocidad debido a la componente tangencial que genera el peso del péndulo”*. La aceleración fue relacionada con la fuerza

de acuerdo a la segunda ley de Newton. Identificaron que el valor máximo de la componente tangencial de la fuerza está en los extremos e interpretaron adecuadamente que la misma es nula cuando el sistema pasa por la posición de equilibrio. En la tercera actividad describieron adecuadamente las condiciones de un MAS denominándolo como un *“movimiento oscilatorio no amortiguado”*; y también las correspondientes a los movimientos que presentan una baja amortiguación; una amortiguación crítica; y en un movimiento sobreamortiguado.

En base a estos testimonios, resulta evidente que en un entorno compartido socialmente las TIC, en particular, los LVA favorecieron la integración e interrelación entre distintos contenidos sobre MO. No obstante, persistieron en algunos estudiantes concepciones alternativas, siendo la más mencionada la que vincula la amortiguación con la disminución del período en el MOA. En este sentido:

El grupo cuyos alumnos se identificaron como 47 y 42 citaron que: *“existen diferencias notorias entre los movimientos, como por ejemplo el grado de amortiguación variando el periodo en los diferentes movimientos o como va alterando la velocidad”*. Se recurrió al concepto de periodo en lugar de amplitud; además de mantener una concepción prenewtoniana para la explicación de un movimiento en función de la velocidad.

Los grupos integrados por los estudiantes 22 y 23 por una parte y por los estudiantes 31, 45 y 46 por otra, consideraron que el movimiento críticamente amortiguado se manifiesta *“sin completar ningún período”*, haciendo referencia a la oscilación. La misma situación se percibe en la identificación de un sistema sobreamortiguado, al expresar que *“en ella puede verse que tampoco se completa un periodo”*. No tuvieron en cuenta que en el primero de ellos el sistema no sólo no oscila, sino que además al liberar la masa esta regresa a su posición de equilibrio estático describiendo media oscilación - como máximo - antes de reducir su amplitud a cero; mientras que en el sobreamortiguado también decrece la amplitud de manera exponencial, pero lo hace más lentamente; es decir, tarda más tiempo en hacerse cero.

La misma situación se observó en el informe de los dos grupos integrados por los alumnos 6; 17; 18; 35; y 4; 8; 13; 14; 39, al indicar que *“el sistema no completará ningún período, ya que se detendrá al llegar al punto de equilibrio”*.

En el informe del grupo cuyos alumnos se identificaron como 11; 15; y 38 se observó otra concepción alternativa, en la cual consideraron que el sistema modifica su situación debido a una causa interna. Particularmente para el caso de baja amortiguación, expresaron: *“el resorte “absorbe” el movimiento del cuerpo y lo detiene”*, en lugar de considerar el rozamiento del bloque con la superficie de contacto – a pesar de que se visualiza en el applet. En el sistema sobreamortiguado vuelven a “responsabilizar” al resorte, indicando que *“se puede apreciar que el resorte está demasiado amortiguado lo cual hace que el movimiento, a la vista del observador, no parezca natural sino extremadamente rígido”*.

7.6.2. Análisis del cuestionario de opinión sobre el uso de las TIC

Analizar las expresiones sobre la influencia de las actividades mediadas por las TIC sobre MO luego de dos años de su realización permitió explorar qué “huellas” dejaron en los alumnos la experimentación, lectura, manipulación, tratamiento, interpretación, y comunicación con estas herramientas tecnológicas, siendo el objetivo principal la búsqueda de evidencias de un aprendizaje significativo - o que haya permanecido en el tiempo - sobre MO.

En esta etapa de la investigación participaron cinco alumnos, que fueron los identificados como 6; 17; 35; 42; y 47. Cada uno de ellos fue considerado como un caso, dado que el caso en sí mismo se considera importante por lo que puede revelar acerca del evento educativo, ya sea dando lugar al descubrimiento de nuevos significados, ampliando la experiencia del investigador o confirmando lo que ya conoce (Hernández Sampieri y col., 2008). Cabe aclarar que 6; 17; 35 y 42 aprobaron Física I mediante el régimen de promoción directa, mientras que 47 estaba recursando dicha materia al momento de la entrega del cuestionario. El texto de dicho cuestionario junto a la transcripción de las respuestas se encuentra en el Anexo III.

- Análisis global

Primero se analizó la cantidad de palabras utilizadas al responder a cada una de las cuatro consignas las que se centraron en: la experiencia introductoria con sensores, la experiencia con simuladores de péndulo simple y de resorte, la transferencia de resultados y los aspectos emocionales y actitudinales. Los resultados, en porcentajes de números de palabras, se muestran en la Tabla 32, para cada alumno en particular. Cabe aclarar que a la última fila se la distinguió con sombreado dado que las cantidades totales de palabras no están expresadas en porcentaje.

Tabla 32. Porcentajes de palabras usadas en las respuestas a las consignas del cuestionario y cantidad total de palabras usadas, por cada alumno

| Consigna | Alumno 6 (%) | Alumno 17 (%) | Alumno 35 (%) | Alumno 42 (%) | Alumno 47 (%) |
|---|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. Experiencia introductoria con sensores | 17,4 | 16,0 | 16,3 | 13,5 | 1,6 |
| 2. Experiencia con simuladores de péndulo simple y de resorte | 36,5 | 37,4 | 36,0 | 39,9 | 35,9 |
| 3. Transferencia de resultados | 18,9 | 19,1 | 27,0 | 23,4 | 19,0 |
| 4. Aspectos emocionales y actitudinales | 27,2 | 27,5 | 20,7 | 23,2 | 43,5 |
| Totales | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| Cantidad total de palabras | 924 | 570 | 781 | 509 | 184 |

El análisis global de las expresiones elaboradas por cada alumno al responder a las consignas, atendiendo a la cantidad total de palabras utilizadas para cada consigna, permitió inferir que:

- las experiencias con sensores que se analizaron en la primera clase sobre MO, fue recordada por todos excepto el alumno 47;
- se registraron más descripciones sobre el uso de los LVA, lo cual es razonable dado que en esta actividad didáctica fueron los estudiantes quienes hicieron un uso activo y participativo con los applets;
- la transferencia de los resultados fue similar en todos los aprendices, siendo mayor en el identificado como 35;
- en relación a los aspectos emocionales y actitudinales, con excepción del alumno 47 quien expresó con detalle estos aspectos, el resto lo hizo de manera más acotada.

- Análisis interpretativo de las expresiones

El análisis interpretativo del texto escrito por los estudiantes en las respuestas dadas al cuestionario de referencia denotó que todos los estudiantes, con excepción de 47, consideraron que comenzar el estudio de los contenidos asociados al MO incorporando un sistema de adquisición de datos en tiempo real les resultó útil:

- *“para conocer y tener una idea de antemano del tema a conocer, variables que lo afectan, características a grandes rasgos del mismo, conocimiento del tipo de gráfica y por ende de las particularidades que presenta dicho movimiento”* (alumno 6);
- *“para tener una idea de concepto antes de abordar la parte analítica del tema”* (alumno 17).

También destacaron que el uso de los sensores:

- *“... facilitaba mucho la toma de datos, ya que además de tomar muchos datos en muy poco tiempo, es mucho más preciso que una medición humana con cronometro y regla, algo que también se hizo en otro trabajo practico, donde se tomaron los datos manualmente en un péndulo simple”* (alumno 35);
- *“... permitió que la toma de datos fuese mucho más sencilla, además, conocer diferentes aparatos electrónicos de laboratorio. Ya que los ingenieros no nos vemos exentos de trabajar en ese sector”* (alumno 42).

Asimismo, de estas expresiones se puede inferir que lo visto en la pantalla actuó como iniciador o disparador, permitiendo la asociación entre el movimiento observado y las gráficas obtenidas en tiempo real; como así también, la relación con los conocimientos matemáticos vinculados a las funciones trigonométricas desarrollados en Análisis Matemático I.

La referencia a *“para tener una idea de concepto antes de abordar la parte analítica del tema”* (alumno 17), estaría relacionada con el desconocimiento de la forma de la gráfica de un MOA previo al empleo de los sistemas con toma de datos en tiempo real. Así, fue posible que el estudiante en colaboración con la tecnología trascendiera sus limitaciones cognitivas.

Es interesante destacar la comparación establecida entre la precisión en la toma de los datos efectuada a través de sensores respecto de la efectuada por un humano y la mención

a la importancia de tomar contacto con equipamiento tecnológico en su etapa de formación en tanto futuro profesional de la ingeniería.

Lo analizado estaría aportando evidencias sobre el cumplimiento de los objetivos planteados para la primera clase sobre MO respecto de la inclusión de las TIC, en particular, los sistemas de adquisición de datos, que actuaron como facilitadores de la cognición y por tanto en la reconstrucción de los conocimientos sobre MO.

En relación a las actividades con LVA, todos los estudiantes recordaron las experiencias realizadas con los applets aun cuando lo hicieron con distintos grados de aproximación. Reconocieron haber contrastado los resultados obtenidos producto de la manipulación del software con los conceptos y relaciones teóricas. Si bien los datos fueron registrados tanto de manera tradicional con “lápiz y papel” como en formatos digitales - archivos de texto o planillas de cálculo -, se reveló una retroalimentación entre los mismos.

Asimismo, identificaron al MAS como un sistema idealizado y por ello difícil de replicar en condiciones experimentales tradicionales. En particular, el alumno identificado como 35 indicó: *“el movimiento oscilatorio simple (no amortiguado), en la realidad, esto es prácticamente imposible de lograr debido al rozamiento existente en el punto fijo y el rozamiento con el aire”*.

Más allá de los inconvenientes asociados a que varios de los applets hacen uso del idioma inglés, que algunos estudiantes no manejaban, y a la necesidad de un tutorial, expresaron que no se les presentaron dificultades en las manipulaciones con los LVA, aunque tuvieron que averiguar su uso mediante prueba y error, uso de bibliografía de referencia, comparación con los cálculos en una planilla de cálculo o en papel, o con la ayuda de un compañero más avanzado.

Con excepción del alumno 47, los restantes consideraron que los enunciados de la guía fueron claros y precisos, que las preguntas se ajustaron a lo dado en la materia y a lo que sabían del tema, y además las actividades propuestas fueron un buen complemento para terminar de comprender lo dado en clases: *“Me ayudaron a comprender mejor el tema y que no resulte tan abstracto a la hora de calcularlo”* (alumno 42); *“Creo que también fueron una herramienta que aportaron a facilitar mi estudio y comprensión del tema en*

general” (alumno 35). Por lo tanto, se puede admitir que las actividades con los LVA tuvieron un adecuado diseño tecnopedagógico.

Todos declararon que no conocían este tipo de material quedando en evidencia la novedad del material didáctico. Esto afirmó la “escasa utilización” de las simulaciones sobre MO en el diseño curricular de la educación en ciencias experimentales.

Respecto a la transferencia de los resultados se observó que la retención de los contenidos en la estructura cognoscitiva de los estudiantes se extendió ante la posibilidad de efectuar cambios en las distintas magnitudes físicas y visualizar las gráficas asociadas al MAS y al MOA. En este sentido, el alumno 6 declaró que *“al cambiar diferentes parámetros, conocimiento de las gráficas, donde gracias a estas últimas, permiten tener una memoria visual de las particularidades que tiene dicho movimiento en términos generales, algo que perdurara en el tiempo sin la necesidad de revisión del tema”* - el subrayado es propio -.

También se puede inferir que se establecieron conexiones entre lo aprendido a través de la realización de las diferentes actividades con LVA con las demandas de los problemas seleccionados para su resolución por la cátedra. Así, el alumno 35 mencionó *“Además los simuladores en ocasiones me ayudaban a resolver y verificar los resultados de los ejercicios propuestos por la cátedra”*; mientras que el estudiante 42 expresó que le *“ayudó a tomar mejor los datos y poder estudiar con ellos”*.

La aseveración enunciada por el alumno 17: *“una clara expresión gráfica de los movimientos”*, en relación a los aportes de los LVA, estaría dando cuenta que las representaciones gráficas contribuyeron a la diferenciación de los tipos de MO. La diferenciación es uno de los procesos que está presente en el aprendizaje significativo y contribuye a caracterizar en términos de detalles y especificidad a los distintos tipos de MO; es decir, a diferenciar un MAS de un MOA en términos de atributos relevantes.

Recordando que el cuestionario fue aplicado dos años a posteriori de la realización de las actividades con LVA, se puede concluir que éstas han sido significativas *per se* al permanecer en la memoria de los alumnos y al establecer conexiones en busca de mejorar la comprensión de sus saberes.

En relación a los aspectos emocionales y actitudinales, todos valoraron de manera positiva iniciar la clase del MO con el sistema de adquisición de datos en tiempo real:

- *“...son un modo fácil y rápido de observar resultados, obtención de datos y gráficas, de fácil utilidad...” (alumno 6);*
- *“...la inserción de la tecnología a los métodos de aprendizaje es algo fundamental en estas épocas, y tiene que ser implementado con mayor fuerza en un futuro, ya que es una herramienta excelente con un sinfín de posibilidades...” (alumno 17);*
- *“ya que nos vemos rodeados de tecnología, sobre todo los jóvenes, y no nos resulta complicado trabajar con ella. La misma nos puede ayudar a ganar precisión, sin perder las antiguas técnicas” (alumno 42).*

Los cinco alumnos manifestaron distintas vivencias con los LVA. El alumno 6 indicó que *“Al principio costó la adaptación por el hecho de nunca haber utilizado un simulador (...), pero luego de práctica y un tiempo de asimilación del sistema del simulador, logré comprenderlo de mejor manera y los resultados que éste me arrojaba”*. Los alumnos 47 y 42 se adaptaron bien: *“...sin importar que no conocía los programas, ya que fue un nuevo aprendizaje”*; *“...no me costó comprender el funcionamiento y me emocionaba ver que mis resultados coincidían con los que tiraban los softwares”*, respectivamente; el alumno 35 compartió lo mencionado por su compañero identificado como 42. Finalmente, el alumno 17 dentro de la misma posición, destacó la necesidad de *“...alguna especie de introducción/tutorial al momento de utilizarlo por primera vez, para hacer más amena la experiencia”*. Como toda nueva herramienta, demanda un período de adaptación para conocer su funcionamiento, para luego poder efectuar distintas actividades con ella. De todos modos, no se manifestaron grandes dificultades en su manipulación, sobre todo siendo la primera vez que la utilizaban. Allí reside también la solicitud de un tutorial. Se observa que el uso de LVA trascendió el carácter instrumental contribuyendo a generar un genuino entorno de aprendizaje – uno de los objetivos de la intervención didáctica –.

Según las declaraciones de los estudiantes queda claro que podrían haber actuado de otro modo: *“La verdad que al momento de utilizarlo lo comprendí de la mejor manera el movimiento y sus características. Pondría más atención a como varían las gráficas en función del cambio de algunos parámetros que lo afectan, y los resultados del mismo”*

(alumno 6). El estudiante 17 reconoció que *“Si tuviera que repetir la experiencia, hubiera variado más los parámetros al usar los simuladores, para evaluar muchos más casos de los que evalué en su momento”* (alumno 35).

El análisis interpretativo de las expresiones escritas por los estudiantes dio cuenta que las herramientas tecnológicas contribuyeron a que generaran un conocimiento estable sobre las gráficas de los MO – o que no ha sido olvidado en el tiempo -. Así, desde un punto de vista vigotskyano se percibe la presencia de un proceso de apropiación de las herramientas materiales y simbólicas del nicho cultural en la que ha operado el alumno.

De este modo, las herramientas no son sólo un complemento añadido a la actividad humana, sino que las transforman y, al mismo tiempo definen las trayectorias evolutivas de los sujetos cuyas habilidades se adaptan a las herramientas en uso y a las prácticas sociales por ellas generadas (Lalueza y col. p. 54, *op. cit.*).

Según la Teoría Sociocultural de Vigotsky, el desarrollo cognitivo se da a través de la internalización de instrumentos y signos. A medida que el alumno emplea más signos, suministrados por una *pantalla*, producto de la manipulación de distintos parámetros asociados al MO, mayor es la probabilidad de modificar las operaciones psicológicas que dicho alumno es capaz de hacer. Del mismo modo, cuantos más instrumentos aprende a usar, mayor es la variedad de actividades en donde le es posible utilizar tales operaciones psicológicas. Pero para poder internalizar los signos, el estudiante tiene que ser capaz de comprender los significados correspondientes a los conocimientos científicos, en particular, en esta investigación, sobre el MO. No obstante, algunos de los estudiantes no lograron procesar la información en la *pantalla* de la misma forma, dado que presentaron distintos niveles de comprensión frente a las actividades didácticas. Por ejemplo, no pudieron modificar algunas de sus concepciones alternativas, incluso aquellos que lograron acceder a mayores niveles cognitivos sobre MO. Tal es el caso del alumno 6, quién además tuvo la nota más alta en la evaluación en la promoción directa de Física I, quién expresó al recordar las actividades con los equipos de toma de datos en tiempo real que *“Las gráficas que fueron observadas eran del tipo periódicas como el caso de las funciones trigonométricas seno y coseno para el caso del movimiento armónico simple (MAS) y para el caso del amortiguado similar pero con la diferencia que los periodos iban disminuyendo con el paso del tiempo hasta volver a la posición*

inicial de la cual no se desplazaba más” (el subrayado es mío). Como se observa, no pudo relacionar la amortiguación con la disminución de la amplitud y el incremento de los tiempos de las oscilaciones en la *pantalla* del applet sobre MOA.

La tecnología como intermediadora en el proceso de aprendizaje – revelada en las expresiones escritas en los informes de las actividades con los LVA y en las respuestas al cuestionario sobre sus usos cognitivos y metacognitivos - ha actuado como una especie de *prolongación* de sus mentes – o también como un *instrumento psicológico* – producto de una “concepción más relacional con la tecnología” (Lion, 2006, p. 202).

Cuando los estudiantes manifestaron sus avances cognitivos junto a distintas expresiones acerca del uso *real* o efectivo, y también *potencial* de los LVA; el trabajo en un entorno colaborativo con los compañeros y con el docente y la propuesta de “incrementar las actividades con otras acciones como las simulaciones con otros péndulos”, se evidencia que las simulaciones les proporcionaron oportunidades para el aprendizaje del MO que no se les hubiesen presentado de no mediar la interacción con la tecnología. Es decir, se generaron las condiciones propias de la constitución de ZDP, concretando una de las intenciones de las actividades con LVA.

Debe recordarse que el uso de las TIC fue producto de un diseño tecnopedagógico adecuado a las necesidades de los estudiantes – detectadas mediante el PCI – junto a criterios de interactividad, condiciones y criterios de acceso, y credibilidad cuidadosamente seleccionados; de modo tal que su uso no sea meramente instrumental, neutral y/o indiferente. Así, las acciones ejecutadas con las mismas y visibilizadas mediante una *pantalla* permitieron relacionar de manera sustantiva y no literal la nueva información sobre el MAS y el MOA con la disponible en sus estructuras cognitivas.

Cabe aclarar que el alumno 47 constituyó un caso particular. Sus expresiones revelaron que no recordó las actividades con los sensores en la primera clase sobre MO. No pudo responder las consignas sobre aspectos conceptuales y sólo mencionó aspectos procedimentales y actitudinales relacionados con los LVA. Se registró que:

- la utilización de los simuladores le pareció práctica;
- trabajó en base a las consignas de la guía confeccionada para tal fin y siguiendo las secuencias de actividades propuestas en ésta;

- recordó que a la *información “para las magnitudes físicas de los diferentes péndulos”* las presentó en tablas. También, la posibilidad de efectuar modificaciones en tales magnitudes y de visualizar las gráficas de los movimientos;
- destacó la utilidad de los LVA para *“poder conocer los diferentes movimientos de los péndulos por separados, pero además combinados entre sí”*;
- calificó de manera positiva el uso de las TIC indicando *“porque es una forma de ver al tema desde otra perspectiva”*;
- resaltó la parte práctica sobre la teórica, junto a la presencia de una imagen en una “pantalla” haciendo mención a la visualización;
- también valoró positivamente el uso de las actividades experimentales con los LVA, dado que *“al momento de realizar el trabajo se vieron los resultados de forma más clara, pudiendo así obtener mejores conclusiones”*;
- mencionó que se ha sentido bien cuando los usó a pesar de no conocer los programas.

Si bien en este estudiante se evidenciaron avances en aspectos procedimentales y actitudinales, relacionados con su metacognición, se concluye que no logró interrelacionarlos con los aspectos conceptuales asociados al MO.

Sus respuestas en el cuestionario de opinión revelaron que no pudo responder las consignas sobre aspectos conceptuales de la intervención didáctica mediada por las TIC.

7.6.3. Comparación entre las respuestas al cuestionario y las zonas de los Perfiles Conceptuales

A fin de corroborar si las trayectorias evolutivas descritas en el apartado anterior se evidenciaron en cambios de zonas de PC, desde la definida mediante el pretest, continuando con la correspondiente a los LVA y finalmente a través del postest; como así también, en Transiciones deseables, se contrastaron las opiniones expresadas por los estudiantes 6; 17; 35; 42 y 47 con las zonas de sus PCI, PCLVA y PCF y con las *Transiciones* principales, respectivamente.

En la Figura 82 se muestran las zonas de PC asociadas a la secuencia didáctica mencionada para cada uno de los cinco estudiantes. De la misma se puede inferir que:

- los estudiantes identificados como 6; 17 y 35 comenzaron en la zona 3 Racionalismo Clásico; a través de las actividades con los LVA pasaron a la zona 4 Racionalismo Sistémico; y finalmente permanecieron en la misma zona de PCF. Se manifiesta que el uso de las TIC les permitió avanzar de zonas dado que, si bien disponían de algunos de los saberes científicos, luego de la intervención didáctica evolucionaron hacia conocimientos más avanzados e interrelacionados sobre MO. La permanencia en la zona 4 de PCF, evidenció la existencia de mecanismos de *retención* de dichos conocimientos. Los niveles cognitivos y metacognitivos logrados se pueden relacionar con los puntajes alcanzados en la nota final de Física I: 9 puntos para 17, y 10 puntos para 6 y 35.

- el estudiante 42 comenzó en la zona 3 Racionalismo Clásico y permaneció en la misma zona de PCF, si bien producto de las distintas acciones con los LVA se ubicó en la zona 2 Realismo Interpretativo. Esto indica que con el uso de los applets no logró avanzar en sus saberes sobre MO, aunque también puede inferirse en base a las expresiones vertidas en el cuestionario de opinión - donde consideró que los LVA contribuyeron a que tomara mejor los datos; a comprender mejor el tema y que no le resulte tan abstracto de operar - que no pudo avanzar de zona en el PCLVA en el tiempo previsto para esta actividad en el marco del desarrollo de los contenidos sobre MO. Esta situación particular pudo deberse a que "...los tiempos escasos con que se cuenta en las clases para este tipo de trabajos – operar con las tecnologías – impide que los alumnos puedan repensar las categorías de búsqueda y construir criterios cada vez más pertinentes y atinados respecto de un campo disciplinario y de un trabajo de producción" (Lion, 2006, pp. 83). Además, su nota de aprobación en Física I fue de 6 puntos - la de menor puntaje para la promoción directa -.

- el estudiante 47 comenzó en la zona 1 Realismo Ingenuo, y después de las actividades con los LVA logró avanzar a la zona 2 Realismo Interpretativo, y permaneció en dicha zona de PCF no logrando acceder a zonas de mayor nivel explicativo. Esta situación también se observó en las expresiones que consignó en el cuestionario, comprobándose que "sin la presencia de marcos reconstructivos, no se construye conocimiento, sino que se acumula información" (Lion, 2006, p. 72). Cabe aclarar que este alumno tuvo que volver a cursar Física I.

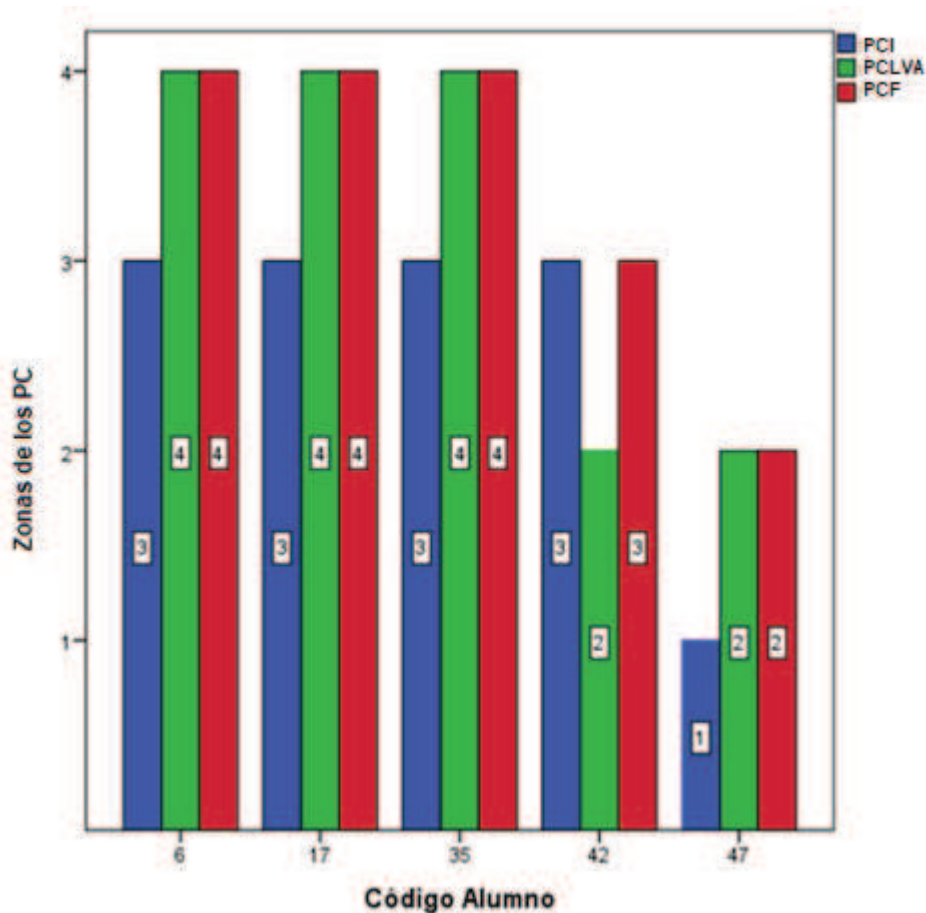


Figura 82. Zonas de PCI; de PCLVA; y de PCF correspondientes a los alumnos 6; 17; 35; 42; y 47

El análisis sobre las seis categorías de conceptos y procesos sobre MO - Figura 83 - permite indagar con más detalles cómo han sido las evoluciones para cada alumno como caso. Este “espectro de zonas” revela que:

- los alumnos 6; 17; y 35 presentaron mayores frecuencias en las zonas 3 y 4, aunque también tuvieron presencia en los Realismos - por ejemplo, 17 en PCI Energía - ;
- el alumno 42 presentó mayoría entre las zonas 2 y 3, y sólo una categoría en el Racionalismo Sistémico (PCF No conservación);
- el alumno 47 se ubicó mayormente entre las zonas 1 y 2, y algunas dentro del Racionalismo Clásico (PCLVA Energía). Sólo mostró avances en Conceptos Básicos entre el PCI y el PCF, ya que se desplazó desde el Realismo Ingenuo al Racionalismo Clásico.

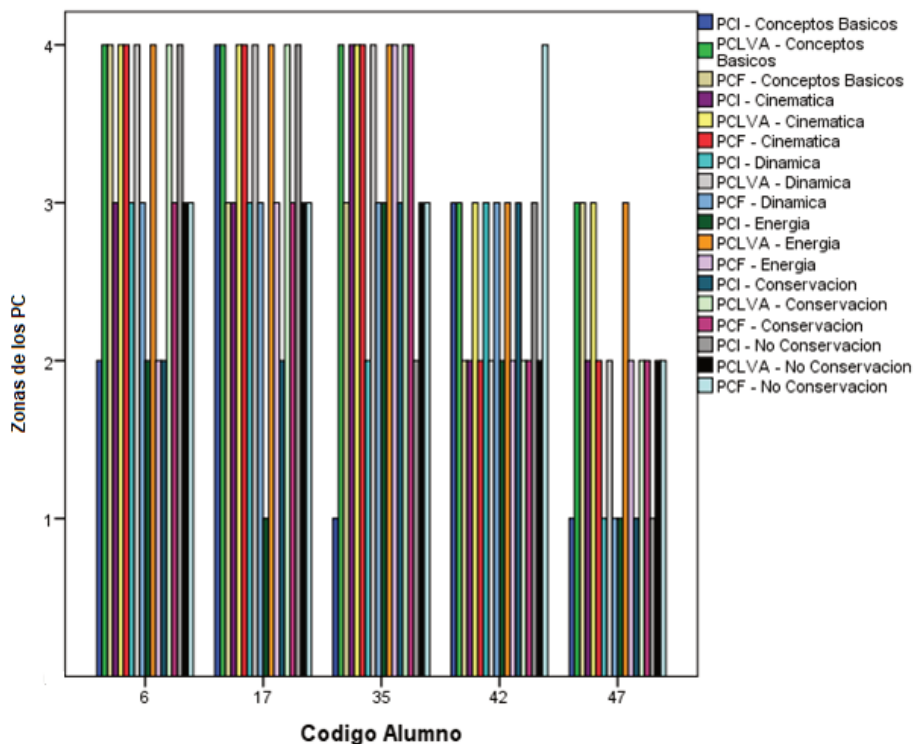


Figura 83. Zonas de los Perfiles Conceptuales Iniciales (PCI)

y Finales (PCF) para las seis categorías de análisis y correspondientes a los alumnos 6; 17; 35; 42; y 47

Mediante los PCRI y los PCRF en tanto herramienta de diagnóstico asociada al grado de confianza en los conocimientos disponibles, que se presentan en la Figura 84, fue posible observar que, los estudiantes 6, 17 y 35 cuyos conocimientos previos pertenecían a la zona 3 Racionalismo Clásico con un grado de confianza medio comprendido entre 5 y 7 puntos, luego de la intervención didáctica sus conocimientos se ubicaron en la zona 4 Racionalismo Sistémico con grados de confianza medio superiores (8 y 9). Cabe recordar que estos estudiantes aprobaron la materia Física I con puntajes 9 y 10. El estudiante 42 que permaneció en la zona 3 Racionalismo Clásico con grado de confianza final igual a 6 puntos; es decir, sólo aumentó en una unidad, aprobó la materia con el puntaje más bajo correspondiente a 6.

Luego de la intervención didáctica mediada por las TIC el alumno 47 presentó un PCRF comprendido en la zona 2 Realismo Interpretativo y con un grado de confianza medio 3 puntos. Se puede deducir que este estudiante aún estaba muy poco seguro de los conocimientos que disponía sobre MO.

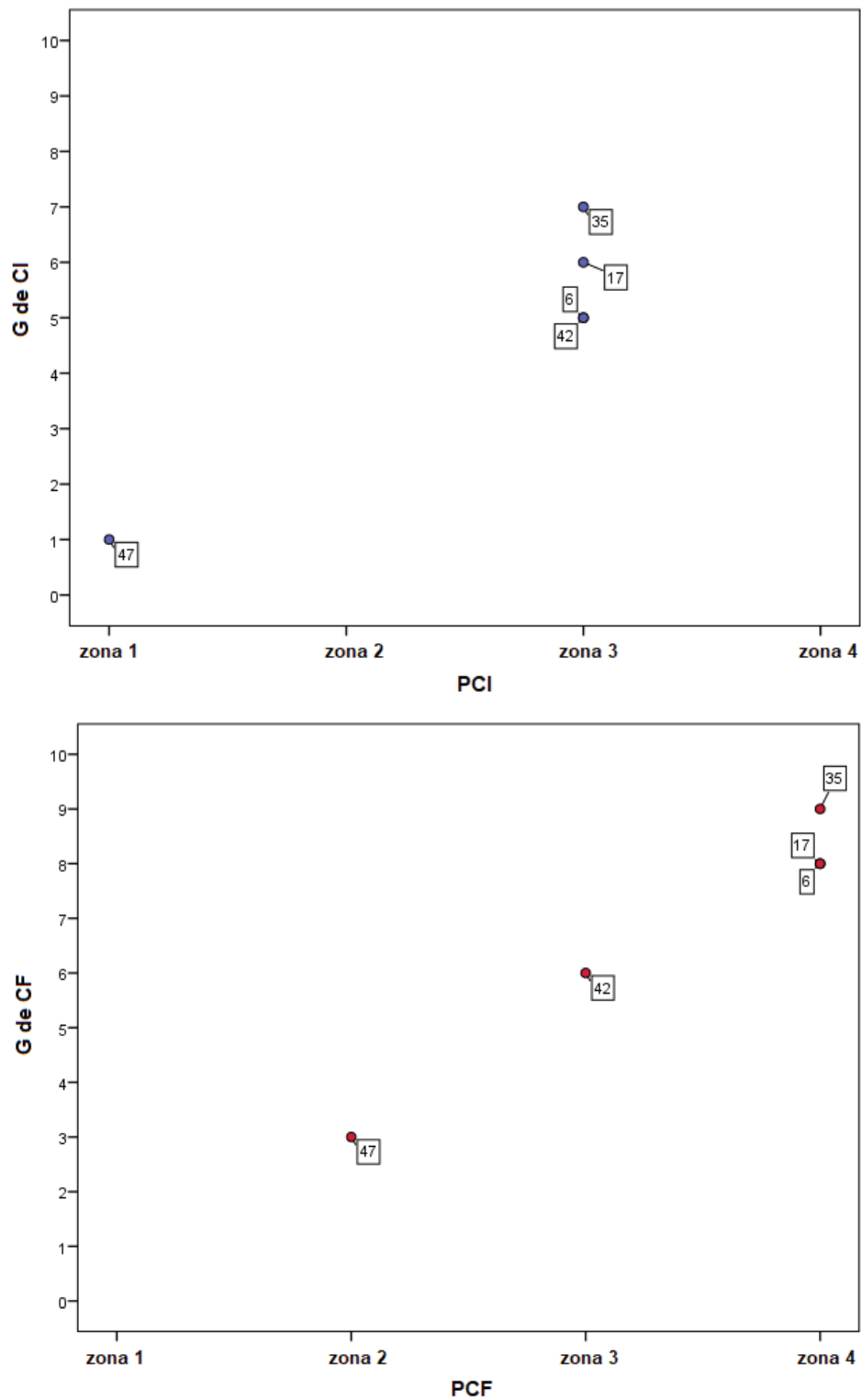


Figura 84. Perfiles Conceptuales Relativos Inicial (PCRI) - arriba - y Final (PCRF) - abajo - correspondientes a los estudiantes 6; 17; 35; 42; y 47.

La información mostrada a través de los PCR junto a las notas del examen de promoción directa revela que aquellos alumnos que aprobaron Física I con los mayores puntajes

también arribaron a PCRf de mayor evolución. Esto da indicios que las actividades mediadas por las TIC favorecieron el aprendizaje cognitivo y metacognitivo sobre MO.

El análisis de las Transiciones principales de estos los alumnos identificados como 6, 17, y 35 muestra la presencia de evoluciones y permanencias medias y altas junto a una involución no crítica del tipo [4, 3]. Como todas ellas son consideradas *deseables*, puede afirmarse que su aprendizaje sobre MO ha sido significativo.

La Transición [4, 3] puede considerarse una especie de *olvido* de los conocimientos alcanzados con las TIC en el momento de la ejecución de las actividades que permitieron identificar la zona de PCF. Es decir, si bien los subsunores se modificaron no fue posible emplearlos en otro contexto posterior a la intervención que le permitió dicha modificación. Así, se puede establecer una relación con el proceso de asimilación obliterativa de la teoría de Aprendizaje Significativo, donde

... el olvido es la continuidad natural del aprendizaje significativo, pero hay un residuo, es decir, un subsumidor modificado. Los nuevos conocimientos acaban siendo obliterados, subsumidos, pero de alguna forma están en el subsumidor y esto facilita el aprendizaje (Moreira, 2017, p. 4).

La presencia de evoluciones y permanencias medias y altas en los estudiantes 6, 17, y 35 revelaron mejoras en sus conocimientos sobre MO junto a un mejor aprovechamiento del uso de la tecnología como herramientas cognitivas y metacognitivas. Se evidenció un avance en las zonas de sus PC dado que, si bien disponían de algunos de los saberes científicos necesarios, luego de la intervención didáctica con las TIC evolucionaron hacia conocimientos más avanzados e interrelacionados sobre MO. Se registraron mecanismos de retención de dichos conocimientos al aplicarlos tanto en el examen de promoción a medio plazo, como en el cuestionario de opinión a largo plazo, dando así indicios que su aprendizaje ha sido significativo.

El alumno 42 presentó involuciones no críticas [3, 2] entre PCI y PCLVA y evoluciones medias [2, 3] entre PCLVA y PCF. Se registró que los desplazamientos cognitivos entre las zonas 2 y 3 se ubican en la *zona difusa crítica*, y se puede interpretar que este alumno, si bien presentó conocimientos previos dentro de la zona 3 Racionalismo Clásico y permaneció en la misma zona de PCF, durante las actividades con los LVA no pudo

permanecer en dicha zona al no contar con los conocimientos cognitivos y metacognitivos durante el uso de los applets sobre MAS y MOA.

El análisis de sus expresiones en el informe de las distintas actividades con los LVA reveló una involución hacia la zona 2 Realismo Interpretativo, por lo que se deduce que cuando hizo uso de los applets no logró avanzar en sus saberes. No obstante, a través del análisis de sus expresiones presentes en el cuestionario sobre el uso de las TIC se observó que pudo aprovechar cognitivamente las actividades con la tecnología dado que contribuyeron a mejorar sus aspectos conceptuales manifestando coherencia y cohesión en el empleo de conceptos científicos sobre MAS y MOA y de manera interrelacionada.

Cabe aclarar que el análisis de las Transiciones correspondió a la evolución del estudiante 42 durante el cursado como alumno regular de Física I. Comparando las Transiciones frente a las repuestas en el cuestionario de opinión sobre el uso de las TIC, es claro que necesitó mayor tiempo para poder reconstruir sus conocimientos sobre MO; incluso después del cursado de Física I. En este sentido, su desarrollo cognitivo ha revelado una situación mencionada por Ausubel y col. (1995), p. 342

Hay que recordar, no obstante, que el aprendizaje significativo es en ocasiones *más lento* que el aprendizaje repetitivo, dado que el individuo está involucrado en la reorganización de las estructuras cognitivas y en la diferenciación de los conceptos subordinados y supraordinados. Un estudiante de física que podría ser “lento” en un curso de introducción a la física más tarde puede demostrar ser el más capaz de resolver problemas y de aprender nuevos conceptos físicos mucho tiempo después de que se ha olvidado la información aprendida repetitivamente.

En el alumno 47 se detectaron fundamentalmente evoluciones y permanencias bajas del tipo [1, 2] y [2, 2]. Estas transiciones revelan que los procesos cognitivos y metacognitivos de este alumno se mantuvieron dentro de la zona 2 Realismo Interpretativo. Si bien se registró un progreso hacia la zona 3 Racionalismo Clásico en conceptos básicos, no resultó suficiente como para lograr apropiarse de manera significativa los conocimientos asociados al MO.

También se observó una concordancia muy llamativa entre estos resultados y sus expresiones en el cuestionario de opinión, en el cual se evidenció muy claramente la

preponderancia de aspectos procedimentales y actitudinales, en detrimento de los conceptuales sobre MO.

Si se agrega que los alumnos 6 y 17; al igual que 42 y 47; formaron parte del mismo grupo que participó en las actividades con los simuladores, se puede inferir que:

- Aunque las acciones propuestas en las actividades mediadas por LVA y comunicadas en los respectivos informes fueron de carácter grupal, ello no implica que todos los integrantes hayan gestionado sus conocimientos de la misma forma.
- Aquellos sujetos que presentaron la mayoría de las transiciones dentro de la *zona difusa crítica*, es probable que no hayan logrado acceder a los Racionalismos durante el tiempo de dictado previsto para el desarrollo de los contenidos analizados.

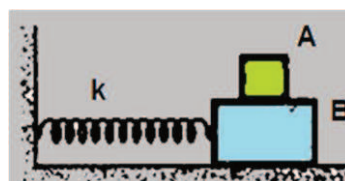
7.7. La influencia de las TIC en alumnos que aprobaron Física I

Para finalizar, se analizaron las producciones escritas de los exámenes en el que se evaluaron contenidos sobre MO, y de este modo inferir la influencia de la intervención didáctica mediada por las TIC en el marco de una evaluación tradicional de Física I en la UTN – FRSF.

El turno de examen seleccionado correspondió a febrero del año 2018, por ser el más representativo del régimen de promoción directa ya que participaron la mayor cantidad de estudiantes tanto del grupo indagado – Ingeniería Civil, comisión A - como el considerado testigo - comisiones de las Ingenierías Civil comisión B y Eléctrica -.

El enunciado del problema correspondiente a MO fue el siguiente:

3. En el sistema masa resorte de la figura, $m_A = 40 \text{ Kg}$, $m_B = 60 \text{ Kg}$ y la constante elástica del resorte $K = 100 \text{ N / m}$. Sabiendo que el bloque B no tiene fricción con la superficie horizontal y que entre el bloque A y el bloque B existe $\mu_e = 0,60$ y $\mu_d = 0,30$. Entonces:



- a. Se saca el sistema de la posición de equilibrio comprimiéndolo para luego soltarlo y comience a oscilar. Explicar por qué el movimiento es armónico simple y deducir la ecuación diferencial del movimiento.
- b. Determinar la frecuencia angular, el periodo de oscilación y la frecuencia del movimiento.
- c. Cuál es la máxima amplitud de oscilación sin que A resbale sobre B.
- d. Realice las gráficas de las energías presentes en el movimiento del resorte (MAS) en función de la posición.
- e. Calcular en qué posición la energía cinética es igual a la potencial.

En el análisis de las respuestas al problema se apeló a estrategias de carácter estadístico descriptivo e inferencial - ver Anexo V -, en combinación con aspectos de carácter cualitativo-interpretativos. Dicho análisis se basó en las siguientes consignas, el estudiante:

- Define adecuadamente el MAS
- Indica la condición de la Fuerza resultante que genera el movimiento
- Señala la conservación de la energía mecánica
- Muestra la constancia del periodo
- Indica la presencia del rozamiento
- Declara la ausencia de amortiguamiento
- Construye correctamente la gráfica de la energía.

7.7.1. Análisis estadístico descriptivo

Los resultados de la mesa examinadora analizada se muestran en la Tabla 33; en la misma se evidencia que los integrantes del grupo indagado presentaron mejores rendimientos sobre MO en las notas promedios tanto de los participantes (promedio de 62,5 puntos en los alumnos del grupo indagado versus 39,5 puntos en los alumnos del grupo testigo), como de los aprobados (68,3 versus 55,0 puntos), junto a una mayor participación de estudiantes en el turno de examen considerado - 38,1% versus 16,7% -.

Tabla 33. Resultados del examen del mes de febrero 2018

| Categorías | Grupo indagado | Grupo testigo |
|---|-----------------------|----------------------|
| Cantidad de alumnos participantes | 16 | 11 |
| % del total de alumnos de la comisión | 38,1% | 16,7% |
| Cantidad de alumnos aprobados | 12 | 7 |
| % de aprobados | 75,0% | 63,6% |
| Promedio notas alumnos participantes en pregunta sobre MO | 62,5 puntos | 39,5 puntos |
| Promedio notas alumnos aprobados en pregunta sobre MO | 68,3 puntos | 55,0 puntos |

Además, se destaca que el promedio de los puntajes en la pregunta sobre MO de los participantes en la comisión de Ingeniería Civil comisión A (grupo indagado) se encuentra por encima del correspondiente a la aprobación (60 puntos); mientras que el de las carreras de Ingeniería Civil comisión B y Eléctrica (grupo testigo) está debajo del mismo.

7.7.2. Análisis estadístico inferencial

Con el objeto de estudiar semejanzas y diferencias entre los dos grupos, previo al análisis de la igualdad de medias se efectuó la Prueba de homogeneidad de varianzas mediante el Estadístico de Levene. Este estadístico es menos dependiente del supuesto de normalidad para evaluar la homocedasticidad o igualdad de varianzas.

$$H_0: \sigma_1 = \sigma_2$$

$$H_1: \sigma_1 \neq \sigma_2$$

para un p – valor $\leq 0,05$.

Los datos obtenidos concluyeron que no hubo igualdad de varianzas entre los dos grupos excepto en la consigna *Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento*. Incluso varias de las mismas fueron altamente significativas para cualquier valor, lo que manifiesta diferencias muy importantes entre ambos grupos.

Continuando el análisis mediante el ANOVA, se evaluó mediante la F de Fisher - Snedocor el contraste global de diferencias significativas entre todas las medias de cada nivel de factor, con:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2; \text{ y}$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

para un p – valor $\leq 0,05$.

Las medias que difirieron en porcentajes menores al 95% se dieron sólo para tres consignas: *Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento*; seguido de *Indica la presencia del rozamiento*; y de *Construye correctamente la gráfica de la energía*. Se infiere que no hubo diferencias significativas entre los dos grupos para estas tres categorías; y en particular debido al empleo de las TIC en el estudio del MO.

Como complemento, se realizaron las siguientes pruebas:

- U de Mann – Whitney. La hipótesis nula del contraste de dicha prueba es que las dos muestras, de tamaño n_1 y n_2 , respectivamente, proceden de poblaciones continuas idénticas:

$$H_0: f_1(x) = f_2(x)$$

La hipótesis alternativa supone que la tendencia central de una población difiere de la otra.

$$H_1: f_1(x) \neq f_2(x)$$

En base a los resultados obtenidos anteriormente, y con el nivel de significación bilateral, y para un p – valor $\leq 0,05$ se rechazó H_0 para las consignas:

- *Define adecuadamente el MAS*
- *Señala la conservación de la energía mecánica*
- *Muestra la constancia del período de oscilación*
- *Declara la ausencia de amortiguamiento*

En base a estos resultados se infieren diferencias entre los dos grupos, revelando que los mejores resultados se dieron en el grupo indagado y como producto de la intervención didáctica mediada por las TIC.

Por otro lado, se aceptó H_0 para:

- *Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento*
- *Indica la presencia del rozamiento*
- *Construye correctamente la gráfica de la energía*

Para un 95% de probabilidad, no hubo diferencias significativas en ambos grupos. Además, se corrobora lo obtenido previamente mediante el ANOVA.

Análisis mediante el contraste de Kolmogorov-Smirnov de dos muestras, donde se propusieron las siguientes hipótesis:

- * H_0 : las dos muestras independientes de tamaños n_1 y n_2 proceden de la misma población;
- y
- * H_1 : las dos muestras independientes de tamaños n_1 y n_2 no proceden de la misma población

Según los valores obtenidos en la Significación exacta (bilateral) se aceptó la hipótesis nula consistente en que las dos muestras independientes de tamaños n_1 y n_2 procedieron de la misma población, lo cual es razonable porque ambos grupos estuvieron presentes en el examen del mes de febrero de 2018.

La robustez de la igualdad de medias se complementó mediante las pruebas de Welch y de Brown – Forshyte, la cuales representan una alternativa al estadístico F del ANOVA cuando no se puede asumir que las varianzas son iguales. Los resultados obtenidos se interpretaron de la siguiente manera:

- En las consignas *Indica la conservación de la energía mecánica; Muestra la constancia del período de oscilación; y Declara la ausencia de amortiguamiento* no se pudo hacer el análisis dado que no hubo datos en el grupo testigo. Esto implica que el grupo indagado fue el único que presentó estas respuestas en el examen.

- Para las consignas *Define adecuadamente el MAS; Indica la presencia del rozamiento; y Construye correctamente la gráfica de la energía* se rechazó la H_0 para una probabilidad del 92,2%; 81,4%; y 84,2%; respectivamente. Estos nuevos resultados permiten inferir que si bien los análisis preliminares para estas tres consignas indicaron que no hubo diferencias significativas entre los dos grupos para un 95% de probabilidad; modificando dicha probabilidad para 92,2% en la primera, 81,4% en la segunda y 84,2% en la tercera, es evidente que ha habido diferencias en el grupo indagado y el testigo, pudiéndose decir que la misma se debieron a las actividades mediadas por las TIC.

- En la categoría *Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento* se aceptó la H_0 de igualdad de medias; por lo que ambos grupos tuvieron un comportamiento similar. Es decir, la influencia de las TIC no presentó diferencia entre el grupo indagado y el testigo.

Finalmente se analizó la relación de independencia entre los dos grupos en base a las respuestas al inciso e. A través de Tablas de contingencia y la prueba Chi - cuadrado, se halló un p - valor igual a 0,002 en la significación exacta bilateral mediante la prueba exacta de Fisher, lo cual indica que, con un 95% de probabilidad, ambos grupos son totalmente independientes. Expresado de otro modo, las respuestas del inciso e. fueron totalmente diferentes entre los dos grupos, teniendo mejores resultados las del grupo indagado.

También se analizó la relación entre las medias en las respuestas al inciso e. a través de la prueba t. Los resultados obtenidos dieron un p - valor igual a 0,009 para la significación exacta bilateral, por lo que se rechaza la H_0 de igualdad de las medias. Se revela que la actividad mediada por las TIC logró que los rendimientos académicos en las respuestas al inciso e. de la pregunta sobre MO en el examen del grupo indagado sean superiores que los del grupo testigo.

En base a estos resultados estadísticos se deduce que la intervención didáctica mediada por las TIC sobre MO no sólo permitió mejores rendimientos académicos en el examen de promoción directa, sino que además quedó evidenciada en los estudiantes del grupo indagado la integración conceptual de los movimientos oscilatorios armónico simple y amortiguado; situación que no fue detectada en el grupo testigo.

7.7.3. Análisis interpretativo de las producciones escritas

El análisis interpretativo de las producciones de los exámenes se empleó como instrumento para *rastrear* específicamente la transferencia de los conocimientos asimilados a partir de la intervención didáctica mediada por las TIC, dado que, al comparar los resultados entre los dos grupos, se puede inferir, *por acción y por omisión*, cómo éstos han influido en los procesos cognitivos y metacognitivos de los alumnos.

El alumno 35, por su parte, en su producción efectuó un examen completo y correcto - Figura 85 -. Por lo tanto, se puede observar que este sujeto no sólo respondió acertadamente las consignas sobre MAS en el examen de promoción directa, sino que además ha integrado los contenidos de las seis categorías de análisis sobre MO. Un aspecto que dio cuenta de tal integración se dio que cuando tuvo que explicar en el inciso a. por qué el movimiento es armónico simple, dentro de las características incluyó la expresión “...no es amortiguado...”, producto de la contrastación frente a un MOA.

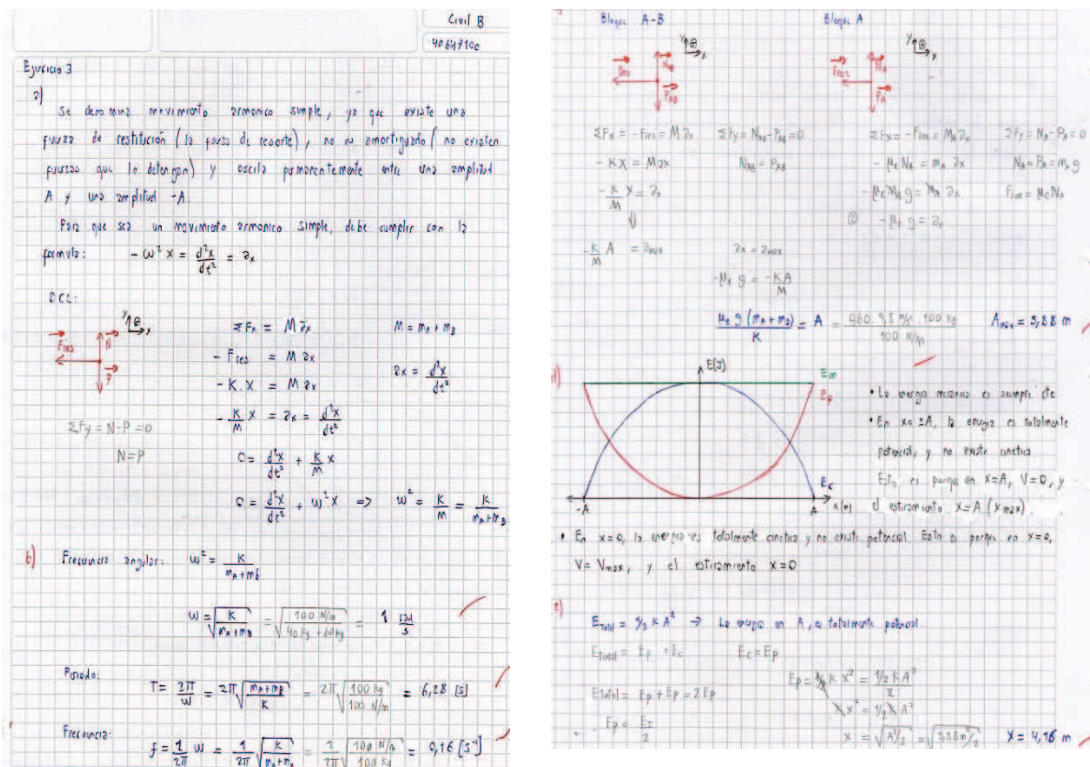


Figura 85. Respuestas del alumno 35 a las preguntas del problema 3 del examen

La misma situación se registró en 4 alumnos más del grupo indagado - identificados como 6; 17; 41; y 45 - mientras que en el grupo testigo no se detectaron resoluciones similares.

El alumno 42 corrigió su respuesta dado que había representado las variables cinemáticas en función del tiempo - dando cuenta de su periodicidad -, logrando modificarla según lo requerido en el inciso d. del problema - Figura 86 -. Es evidente que este alumno ha asimilado el concepto de periodicidad de las variables cinemáticas posición, velocidad y aceleración - en este caso, asociadas a un péndulo de resorte horizontal -. Cabe destacar que este concepto fue analizado en las actividades con LVA con péndulos del mismo tipo aunque verticales: springpendulum.es permitía estudiar las gráficas de las variables

cinemáticas de manera separada y Spring - Mass SHM de manera simultánea, tal como se mostró en la Figura 26 presente en el Capítulo 3. METODOLOGÍA. No obstante, al enmendar su interpretación y confeccionar la gráfica solicitada, no identificó las magnitudes físicas correspondientes a los ejes de la ordenada y de la abscisa.

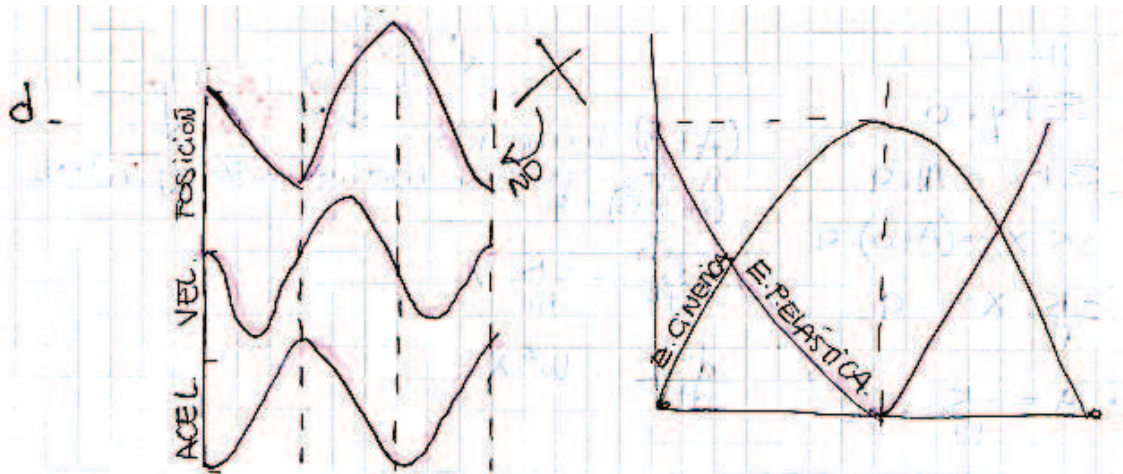


Figura 86. Fragmento de las respuestas del alumno 42 al inciso d. del problema 3 del examen

Dentro del grupo indagado se observó que 13 de los 16 alumnos lograron integrar contenidos asociados a las categorías Conceptos Básicos, Cinemática, Dinámica; Energía, y Conservación. Por ejemplo, el caso del alumno 31, quién respondió de forma correcta los incisos a. y b. – Figura 87 –, interrelacionando contenidos correspondientes a las tres primeras. Por otra parte, esta integración sólo se detectó en 2 de los 11 estudiantes pertenecientes al grupo testigo.

ejercicio n° 3)

a)

$$\sum F_x = -F_e = m a$$

$$-k \cdot x = m a$$

$$-m \omega^2 x = \frac{d^2 x}{dt^2}$$

$$-\frac{k}{m} x = \frac{d^2 x}{dt^2}$$

donde $-\omega^2 = -\frac{k}{m}$

b)

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = \frac{\sqrt{100 \text{ N/m}}}{\sqrt{10 \text{ kg}}} = 1$$

$$\omega = \sqrt{\frac{N}{m}} = 1 \frac{N}{m \cdot s^2}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{1} = 2\pi = 6,28 [s]$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1}{6,28 [s]} = 0,16 [s^{-1}]$$

$2\pi A =$ frecuencia angular $= 1$
 periodo de oscilación $(T) = 6,28 [s]$
 frecuencia del movimiento $= 0,16 [s^{-1}]$

Se va a considerar MAS desde que el saculo de la posición de equilibrio el sistema va a oscilar desde una amplitud x a $-x$ mínimamente. siendo la ecuación diferencial:

$$\frac{k}{m} \cdot x = \frac{d^2 x}{dt^2}$$

$$-\omega^2 = \frac{d^2 x}{dt^2}$$

Figura 87. Respuestas del alumno 31 a los incisos a. y b. del problema 3 del examen

Para este mismo grupo, cuatro de sus integrantes indicaron de manera correcta cuando se produce el MAS siendo el fragmento incluido en la Figura 88 (arriba), lo consignado por uno de ellos. Nótese que es muy similar a la información presente en la bibliografía de referencia – Figura 88 (abajo) -.

Se dice que es un movimiento armónico simple ya que la fuerza restauradora es directamente proporcional al desplazamiento x con respecto al equilibrio.

Si la fuerza de restitución es directamente proporcional al desplazamiento con respecto al equilibrio, según la ecuación (13.3), la oscilación se denomina movimiento armónico simple, que se abrevia MAS.

Figura 88. Respuesta de un alumno del grupo testigo al inciso a del problema 3 del examen (arriba).

Información contenida en el libro Sears y col.; 2009; pp. 421 (abajo)

Dentro de las expresiones correspondientes a integrantes del mismo grupo, cabe aclarar que sólo uno citó al rozamiento al expresar “...ya que los bloques oscilan sin fricción...”; y dos estudiantes indicaron que “...posee una posición de equilibrio en el recorrido y el

movimiento es oscilante entre dos posiciones.”; y “...porque los cuerpos van a oscilar hacia un lado y el otro de su centro de gravedad”.

Por el contrario, en el grupo indagado las respuestas fueron más detalladas porque además de la presencia de una fuerza restitutiva que cumple con la ley de Hooke - citada por el alumno 42 -, y proporcional al desplazamiento - alumnos 6 y 45 -; manifestaron otras características tales como la conservación de la energía - alumnos 7 y 46 -; “...no se consideran fuerzas no conservativas” - alumno 5 -; que se trata de un movimiento sin rozamiento - 16 y 46 -; o sin amortiguamiento - alumnos 35, 37 y 40 -. Además, consideraron que la amplitud permanece constante - alumnos 13; 16; 31 y 35 -; “...porque hace un movimiento de vaivén cuando un cuerpo se suelta del equilibrio y éste comienza a oscilar, en una determinada dirección a intervalos de tiempos iguales” - alumno 41 -; propios de un sistema que “...está idealizado, y el MAS se da en una fracción corta de tiempo...” - alumno 37 -. También mencionaron la presencia de la periodicidad - alumnos 13; 16, 17; 31; 34, 35; 37; 40; 41, 42, y 46 -. De este modo se deduce que las expresiones de los alumnos del grupo indagado no sólo tuvieron mayor cantidad de términos propios de un MO, sino que además presentan mayor diversidad y riqueza conceptual. Además, se registraron evidencias de la interrelación establecida entre el MAS y el MOA. Estas características se pueden asociar a la influencia de las TIC; en particular, a las actividades con LVA.

De manera separada se analizaron las respuestas al inciso e. (nótese que la pregunta correspondiente a este inciso es una consigna que se había incluido en las guías de trabajo con los LVA; particularmente con los applets *pendulum_es* y *springpendulum_es*. Los resultados han sido ampliamente favorables para el grupo indagado, registrándose que el 37,5% la resolvió correctamente; también el 37,5% la planteó bien, aunque no efectuó el cálculo; y el 25% restante comenzó el planteo correctamente, pero finalizó el cálculo de manera incorrecta (el error más común fue la omisión del exponente 2 en la energía potencial elástica).

En el grupo testigo el 9,1% de los estudiantes respondió correctamente esta consigna; el 45,5% comenzó a plantearla, aunque de modo incorrecto considerando, por ejemplo: una velocidad constante para todo el MO; el trabajo de la fuerza de fricción; o la ausencia del exponente 2 en la energía potencial. Finalmente, el 45,4% no la respondió.

Es evidente la diferencia en los resultados de las respuestas al inciso e., siendo superiores los del grupo indagado; lo cual se puede relacionar a la influencia de las actividades mediadas por los LVA sobre MO.

7.8. Perfiles Conceptuales, Transiciones, Grados de Confianza y Perfiles Conceptuales Relativos de estudiantes aprobados

El análisis que se presenta a continuación se efectuó en base a los alumnos que, siendo parte del grupo que participó en la investigación (38 estudiantes), aprobaron por promoción directa Física I; alcanzando un total de 26 estudiantes.

Las zonas de PCF que presentaron mayor cantidad de alumnos fueron las zonas 3 Racionalismos Clásico y 4 Racionalismo Sistémico, lo cual indica avances significativos hacia las de mayor nivel explicativo. Sólo 4 alumnos, e identificados como 23; 36; 32; y 41, finalizaron en la zona 2 Realismo Interpretativo: los dos primeros permanecieron en dicha zona, mientras que los últimos involucionaron desde la zona 3 Racionalismo Clásico de PCI, Figura 89. Por lo tanto, es muy probable que estos alumnos no hayan accedido a un aprendizaje significativo sobre MO, si bien lograron aprobar la materia.

Por otro lado, se observa que los alumnos que han pasado a la zona 4 Racionalismo Sistémico en su PCF desde la zona 2 Realismo Interpretativo fueron los codificados como 13; 16 y 40; los estudiantes 1; 5; 6; 17; 19; 35 y 46 desde la zona 3 Racionalismo Clásico; y el identificado como 9 que permaneció en dicha zona. De este modo se puede inferir que estos sujetos han logrado un aprendizaje significativo sobre MO.

Finalmente, los alumnos que alcanzaron la zona 3 Racionalismo Clásico de PCF desde la zona 1 Realismo Ingenuo fueron los identificados como 10 y 22; desde la zona 2 Realismo Interpretativo fueron los codificados como 4; 8; 14; 15; 31; 37 y 45; y los estudiantes 3 y 42 permanecieron en la misma zona. Puede deducirse que estos estudiantes sólo llegaron a una asimilación propia de una *diferenciación progresiva*. De todos modos, llegaron a aprobar la materia durante el régimen de promoción directa.

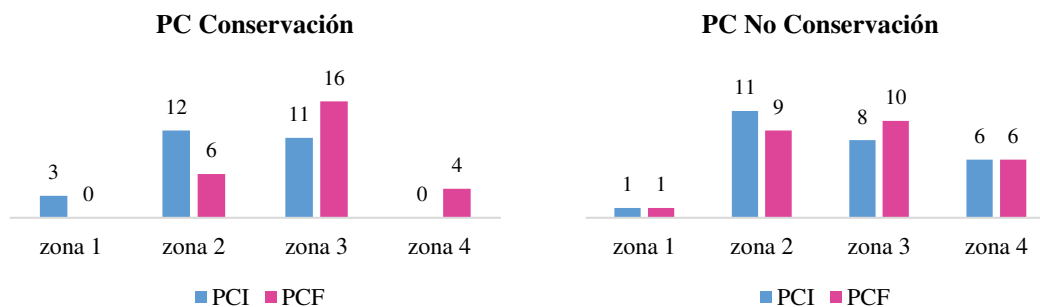


Figura 90. PCI y PCF de alumnos aprobados por promoción directa de acuerdo a las categorías de análisis

En Conceptos Básicos, Dinámica, Conservación y No Conservación la zona con más integrantes correspondió a la 3 Racionalismo Clásico, mientras que en Cinemática prevaleció la zona 4 Racionalismo Sistémico. No obstante, todavía se registran alumnos en las zonas correspondientes a los Realismos, presentando varios integrantes en el Realismo Interpretativo en las cuatro últimas categorías; e incluso uno en el Realismo Ingenuo en la categoría No Conservación.

Otra situación que se observa es que en Energía prevaleció la zona 2 Realismo Interpretativo. En líneas generales, estos estudiantes tuvieron dificultades asociadas principalmente a las formas de energía mecánica (cinética y potencial) en situaciones donde existe *periodicidad*.

La mayoría de las Transiciones correspondieron a evoluciones altas del tipo [1, 3] en los alumnos 10 y 22; del tipo [2, 4] en los identificados como 13, 16, y 40 y del tipo [3, 4] en los codificados como 1, 5, 6; y 17; junto a evoluciones medias del tipo [2, 3] en los alumnos 4, 8, 14; y 15. Dos estudiantes - 32 y 41 - revelaron una involución del tipo [3, 2], aunque no fue crítica por corresponder a la *zona difusa crítica*.

Las transiciones [4, 3], recordando que están vinculadas a la *asimilación obliterativa*, entre los PCLVA y PCF se presentan en la Tabla 34 atendiendo a las categorías de análisis. Es evidente que los mayores porcentajes de estudiantes se dieron en Conceptos Básicos seguido de Conservación y Dinámica; registrándose los menores porcentajes para No Conservación, Energía y Cinemática.

Tabla 34. Transiciones [4, 3] entre PCVA – PCF, en porcentaje de estudiantes, para las seis categorías de análisis

| Categoría de análisis | Porcentaje |
|------------------------------|-------------------|
| Conceptos Básicos | 76,9 |
| Cinemática | 30,8 |
| Dinámica | 42,3 |
| Energía | 23,1 |
| Conservación | 50,0 |
| No Conservación | 3,8 |

Respecto a los Grados de Confianza medios - Figura 91 -, hubo incrementos en la mayoría de los estudiantes del grupo - 84,6% - *a posteriori* de la intervención didáctica. Sólo dos estudiantes (23 y 41) mantuvieron el mismo Grado de confianza medio (5 y 7 puntos, respectivamente), y presentaron una disminución los identificados como 43 y 13; más allá de que se ha dado en sólo una unidad de Grado de Confianza (de 4 a 3; y de 6 a 5 puntos, respectivamente).

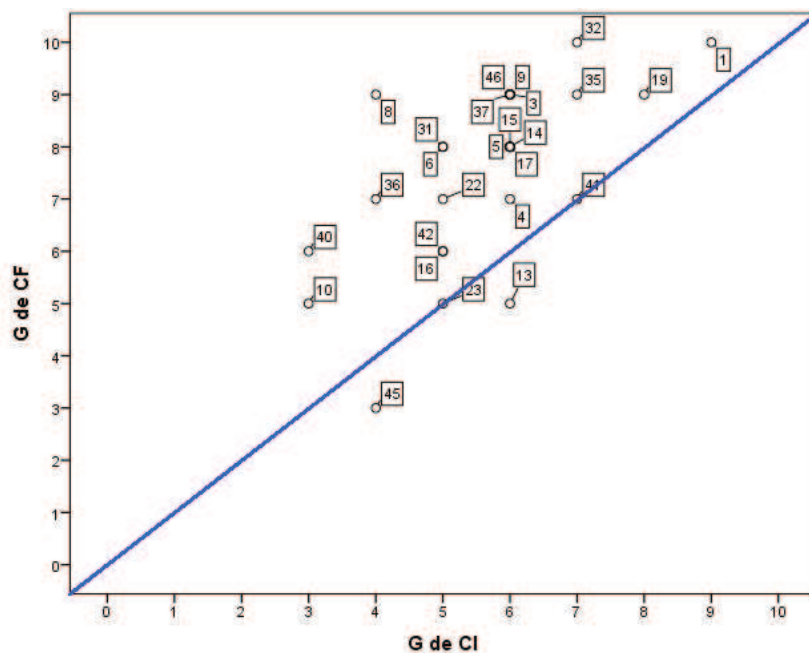


Figura 91. Grados de Confianza medios Final versus Inicial de alumnos aprobados por promoción directa

Finalmente, es claro que hubo avances en los PCRf - Figura 92 (arriba) - versus los PCRI - Figura 92 (abajo) -.

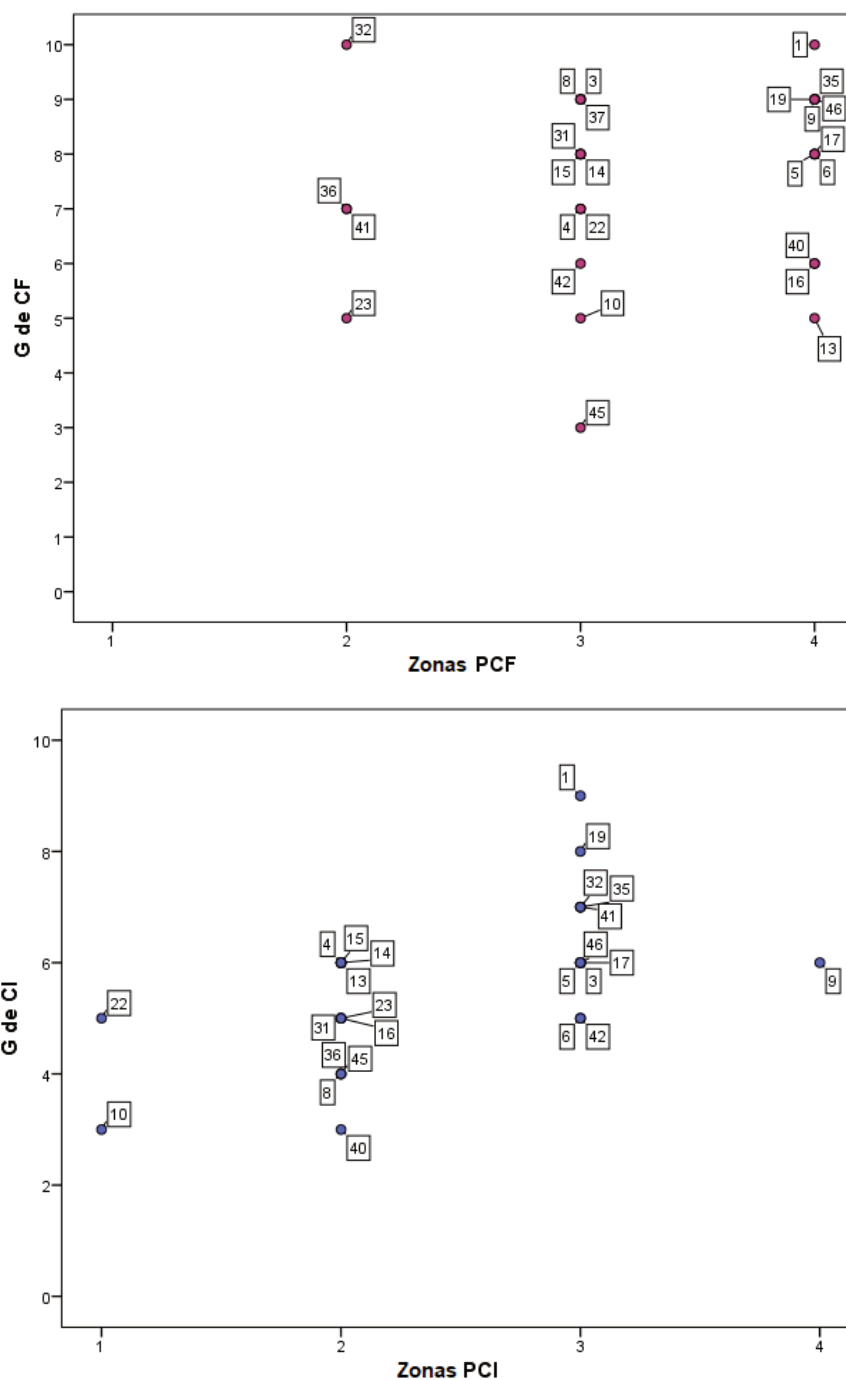


Figura 92. Perfiles Conceptuales Relativos Finales (arriba) y Perfiles Conceptuales Relativos Iniciales (abajo) de alumnos aprobados por promoción directa

Para finalizar, y si bien sólo se efectuó un análisis descriptivo, se observó que los alumnos que finalizaron en la zona 2 Realismo Interpretativo fueron aquellos con un rango de notas entre 6 y 7 puntos; los que lo hicieron en la zona 3 Racionalismo Clásico entre 6 y 9 puntos; y los que finalizaron en la zona 4 Racionalismo Sistémico, entre 6 y 10 puntos. En primera instancia se distingue que al incrementarse de zona también aumenta el valor de la nota máxima de aprobación.

7.8. Cierre del capítulo

En este capítulo se analizó específicamente la influencia de las TIC en la reconstrucción de conocimientos sobre MO a partir de una intervención didáctica basada en un enfoque constructivista de aprendizaje; sustentada en la creación de ZDP mediante un adecuado diseño tecnopedagógico con las herramientas digitales; y orientada hacia el logro de un aprendizaje significativo. La meta también estuvo en proponer otras formas de evaluar los aprendizajes sobre MO respecto de las que se usan habitualmente con criterios basados principalmente en una aprobación según la relación entre los contenidos desarrollados en las clases tradicionales y los conocimientos expresados en un examen.

Los resultados indican que las TIC permitieron avances en los aprendizajes - e incluso significativos - sobre conceptos y procesos del MO. De hecho, los rendimientos en un examen de promoción directa mostraron que los integrantes del grupo indagado lograron establecer interrelaciones entre el MAS y el MOA, lo cual correspondió a una situación que se alcanzó a través del uso de las herramientas digitales. De todos modos, también se detectaron situaciones no previstas, por ejemplo, ciertos alumnos no consiguieron modificar algunas de sus concepciones alternativas; lo cual deja abierta las puertas a nuevas investigaciones sobre la temática abordada en esta tesis indicando otra de las riquezas de este trabajo de investigación.

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES E IMPLICANCIAS

8.1 Introducción

En este capítulo final se exponen las conclusiones que ofrecen respuestas a las cuestiones que motivaron el desarrollo de esta tesis, en relación al marco teórico abordado en el capítulo 2. Se valoran las implicancias y contribuciones de los resultados, así como posibles vías de continuación.

En el primer capítulo - específicamente en el inciso 1.3 - se planteó la problemática y se formularon las preguntas a responder en el marco de esta investigación. Concretamente, asociadas a las dificultades que presentan los estudiantes de primer año de ingeniería en el aprendizaje significativo de conceptos y relaciones involucrados en el estudio del MO como así también a la necesidad de nuevas estrategias didácticas y de evaluación que interpelen la manera tradicional de enseñar y evaluar los contenidos relacionado con el Movimiento Oscilatorio en Física I.

En este contexto, me interesó valorar una propuesta de intervención didáctica mediada por TIC con la intención de favorecer la reconstrucción y resignificación de los conocimientos asociados al MO; además de reconocer indicadores de comprensión derivados de la implementación de la propuesta didáctica; y caracterizar las zonas de Perfil Conceptual que dan cuenta de las ideas de los estudiantes sobre los movimientos oscilatorios, tanto previo a la intervención didáctica mediada por TIC como su evolución temporal durante el desarrollo de la misma.

De este modo, el objetivo general fue reconocer los procesos de aprendizaje que ponen en juego los estudiantes cuando enfrentan actividades que incorporan TIC en el estudio de los movimientos oscilatorios armónico simple y amortiguado, considerando como referentes teóricos las Teorías de Aprendizaje Significativo de Ausubel y Sociocultural de Vygotsky; junto a la noción de Perfil Conceptual de Mortimer.

Una de las actividades que se planteó en el marco de la investigación fue la elaboración de una Matriz Epistemológica sobre MO, conformada por tres dominios: sociocultural; macrogenético u ontológico; y microgenético. Considero que dicha matriz es una herramienta muy interesante dado que permitió situar los conocimientos de alumnos de ingeniería de manera interrelacionada con el contexto histórico de la Física Clásica; con las investigaciones sobre concepciones de los sujetos y en particular las denominadas *alternativas*; junto al estudio del caso propio de estos alumnos. Es importante destacar que estas tres dimensiones generalmente no se consideran en la evaluación tradicional, si bien existen muchos trabajos de investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje de la Física que abordan la temática, presentados en eventos y publicaciones científicas y sobre todo referidas a concepciones alternativas.

También se incorporó el análisis de los aspectos metacognitivos junto a los cognitivos, los cuales habitualmente no se consideran en la evaluación tradicional – al menos de manera explícita –. Al considerar que estos dos aspectos ocurren de forma simultánea en un proceso de aprendizaje, en esta investigación no sólo se indaga el saber, sino también el *saber hacer* y cuán seguro están los alumnos al respecto. Así, emergió otro de los nuevos instrumentos: el PCR.

En esta misma dirección se diseñó, elaboró y aplicó otro nuevo instrumento para analizar las producciones escritas por los alumnos en los informes de las actividades con LVA, el cual se denominó *Ciclo de Análisis Metacognitivo*, y que forma parte del *Esquema de co-construcción de conocimientos cognitivos y metacognitivos en un proceso de enseñanza mediado por Laboratorios Virtuales de Aprendizaje* descrito en la Figura 24 presente en el Capítulo 3.

Este ciclo permitió además identificar las etapas que el alumno puso en juego con las herramientas digitales, tendientes a visibilizar la zona de PC que alcanzó, y si logró un aprendizaje significativo sobre MO. En la siguiente Figura 93, que constituye una adaptación de la Figura 14 incluida en el Capítulo 2, se ha identificado con un recuadro de color rojo la parte del esquema propuesto por Moreira (2017) que corresponde al *Ciclo de Análisis Metacognitivo*; mientras que con un recuadro de color azul se ha señalado la parte que hace referencia al diseño tecnopedagógico presentado en este trabajo. Las

variables *Significados*; *interacción social*; y *modelado, simulación* son comunes a ambas partes.

Desde el punto de vista de los referentes teóricos de esta investigación, este esquema da cuenta que la captación de significados desde una perspectiva ausubeliana se viabiliza a través de una interacción social alumno-profesor; aspecto relevante en la Teoría de Vigotsky. Mediante el modelado y simulación - facilitado por un ordenador que *actúa* como herramienta - el alumno co - construye sus saberes - en este caso sobre MO - , como producto de un adecuado diseño tecnopedagógico propuesto por el profesor, que incluye la elaboración de materiales didácticos; sobre un Contenido Específico - el MO - ; y en un Contexto Determinado - carrera de Ingeniería Civil- .

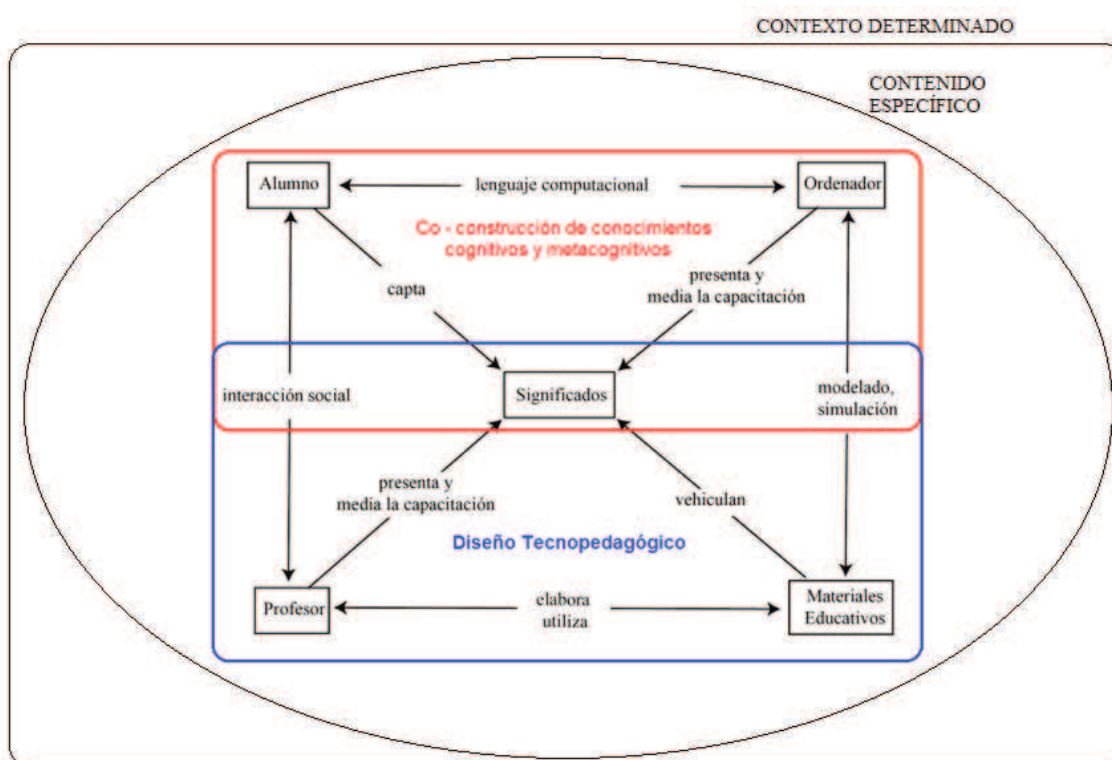


Figura 93. Adaptación del esquema modificado de Moreira (2017) (Elaboración propia)

Finalmente, otras herramientas que emergieron como producto de esta investigación fueron las Transiciones. Las mismas fueron construidas dado que consideré potencialmente valioso el análisis de los procesos entre las zonas de PC correspondientes a dos intervenciones didácticas diferentes, cuestión ausente en el trabajo de Mortimer. Esto permitió, al menos en primera instancia, evaluar el proceso cognitivo durante ambas intervenciones

En esta última parte queda, entonces, analizar si se han logrado los objetivos propuestos, para de este modo concluir:

- si el aprendizaje ha sido significativo – o perdurable en el tiempo –;
- si las TIC empleadas en este trabajo han resultado ser un material potencialmente significativo;
- si se ha logrado un uso real o efectivo de las TIC;
- si éstas han cumplido el rol de herramienta cognitiva;
- si han actuado como instrumento psicológico;
- si se ha logrado un desarrollo cognitivo, a través de la creación de ZDP, hacia los conocimientos científicamente aceptados sobre el MO; y finalmente
- si las TIC han influido en la metacognición.

8.2. Perfil Conceptual Inicial de los alumnos

Este PC contempló los conocimientos previos de los alumnos antes de la intervención didáctica sobre MO, los cuales son relevantes según la Teoría de Aprendizaje Significativo de Ausubel. Mediante este perfil se obtuvieron varios resultados. En primera instancia fueron usados en la confección del Dominio Microgenético de la Matriz Epistemológica. Posteriormente, el PC se aplicó como herramienta de diagnóstico para indagar acerca de los desempeños cognitivos y metacognitivos de los 38 alumnos que participaron en todas las intervenciones didácticas.

En relación con este primer diagnóstico se determinó que:

- El 42,1% de los estudiantes se encontraba en la zona 2 Realismo Interpretativo. Interpretaron los sistemas oscilantes en base a propiedades de estado y enfatizaron condiciones físicas experimentales a partir de datos o hechos desconectados entre sí. También manifestaron algunas de las concepciones alternativas sobre el MO.
- El 36,8 % que conformó la zona 3 Racionalismo Clásico aludió a un plano teórico de comprensión donde el análisis de los procesos estuvo asociado al uso de algoritmos y fórmulas matemáticas derivadas de modelos científicos teóricos, aunque sin evidenciar una comprensión genuina de las relaciones conceptuales. Por ello, interpretaron los

sistemas oscilatorios como una sucesión de hechos, relacionados entre sí mediante ciertos procesos. Además se evidenció una baja presencia de ideas previas erróneas.

- El 13,2% que conformó la zona 1 Realismo Ingenuo se caracterizó por recurrir a ideas intuitivas o de sentido común para justificar de manera muy limitada la ocurrencia natural de los fenómenos estudiados. No lograron considerar las condiciones en que ocurrieron los procesos. Interpretaron los MO de manera aleatoria sin establecer relaciones entre ambos. Presentaron la mayor cantidad de concepciones alternativas.

- Finalmente, sólo el 7,9% accedió a la zona 4 Racionalismo Sistémico de mayor nivel explicativo. Estos estudiantes analizaron los procesos en un plano teórico asociado al uso de algoritmos y ecuaciones matemáticas provenientes de modelos científicos correctos. Integraron relaciones conceptuales pasando a conformar un “todo”; es decir, interpretaron los MO a partir de relaciones que devienen de la Mecánica newtoniana. En sus producciones no se registró la presencia de concepciones alternativas.

Debido a que los Racionalismos corresponden a las zonas que indican la presencia de conocimientos científicamente aceptados, este diagnóstico reveló que a pesar de la instrucción en Física I, antes de la intervención didáctica, únicamente el 44,7% del grupo indagado manejaba conceptos y procesos necesarios para la comprensión del MO; y solo 3 alumnos (7,9%) lo hicieron de forma interrelacionada.

Respecto al Grado de Confianza de estos 38 estudiantes, el 76,3% de ellos presentó un nivel medio comprendido entre 5 y 7 puntos.

Asimismo, la identificación de las zonas de PCI se efectuó teniendo en cuenta a cada alumno en particular; como así también para cada una de las seis categorías de análisis conceptuales y junto a los grados de confianza respectivos producto del análisis de fiabilidad y validez del cuestionario sobre MO. Incluso, de manera comparada con el grado de confianza indicado como PCRI.

La información proporcionada por estos instrumentos permitió diagnosticar los conocimientos previos de los estudiantes sobre MO aspecto clave, en la Teoría de

Aprendizaje Significativo, para establecer relaciones sustantivas con el nuevo material de aprendizaje,

es necesario especificar, conceptualizar y operacionalizar de una manera explícita las variables (atributos) más importantes y manipulables del corpus de conocimientos que ya posee el estudiante y que influyen en el nuevo aprendizaje y la retención” (Ausubel, 2002, p. 233).

De este modo se contó con la información necesaria - y suficiente - para diseñar, elaborar, ejecutar, y comunicar las actividades mediadas por las TIC teniendo en cuenta la Teoría Sociocultural, que plantea la necesidad de crear ZDP mediante un *diseño tecnopedagógico*, donde las TIC fueron consideradas *herramientas cognitivas* que podrían actuar además como *instrumentos psicológicos*. Debe recordarse que según Kozulin (2000, p. 15)

Los instrumentos psicológicos actúan como un puente entre los actos individuales de cognición y los requisitos simbólicos socioculturales de estos actos. El concepto de instrumento psicológico ofrece una nueva perspectiva para el estudio comparativo del desarrollo cognitivo, el aprendizaje en las aulas, las diferencias interculturales en la cognición y las posibles maneras de hacer que la educación se ajuste más a las necesidades que plantea enseñar a pensar y a resolver problemas de una manera creativa.

Finalmente, y retornando a la Teoría de Ausubel, interesó que las TIC puedan constituirse en un *material potencialmente significativo*. Así, en las actividades con sistemas de toma de datos en tiempo real se priorizaron los aspectos conceptuales revelados a través del análisis cualitativo de gráficas de variables cinemáticas y de la fuerza restauradora en función del tiempo asociadas al MAS y MOA, sin la necesidad de recurrir a relaciones matemáticas propias de estos movimientos. En los LVA las consignas se presentaron en una guía de actividades específicamente diseñada para favorecer el desarrollo de procesos cognitivos y metacognitivos en los estudiantes, de modo que pongan en juego sus conocimientos junto a la realización de inferencias y deducciones sobre dichos movimientos.

8.3. La evolución de las zonas de Perfiles Conceptuales

Los distintos instrumentos citados previamente permitieron detectar las evoluciones temporales producto de la intervención didáctica mediada por las TIC sobre MO tanto del grupo de estudiantes como de cada uno de ellos de manera individual.

Luego del desarrollo de las actividades con LVA y del análisis de los informes a través del *Ciclo de Análisis Metacognitivo* se determinaron las zonas de PCLVA. Los resultados obtenidos revelaron que el 23,7% de los estudiantes alcanzó la zona 3 Racionalismo Clásico y el 60,5% la zona 4 Racionalismo Sistemico. Se evidenció que trabajaron de manera más eficiente y eficaz con los applets; la inmediatez de los resultados mostrados en la *pantalla*, les permitió corroborar o corregir sus formulaciones atendiendo a la solución adecuada y científicamente aceptada. La activación de distintos mecanismos cognitivos y metacognitivos se manifestó a través de la manipulación de proposiciones formuladas de manera simbólica, la interpretación de signos y símbolos utilizados en las representaciones gráficas y las conclusiones elaboradas.

El análisis comparativo entre las zonas de PCF detectadas al finalizar la intervención didáctica y las zonas de PCI determinadas a partir de los conocimientos previos de los estudiantes indicó que hubo avances hacia las zonas de mayor nivel explicativo. Es decir, se registró, en porcentajes de estudiantes, un avance hacia la zona 3 Racionalismo Clásico del 36,8% al 47,4% y en la zona 4 Racionalismo Sistemico del 7,9% al 34,2%; disminuyó la cantidad de estudiantes en la zona 2 Realismo Interpretativo desde el 42,1% al 18,4%; y no se detectaron casos en la zona 1 Realismo Ingenuo. También se evaluó cada alumno de forma individual e incluso según la categoría de análisis, lo cual indica la potencialidad del uso de los PC, PCR y las Transiciones como herramientas de diagnóstico sobre los procesos de aprendizaje.

También se registró un avance en el grado de confianza, de un valor medio – bajo de 5,39 puntos en el PCI, luego de la intervención didáctica alcanzó un valor medio de 7,29 puntos en el PCF. En particular para los grados de confianza individuales, en la mayoría de los alumnos se detectaron incrementos en el postest con excepción de dos sujetos si bien estas diferencias fueron de 1 punto. Como se produjo un desplazamiento en la confianza hacia mayores valores, es evidente que los alumnos mejoraron sus procesos metacognitivos *a posteriori* de la intervención didáctica en la que hicieron uso de las TIC.

Para analizar los cambios entre zonas de PC y la influencia entre las distintas actividades didácticas se efectuó el análisis estadístico inferencial mediante Tablas de contingencia y se evaluó la independencia entre todas las actividades a través de la prueba exacta de Fisher y el test Chi – cuadrado –.

Los resultados obtenidos revelaron la existencia de independencia entre las zonas de PCI - PCF y PCI - PCLVA; junto a la dependencia entre las de PCLVA - PCF. Así, se infiere que los alumnos, mediante las actividades mediadas por los LVA, lograron *incrementos cognitivos y metacognitivos* en relación a los conocimientos que disponían al inicio de la intervención didáctica detectados oportunamente mediante el pretest.

Estos resultados indicaron que el uso de las TIC no sólo posibilitó una mejora en las zonas de PCI dirigiéndolas hacia las de mayor nivel explicativo, sino que además dicho conocimientos permanecieron en la estructura cognitiva de los estudiantes. En consecuencia, se deduce que las TIC lograron cumplir el rol de *herramientas cognitivas e instrumentos psicológicos*, y actuaron como un *material potencialmente significativo* en relación a conceptos y procesos del MO en los alumnos que alcanzaron la zona 4 Racionalismo Sistémico en el PCLVA. Además, en aquellos que en el PCF arribaron a la zona 3 Racionalismo Clásico puede inferirse un proceso de *asimilación obliterativa*.

Debe recordarse que los materiales instruccionales empleados en la intervención didáctica - el cuestionario y la guía de trabajos prácticos con LVA - fueron diseñados, construidos y validados en el marco de esta investigación. Su objetivo principal fue orientar a los alumnos en el empleo de determinadas estrategias de aprendizaje para responder a las consignas planteadas en ambos.

De este modo se deduce, mediante los resultados de los análisis estadísticos respectivos, que si se seleccionan adecuadamente los applets; se emplea un adecuado diseño tecnopedagógico en el uso de las TIC a través de acciones orientadas a crear ZDP; es muy probable que los estudiantes participen de manera activa y colaborativa empleando conceptos y procesos sobre el MAS y el MOA y logren acceder y retener (teniendo en cuenta los tiempos considerados en el diseño curricular de Física I) los conocimientos científicamente aceptados sobre MO.

8.4. Análisis de las Transiciones

Otra innovación presentada en el marco de esta investigación fue el análisis de las *Transiciones* entre dos zonas de dos PC correspondientes a dos actividades didácticas consecutivas, siendo su meta indagar el avance en el desarrollo cognitivo tanto del grupo de alumnos como de manera individual. Mediante este análisis se reveló la manera en que el grupo - o el estudiante – se *moviliza* entre las dos zonas; un aspecto que no es considerado en la noción de PC de Mortimer.

Las mayores Transiciones detectadas entre PCI y PCLVA fueron del tipo [3, 4]; [2, 4]; y [2, 3] y entre los PCI y PCF resultaron ser [2, 3]; [3, 4]; [1, 3]; [2, 2]; [2, 4]; y [3, 3]; lo cual reveló la predominancia de *evoluciones* hacia zonas de mayor nivel explicativo. Mientras que entre los PCLVA y PCF han sido [4, 4]; [3, 3]; y [4, 3], es decir se destacaron las *permanencias*. Además no se detectaron Transiciones del tipo [1, 1]; [2, 1]; [3, 1]; y [4, 1].

Estos resultados permiten inferir que el aprendizaje mediado por las TIC en los estudiantes que permanecieron o avanzaron hacia la zona 4 Racionalismo Sistémico, fue un aprendizaje con comprensión, con significado producto de una incorporación sustantiva, no arbitraria, de los conocimientos sobre MO a su estructura cognitiva. En aquellos que accedieron a la zona 3 Racionalismo Clásico si bien se detectaron avances cognitivos, el aprendizaje se caracterizó por la comprensión de conceptos aislados sin lograr aún su interrelación.

La permanencia o avance hacia la zona 4 Racionalismo Sistémico, producto de una mediación *por y con* la tecnología, fortaleció la evidencia de un *aprendizaje significativo* por asimilación de los contenidos sobre el MAS y el MOA al realizar de manera conjunta los procesos de diferenciación progresiva y reconciliación integradora. Si estos logros fueron hacia la zona 3 Racionalismo Clásico el aprendizaje ha sido hacia los conocimientos científicos pero no propios de un aprendizaje significativo porque a los estudiantes sólo les fue posible desarrollar el proceso de diferenciación progresiva sin que ocurra la reconciliación integradora de sus saberes. Finalmente, en los estudiantes que accedieron a la zona 2 Realismo Interpretativo de PCF es muy probable que sus conocimientos sean propios de un *aprendizaje memorístico*.

En consecuencia, los avances cognitivos y metacognitivos hacia los conocimientos científicos sobre MO pueden considerarse tanto cualitativos y cuantitativos en el caso de las *evoluciones deseables* hacia la zona 4 Racionalismo Sistémico o permanencias en ésta, y sólo cualitativos para las permanencias en la zona 3 Racionalismo Clásico.

Por otro lado, las permanencias en la zona 2 Realismo Interpretativo y en la zona 1 Realismo Ingenuo indicaron la presencia de conocimientos no científicos, mientras que las involuciones hacia las mismas desde los Racionalismos revelaron aprendizajes no significativos; en particular aquellos propios de la *zona difusa crítica*.

8.5. Expresiones de los alumnos

Otras fuentes de información sobre la influencia de las TIC en el estudio del MO fueron las expresiones que consignaron los estudiantes en los informes de las actividades con los LVA; en las respuestas al cuestionario de opinión; y en un examen de la asignatura Física I.

El análisis efectuado sobre las expresiones vertidas por los estudiantes en los informes de las actividades con LVA para poner en evidencia la manera en que éstos incidieron en el proceso de aprendizaje sobre MO mostró un cierto nivel de interés y satisfacción respecto del uso de los simuladores. Los estudiantes resaltaron la multiplicidad de situaciones que es posible simular con el uso de los applets; la posibilidad de incluir elementos gráficos y animaciones en el mismo entorno así como también de observar, mediante la *pantalla*, las diferencias entre oscilaciones armónicas simples y amortiguadas. También relacionaron estas actividades con la primera clase en la que se trabajó con sistemas de tomas de datos en tiempo real, destacando que con los mismos se producen menores fuentes de errores y resultados “*mucho más exactos que los obtenidos en un laboratorio real*”, cuestión esta última digna de ser discutida críticamente en el contexto de experimentación en el ámbito de las Ciencias Naturales, ya que el aprendizaje del uso de instrumentos de mediciones es muy importante en la formación integral de futuros ingenieros.

En base a estos testimonios, resulta evidente que en un entorno compartido socialmente los estudiantes emplearon las TIC, en particular, los LVA como instrumentos para pensar y actuar con otros; para regular sus acciones; para establecer diferencias; es decir, emplearon los LVA como instrumentos psicológicos.

En el caso específico del cuestionario de opinión, se registraron expresiones interesantes sobre el aprendizaje; en particular, porque se efectuó dos años después de haberse realizado la intervención didáctica, y por ello, se consideraron *huellas* que permanecieron en la memoria lejana de los cinco alumnos que respondieron el cuestionario.

Los alumnos identificados con los códigos numéricos 6, 17 y 35, quienes registraron transiciones deseables entre los PCI y PCLVA, PCLVA y PCF como también entre PCI y PCF y altos valores de PCRf, valoraron la incorporación de un sistema de adquisición de datos en tiempo real para comenzar el estudio de los contenidos asociados al MO destacando que esto les permitió tener una idea de las características del movimiento antes de abordar el estudio analítico-formal del mismo. Respecto de los LVA enfatizaron la posibilidad de contrastar los resultados obtenidos producto de la manipulación del software con los conceptos y relaciones teóricas. Sus expresiones pusieron en evidencia que las TIC actuaron como facilitadores de la cognición, y por tanto en la reconstrucción de los conocimientos sobre MO.

El alumno 42, cuyo desempeño estuvo correlacionado con un alto porcentaje de Transiciones dentro de la *zona difusa crítica*; en particular, entre los PCLVA y PCF y con un PCRf ubicado en un rango menor al de los estudiantes mencionados anteriormente, rescató que trabajar con las TIC le ayudó a comprender mejor el tema y que no le resulte tan abstracto operar formalmente.

Respecto del alumno 47, sólo alcanzó la zona 2 Realismo Interpretativo al finalizar la intervención didáctica. No recordó las actividades con sensores que se realizaron en la primera clase sobre MO. La utilización de los simuladores le pareció práctica porque le permitían efectuar modificaciones en las magnitudes físicas y visualizar las gráficas de los movimientos destacando la posibilidad de ver un tema desde otra perspectiva.

No obstante, tanto en las expresiones que los estudiantes consignaron en los informes de las actividades con LVA como en el cuestionario de opinión se evidenció la permanencia de concepciones alternativas sobre MO, siendo la más mencionada la que vincula la amortiguación con la disminución del período en lugar de la amplitud en el MOA.

En el análisis de las producciones correspondientes a un examen de la asignatura Física I se obtuvo información asociada a la *transferencia* de los saberes co - reconstruidos con las TIC. Se detectó que el grupo indagado mostró mayores logros que los del grupo testigo. Tal vez se podrían cuestionar estos resultados, dado que el grupo de estudiantes que participó en esta investigación desarrolló más actividades relacionadas con abordaje del estudio de los MO, que el grupo que cursó Física I desarrollando las actividades tradicionales, pero algo muy evidente y “a favor” de las TIC fue que los alumnos de la cohorte 2017 de Ingeniería Civil “A” lograron integrar contenidos del MAS y del MOA. Cabe aclarar que esto no suele ocurrir, y se debe a que en las clases tradicionales de Física I sólo se aborda de manera minuciosa el MAS. Consecuentemente, es habitual que un sistema amortiguado directamente no sea incluido en los escritos de los exámenes parciales y finales.

Para finalizar, los testimonios de los alumnos fueron cotejados con las zonas de PC, los PCR, y las Transiciones. Los análisis estadísticos descriptivos e inferenciales confirmaron, con cierta probabilidad, que el empleo de las TIC produjo mejores resultados sobre el aprendizaje de procesos y conceptos del MO en la mayoría de los estudiantes.

8.6. Implicancias y posibles vías de continuación

Aunque los resultados han sido variados por tratarse de un estudio en el marco de un sistema socioeducativo conformado por distintos sujetos, se notaron avances significativos producto del empleo de las TIC en un contexto social conformado por estudiantes de la comisión “A” de Ingeniería Civil de la FRSF de la UTN correspondiente a la cohorte 2017.

Se puede decir que el uso de la tecnología no fue *neutral* porque dependió - entre otras cosas - de los conocimientos previos de los alumnos que participaron en la investigación junto a los aspectos cognitivos y metacognitivos que pusieron en juego en cada etapa de la intervención didáctica. Expresado de otro modo, las TIC permitieron el proceso de la información de acuerdo con las demandas de los estudiantes, quienes interpretaron lo revelado en una *pantalla* según los conocimientos disponibles en sus estructuras cognitivas y recurriendo a estrategias de carácter metacognitivo. Esto implica la necesidad de una cuidadosa selección de actividades en las que la inclusión de las tecnologías no sea meramente instrumental, sino que tenga en cuenta los requerimientos cognitivos de los alumnos involucrados y el apoyo de otros más capaces, cuya ayuda y participación es crucial.

La relevancia de la orientación por parte del docente quedó en evidencia durante el uso de los simuladores ya que los alumnos *solos y por sí mismos* no pudieron realizar exitosamente algunas de las consignas incluidas en las actividades didácticas asociadas a las categorías Energía y No Conservación.

Retomando los resultados de este estudio, respecto a que existe una alta probabilidad de que las ideas de los alumnos puedan evolucionar hacia zonas de PC con mayor nivel explicativo desde el punto de vista científico como consecuencia de la implementación de una intervención didáctica mediada por las TIC, debería considerarse la posibilidad de sensibilizar a los docentes de Física respecto a las bondades de estos recursos didácticos. Dado la importante influencia que las estrategias didácticas puestas en juego por el docente tienen en el desarrollo y enriquecimiento profesional de los estudiantes universitarios, la orientación hacia el uso de las tecnologías de información y comunicación debería ser una práctica permanente desde los inicios de las carreras, semejante a la manera de desarrollar el lenguaje como un instrumento de comunicación y construcción de ideas inherentes a la disciplina, que se espera evidenciar en los tradicionales informes de actividades prácticas.

Asimismo, a través de comunicaciones en numerosos eventos científicos nacionales e internacionales se socializaron resultados de este trabajo con el fin de difundir entre los docentes - investigadores en didáctica de las Ciencias Naturales información sobre las nuevas herramientas diseñadas en esta investigación, sobre sus características,

posibilidades de aplicación y potencialidad. Sería provechoso que a partir del conocimiento de estas herramientas se origine una mayor incorporación, integración y aprovechamiento de las tecnologías en las distintas asignaturas de manera de beneficiarse con sus fortalezas, disminuir sus debilidades y superar los obstáculos que impiden utilizar completamente el potencial de los recursos informáticos en la educación superior.

Al respecto, cabe mencionar, que, por ejemplo, entre las fortalezas de estos recursos se encuentran las que permitieron soslayar en parte, la dificultad que se presenta en el cursado de Física I, asociada al actual plan de estudio en el que los contenidos matemáticos sobre ecuaciones diferenciales necesarios para estudiar MO se presentan en la materia Análisis Matemático II, recién en el segundo año de la carrera. Es decir, posteriormente al cursado de Física I.

Sólo queda sugerir algunas líneas de investigación.

En este trabajo se registró que los alumnos disponen de conocimientos previos sobre las oscilaciones amortiguadas, aunque no cuentan necesariamente con el lenguaje específico de la disciplina para poder explicarlas. Es decir, cuentan con saberes cotidianos basados en la experiencia diaria. Por ello, se considera relevante indagar sobre una posible modificación en los materiales didácticos sobre MO respecto de los existentes actualmente en la bibliografía específica de Física I del ámbito universitario; particularmente en su introducción.

En la propuesta didáctica, que abre la posibilidad de una nueva investigación, se considera:

- Comenzar presentando un sistema oscilatorio mediante la descripción de una situación real (como el ejemplo de Mafalda hamacándose incluido al inicio del cuestionario).
- Describir de manera cualitativa las características relevantes del movimiento de este sistema *real* (y propio de uno oscilatorio amortiguado).
- Iniciar el estudio del MAS ajustando las condiciones a un modelo idealizado - como simplificación de la realidad -; tal como se presenta actualmente al inicio en la bibliografía de Física universitaria y en particular en el libro recomendado por la cátedra de Física I, Resnick y col. (1990).
- Retomar el estudio del MOA explicando de manera analítica su comportamiento; incluso haciendo uso de las ecuaciones que lo caracterizan.

En las diferentes instancias proponer el empleo de smartphones con las aplicaciones adecuadamente seleccionadas y probadas.

Una opción que permitiría dar continuidad a esta investigación es profundizar en la relación entre las zonas de PC y el acceso a un aprendizaje significativo que implica disponer de significados claros, precisos, diferenciados y transferibles. Esta línea de investigación ofrecería la posibilidad de extender el campo del conocimiento entre las zonas de PC y los tipos de aprendizaje subordinado, superordinado y combinatorio teniendo en cuenta que los recursos informáticos permiten abordar el estudio de fenómenos o conceptos físicos desde las características concretas del mismo, hasta llegar de forma progresiva a sus características más abstractas.

Otra posible línea de investigación está asociada a la evaluación. Si bien su reflexión es sobre los libros y las redes, me permito apropiarme de las expresiones de Maggio (2018, pp. 144):

¿Por qué no alentar la discusión y la recreación de estas ideas en todas las formas posibles en lugar de dedicar el tiempo a repetirlas, aplicarlas en pseudoproblemas y verificar su retención breve a través de una evaluación ritual?

Específicamente mi propuesta considera evaluar los conocimientos de los alumnos a través de las zonas de PC en las distintas intervenciones didácticas y junto a la evaluación tradicional y vigente en la actualidad. La meta es averiguar si el aprendizaje ha sido significativo, y no necesariamente y sólo a través de una nota en un intervalo de valores entre 0 y 10 puntos, que tal vez favorezca un aprendizaje memorístico y reproductivo.

Y finalmente, se sugiere fomentar el uso de las TIC en la formación de los futuros ingenieros. No obstante, y a la altura del momento histórico de este trabajo, resulta muy evidente que esto ya ha sucedido por la situación de pandemia derivada de la enfermedad ocasionada por el virus SARS-CoV-2.

Por otro lado, se puede continuar este trabajo mediante varias líneas de investigación; lo cual revela sus potencialidades y riqueza:

- Analizar los PC de otros contenidos de Física I. Por ejemplo, en Cinemática, Dinámica o Energía tanto de la partícula como del sólido rígido, donde además se cuenta con más estudios específicos sobre el dominio Sociohistórico para confeccionar la Matriz Epistemológica correspondiente. También se podría indagar en contenidos de Física II (Electromagnetismo y Termodinámica); o de otra ciencia experimental.

- Estudiar la manera de incorporar mayor cantidad de alumnos en las respuestas al cuestionario de opinión sobre uso de las TIC, dado que en este trabajo si bien fueron cinco los que cooperaron con gusto, también es cierto que hubo varios estudiantes que no tuvieron interés o no pudieron participar y cuyos testimonios podrían haber ampliado esta investigación - por ejemplo, aquellos que aprobaron Física I y la zona de su PCF fue el Realismo Interpretativo -.

COMENTARIOS FINALES (UNA ESPECIE DE EPÍLOGO)

Este trabajo de investigación se inició en un ambiente socioeducativo donde las actividades académicas, propias de un entorno tradicional de enseñanza y aprendizaje, en líneas generales no consideraba el uso de las TIC como una herramienta más en la enseñanza del MO - o de la Física Clásica -.

Y de pronto, apareció en nuestras vidas una pandemia global producto de un virus denominado SARS - CoV – 2, donde la virtualidad permeó todas las etapas sociales y, por supuesto, las de aprendizaje.

Entonces aparecieron algunas preguntas sobre las consecuencias de este nuevo escenario y para esta tesis. Dado que las tecnologías digitales permitieron establecer casi todas las vías de comunicación de manera exclusiva - ¿y también excluyente? -, ¿cuál será el (¿nuevo?) rol de las TIC en la enseñanza de la Física universitaria? ¿Nuestro trabajo de investigación saldrá fortalecido, o tendrá nuevas debilidades como producto de este cambio de escenario?

Luego de reacomodarnos en este nuevo contexto denominado postpandemia, las primeras evidencias nos revelan que, si bien ha habido avances en el uso de dichas tecnologías

digitales, aún persisten interrogantes sobre las vinculaciones entre las TIC, la enseñanza, y el conocimiento.

El desafío sigue siendo válido. Por ello, creo firmemente que se debe seguir investigando sobre estas relaciones y cómo los sujetos pueden asignar significados en una intervención didáctica dentro de un entorno social colaborativo fuertemente mediado por la tecnología. Para los Movimientos Oscilatorios, o para cualquier contenido en general.

BIBLIOGRAFÍA

ABALOS, G. B. (2006). *Una socioepistemología del aspecto periódico de las funciones*. Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa, vol. 9, nº 2, pp. 227-252.

ALMIRON, M. E., y PORRO, S. (2014). *Las TIC en la enseñanza: un análisis de casos*. Revista electrónica de investigación educativa, vol. 16, nº 2, pp. 152-160.

AMARAL, E. M., & MORTIMER, E. F. (2006). *Uma metodologia para análise da dinâmica entre zonas de um perfil conceitual no discurso da sala de aula. A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias*. Ijuí: Editora Unijuí, pp. 239-296.

AUSUBEL, D. (2002). *Adquisición y retención del conocimiento. Una perspectiva cognitiva*. Barcelona: Paidós Ibérica.

AUSUBEL, D.; NOVAK, J. y HANESIAN, H. (1998). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas: México.

AUSUBEL D.P. (1978). *Psicología Educativa. Un punto de vista cognoscitivo*. Trillas: México.

AVELEYRA E., RACERO D. y CHIABRANDO L. (2011). *Desarrollo de material educativo para estudiar un péndulo simple con myUdutu*. Edutec-e, Revista Electrónica de Tecnología Educativa, 38. Disponible en: http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec38/desarrollo_material_educativo_estudiar_pen_dulo_m_yudutu.html (16/12/2016)

AVELEYRA, E. E., CHIABRANDO, L., y FERRINI, A. *La gestión del laboratorio de física asistida por las TIC's*. III Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, 12 y 13 de junio de 2008.

ÁVILA, N. y CORTÉS, A. (2017). *El género “informe de caso” en la formación inicial docente: una aproximación basada en la actividad*. *Lenguas Modernas*; nº 50, pp.153-174.

AZINIAN, H. (2009). *Las tecnologías de la información y la comunicación en las prácticas pedagógicas*. Buenos Aires: Noveduc Libros.

BACHELARD, G. (1984). *A Filosofia do Não*. Os Pensadores. São Paulo: Abril Cultural. 1-87.

BARBERO GARCÍA, M. I., VILA ABAD, E., Y SUÁREZ FALCÓN, J. C. (2006). *Psicometría*. Nadrud: UNED.

BARQUERO, B., BOSCH, M., Y GASCÓN, J. (2014). *Incidencia del “aplicacionismo” en la integración de la modelización matemática en la enseñanza universitaria de las ciencias experimentales*. *Enseñanza de las Ciencias*, vol. 32, nº1, pp. 83-100.

BARTLETT, M. S. (1950). *Tests of significance in factor analysis*. *British Journal of Statistical Psychology*, vol. 3, no. 2, pp. 77-85.

BENEGAS, J., PÉREZ DE LANDAZÁBAL, M., & OTERO, J. (2010). *Estudio de casos: conocimientos físicos de los estudiantes cuando terminan la escuela secundaria: una advertencia y algunas alternativas*. *Revista mexicana de física E*, vol .56, nº 1, pp. 12-21.

BERNÁRDEZ, E. (2006). *El papel del léxico en la organización textual*. *Calidoscópico*, vol. 4, no 2, pp. 97-106.

BONGIANINO, R., y CISTAC, G. (2012). *Simulador gráfico de Movimiento Armónico como instrumento para integrar conocimientos*. *Revista Iberoamericana de Educación en Tecnología y Tecnología en Educación* N° 7, pp. 42 – 49.

BONGIANINO, R., CISTAC, G., y FILIPPI, J. L. (2011). *El simulador como modificador del proceso de enseñanza-aprendizaje*. VI Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología. Salta, Argentina ,14 al 16 de junio de 2011.

BOUCIGUEZ, M. y SANTOS, G. (2010). *Applets en la enseñanza de la física: un análisis de las características tecnológicas y disciplinares*. Revista Eureka de Enseñanza y Divulgación Científica, vol. 7, n °1, pp. 56-74.

BUENDÍA, G. (2004). *Una epistemología del aspecto periódico de las funciones en un marco de prácticas sociales (un estudio epistemológico)*. Tesis para obtener el grado de Doctora en Ciencias en la especialidad de Matemática Educativa. México, D. F.

BURBULES, N. C. Y CALLISTER, T.H. (2006). *Educación: riesgos y promesas de las nuevas tecnologías de la información*. Ediciones Granica SA.

CAMARAZZA, A.; MCCLOSKEY, M; y GREEN, B. (1981). *Naïve beliefs in "sophisticated" subjects: misconceptions about trajectories of objects*. Cognition, vol. 9, pp.117-123.

CAMARGO, É. P. D., SCALVI, L. V. D. A., & BRAGA, T. M. S. (2007). *Concepciones alternativas sobre reposo y movimiento, modelos históricos y deficiencia visual*. Enseñanza de las ciencias, vol. 25, n° 2, pp. 171-182.

CAMPANARIO, J. M. Y OTERO, J. C. (2000). *Más allá de las ideas previas como dificultades de aprendizaje*. Enseñanza de las Ciencias, vol. 18, n° 2, pp. 155–169.

CARDONA, M. E. Y LÓPEZ, S. (2017). *Una Revisión de Literatura Sobre el Uso de Sistemas de Adquisición de Datos Para la Enseñanza de la Física en la Educación Básica, Media y en la Formación de Profesores*. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 39, n° 4, pp. 1 – 11.

CHRISTIAN, W. y ESQUEMBRE, F (2007). *Modelling Physics with Easy Java Simulations*. The Physics Teacher, vol. 45, n° 8, pp. 475-480.

CHRISTIAN, W. (2001) *Physlets. Java Tools for a Web-Based Physics Curriculum*. Proceedings of the International Conference on Computacional Science, Portoroz-Slovenia, pp. 1061-1073.

CLEMENT, J. (1982). *Student preconceptions in introductory mechanics*. American Journal of Physics, vol. 50, nº 1, pp. 66–71.

COLE, M. y ENGESTRÖN, Y. (2001). *Enfoque histórico-cultural de la cognición distribuida*. En Salomón (Ed.). *Cogniciones distribuidas*. Buenos Aires: Amorrortu Editores; pp. 1 - 74.

COLL, C., MAURI, T., & ONRUBIA, J. (2008a). *El análisis de los procesos de enseñanza y aprendizaje mediados por las TIC: una perspectiva constructivista*. En: *Cómo valorar la calidad de la enseñanza basada en las TIC. Pautas e instrumentos de análisis*, pp. 47-60.

COLL, C., MAURI, T. Y ONRUBIA, J. (2008b). *Análisis de los usos reales de las TIC en contextos educativos formales: una aproximación sociocultural*. Revista Electrónica de Investigación Educativa, vol. 10, nº 1, pp. 1 – 18.

COLL, C. (2004). *Psicología de la educación y prácticas educativas mediadas por las tecnologías de la información y la comunicación. Una mirada constructivista*. Sinéctica, nº 25, pp. 1 - 24.

CORDERO, F. Y MARTINEZ, J. (2002). *El comportamiento periódico de una función como un argumento contextual. La manifestación del movimiento fuera del instante*. En C. Crespo (Ed.), *Acta Latinoamericana de Matemática Educativa*, 15, 55–60. México: Grupo Editorial Iberoamérica.

COSTA, V. A., TORROBA, P., y DEVECE, E. (2011). *Articulación en la enseñanza en carreras de ingeniería: el movimiento armónico simple y las ecuaciones diferenciales de segundo orden lineal*. Latin American Journal of Physics Education, vol. 7, nº 3, pp. 350 - 356.

COUTINHO, F.; MORTIMER, E.; EL-HANI, CH. (2007). *Construção de um perfil para o conceito biológico de vida*. Investigações em Ensino de Ciências, Volumen 12, Nº 1, pp. 115-137

CRONBACH, L. J. (1951). *Coefficient alpha and internal structure of tests*. Psychometrika, vol. 16, n° 3, pp. 297-334.

CUBERO, R. (1994). *Concepciones alternativas, preconceptos, errores conceptuales ¿distinta terminología y un mismo significado?*. Investigación en la Escuela, n° 23, pp. 33 - 42.

CZUDKOVA, L. Y MUSILOVA, J. (2000). *The pendulum: A atumbling block of secondary school mechanics*. Physics Education, vol. 35, n° 6, pp. 428-435.

DANCY, M., CHRISTIAN, W. Y BELLONI, M. (2002) *Teaching with Physlets: Examples from Optics*. The Physics Teacher, n° 40, pp. 494-499.

DELGADO, M., DE UZCÁTEGUI, X. A., y RIVEROS, V. (2014). *Lineamientos teórico-metodológicos para el uso de las TIC en la formación de conceptos científicos en física*. REDHECS: Revista electrónica de Humanidades, Educación y Comunicación Social, vol. 9, n° 17, pp. 20 - 42.

DELGADO, G. Y PRIETO, A. (2010). *Fiabilidad y Validez*. Papeles del Psicólogo, vol. 31, n° 1, pp. 67-74.

de Cuba, Academia de Ciencias. (1985). *Metodología del conocimiento científico* (No. 500.18 A23 1985). Editorial de Ciencias Sociales.

de LOZANO, S. R., CARDENAS, S., & KATZ, V. (2016). *Las concepciones no newtonianas en dinámica y su incidencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje*. Revista de Enseñanza de la Física, vol. 2, n° 2, pp. 115 - 224.

de LA TORRE, E.; ZACCO, F.; GUZZO, G.; HARAMBILLET, N.; DONDO, D. G.; GELERSTEIN, S.; BOGLIONE, S. & NOVILLO, D. (2015). *Movimiento amortiguado: Transición de sobreamortiguado a subamortiguado*. Revista de Enseñanza de la Física, vol. 7, n° 2, pp. 615-621.

DÍAZ DEL VALLE, S. (2008). *E-learning: cambios y desafíos*. In *Interactividad digital: nuevas estrategias en educación y comunicación*. En: Martínez Rodrigo, E. (2008). *Interactividad digital. Nuevas estrategias en educación y comunicación* (95-112).

DINESCU, L., DINICA, M., & MIRON, C. (2010). *Active strategies-option and necessity for teaching science in secondary and high school education*. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 2, n° 2, pp. 3724 - 3730.

DONOSO, E. L. (2015). *Un Modelo Didáctico para Desarrollar los Estados Cognitivos en el Aprendizaje Significativo de la Física en Estudiantes Universitarios*. *Revista do Imea*, vol. 2, n° 2, pp. 87-97.

DUIT, R., GROPENGLIEBER, H., KATTMANN, U., KOMOREK, M. & PARCHMANN, I. (2012). *The Model of Educational Reconstruction – a framework for Improving teaching and learning science*. En Jorde, D. and Dillon, J. (Eds.), *Science Education Research and Practice in Europe: Retrospective and Prospective*, (pp. 13 – 37). European Union: Sense Publishers.

ENRIQUE, C; YANITELLI, M.; & GIORGI, S. (2020a). *Evaluación de una intervención didáctica con TIC sobre Movimiento Oscilatorio En estudiantes de ingeniería*. XIII Congreso Iberoamericano de Computación para el Desarrollo (COMPDES 2020). Quetzaltenango (Guatemala), 29 al 31 de julio de 2020, pp. 97–106.

ENRIQUE, C; YANITELLI, M.; & GIORGI, S. (2020b). *Análisis del discurso de estudiantes de ingeniería respecto de una actividad didáctica mediada por TIC sobre Movimiento Oscilatorio*. XV Congreso Nacional de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología" (TE&ET 2020). Neuquén, Argentina, 6 y 7 de julio de 2020 (pp. 2 – 11).

ENRIQUE, C.; YANITELLI, M.; & GIORGI, S. (2020c). *Evaluación de una intervención didáctica mediada por TIC a través de Transiciones entre Perfiles Conceptuales*. IV Jornadas Internacionales “Problemáticas en torno a la Enseñanza en la Educación Superior - Diálogo abierto entre la Didáctica General y las Didácticas Específicas”. Santa Fe, Argentina, 18 al 20 de noviembre de 2020. (pp. 474 – 483).

ENRIQUE, C. (2019). *El uso de smartphones como sensores en el estudio de sistemas oscilantes amortiguados*. Jornada de Ciencias Básicas - jornada de articulación: las ciencias básicas, el nexa entre la escuela secundaria y la universidad. Santa Fe, Argentina, 8 de octubre de 2019, pp. 71–73.

ENRIQUE, C; YANITELLI, M.; & GIORGI, S. (2019a). *Análisis de una actividad con laboratorios virtuales para sistemas oscilatorios en estudiantes de ingeniería*. IX Congreso Internacional sobre Aplicación de Tecnologías de la Información y Comunicaciones Avanzadas (ATICA2019); Córdoba (Argentina), pp.364–31.

ENRIQUE, C; YANITELLI, M.; & GIORGI, S. (2019b). *Perfiles conceptuales como instrumentos de evaluación de una intervención didáctica*. Revista Avances en la Enseñanza de la Física, número inaugural - ; Departamento de Física del Consejo de Formación en Educación (CFE); ANEP; Uruguay, vol. 1, nº1, pp. 73-99.

ENRIQUE, C. Y YANITELLI, M. (2019). *Diseño y valoración de actividades mediadas por TIC para el aprendizaje de sistemas oscilatorios*. Revista de Enseñanza de la Física. Vol. 31, No. Extra, Nov. 2019, pp. 285–292.

ENRIQUE, C; YANITELLI, M.; & GIORGI, S. (2018a). *Dinámica de Sistemas Oscilantes: Concepciones en estudiantes de ingeniería*. Revista de Enseñanza de la Física, ISSN 2451-6007, Vol. 30 (2018), Número Extra: Selección de Trabajos presentados a SIEF, pp. 63 – 72.

ENRIQUE, C; YANITELLI, M.; & GIORGI, S. (2018b). *Concepciones sobre la dinámica de los sistemas oscilatorios en estudiantes de ingeniería*. II Workshop de Investigación en Didáctica de las Ciencias Naturales y Experimentales (II WIDIC); 4, 5 y 6 de julio de 2018. Santa Fe, Argentina, pp. 266 – 269.

ENRIQUE, C; YANITELLI, M.; & GIORGI, S. (2018c). *Resultados de un pretest sobre movimiento oscilatorio destinado a estudiantes de ingeniería*. VI Jornadas Nacionales y II Latinoamericanas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico-Tecnológicas 2018

(IPECyT 2018). Olavarría, Buenos Aires, Argentina; 16 al 18 de mayo de 2018, pp. 327 - 334.

ENRIQUE, C. (2017). *Conocimientos previos sobre movimiento oscilatorio de estudiantes de ingenierías*. Saarbrücken, Germany: Académica Española.

ENRIQUE, C. (2016). *Conocimientos Previos de Mecánica Clásica de Ingresantes a Ingenierías en la UTN - FRSF*. V Jornadas Nacionales y I Latinoamericanas de Ingreso y Permanencia en Carreras Científico – Tecnológicas (IPECyT 2016); Bahía Blanca, Argentina. 18 al 20 de mayo de 2016, pp. 327–334.

ENRIQUE, C. (2014a). *TICS en la Física e introducción a la Teoría del Caos*. III Jornadas de Investigación en Ingeniería del NEA y Países Limítrofes "Nuevos escenarios para la Ingeniería en el Norte Grande". Resistencia, Chaco, Argentina, junio de 2014, ISBN: 978-950-42-0157-1

ENRIQUE, C. (2014b). *Introducción a la teoría del caos empleando TICS con experiencias de mecánica clásica en el laboratorio de Física*. Revista Electrónica Iberoamericana de Educación en Ciencias y Tecnología, vol. 5; n° 3, Diciembre de 2014, pp. 1–30.

ENRIQUE, C. (2012). *Estudio de un volante como péndulo físico mediante el uso de las TIC's en el Laboratorio de Física*. Congreso Latinoamericano de Ingeniería y Ciencias Aplicadas (CLICAP), San Rafael, Mendoza, Argentina; 28 al 30 de marzo de 2012.

ESQUEMBRE, F. (2004). *Fislets: enseñanza de la física con material interactivo*. Prentice Hall.

FERNÁNDEZ, P., y JARDÓN, A. (2012). *Simulaciones en la enseñanza de la física. La ilusión de la interactividad y las rutinas del profesor*. Revista de Enseñanza de la Física, vol. 24, n° 2, pp.27-48.

FLAVELL, J. H., MILLER, P. H., & MILLER, S. A. (1985). *Cognitive development* (Vol. 338). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

FLAVELL, J. H. (1981). *Cognitive monitoring*. In W. P. Dickson (Ed.), *Children's Oral Communication* (pp. 35-60). New York: Academic Press.

FLAVELL, J. H. (1976). *Metacognitive aspects of problem solving*. En: L. B. Resnik (ed.). *The nature of intelligence* (pp. 231-235). Hillsdale, N.J.: Erlbaum.

FLORES, V. (2017). *Metacognición y educación liberadora: componentes esenciales para la formación integral en educación primaria*. *Dialógica*, vol. 12, no 2, pp. 4-17.

GARCÍA, M. B., & DELL'ORO, G. (2001). *Algunas dificultades en torno a las Leyes de Newton: una experiencia con maestros*. *Revista Iberoamericana de Educación*. Disponible en: <https://rieoei.org/historico/deloslectores/210DellOro.PDF> (fecha de acceso: 22 de julio de 2017).

GARCÍA, J. A. *Aprendizaje por descubrimiento frente a aprendizaje por recepción: La teoría del aprendizaje verbal significativo*. En *Desarrollo psicológico y educación*. Alianza, 1990, pp. 81-92.

GARCÍA ARTEAGA, V. (2013). *Educaplay – Prueba tipo icfes movimiento armónico simple*. Disponible en: https://www.educaplay.com/es/recursoseducativos/888274/print/prueba_tipo_icfes_movimiento_armonico_simple.htm#! (fecha de acceso: 15 de marzo de 2017).

GARCÍA BARNETO, A. & BOLIVAR RAYA, J. P. (2008). *Efecto de las simulaciones interactivas sobre las concepciones de los alumnos en relación con el movimiento armónico simple*. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, vol. 7, nº 3, pp. 681–703.

GARCÍA BARNETO, A., & BOLÍVAR RAYA, J. P. (2005). *Uso de simulaciones informáticas en la enseñanza de la física: movimientos armónico simple y ondulatorio*. *Enseñanza de las Ciencias*, (Extra), pp. 1-5.

GARRAO, R. (2007). *Estrategia EE (Excel-Euler) en la enseñanza de la Física*. Latin American Journal of Physics Education, vol. 1, n° 1, pp. 19-23.

GEMIGNANI, M.; ITATÍ-BENITEZ, M.; MANUELA-BRANDOLIN, I.; RAFAEL-RAMÍREZ, J.; ZAN, R. y MARICEL-MUSTO, D. Recurso didáctico para la enseñanza del cálculo usando modelado y visualización. Congreso Iberoamericano de Docentes (VII CIBEM), Algeciras, Cádiz, España, 26 de noviembre al 8 de diciembre de 2013, pp. 6541 - 6548.

GEORGE, D. & P. MALLERY, P. (2003). *SPSS for Windows step by step: A simple guide and reference*. 11.0 Update, 1104th ed. Boston: Allyn & Bacon.

GIL D.; FURIÓ, 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?*, Enseñanza de las ciencias, vol. 17, n° 2, pp. 311-320.

GIL, S. (1997). *Nuevas tecnologías en la enseñanza de la física oportunidades y desafíos*. VI Conferencia Interamericana sobre Educación en la Física, La Falda, Córdoba, Argentina, (pp. 13-15).

GIULIANO, M., y SANTORSOLA, M. (2005). *Experiencias de utilización de TICs en la articulación de contenidos de Física y Matemática para primer año de Ingeniería*. I Congreso en Tecnologías de la Información y Comunicación en la Enseñanza de las Ciencias. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/19166>. (fecha de acceso: 25 de marzo de 2016).

GÓMEZ MERCADO, I. B. y OYOLA MAYORAL, C. M. (2012). *Estrategias didácticas basadas en el uso de TIC aplicadas en la asignatura de física en educación media*. Escenarios, Vol. 10, No. 1, Enero-Junio de 2012, págs. 17-28.

GÓMEZ TORO, J. D. (2015). *Elaboración de una propuesta de enseñanza-aprendizaje del movimiento armónico simple a través de actividades experimentales mediante el uso*

de dispositivos móviles: estudio de caso en el Instituto San Carlos de la Salle. Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Medellín.

GOWIN, D.B. (1981). *Educating*. Ithaca, N.Y.: Cornell University Press.

GRECA, I; Y MOREIRA, M. (1997). *The kinds of mental representations-models, propositions and images-used by college physics students regarding the concept of field*. *International Journal of Science Education*, vol. 6, pp. 711-724.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, P.; & Y BAPTISTA LUCIO, P. (2008). *Metodología de la Investigación*. México. McGraw-Hill, 350-500.

HERRERA ESPINOSA, D. (2013). Ideas previas sobre el concepto de fuerza (Doctoral dissertation).

INHELDER, B. & PIAGET, J. (1985). *De la lógica del niño a la lógica del adolescente: ensayo sobre la construcción de las estructuras operatorias formales*. Paidós, Buenos Aires, Argentina.

JIMÉNEZ GARCÍA, F. N.; NARVÁEZ, C. M.; CALLE, J. D. J. A., MONTAGUT, L. B.; LEYTON, H., & MUÑIZ, J. L. (2016). *Una experiencia didáctica en el diseño e implementación de objetos de aprendizaje para la enseñanza de la física*. *Revista Educación en Ingeniería*, vol. 11, n° 22, pp. 13-20.

JONASSEN, D. H. (2000). *Computers as mindtools for schools: Engaging critical thinking* (2nd ed.). Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

JONASSEN, D. H.; CARR, C. & YUEH, H. P. (1998). *Computers as mindtools for engaging learners in critical thinking*. *Tech Trends*, vol. 43, n° 2, pp. 24-32.

KATTMANN, U. (2008). *Learning biology by means of anthropomorphic conceptions?* En Hamman, M. y otros (Eds.), *Biology in context: Learning and teaching for the 21 century* (pp. 7-17). London: Institute of Education, University of London.

KOYRÉ, A. (1980). *Estudios galileanos*. Madrid: Siglo XXI de España Editores, S. A.

KOZULIN, A. (2000). *Instrumentos psicológicos: la educación desde una perspectiva sociocultural*. Buenos Aires: Paidós.

LACAVE RODERO, C.; MOLINA DÍAZ, A. I.; FERNÁNDEZ GUERRERO, M. & REDONDO DUQUE, M. Á. (2015). *Análisis de la fiabilidad y validez de un cuestionario docente*. In Actas de las XXI Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática (pp. 136-143). Universitat Oberta La Salle.

LAVELLI, M.; PANTOJA, A.; HSU, H.; MESSINGER, D.; & FOGEL, A. (2005). *Using microgenetic designs to study change processes*. Handbook of Research Methods in Developmental Science, n° 4, pp. 40-65.

LAJOIE, S. P. (2005). *Extending the scaffolding metaphor*. Instructional Science, vol. 33, pp. 541-557.

LAJOIE, S. P. (Ed.) (2000). *Computers as cognitive tools* (vol. 2): No more walls. Mahwah, NJ: Erlbaum.

LION, C. (2006). *Imaginar con tecnologías*. Bs. As. Ed. La crujía.

LÓPEZ, E., y SILVA, R. (2014). *Transformación de los modelos mentales sobre los conceptos de fuerza y campo eléctrico mediante la metodología Webquest, en estudiantes universitarios de Ingeniería*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, vol. 32, n° 1, pp. 2-31.

LÓPEZ, L. P. (2009). *Buridán, el impetus y la primera unificación de la física terrestre y celeste*. *Thémata. Revista de Filosofía*, n° 41.

MAGGIO, M. (2018). *Reinventar la clase en la universidad*. Buenos Aires: Paidós.

MANABU, S. (2004). *The reproduction of scientific understanding about pendulum motion in the public*. Science and Education, vol. 13, n° 4 y 5, pp. 473-492.

MARTÍN-BARBERO, J. (2009). *Cuando la tecnología deja de ser una ayuda didáctica para convertirse en mediación cultural*. Education in the knowledge society (EKS), vol. 10, n° 1, pp. 19-31.

MARROQUÍN, R. (2013). *Confiabilidad y validez de instrumentos de investigación*. Disponible en: [http://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESSION-4-Confiabilidad y Validez de Instrumentos de investigacion. pdf](http://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESSION-4-Confiabilidad_y_Validez_de_Instrumentos_de_investigacion.pdf). (Consultado el 27 de agosto de 2017).

MARTÍNEZ RODRÍGUEZ, M. (1999). *El enfoque sociocultural en el estudio del desarrollo y la educación*. REDIE. Revista Electrónica de Investigación Educativa, vol. 1, n° 1, pp. 16-37.

MATEOS, M. (2001). *Metacognición y educación*. Buenos Aires: Aique.

MERITXELL, E. M. (2003). *Interactividad e interacción*. Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa, vol. 1, n° 1, pp. 11-17.

MESTRE, J. P. (2001). *Implications of research on learning for the education of prospective science and physics teachers*. Physics Education, vol. 36, n° 1, pp. 44 - 51.

MILLER, P. & COYLE, T. (1999). *Developmental change: Lesson from microgenesis*. In E. K. Scholnick, K. Nelson, S. A. Gelman, & P. H. Miller (Eds.), *Conceptual development: Piaget's legacy* (pp. 209-239). Mahwah, NJ: Erlbaum

MOLINA, J. M. (2013). *Modelado de sistemas dinámicos y educación en ciencias e ingeniería*. Latin American and Caribbean Journal of Engineering Education, vol. 12, pp. 75-82.

MOLL, L. (1993). *La Zona de Desarrollo Próximo de Vygotski: Una reconsideración de sus implicaciones para la enseñanza*. Disponible en: <http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/33274443/Vigosky.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1470849320&Signature=5rID5FcIht>

[CkLs4gVFMHDOpBnj%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DLa_Zona_de_Development_Proximo_de_Vygotsk.pdf](#) (Consultado el 13 de junio de 2016).

MORA, C. & HERRERA, D. (2009). *Una revisión sobre ideas previas del concepto de fuerza*. Latin-American Journal of Physics Education, vol. 3, n° 1, pp. 72-86.

MORA, C. & BENÍTEZ, Y. (2007). *Errores conceptuales sobre fuerza y su impacto en la enseñanza*. Revista cubana de física, vol. 24, n° 1, pp. 41-45.

MOREIRA, M. A. (2017). Aprendizaje significativo como un referente para la organización de la enseñanza. Archivos de Ciencias de la Educación, vol. 11, n° 12.

MOREIRA, M.A. (2012). *¿Al final qué es aprendizaje significativo?* Revista Currículum, La Laguna, n° 25; pp. 29-56.

MOREIRA, M. A. (2010). *¿ Por qué conceptos?¿ Por qué aprendizaje significativo?¿ Por qué actividades colaborativas?¿ Por qué mapas conceptuales?*. Disponible en: https://riull.ull.es/xmlui/bitstream/handle/915/13338/Q_23_%282010%29_01.pdf?sequence=1&isAllowed=y. (Consultado el 25 de marzo de 2018).

MOREIRA, M. A. (1993). *La teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel*. Fascículos de CIEF Universidad de Río Grande do Sul Sao Paulo.

MORENO ARICAPA, J. A. (2014). *El péndulo de torsión como estrategia para la enseñanza-aprendizaje del movimiento armónico simple MAS*. (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales).

MORTIMER, E. F. (2001). *Perfil conceptual: modos de pensar y formas de hablar en las aulas de ciencias*. Infancia y Aprendizaje, vol. 24, n° 4, pp. 475-490.

MORTIMER, E. F. (2000). *Lenguaje y formación de conceptos en la enseñanza de las Ciencias*. Madrid: A. Machado Libros.

MORTIMER, E.F. (1998). *Multivoicedness and Univocality in Classroom Discourse: An Example from Theory of Matter*. International Journal of Science Education, vol. 20, n° 1, pp. 67-82.

MORTIMER, E. F. (1994). *Evolução do atomismo em sala de aula: Mudança de perfis conceituais*. (Tesis doctoral). Universidade de São Paulo, Brasil.

MOTTELET, S., y PAUSS, A. (2011). *XMLlab: multimedia publication of simulations applets using XML and Scilab*. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Stephane_Mottelet/publication/50218245_XMLlab_multimedia_publication_of_simulations_applets_using_XML_andScilab/links/09e41509a5e1e74848000000/XMLlab-multimedia-publication-of-simulations-applets-using-XML-and-Scilab.pdf. (Consultado el 13 de marzo de 2017)

MOTTELET, S., y PAUSS, A. (2004). *XMLlab1: a pluridisciplinary simulation tool based on XML and Scilab*. Disponible en: https://scholar.google.com/scholar?cluster=13033607514211314060&hl=es&as_sdt=0,5. (Consultado el 14 de marzo de 2017).

ORTEGA-ZARZOSA, G.; MEDELLÍN-ANAYA, H. & MARTÍNEZ, J. (2010). *Influencia en el aprendizaje de los alumnos usando simuladores de física*. Latin-American Journal of Physics Education, vol, 4, n° 1, pp. 953-956.

OTERO, M. R.; GRECA, I. M. & SILVEIRA, F. L. D. (2003). *Imágenes visuales en el aula y rendimiento escolar en Física: un estudio comparativo*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, vol. 2, n° 1, pp. 1-30.

OYANEDEL, M. (2005). *Lo descriptivo en informes escritos de estudiantes universitarios*. Onomázein, vol. 11, pp. 9-21.

PEA, R. (2004). *The social and technological dimensions of scaffolding and related theoretical concepts for learning, education, and human activity*. The Journal of the Learning Sciences, vol. 13, n° 3, pp. 423-451.

PEA, R. (1993). *Practices of distributed intelligence and designs for education*. En G. Salomon (Ed.), *Distributed cognitions: Psychological and educational considerations*. Cambridge, MA: Cambridge University Press

PEDREROS, R. I. (2013). *Diálogo de las perspectivas de perfil conceptual y conglomerados de relevancia*. *Revista Internacional de Investigación en Educación*, vol. 6, nº 12, Edición especial Enseñanza de las ciencias y diversidad cultural, pp. 119-131.

PEDUZZI, L. O. & ZYLBERSZTAJN, A. (1997). *La física de la fuerza impresa y sus implicaciones para la enseñanza de la mecánica*. *Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas*, vol. 15, nº3, pp. 351-359.

PEDUZZI, L. (1996). *O Q é Física Aristotélica: Por que não considerá-la no ensino da mecânica?*. *Caderno Catarinense de ensino de física*. Universidade Federal de Santa Catarina, vol. 13, nº 1, pp. 48-63.

PERALES PALACIOS, F. J.; GARCÍA, J. A., HUERTAS, R. & GÓMEZ-ROBLEDOS, L. (2013). *Imagen de la Física universitaria: el punto de vista del profesor y del alumno*. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, nº 27, pp. 131-154.

PIAGET, J. & GARCÍA, R. (1982). *Psicogénesis e historia de la ciencia*. Siglo XXI.

PISCITELLI, A. (1995). *Ciberculturas. En la era de las máquinas inteligentes*. Buenos Aires: Paidós.

PONTES PEDRAJAS, A. (2005). *Aplicaciones de las tecnologías de la información y de la comunicación en la educación científica. Primera parte: funciones y recursos*. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, vol. 2, nº 1, pp. 2-18.

POZO, J.I. & GÓMEZ CRESPO, M.A. (1998). *Aprender y enseñar ciencia. Del conocimiento cotidiano al conocimiento científico*. Madrid: Morata.

POZO, J. I.; SANZ, A.; CRESPO, G. & LIMÓN, M. (1991). *Las ideas de los alumnos sobre la ciencia: una interpretación desde la psicología cognitiva*. Enseñanza de las Ciencias, vol. 9, nº 1, pp. 83 - 94.

POZO, J. I. (1987). *La historia se repite: las concepciones espontáneas sobre el movimiento y la gravedad*. Infancia y aprendizaje, vol. 10, nº 38, pp. 69-87.

RAVIOLO, A. & ALVAREZ, M. (2012). *Uso y creación de simulaciones en la formación del profesorado: Unidad didáctica sobre el movimiento oscilatorio armónico*. Latin-American Journal of Physics Education, vol. 6, nº 4, pp. 628-638.

REIF, F. & LARKIN, J. (1991). *Cognition in scientific and every day domains: comparison and learning implications*. Journal of Research in Science Education, vol. 28, pp. 733-760.

REISER, B. (2004). *Scaffolding complex learning: The mechanisms of structuring and problematizing student work*. Journal of the Learning Sciences, vol. 13, nº 3, pp. 273-304.

RESNICK, R. HALLIDAY, D., & KRANE, K. (1999). *Física Vol. 1*. Cuarte edición en inglés (tercera edición es español). CECSA: México.

RIBEIRO, A. J. (2013). *Elaborando um perfil conceitual de equação: desdobramentos para o ensino e a aprendizagem de matemática*. Ciência & Educação (Bauru), vol. 19, nº 1, pp. 55-71.

RIEGELUTH, CH. (2000) *¿En qué consiste la teoría de diseño educativo y cómo se está transformando?* En Ch. Reigeluth (Ed): Diseño de la instrucción. Teoría y modelos (pp. 15-40). Madrid: Aula XXI Santillana.

RÍOS, V.; MONTERO, G.; ROMÁN, A.; & GARCÍA, A. (2017). *Simulación experimental para la enseñanza del movimiento oscilatorio*. Latin-American Journal of Physics Education, vol. 11, nº 1, pp. 1307-1 - 1307-4.

RODRIGUEZ, D.; MENA, D. & RUBIO, C. (2009). *Uso de software de simulación en la enseñanza de la Física. Una aplicación en la carrera de Ingeniería Química*. Tecnología, Ciencia, Educación, 24(2). Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=482/48213841005> (Consultado el 2 de Octubre de 2019).

RODRÍGUEZ ILLERA, J. L. (2004). *El aprendizaje virtual. Enseñar y aprender en la era digital*. Ediciones Homo Sapiens, Argentina.

ROSENSHINE, B. & MEISTER, C. (1992). *The use of scaffolds for teaching higher-level cognitive strategies*. Educational Leadership., vol. 49, n° 7, pp. 26-33.

SALINAS, J., CUDMANI, L., Y PESA, M. (1996). *Modos espontáneos de razonar: análisis de su incidencia en el aprendizaje del conocimiento científico a nivel universitario básico*. Enseñanza de las Ciencias, vol. 14, n° 2, pp. 209-220.

SALOMON, G.; PERKINS, D.; N.; GLOBERSON, T. (1991). *Partners in cognition: Extending human intelligence with intelligent technologies*. Educational Researcher, vol. 20, n.º 4, pp. 2-9.

SÁNCHEZ GÓMEZ, M. C. (2015). *La dicotomía cualitativo-cuantitativo: posibilidades de integración y diseños mixtos*. Campo Abierto. Revista de Educación, pp. 11-30.

SANTANDER, P. (2011). *Por qué y cómo hacer análisis de discurso*. Cinta de moebio, n º41, pp. 207-224.

SANTOS BENITO, J.; MARTÍ, A. & SELVA, V. (2005). *Recursos para la enseñanza del péndulo simple: imágenes, mediciones, simulaciones y guías didácticas*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, vol. 22, n° 2, pp. 165–189.

SARTORI, G. (1998). *Homo videns: la sociedad teledirigida*. Taurus.

SEPULVEDA, C. A. S. E.; MORTIMER, E. F. & EL-HANI, C. N. (2007). *Construção de um perfil para o conceito de adaptação evolutiva*. Anais do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Belo Horizonte, MG: ABRAPEC.

SHAMA, G. (1998). *Understanding Periodicity as a Process with a Gestalt Structure*. *Educational Studies in Mathematics*, nº 35, pp. 255-281.

SOLSONA, N., IZQUIERDO, M., & DE JONG, O. (2001). *Un estudio de la evolución de los perfiles conceptuales del alumnado sobre la reacción química/A study of evolution of student's knowledge about chem*, *Journal of Science Education*, vol. 2, nº 1, pp. 44-48.

SOTO, C. (2002). *Metacognición. Cambio Conceptual y Enseñanza de las Ciencias*. Bogotá: Cooperativa Editorial Magisterio.

TANG, G. & TITUS, A. (2002) *Increasing students' time on task in calculus and general physics courses through WebAssign*. ASEE Annual Conference & Exposition, Montreal-Canada, 16-19 June. Disponible en: <http://webassign.net/info/tangtitus.pdf>. (Consultado el 12 de agosto de 2016).

TAPIA, M., BURDILES, G., & ARANCIBIA, B. (2003). *Aplicación de una pauta diseñada para evaluar informes académicos universitarios*. *Revista signos*, vol. 36, nº 54, pp. 249-257.

TORO GÓMEZ, J. (2010). Las TIC y los nuevos modelos educativos. *Revista Clave XXI. Reflexiones y experiencias en Educación*, 1. Disponible en: <http://www.clave21.es/files/articulos/TIC%20y%20modelos.pdf>. (Consultado el 1 de mayo de 2016).

TORRES, V.; DE LOS SANTOS, F.; ZARAGOZA, M. & CHORRO, S. *Desarrollo de aplicaciones interactivas para la docencia de estructuras en Ingeniería Civil*. XII Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria. El reconocimiento docente: innovar e investigar con criterios de calidad, 3 y 4 de julio de 2014, Alicante. España, (pp. 186-195).

TORRES CLIMENT, Á. (2010). *Empleo del laboratorio asistido por ordenador en la enseñanza de la física y química de secundaria y bachillerato*. Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias, vol. 7, nº 3, pp. 693-707.

TREAGUST, D. & DUIT, R. (2009). *Multiple Perspectives of Conceptual Change in Science and the Challenges Ahead*, Journal of Science and Mathematics Education in Southeast Asia, vol. 32, nº 2, pp. 89-104.

TROWBRIDGE, D. E., & MCDERMOTT, L. C. (1981). *Investigation of student understanding of the concept of acceleration in one dimension*. American journal of Physics, vol. 49, nº 3, pp. 242-253.

UNESCO, I. M. (2005). *Hacia las sociedades del conocimiento*. Publicaciones Unesco. París.

VALDERREY SANZ, P. (2010). *SPSS 17: extracción del conocimiento a partir del análisis de datos*. México :Alfaomega Grupo Editor.

VAN DIJK, T. (1997). *La ciencia del texto*. Paidós Comunicación, Barcelona: España.

VENTURA, A. C.; MOSCOLONI, N. & GAGLIARDI, R. P. (2012). *Estudio comparativo sobre los estilos de aprendizaje de estudiantes universitarios argentinos de diferentes disciplinas*. Psicología desde el Caribe, vol. 29, nº 2, pp. 276-304.

VIAU, J. E.; MORO, L. E.; ZAMORANO, R. O. & GIBBS, H. (2008). *La transferencia epistemológica de un modelo didáctico analógico*. Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias, vol. 5, nº 2, pp. 170-184.

VIENNOT, L. (2004). *Reasoning in Physics. The Part of Common Sense*. New York: Kluwer Academic Publishers.

VIENNOT, L. (1989). *La didáctica en la enseñanza superior ¿para qué?*. Enseñanza de las Ciencias, vol. 7 nº 1, pp. 3-13.

VIGGIANO, E. & RODRIGUES DE MATTOS, C. (2007). *É possível definir contextos de uso de zonas de perfil conceitual com um questionário?* Disponible en: <http://fep.if.usp.br/~profis/arquivos/vienpec/CR2/p357.pdf> (Consultado el 15 de agosto de 2017).

WAINMAIER, C. & SALINAS, J. (2011). *Incomprensiones en el aprendizaje de la Mecánica Clásica Básica*. *Revista de Enseñanza de la Física*, vol. 18, n° 1, pp. 39-54.

WANDERSEE, J.; MINTZES, J. & NOVAK, J. (1994). *Research on alternative conceptions in science*. En *Handbook of research on science teaching and learning*, ed. D. Gabel. New York: Simon & Schuster MacMillan, vol. 177, pp. 210.

WELCH, S. & COMER, J.C. (1988). *Quantitative methods for public administration: techniques and applications*. Dorsey Press.

WERTSCH, J. (1991). *Voces de la mente. Un enfoque sociocultural para el estudio de la acción mediada*. Madrid: Visor Distribuciones

WERTSCH, J. (1985). *Vygotsky y la formación social de la mente*. Buenos Aires: Paidós.

WOLMAN, W. (1984). *Models and procedures: teaching for transfer of pendulum knowledge*. *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 21, n° 4, pp. 399-415.

ANEXO I

Cuestionario pretest - postest

CUESTIONARIO SOBRE MOVIMIENTO OSCILATORIO

Nombre y apellido de la/ del alumna/o:

Mafalda se divierte hamacándose en un columpio. Si analizara su movimiento de ida y vuelta en la hamaca desde el punto de vista de la Mecánica Clásica, llegaría a la conclusión de que se trata de un *Movimiento Oscilatorio*.



Para poder hacer tal análisis, podría comenzar realizando un esquema simplificado tal como el que se presenta en la Figura 1.

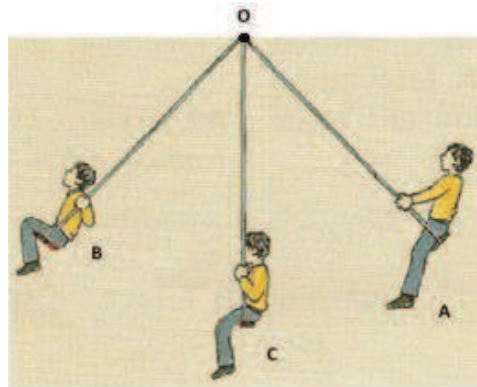


Figura 1

Así, podría inferir que el movimiento de la persona más su asiento (el sistema) se realiza de manera periódica alrededor de un punto fijo (O), pasando por las posiciones extremas (A y B), y la de equilibrio (C). La cadena se considera como si fuese una cuerda inextensible y de masa despreciable.

Con el objeto de conocer cuáles son tus conocimientos sobre Movimiento Oscilatorio, te pedimos que respondas el siguiente cuestionario.

Cuestionario

(Aclaración: en las preguntas con opciones múltiples, marca con una cruz (x) la opción que consideres correcta).

1. Indica cuáles son las fuerzas presentes en las posiciones A y C de la Figura 1. Para ello te sugerimos que:

- Realices el diagrama de cuerpo libre del sistema (persona + asiento de la hamaca);
- Seleccione un sistema de coordenadas y de referencia conveniente;
- Aplice la 2ª ley de Newton para cada uno de los ejes asociados;
- Indique la fuerza resultante que actúa sobre el sistema.

Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -).

2. Representa gráficamente la fuerza resultante de la pregunta anterior, en función del tiempo.



Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -).

3. Indica cuáles son las formas de energía mecánica que están presentes en cada una de las posiciones A, B y C de la Figura 1.

Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -).

4. Cuando una partícula describe un Movimiento Armónico Simple (MAS) se verifica que:

- Su energía potencial es máxima en los puntos donde la aceleración (en módulo) es máxima.
- Su energía cinética es siempre mayor que su energía potencial.
- Su energía total es constante y, por tanto, no depende de las condiciones iniciales.
- Su energía cinética es máxima en los puntos donde la aceleración (en módulo) es máxima.

Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -).

5. La Figura 2 representa un modelo simplificado de la Figura 1. Consiste en un sistema denominado *péndulo simple*, conformado por un hilo de longitud l , del que cuelga una masa m considerada puntual y que oscila con una amplitud θ .

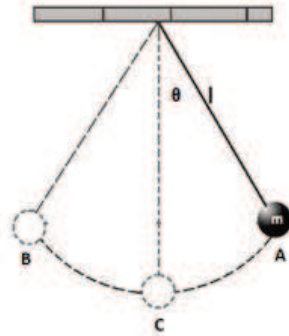


Figura 2

¿Cómo se denomina el tiempo empleado en completar una oscilación?

- a. frecuencia
- b. período
- c. velocidad
- d. longitud de onda
- e. no lo puedo explicar.

Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -).

6. ¿Cuál o cuáles de las siguientes magnitudes modificarías si desearas cambiar el periodo del citado péndulo?

- a. masa
- b. longitud del hilo
- c. amplitud del movimiento
- d. velocidad inicial
- e. otra magnitud física (indicar cuál)
- f. no lo puedo explicar

Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -).

7. El movimiento de un péndulo simple es:

- a. un movimiento uniforme (velocidad constante)
- b. un movimiento uniformemente acelerado (aceleración constante)
- c. un movimiento con velocidad y aceleración variables en el tiempo
- d. ninguna de las opciones anteriores.

Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -).

8. En ausencia de fricción, un péndulo simple que realiza oscilaciones alrededor de cierta posición de equilibrio mantiene constante su:

- a. velocidad lineal
- b. velocidad angular
- c. aceleración lineal
- d. aceleración angular
- e. período
- f. energía mecánica
- g. energía cinética
- h. energía potencial
- i. cantidad de movimiento lineal
- j. cantidad de movimiento angular
- k. no lo puedo explicar

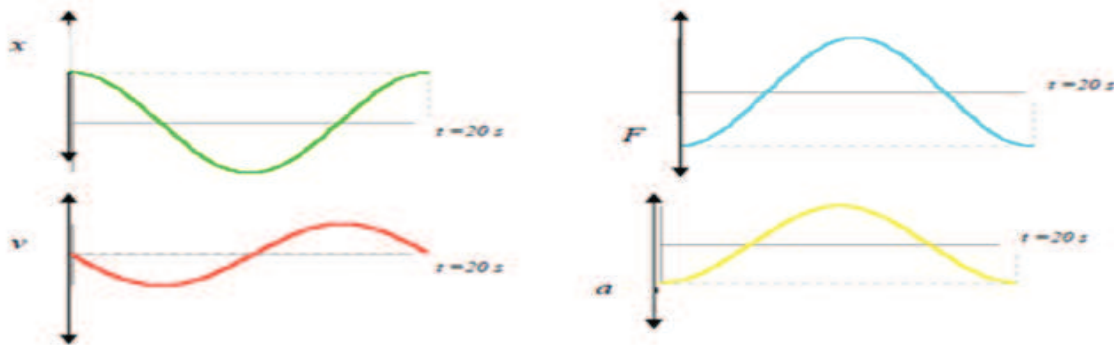
Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -).

9. El movimiento de un sistema que realiza oscilaciones alrededor de cierta posición de equilibrio con presencia de fricción puede considerarse como:

- Oscilatorio periódico
- Oscilatorio periódico amortiguado
- Oscilatorio no periódico amortiguado
- No lo puedo explicar
- Oscilatorio no amortiguado

Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -).

10. Considera las gráficas siguientes, donde se representan la posición (x); fuerza (F); velocidad (v) y aceleración (a) en función del tiempo, para un intervalo de 20 segundos:



Marca – usando las letras A; B; y C – en cada una de las cuatro gráficas anteriores, los instantes:

- A. $t = 0$;
- B. $t = t/4$
- C. $t = t/2$.

Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -).

11. Una esfera suspendida de un hilo se mueve pendularmente como lo indica la Figura 5:

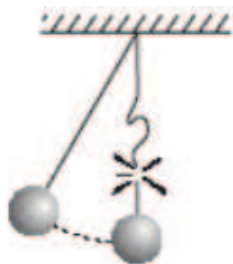
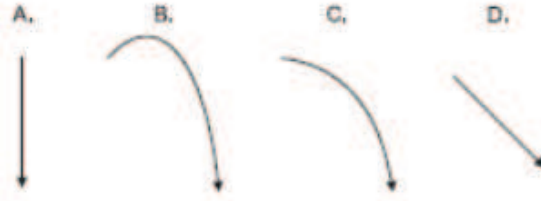


Figura 5

Cuando pasa por su punto más bajo, el hilo se corta. La trayectoria descrita por la esfera es la mostrada en:



A. Marca con un círculo la opción que consideres adecuada.

B. Grafica el vector velocidad sobre la esfera un instante antes de que el hilo se corte.

Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -).

12. Si una persona que se está hamacando decide no impulsarse más – para lo cual se queda quieta en el asiento - , indica de manera resumida cómo será su movimiento.

Indica el grado de confianza que tienes en la respuesta dada (de 0 - confianza nula - a 10 - confianza plena -).

¡MUCHAS GRACIAS POR TU COLABORACIÓN!

ANEXO II

Resultados de las pruebas estadísticas de validez y fiabilidad del cuestionario.

Análisis Factorial Exploratorio (AFE)

Análisis de consistencia interna - Alfa de Cronbach

El cuestionario consta de 12 preguntas de distintas características, por lo que en una primera evaluación se analizan los test estadísticos realizados a las mismas junto a su grado de confianza, pero sin preclasificar - o agruparlas según los contenidos indagados

- .

Mediante el uso de un software estadístico, se obtuvieron los siguientes resultados:

a. Sólo uso de las distintas categorías para las 12 preguntas del Pretest

Resumen de procesamiento de casos

| | | N | % |
|-------|-----------------------|----|-------|
| Casos | Válido | 47 | 100,0 |
| | Excluido ^a | 0 | 0,0 |
| | Total | 47 | 100,0 |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

| Alfa de Cronbach | Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados | N de elementos |
|------------------|---|----------------|
| 0,407 | 0,399 | 47 |

Se observa que el coeficiente es de muy baja calidad. Por lo tanto, para el análisis del cuestionario se optó por dividirlos en las categorías de la Tabla 1. Los nuevos resultados arribados son los siguientes:

Resumen de procesamiento de casos

| | | N | % |
|-------|-----------------------|----|-------|
| Casos | Válido | 47 | 100,0 |
| | Excluido ^a | 0 | 0,0 |
| | Total | 47 | 100,0 |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

| Alfa de Cronbach | Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados | N de elementos |
|------------------|---|----------------|
| 0,691 | 0,687 | 4 |

Evidentemente, el Alfa de Cronbach mejora al considerar las 4 categorías del cuestionario (Cinemática; Dinámica; Energía; y Conceptos Básicos). De todos modos, aún no llega al valor recomendado de 0,70.

Cuando se incorporaron los G de C de cada categoría, se halló que el Alfa disminuyó, si bien el mismo basado en elementos estandarizados mejoró notablemente. Debe citarse que cuando existen categorías con distintas escalas, debe emplearse este coeficiente.

Resumen de procesamiento de casos

| | | N | % |
|-------|-----------------------|----|-------|
| Casos | Válido | 46 | 97,9 |
| | Excluido ^a | 1 | 2,1 |
| | Total | 47 | 100,0 |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

| Alfa de Cronbach | Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados | N de elementos |
|------------------|---|----------------|
| 0,847 | 0,839 | 8 |

Por lo tanto, se decidió incorporar dos nuevas categorías asociadas a los procesos involucrados en los sistemas oscilantes: Conservación; y No conservación, junto a su G de C.

Categorías definitivas para el análisis de los Movimientos Oscilatorios

| Categoría | Conceptos asociados |
|-------------------|--|
| Conceptos Básicos | Período, frecuencia, amplitud |
| Cinemática | Velocidad, aceleración, caracterización del MAS, gráficas de elongación, velocidad y aceleración en función del tiempo del MAS |
| Dinámica | Fuerza neta, gráfica de fuerza en función del tiempo del MAS, caracterización del movimiento oscilatorio amortiguado |
| Energía | Energía cinética, energía potencial, energía mecánica, relaciones y conservación en el MAS |
| Conservación | Periodicidad, conservación del período de oscilación; conservación de la energía mecánica |
| No Conservación | No conservación del período de oscilación; no conservación de la energía mecánica |

Considerando sólo estas nuevas categorías, los resultados arribados mejoraron considerablemente para los dos coeficientes Alfa:

Resumen de procesamiento de casos

| | | N | % |
|-------|-----------------------|----|-------|
| Casos | Válido | 44 | 93,6 |
| | Excluido ^a | 3 | 6,4 |
| | Total | 47 | 100,0 |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

| Alfa de Cronbach | Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados | N de elementos |
|------------------|---|----------------|
| 0,627 | 0,620 | 4 |

Primero se probó con las seis categorías sin su grado de confianza:

Resumen de procesamiento de casos

| | | N | % |
|-------|-----------------------|----|-------|
| Casos | Válido | 47 | 100,0 |
| | Excluido ^a | 0 | ,0 |
| | Total | 47 | 100,0 |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

| Alfa de Cronbach | Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados | N de elementos |
|------------------|---|----------------|
| 0,777 | 0,788 | 6 |

Finalmente, se decidió considerar las 12 categorías - Cinemática; Dinámica; Energía; Conceptos Básicos; Conservación; y No conservación, junto a su G de C - :

Resumen de procesamiento de casos

| | | N | % |
|--|--|---|---|
|--|--|---|---|

| | | | |
|-------|-----------------------|----|-------|
| Casos | Válido | 43 | 91,5 |
| | Excluido ^a | 4 | 8,5 |
| | Total | 47 | 100,0 |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

| Alfa de Cronbach | Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados | N de elementos |
|------------------|---|----------------|
| 0,891 | 0,890 | 12 |

En consecuencia, estas categorías de reagrupación de las 12 preguntas del Pretest más su grado de confianza cumplen con las condiciones de fiabilidad de dicho cuestionario.

Una vez elegida la opción adecuada, se realizó la continuación de dicho análisis estadístico. Los resultados se presentan a continuación:

| Estadísticos descriptivos | | | |
|--|-------|---------------------|---------------|
| | Media | Desviación estándar | N de análisis |
| Perfil promedio módulo Dinámica | 4,67 | 1,492 | 43 |
| Perfil promedio módulo Energía | 4,63 | 1,512 | 43 |
| Perfil promedio módulo Cinemática | 5,72 | 1,623 | 43 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 5,37 | 1,559 | 43 |
| Perfil promedio módulo Conservación | 5,07 | 1,352 | 43 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | 4,23 | 2,045 | 43 |
| Grado de confianza en Dinámica | 6,00 | 1,890 | 43 |
| Grado de confianza en Energía | 6,09 | 2,021 | 43 |
| Grado de confianza en Cinemática | 6,44 | 1,931 | 43 |

| | | | |
|--|------|-------|----|
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | 6,72 | 1,667 | 43 |
| Grado de confianza en Conservación | 6,30 | 1,934 | 43 |
| Grado de confianza en No Conservación | 5,67 | 2,294 | 43 |

Estadísticas de elemento de resumen

| | Media | Mínimo | Máximo | Rango | Máximo / Mínimo | Varianza | N de elementos |
|----------------------------------|---------|---------|----------|----------|--------------------|------------|-------------------|
| Medias de elemento | 27,052 | 5,929 | 57,833 | 51,905 | 9,755 | 492,803 | 12 |
| Varianzas de elemento | 362,934 | 2,843 | 1004,646 | 1001,803 | 353,350 | 168900,358 | 12 |
| Covarianzas entre elementos | 65,019 | -44,340 | 621,167 | 665,507 | -14,009 | 17584,040 | 12 |
| Correlaciones entre elementos | 0,411 | -0,077 | 0,949 | 1,026 | -12,316 | 0,059 | 12 |

Estadísticas de total de elemento

| | Media de escala si el elemento se ha suprimido | Varianza de escala si el elemento se ha suprimido | Correlación total de elementos corregida | Correlación múltiple al cuadrado | Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido |
|---|--|---|--|--|---|
| Perfil Dinámica | 280,98 | 9544,219 | 0,593 | 0,803 | 0,666 |
| Perfil Energía | 285,31 | 9838,902 | 0,626 | 0,817 | 0,664 |
| Perfil Cinemática | 266,79 | 8445,246 | 0,690 | 0,645 | 0,641 |
| Perfil Conceptos Básicos | 273,55 | 10698,303 | 0,195 | 0,564 | 0,753 |
| Perfil Conservación | 280,52 | 9801,963 | 0,617 | 0,838 | 0,665 |
| Perfil No Conservación | 273,43 | 9080,446 | 0,472 | 0,689 | 0,694 |
| Grado de Confianza Dinámica | 318,62 | 12753,510 | 0,418 | 0,857 | 0,725 |
| Grado de Confianza Energía | 318,52 | 12642,987 | 0,631 | 0,960 | 0,721 |
| Grado de Confianza Cinemática | 318,19 | 12674,499 | 0,590 | 0,874 | 0,722 |
| Grado de Confianza Conceptos Básicos | 317,90 | 12787,649 | 0,386 | 0,835 | 0,726 |
| Grado de Confianza Conservación | 318,31 | 12664,951 | 0,611 | 0,971 | 0,722 |
| Grado de Confianza No Conservación | 318,69 | 12799,585 | 0,280 | 0,651 | 0,726 |

Se observa en “Correlación total de elementos corregida” que el coeficiente perteneciente a la categoría “Perfil Conceptos Básicos” es 0,2; por lo que debería ser eliminado. No obstante ello, no se hará en este trabajo.

Estadísticas de escala

| Media | Varianza | Desviación estándar | N de elementos |
|--------|-----------|---------------------|----------------|
| 324,62 | 12937,705 | 113,744 | 12 |

Validez de constructo

Para ello se realizaron las Pruebas de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) y de esfericidad de Bartlett, empleando las categorías elegidas mediante el análisis previo. Los resultados arribados se presentan en la siguiente tabla:

Prueba de KMO y Bartlett

| | |
|---|---------------------|
| Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo | 0,658 |
| Prueba de esfericidad de Bartlett | Aprox. Chi-cuadrado |
| | gl |
| | Sig. |
| | 428,941 |
| | 66 |
| | 0,000 |

La Medida de Kaiser – Meyer – Olkin da un valor de 0,658. Redondeando éste – 0,7 – el nivel es aceptable (Valderrey Sanz, 2010), pero junto con el nivel de significación (0,000), para la prueba de Bartlett, y el determinante de la matriz de correlaciones muy bajo ($9,723E-6$), corrobora una adecuación muestral alta de los datos para el Análisis Factorial (Valderrey Sanz, 2010).

Análisis Factorial

Con las pruebas realizadas previamente, se puede hacer el Análisis Factorial. Los resultados hallados mediante esta prueba se presentan a continuación:

Estadísticos descriptivos

| | Media | Desviación estándar ^a | N de análisis ^a | N que falta |
|--|-------|----------------------------------|----------------------------|-------------|
| Perfil promedio módulo Dinámica | 4,64 | 1,538 | 47 | 0 |
| Perfil promedio módulo Energía | 4,60 | 1,611 | 47 | 0 |
| Perfil promedio módulo Cinemática | 5,64 | 1,607 | 47 | 0 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 5,36 | 1,495 | 47 | 0 |
| Perfil promedio módulo Conservación | 5,06 | 1,405 | 47 | 0 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | 4,19 | 2,007 | 47 | 0 |
| Grado de confianza en Dinámica | 5,83 | 1,915 | 47 | 0 |
| Grado de confianza en Energía | 6,11 | 1,936 | 47 | 1 |
| Grado de confianza en Cinemática | 6,43 | 1,997 | 47 | 0 |
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | 6,66 | 1,659 | 47 | 0 |
| Grado de confianza en Conservación | 6,34 | 1,868 | 47 | 0 |
| Grado de confianza en No Conservación | 5,66 | 2,194 | 47 | 3 |

a. Para cada variable, los valores perdidos se sustituyen con la media de variable.

Matriz de correlaciones

Matriz de correlaciones^a

| | Perfil promedio módulo Dinámica | Perfil promedio módulo Energía | Perfil promedio módulo Cinemática | Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | Perfil promedio módulo Conservación | Perfil promedio módulo No Conservación | Grado de confianza en Dinámica | Grado de confianza en Energía | Grado de confianza en Cinemática | Grado de confianza en Conceptos Básicos | Grado de confianza en Conservación | Grado de confianza en No Conservación |
|-------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|--|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---|------------------------------------|---------------------------------------|
| Correlación | 1,00 | 0,36 | 0,640 | 0,039 | 0,453 | 0,776 | 0,532 | 0,617 | 0,433 | 0,309 | 0,551 | 0,385 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Perfil promedio módulo Energía | 0,361 | 1,000 | 0,480 | 0,297 | 0,799 | 0,152 | 0,097 | 0,241 | 0,149 | 0,069 | ,184 | 0,035 |
| Perfil promedio módulo Cinemática | 0,640 | 0,480 | 1,000 | 0,309 | 0,492 | 0,372 | 0,312 | 0,493 | 0,408 | 0,263 | 0,447 | 0,126 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 0,039 | 0,297 | 0,309 | 1,000 | 0,465 | -0,038 | -0,084 | 0,151 | 0,115 | 0,235 | 0,212 | -0,139 |
| Perfil promedio módulo Conservación | 0,453 | 0,799 | 0,492 | 0,465 | 1,000 | 0,142 | 0,150 | 0,235 | 0,130 | 0,149 | 0,232 | 0,197 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | 0,776 | 0,152 | 0,372 | -0,038 | 0,142 | 1,000 | 0,410 | 0,481 | 0,397 | 0,098 | 0,377 | 0,274 |
| Grado de confianza en Dinámica | 0,532 | 0,097 | 0,312 | -0,084 | 0,150 | 0,410 | 1,000 | 0,691 | 0,787 | 0,577 | 0,655 | 0,671 |
| Grado de confianza en Energía | 0,617 | 0,241 | 0,493 | 0,151 | 0,235 | 0,481 | 0,691 | 1,000 | 0,794 | 0,608 | 0,940 | 0,488 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|---|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Grado de confianza en Cinemática | 0,433 | 0,149 | 0,408 | 0,115 | 0,130 | 0,397 | 0,787 | 0,794 | 1,000 | 0,668 | 0,817 | 0,523 |
| | Grado de confianza en Conceptos Básicos | 0,309 | 0,069 | 0,263 | 0,235 | 0,149 | 0,098 | ,577 | 0,608 | 0,668 | 1,000 | 0,782 | 0,411 |
| | Grado de confianza en Conservación | 0,551 | 0,184 | 0,447 | 0,000 | 0,232 | 0,377 | 0,655 | 0,940 | 0,817 | 0,782 | 1,000 | 0,491 |
| | Grado de confianza en No Conservación | 0,385 | 0,035 | 0,126 | -0,139 | 0,197 | 0,274 | 0,671 | 0,488 | 0,523 | 0,411 | 0,491 | 1,000 |
| Sig. (unilateral) | Perfil promedio módulo Dinámica | | 0,006 | 0,000 | 0,397 | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,001 | 0,017 | 0,000 | 0,004 |
| | Perfil promedio módulo Energía | 0,006 | | 0,000 | 0,021 | 0,000 | 0,153 | 0,258 | 0,051 | 0,158 | 0,321 | 0,108 | 0,408 |
| | Perfil promedio módulo Cinemática | 0,000 | 0,000 | | 0,017 | 0,000 | 0,005 | 0,017 | 0,000 | 0,002 | 0,037 | 0,001 | 0,200 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 0,397 | 0,021 | 0,017 | | 0,000 | 0,400 | 0,287 | 0,155 | 0,221 | 0,056 | 0,077 | 0,175 |
| Perfil promedio módulo Conservación | 0,001 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | | 0,170 | 0,158 | 0,056 | 0,193 | 0,158 | 0,059 | 0,092 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | 0,000 | 0,153 | 0,005 | 0,400 | 0,170 | | 0,002 | 0,000 | 0,003 | 0,255 | 0,005 | 0,031 |
| Grado de confianza en Dinámica | 0,000 | 0,258 | 0,017 | 0,287 | 0,158 | 0,002 | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Grado de confianza en Energía | 0,000 | 0,051 | 0,000 | 0,155 | 0,056 | 0,000 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Grado de confianza en Cinemática | 0,001 | 0,158 | 0,002 | 0,221 | 0,193 | 0,003 | 0,000 | 0,000 | | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | 0,017 | 0,321 | 0,037 | 0,056 | 0,158 | 0,255 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 |
| Grado de confianza en Conservación | 0,000 | 0,108 | 0,001 | 0,077 | 0,059 | 0,005 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Grado de confianza en No Conservación | 0,004 | 0,408 | 0,200 | 0,175 | 0,092 | 0,031 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,002 | 0,000 | |

a. Determinante = 9,723E-6

Inversión de matriz de correlaciones

| | Perfil promedio módulo Dinámica | Perfil promedio módulo Energía | Perfil promedio módulo Cinemática | Perfil promedio Conceptos Básicos | Perfil promedio Conservación | Grado de confianza en Dinámica | Grado de confianza en Energía | Grado de confianza en Cinemática | Grado de confianza en Conceptos Básicos | Grado de confianza en Conservación | Grado de confianza en No Conservación | |
|---------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---|------------------------------------|---------------------------------------|-------|
| Perfil promedio módulo Dinámica | 8,111 | ,906 | -2,498 | 1,423 | -2,695 | -4,620 | - | - | 3,137 | -,605 | -2,345 | 0,222 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|
| Perfil promedio o módulo Energía | 0,906 | 3,808 | -0,434 | 0,897 | -3,643 | -0,405 | 0,646 | -2,593 | -0,780 | -0,694 | 2,620 | 0,765 |
| Perfil promedio o módulo Cinemática | -2,498 | -0,434 | 2,626 | -0,539 | 0,210 | 1,120 | 0,601 | -0,715 | -1,339 | 0,146 | 1,036 | 0,299 |
| Perfil promedio o módulo Conceptos Básicos | 1,423 | ,897 | -0,539 | 2,068 | -1,924 | -0,696 | 0,517 | -0,772 | -0,130 | -0,748 | 0,358 | 0,577 |
| Perfil promedio o módulo Conservación | -2,695 | -3,643 | 0,210 | -1,924 | 5,712 | 1,453 | -0,483 | 2,725 | 0,647 | 1,054 | -2,381 | -1,262 |
| Perfil promedio o módulo No Conservación | -4,620 | -0,405 | 1,120 | -0,696 | 1,453 | 4,177 | 0,793 | -0,675 | -1,932 | 0,874 | 1,431 | -0,131 |
| Grado de confianza en Dinámica | -1,890 | 0,646 | 0,601 | 0,517 | -0,483 | 0,793 | 5,352 | -4,414 | -3,482 | -2,061 | 6,025 | -1,153 |
| Grado de confianza en Energía | -0,073 | -2,593 | -0,715 | -0,772 | 2,725 | -0,675 | -4,414 | 20,430 | 1,740 | 6,618 | -22,340 | 0,092 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|
| Grado de confianza en Cinemática | 3,137 | -0,780 | -1,339 | -0,130 | 0,647 | -1,932 | -3,482 | 1,740 | 6,442 | 0,305 | -5,199 | -0,079 |
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | -0,605 | -0,694 | 0,146 | -0,748 | 1,054 | 0,874 | -2,061 | 6,618 | 0,305 | 5,421 | -9,423 | 0,086 |
| Grado de confianza en Conservación | -2,345 | 2,620 | 1,036 | 0,358 | -2,381 | 1,431 | 6,025 | -22,340 | -5,199 | -9,423 | 30,264 | -0,619 |
| Grado de confianza en No Conservación | 0,222 | 0,765 | 0,299 | 0,577 | -1,262 | -0,131 | -1,153 | 0,092 | -0,079 | 0,086 | -0,619 | 2,255 |

Matrices anti-imagen

| Perfil promedio módulo Concptos Básicos Conservación | Perfil promedio módulo Concptos Básicos Conservación | Perfil promedio módulo Concptos Básicos Conservación | Perfil promedio módulo Concptos Básicos Conservación | Perfil promedio módulo Concptos Básicos Conservación | Perfil promedio módulo Concptos Básicos Conservación | Grado de confianza en Cinemática | Grado de confianza en Cinemática | Grado de confianza en Cinemática | Grado de confianza en Cinemática | Grado de confianza en Cinemática | Grado de confianza en Cinemática | Grado de confianza en Cinemática |
|--|--|--|--|--|--|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Perfil promedio módulo Concptos Básicos Conservación | Perfil promedio módulo Concptos Básicos Conservación | Perfil promedio módulo Concptos Básicos Conservación | Perfil promedio módulo Concptos Básicos Conservación | Perfil promedio módulo Concptos Básicos Conservación | Perfil promedio módulo Concptos Básicos Conservación | Grado de confianza en Cinemática | Grado de confianza en Cinemática | Grado de confianza en Cinemática | Grado de confianza en Cinemática | Grado de confianza en Cinemática | Grado de confianza en Cinemática | Grado de confianza en Cinemática |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| Covarianza anti-imagen Dinámica | Perfil promedio módulo | 0,1239 | 0,029 | -0,117 | 0,085 | -0,058 | -0,136 | -0,044 | 0,000 | 0,060 | -0,014 | -0,010 | 0,012 |
| Perfil promedio módulo Energía | 0,0293 | 0,263 | -0,043 | 0,114 | -0,167 | -0,025 | 0,032 | -0,033 | -0,032 | -0,034 | 0,023 | 0,089 | |
| Perfil promedio módulo Cinemática | -0,1173 | -0,043 | 0,381 | -0,099 | 0,014 | 0,102 | 0,043 | -0,013 | 0,079 | 0,010 | 0,013 | 0,051 | |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 0,0857 | 0,114 | -0,099 | 0,484 | -0,163 | -0,081 | 0,047 | -0,018 | -0,010 | -0,067 | 0,006 | 0,124 | |
| Perfil promedio módulo Conservación | -0,0586 | -0,167 | 0,014 | -0,163 | 0,175 | 0,061 | -0,016 | 0,023 | 0,018 | 0,034 | -0,014 | -0,098 | |
| Perfil promedio módulo No Conservación | -0,1366 | -0,025 | 0,102 | -0,081 | 0,061 | 0,239 | 0,038 | -0,008 | -0,072 | 0,039 | 0,011 | -0,014 | |
| Grado de confianza en Dinámica | -0,044 | 0,032 | 0,043 | 0,047 | -0,016 | 0,035 | 0,187 | -0,040 | -0,101 | -0,071 | 0,037 | -0,096 | |

| | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---|--------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | Grado de confianza en Energía | 0,000 | -0,033 | -0,013 | -0,018 | 0,023 | -0,008 | -0,040 | 0,049 | 0,013 | 0,060 | -0,036 | 0,002 |
| | Grado de confianza en Cinemática | 0,060 | -0,032 | -0,079 | -0,010 | 0,018 | -0,072 | -0,101 | 0,013 | 0,155 | 0,009 | -0,027 | -0,005 |
| | Grado de confianza en Conceptos Básicos | -0,014 | -0,034 | 0,010 | -0,067 | 0,034 | 0,039 | -0,071 | 0,060 | 0,009 | 0,184 | -0,057 | 0,007 |
| | Grado de confianza en Conservación | -0,010 | 0,023 | 0,013 | 0,006 | -0,014 | 0,011 | 0,037 | -0,036 | -0,027 | 0,057 | 0,033 | -0,009 |
| | Grado de confianza en No Conservación | 0,012 | 0,089 | 0,051 | 0,124 | -0,098 | -0,014 | -0,096 | 0,002 | -0,005 | 0,007 | -0,009 | 0,443 |
| Correlación anti-image n | Perfil promedio módulo Dinámica | 0,642 ^a | 0,163 | -0,541 | 0,347 | -0,396 | -0,794 | -0,287 | -0,006 | 0,434 | -0,091 | -0,150 | 0,052 |
| | Perfil promedio módulo Energía | 0,163 | 0,541 ^a | -0,137 | 0,320 | -0,781 | -0,102 | 0,143 | -0,294 | -0,157 | -0,153 | 0,244 | 0,261 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---------------------------------------|------|------|--------------------|--------------|--------------------|--------------------|----------------|----------------|--------------------|-------|--------|--------|
| Perfil | - | - | 0,745 ^a | - | 0,054 | 0,338 | 0,16 | - | - | 0,039 | 0,116 | 0,123 |
| promedio | 0,54 | 0,13 | | 0,231 | | | 0 | 0,09 | 0,326 | | | |
| módulo | 1 | 7 | | | | | | 8 | | | | |
| Cinematográfica | | | | | | | | | | | | |
| Perfil | 0,34 | 0,32 | - | 0,411 | -0,560 | -0,237 | 0,15 | - | - | - | 0,045 | 0,267 |
| promedio | 7 | 0 | 0,231 | ^a | | | 5 | 0,11 | 0,036 | 0,223 | | |
| módulo | | | | | | | | 9 | | | | |
| Conceptos Básicos | | | | | | | | | | | | |
| Perfil | - | - | 0,054 | - | 0,514 ^a | 0,297 | - | 0,25 | 0,107 | 0,189 | -0,181 | -0,352 |
| promedio | 0,39 | 0,78 | | 0,560 | | | 0,08 | 2 | | | | |
| módulo | 6 | 1 | | | | | 7 | | | | | |
| Conservación | | | | | | | | | | | | |
| Perfil | - | - | 0,338 | - | 0,297 | 0,583 ^a | 0,16 | - | - | 0,184 | 0,127 | -0,043 |
| promedio | 0,79 | 0,10 | | 0,237 | | | 8 | 0,07 | 0,372 | | | |
| módulo | 4 | 2 | | | | | | 3 | | | | |
| No Conservación | | | | | | | | | | | | |
| Grado de confianza en Dinámica | - | 0,14 | 0,160 | 0,155 | -0,087 | 0,168 | 0,70 | - | - | - | 0,473 | -0,332 |
| | 0,28 | 3 | | | | | 7 ^a | 0,42 | 0,593 | 0,383 | | |
| | 7 | | | | | | | 2 | | | | |
| Grado de confianza en Energía | - | - | - | - | 0,252 | -0,073 | - | 0,69 | 0,152 | 0,629 | -0,898 | 0,014 |
| | 0,00 | 0,29 | 0,098 | 0,119 | | | 0,42 | 4 ^a | | | | |
| | 6 | 4 | | | | | 2 | | | | | |
| Grado de confianza en Cinematográfica | 0,43 | - | - | - | 0,107 | -0,372 | - | 0,15 | 0,764 ^a | 0,052 | -0,372 | -0,021 |
| | 4 | 0,15 | 0,326 | 0,036 | | | 0,59 | 2 | | | | |
| | 7 | | | | | | 3 | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|---------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | -0,0913 | -0,153 | 0,039 | -0,223 | 0,189 | 0,184 | -0,383 | 0,629 | 0,052 | 0,638 ^a | -0,736 | 0,024 |
| Grado de confianza en Conservación | -0,150 | 0,244 | 0,116 | 0,045 | -0,181 | 0,127 | 0,473 | -0,898 | -0,372 | -0,736 | 0,660 ^a | -0,075 |
| Grado de confianza en No Conservación | 0,052 | 0,261 | 0,123 | 0,267 | -0,352 | -0,043 | -0,332 | 0,014 | -0,021 | 0,024 | -0,075 | 0,807 ^a |

a. Medidas de adecuación de muestreo (MSA)

Correlaciones reproducidas

| | Perfil promedio módulo Dinámica | Perfil promedio módulo Energía | Perfil promedio módulo Cine | Perfil promedio módulo Básicos | Perfil promedio módulo Conservación | Perfil promedio módulo No Conservación | Perfil promedio módulo Dinámica | Perfil promedio módulo Energía | Perfil promedio módulo Cine | Perfil promedio módulo Básicos | Perfil promedio módulo Conservación | Grado de confianza en Conservación | Grado de confianza en No Conservación |
|-------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|
| Correlación reproducida | 0,880 ^a | 0,455 | 0,639 | -0,007 | 0,467 | 0,771 | 0,569 | 0,631 | 0,506 | 0,233 | 0,529 | 0,438 | |
| | 0,455 | 0,725 ^a | 0,601 | 0,495 | 0,755 | 0,241 | 0,034 | 0,238 | 0,104 | 0,070 | 0,201 | -0,032 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|--------|-------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|--------|
| Perfil promedio módulo Cinemática | 0,639 | 0,601 | 0,634 ^a | 0,329 | 0,635 | 0,447 | 0,344 | 0,497 | 0,381 | 0,264 | 0,453 | 0,230 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | -0,007 | 0,495 | 0,329 | 0,673 ^a | 0,555 | -0,240 | -0,061 | 0,151 | 0,118 | 0,293 | 0,228 | -0,112 |
| Perfil promedio módulo Conservación | 0,467 | 0,755 | 0,635 | 0,555 | 0,794 ^a | 0,227 | 0,075 | 0,296 | 0,165 | 0,147 | 0,273 | -0,004 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | 0,771 | 0,241 | 0,447 | -0,240 | 0,227 | 0,759 ^a | 0,491 | 0,473 | 0,370 | 0,068 | 0,352 | 0,399 |
| Grado de confianza en Dinámica | 0,569 | 0,034 | 0,344 | -0,061 | 0,075 | 0,491 | 0,769 ^a | 0,766 | 0,767 | 0,614 | 0,766 | 0,615 |
| Grado de confianza en Energía | 0,631 | 0,238 | 0,497 | 0,151 | 0,296 | 0,473 | 0,766 | 0,836 ^a | 0,812 | 0,692 | 0,848 | 0,591 |
| Grado de confianza en Cinemática | 0,506 | 0,104 | 0,381 | 0,118 | 0,165 | 0,370 | 0,767 | 0,812 | 0,824 ^a | 0,742 | 0,849 | 0,598 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Grado de confianza en Conceptos Básicos | 0,233 | 0,070 | 0,264 | 0,293 | 0,147 | 0,068 | 0,614 | 0,692 | 0,742 | 0,793 ^a | 0,788 | 0,466 |
| | Grado de confianza en Conservación | 0,529 | 0,201 | 0,453 | 0,228 | 0,273 | 0,352 | 0,766 | 0,848 | 0,849 | 0,788 | 0,893 ^a | 0,586 |
| | Grado de confianza en No Conservación | 0,438 | -0,032 | 0,230 | -0,112 | -0,004 | 0,399 | 0,615 | 0,591 | 0,598 | 0,466 | 0,586 | 0,498 ^a |
| Residuo ^b | Perfil promedio módulo Dinámica | -0,094 | -0,009 | 0,002 | 0,046 | -0,014 | 0,005 | -0,037 | -0,014 | -0,072 | 0,076 | 0,022 | -0,053 |
| | Perfil promedio módulo Energía | -0,094 | -0,121 | -0,198 | 0,044 | -0,088 | 0,063 | 0,004 | 0,046 | 0,000 | -0,017 | 0,067 | |
| | Perfil promedio módulo Cinemática | 0,002 | -0,121 | -0,020 | -0,143 | -0,074 | -0,032 | -0,004 | 0,027 | -0,002 | -0,006 | -0,105 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------|----------------|------------|------------|--------|--------|----------------|----------------|------------|------------|--------|--------|
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 0,04 6 8 | - 0,19 8 | - 0,020 | | -0,091 | 0,202 | - 0,02 3 | 0,00 1 | - 0,003 | - 0,058 | -0,016 | -0,028 |
| Perfil promedio módulo Conser vación | - 0,01 4 | 0,04 4 | - 0,143 | - 0,091 | | -0,085 | 0,07 4 | - 0,06 2 | - 0,036 | 0,003 | -0,041 | 0,201 |
| Perfil promedio módulo No Conser vación | 0,00 5 | - 0,08 8 | - 0,074 | 0,202 | -0,085 | | - 0,08 0 | 0,00 8 | 0,027 | 0,031 | 0,025 | -0,125 |
| Grado de confianza en Dinámica | - 0,03 7 | 0,06 3 | - 0,032 | - 0,023 | 0,074 | -0,080 | | - 0,07 5 | 0,020 | - 0,037 | -0,111 | 0,056 |
| Grado de confianza en Energía | - 0,01 4 | 0,00 4 | - 0,004 | 0,001 | -0,062 | 0,008 | - 0,07 5 | | - 0,018 | - 0,084 | 0,093 | -0,103 |
| Grado de confianza en Cinemat ica | - 0,07 2 | 0,04 6 | 0,027 | - 0,003 | -0,036 | 0,027 | 0,02 0 | - 0,01 8 | | - 0,074 | -0,033 | -0,076 |

| | | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | 0,076 | 0,000 | -0,002 | -0,058 | 0,003 | 0,031 | -0,037 | -0,084 | -0,074 | | -0,006 | -0,055 |
| Grado de confianza en Conservación | 0,022 | -0,017 | -0,006 | -0,016 | -0,041 | 0,025 | -0,111 | 0,093 | -0,033 | -0,006 | | -0,095 |
| Grado de confianza en No Conservación | -0,053 | 0,067 | -0,105 | -0,028 | 0,201 | -0,125 | 0,056 | -0,103 | -0,076 | -0,055 | | -0,095 |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

a. Comunalidades reproducidas

b. Los residuos se calculan entre las correlaciones observadas y reproducidas. Existen 31 (46,0%) residuos no redundantes con valores absolutos mayores que 0,05.

Como el valor del Determinante es muy bajo y próximo a cero ($9,723E-6$), está indicando que las variables utilizadas están linealmente relacionadas, lo que significa que el análisis factorial es una técnica pertinente para analizar esas variables.

La Inversión de la matriz de correlaciones es la base para el cálculo de las comunalidades iniciales en algunos métodos de extracción y para el cálculo de la matriz anti-imagen. Los resultados hallados se presentan más adelante,

Las matrices anti – imagen muestran la matriz de covarianzas anti-imagen y la matriz de correlaciones anti-imagen. La matriz de covarianzas anti-imagen contiene los negativos de las covarianzas parciales, mientras que la matriz de correlaciones anti-imagen contiene los coeficientes de correlación parcial cambiados de signo (la correlaciones entre dos variables se parcializa teniendo en cuenta el resto de las variables incluidas en el análisis).

En la diagonal de la matriz de correlaciones anti-imagen se encuentra las medidas de adecuación muestral para cada variable. Si el modelo factorial elegido es adecuado para explicar los datos, los elementos de la diagonal de la matriz de correlaciones anti-imagen deben tener un valor próximo a 1 y el resto de elementos deben ser pequeños.

Comunalidades

| | Inicial | Extracción |
|--|---------|------------|
| Perfil promedio módulo Dinámica | 1,000 | 0,880 |
| Perfil promedio módulo Energía | 1,000 | 0,725 |
| Perfil promedio módulo Cinemática | 1,000 | 0,634 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 1,000 | 0,673 |
| Perfil promedio módulo Conservación | 1,000 | 0,794 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | 1,000 | 0,759 |
| Grado de confianza en Dinámica | 1,000 | 0,769 |
| Grado de confianza en Energía | 1,000 | 0,836 |
| Grado de confianza en Cinemática | 1,000 | 0,824 |
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | 1,000 | 0,793 |
| Grado de confianza en Conservación | 1,000 | 0,893 |
| Grado de confianza en No Conservación | 1,000 | 0,498 |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Las comunalidades son altas, a excepción de una de ellas. Por ejemplo, para Grado de confianza en Conservación, su valor es 0,909. Por lo tanto, la variabilidad de esta variable está representada en un 89,3% por los tres factores extraídos. La menor de todas corresponde a Grado de Confianza en No Conservación (0,498), y está representada en un 49,8% por los citados tres factores.

Varianza total explicada

| Componente | Autovalores iniciales | | | Sumas de extracción de cargas al cuadrado | | | Sumas de rotación de cargas al cuadrado | | |
|------------|-----------------------|---------------|-------------|---|---------------|-------------|---|---------------|-------------|
| | Total | % de varianza | % acumulado | Total | % de varianza | % acumulado | Total | % de varianza | % acumulado |
| 1 | 5,523 | 46,028 | 46,028 | 5,523 | 46,028 | 46,028 | 4,325 | 36,042 | 36,042 |
| 2 | 2,186 | 18,214 | 64,242 | 2,186 | 18,214 | 64,242 | 2,639 | 21,989 | 58,031 |
| 3 | 1,368 | 11,403 | 75,645 | 1,368 | 11,403 | 75,645 | 2,114 | 17,613 | 75,645 |
| 4 | 0,894 | 7,447 | 83,092 | | | | | | |
| 5 | 0,542 | 4,516 | 87,607 | | | | | | |
| 6 | 0,423 | 3,523 | 91,130 | | | | | | |
| 7 | 0,369 | 3,078 | 94,208 | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|---------|--|--|--|--|--|--|
| 8 | 0,309 | 2,571 | 96,779 | | | | | | |
| 9 | 0,190 | 1,587 | 98,366 | | | | | | |
| 10 | 0,116 | 0,966 | 99,332 | | | | | | |
| 11 | 0,062 | 0,513 | 99,845 | | | | | | |
| 12 | 0,019 | 0,155 | 100,000 | | | | | | |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Se evidencia que el 75,645% de la varianza puede ser explicada por 3 autovalores – mayores que 1 -. Ello se comprueba mediante el siguiente gráfico de sedimentación:

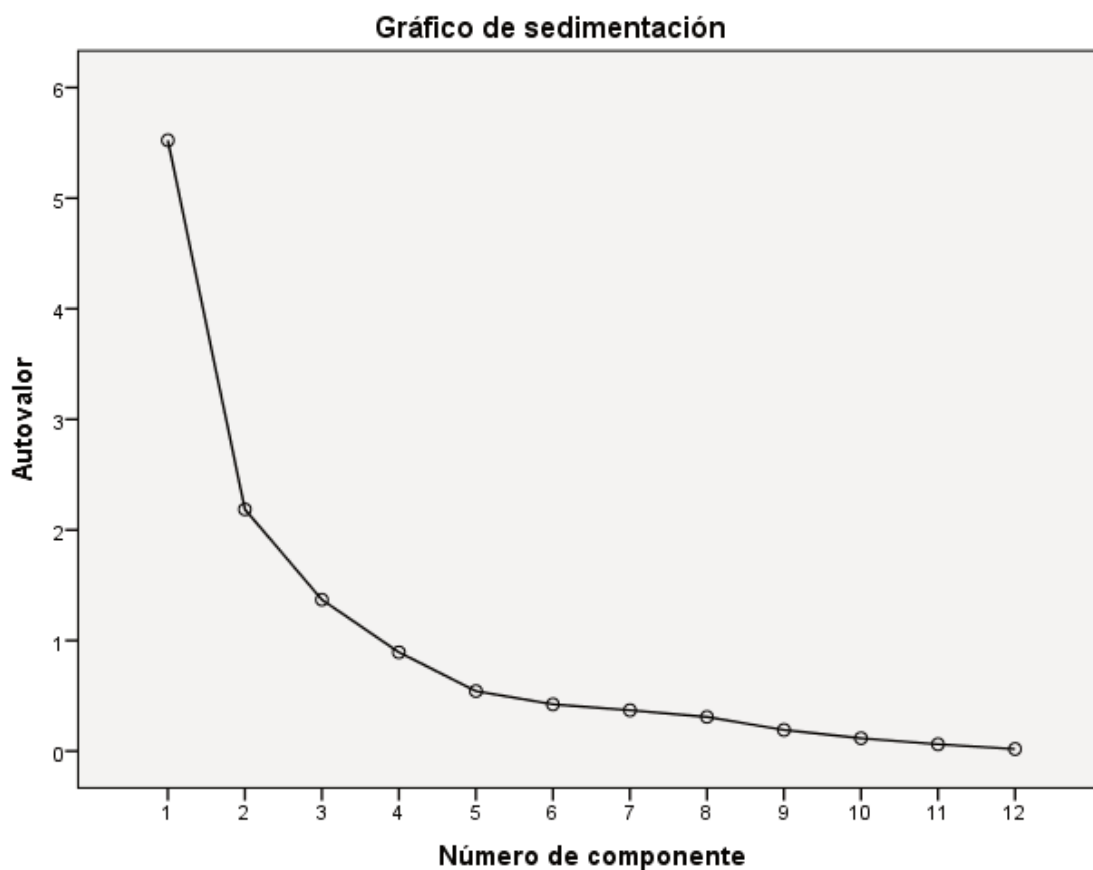


Gráfico de sedimentación

Matriz de componente^a

| | Componente | | |
|--|------------|-------|--------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Perfil promedio módulo Dinámica | 0,771 | 0,195 | -0,498 |
| Perfil promedio módulo Energía | 0,386 | 0,759 | -0,019 |
| Perfil promedio módulo Cinemática | 0,635 | 0,466 | -0,117 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 0,212 | 0,559 | 0,562 |
| Perfil promedio módulo Conservación | 0,447 | 0,769 | 0,056 |

| | | | |
|---|-------|--------|--------|
| Perfil promedio módulo No Conservación | 0,578 | 0,007 | -0,652 |
| Grado de confianza en Dinámica | 0,797 | -0,361 | -0,050 |
| Grado de confianza en Energía | 0,900 | -0,143 | 0,071 |
| Grado de confianza en Cinemática | 0,843 | -0,287 | 0,177 |
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | 0,690 | -0,246 | 0,506 |
| Grado de confianza en Conservación | 0,893 | -0,182 | 0,250 |
| Grado de confianza en No Conservación | 0,607 | -0,352 | -0,078 |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

a. 3 componentes extraídos.

Tabla de correlaciones reproducidas

Cuando las variables están escritas en función de los tres factores, el coeficiente de correlación entre dos variables es el llamado *coeficiente de correlación reproducido*. Entre ambos coeficientes habrá una diferencia – un error – que debe ser lo más pequeño posible. Por lo tanto, puede ser usado como bondad de ajuste del modelo. Se observa que el 46% de los residuos no redundantes tienen valores absolutos mayores que 0,05. O sea, el 54% sí lo hacen, por lo que la bondad del modelo es aceptable.

También se ha construido la matriz de componente rotado. Con el objeto de minimizar el número de variables que tiene saturaciones altas en cada factor, y además para simplificar su interpretación, en el método de extracción mediante análisis de componentes principales se usó como método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

Matriz de componente rotado^a

| | Componente | | |
|--|------------|-------|--------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Perfil promedio módulo Dinámica | 0,364 | 0,370 | 0,782 |
| Perfil promedio módulo Energía | -0,017 | 0,828 | 0,198 |
| Perfil promedio módulo Cinemática | 0,277 | 0,639 | 0,386 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 0,143 | 0,698 | -0,406 |
| Perfil promedio módulo Conservación | 0,056 | 0,875 | 0,157 |

| | | | |
|---|-------|--------|--------|
| Perfil promedio módulo No Conservación | 0,229 | 0,096 | 0,835 |
| Grado de confianza en Dinámica | 0,792 | -0,032 | 0,374 |
| Grado de confianza en Energía | 0,827 | 0,229 | 0,314 |
| Grado de confianza en Cinemática | 0,882 | 0,098 | 0,190 |
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | 0,862 | 0,143 | -0,172 |
| Grado de confianza en Conservación | 0,906 | 0,227 | 0,148 |
| Grado de confianza en No Conservación | 0,621 | -0,101 | 0,319 |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

a. La rotación ha convergido en 5 iteraciones.

Así, se observa que existen asociaciones de las variables a los componentes 1 – remarcadas en amarillo - ; 2 – verde – y 3 – celeste - . En el caso de “Perfil promedio módulo Cinemática” se toma el mayor valor.

Finalmente, la matriz de transformación de componentes es la siguiente:

Matriz de transformación de componente

| Componente | 1 | 2 | 3 |
|------------|--------|-------|--------|
| 1 | 0,822 | 0,382 | 0,423 |
| 2 | -0,431 | 0,902 | 0,023 |
| 3 | 0,373 | 0,201 | -0,906 |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

Gráfico de componente en espacio rotado

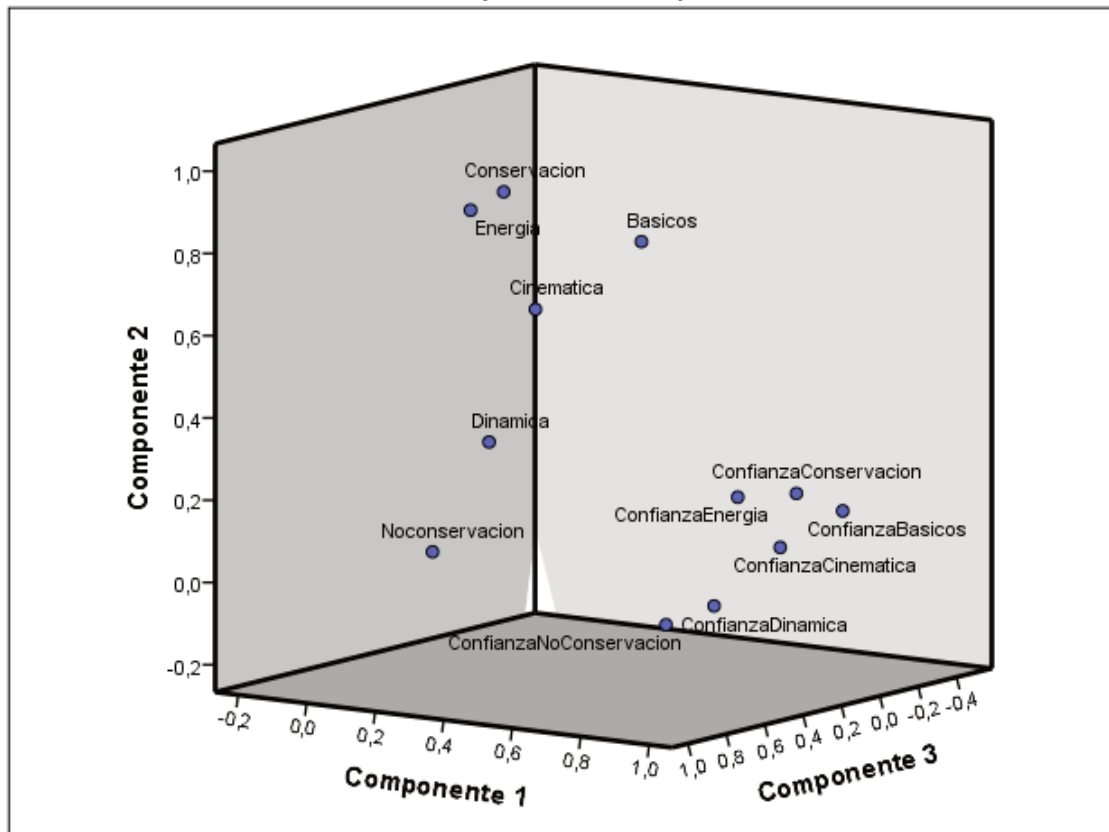


Gráfico de componente en espacio rotado en 3 dimensiones

El gráfico anterior muestra la representación tridimensional de las saturaciones factoriales para los tres primeros factores. Es decir, las variables se sitúan más próximas al factor con el que están más correlacionadas. Para una mejor visualización, se presentan los gráficos en 2D.

Gráfico de componente en espacio rotado

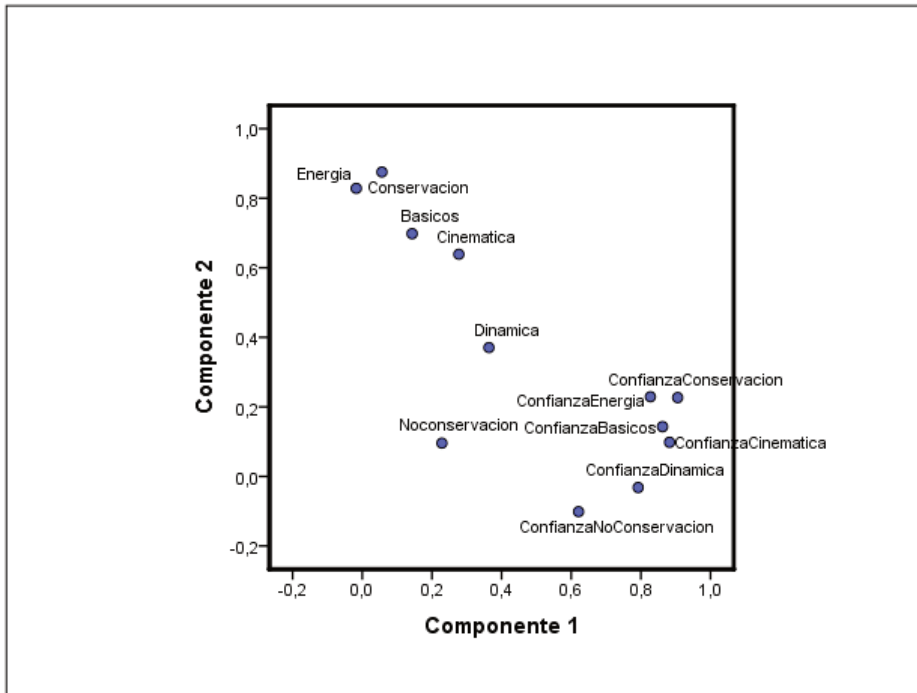


Gráfico de componente en espacio rotado en 2 dimensiones (a)

Gráfico de componente en espacio rotado

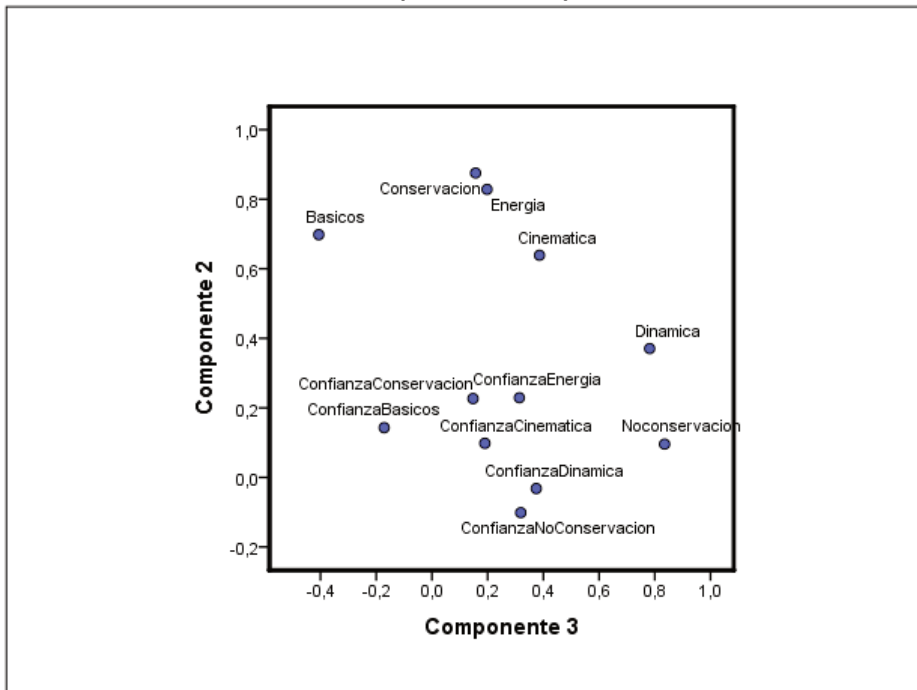


Gráfico de componente en espacio rotado en 2 dimensiones (b)

Gráfico de componente en espacio rotado

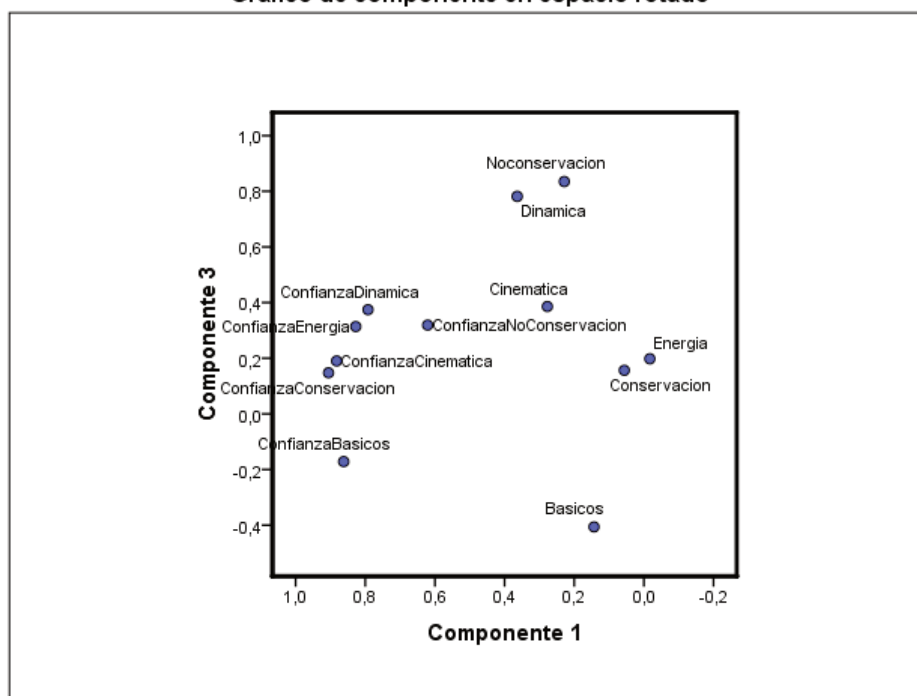


Gráfico de componente en espacio rotado en 2 dimensiones ©

La matriz de coeficiente de puntuación de componentes es la siguiente:

Matriz de coeficiente de puntuación de componente

| | | | Componente | | |
|--------------------|--------|-------------------|------------|--------|--------|
| | | | 1 | 2 | 3 |
| Perfil promedio | módulo | Dinámica | -0,059 | 0,061 | 0,390 |
| Perfil promedio | módulo | Energía | -0,097 | 0,337 | 0,050 |
| Perfil promedio | módulo | Cinemática | -0,029 | 0,219 | 0,131 |
| Perfil promedio | módulo | Conceptos Básicos | 0,075 | 0,328 | -0,350 |
| Perfil promedio | módulo | Conservación | -0,070 | 0,356 | 0,006 |
| Perfil promedio | módulo | No Conservación | -0,093 | -0,053 | 0,476 |
| Grado de confianza | en | Dinámica | 0,176 | -0,101 | 0,090 |
| Grado de confianza | en | Energía | 0,181 | 0,014 | 0,021 |

| | | | |
|---|-------|--------|--------|
| Grado de confianza en Cinemática | 0,230 | -0,034 | -0,055 |
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | 0,289 | 0,020 | -0,284 |
| Grado de confianza en Conservación | 0,237 | 0,023 | -0,099 |
| Grado de confianza en No Conservación | 0,138 | -0,115 | 0,094 |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

Puntuaciones de componente.

Finalmente, la matriz de covarianza de puntuación de componente hallada se presenta a continuación:

Matriz de covarianzas de puntuación de componente

| Componente | 1 | 2 | 3 |
|------------|-------|-------|-------|
| 1 | 1,000 | 0,000 | 0,000 |
| 2 | 0,000 | 1,000 | 0,000 |
| 3 | 0,000 | 0,000 | 1,000 |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

Puntuaciones de componente.

El análisis anterior fue el empleado en este trabajo debido a que la variable “Grado de Confianza en No Conservación” presenta 3 valores ausentes, y “Grado de Confianza en Energía” 1. Por lo tanto, se optó considerar que para cada variable, los valores perdidos se sustituyen con la media de variable.

En el caso de no considerar esta situación, los datos procesados no incluyeron a la primera de las variables citadas en el párrafo anterior. Los datos del análisis permitieron hallar los siguientes resultados:

Prueba de KMO y Bartlett

Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo 0,667

| | | |
|-----------------------------------|---------------------|---------|
| Prueba de esfericidad de Bartlett | Aprox. Chi-cuadrado | 449,769 |
| | gl | 55 |
| | Sig. | 0,000 |

Estadísticos descriptivos

| | Media | Desviación estándar |
|--|-------|---------------------|
| Perfil promedio módulo Dinámica | 4,70 | 1,504 |
| Perfil promedio módulo Energía | 4,67 | 1,536 |
| Perfil promedio módulo Cinemática | 5,70 | 1,576 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 5,37 | 1,511 |
| Perfil promedio módulo Conservación | 5,13 | 1,343 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | 4,20 | 2,029 |
| Grado de confianza en Dinámica | 5,85 | 1,932 |
| Grado de confianza en Energía | 6,11 | 1,958 |
| Grado de confianza en Cinemática | 6,35 | 1,946 |
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | 6,63 | 1,665 |
| Grado de confianza en Conservación | 6,30 | 1,872 |

Matriz de correlaciones^a

| Perfil promedio módulo Dinámica | Perfil promedio módulo Energía | Perfil promedio módulo Cinemática | Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | Perfil promedio módulo Conservación | Perfil promedio módulo No Conservación | Grado de confianza en Dinámica | Grado de confianza en Energía | Grado de confianza en Cinemática | Grado de confianza en Conceptos Básicos | Grado de confianza en Conservación |
|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|--|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---|------------------------------------|
| | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--|-------|-------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Correlación | Perfil promedio módulo Dinámica | 1,000 | 0,303 | 0,617 | 0,031 | 0,405 | 0,799 | 0,535 | 0,638 | 0,538 | 0,354 | 0,610 |
| | Perfil promedio módulo Energía | 0,303 | 1,000 | 0,436 | 0,302 | 0,775 | 0,156 | 0,080 | 0,256 | 0,262 | 0,117 | 0,244 |
| | Perfil promedio módulo Cinemática | 0,617 | 0,436 | 1,000 | 0,310 | 0,450 | 0,380 | 0,306 | 0,508 | 0,506 | 0,303 | 0,499 |
| | Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 0,031 | 0,302 | 0,310 | 1,000 | 0,479 | -0,039 | -0,087 | 0,151 | 0,129 | 0,241 | 0,219 |
| | Perfil promedio módulo Conservación | 0,405 | 0,775 | 0,450 | 0,479 | 1,000 | 0,145 | 0,136 | 0,248 | 0,237 | 0,201 | 0,293 |
| | Perfil promedio módulo No Conservación | 0,799 | 0,156 | 0,380 | -0,039 | 0,145 | 1,000 | 0,410 | 0,481 | 0,416 | 0,101 | 0,382 |
| | Grado de confianza en Dinámica | 0,535 | 0,080 | 0,306 | -0,087 | 0,136 | 0,410 | 1,000 | ,692 | 0,836 | 0,590 | 0,671 |
| | Grado de confianza en Energía | 0,638 | 0,256 | 0,508 | 0,151 | 0,248 | 0,481 | 0,692 | 1,000 | 0,824 | 0,613 | 0,949 |
| | Grado de confianza en Cinemática | 0,538 | 0,262 | 0,506 | 0,129 | 0,237 | 0,416 | 0,836 | 0,824 | 1,000 | 0,665 | 0,818 |

| | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | Grado de confianza en Conceptos Básicos | 0,354 | 0,117 | 0,303 | 0,241 | 0,201 | 0,101 | 0,590 | 0,613 | 0,665 | 1,000 | 0,778 |
| | Grado de confianza en Conservación | 0,610 | 0,244 | 0,499 | 0,219 | 0,293 | 0,382 | 0,671 | 0,949 | 0,818 | 0,778 | 1,000 |
| Sig. (unilateral) | Perfil promedio módulo Dinámica | 0,020 | 0,000 | 0,419 | 0,003 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,008 | 0,000 |
| | Perfil promedio módulo Energía | 0,020 | | 0,001 | 0,021 | 0,000 | 0,150 | 0,298 | 0,043 | 0,039 | 0,219 | 0,051 |
| | Perfil promedio módulo Cinemática | 0,000 | 0,001 | | 0,018 | 0,001 | 0,005 | 0,019 | 0,000 | 0,000 | 0,020 | 0,000 |
| | Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 0,419 | 0,021 | 0,018 | | 0,000 | 0,399 | 0,283 | 0,158 | 0,196 | 0,053 | 0,072 |
| | Perfil promedio módulo Conservación | 0,003 | 0,000 | 0,001 | 0,000 | | 0,168 | 0,183 | 0,048 | 0,056 | 0,090 | 0,024 |
| | Perfil promedio módulo No Conservación | 0,000 | 0,150 | 0,005 | 0,399 | 0,168 | | 0,002 | 0,000 | 0,002 | 0,252 | 0,004 |
| | Grado de confianza en Dinámica | 0,000 | 0,298 | 0,019 | 0,283 | 0,183 | 0,002 | | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

| | | | | | | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Grado de confianza en Energía | 0,000 | 0,043 | 0,000 | 0,158 | 0,048 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Grado de confianza en Cinemática | 0,000 | 0,039 | 0,000 | 0,196 | 0,056 | 0,002 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | 0,008 | 0,219 | 0,020 | 0,053 | 0,090 | 0,252 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Grado de confianza en Conservación | 0,000 | 0,051 | 0,000 | 0,072 | 0,024 | 0,004 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |

a. Determinante = 1,50E-005

Inversión de matriz de correlaciones

| | Perfil promedio módulo Dinámica | Perfil promedio módulo Energía | Perfil promedio módulo Cinemática | Perfil promedio Conceptos Básicos | Perfil promedio Conservación | Perfil promedio Conservación | Grado de confianza Dinámica | Grado de confianza Energía | Grado de confianza Cinemática | Grado de confianza Conceptos Básicos | Grado de confianza Conservación |
|-----------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------------------|----------------------------|-------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------|
| Perfil promedio módulo Dinámica | 7,752 | 0,894 | -2,263 | 1,371 | -2,383 | -4,630 | -1,392 | ,725 | 2,352 | -0,352 | -3,055 |
| Perfil promedio módulo Energía | 0,894 | 3,254 | -0,413 | 0,698 | -2,890 | -0,466 | 1,207 | -1,898 | -1,099 | -0,507 | 2,025 |
| Perfil promedio módulo Cinemática | -2,263 | -0,413 | 2,491 | -0,567 | 0,328 | 1,005 | 0,909 | -0,259 | -1,563 | 0,261 | 0,594 |

| | | | | | | | | | | | |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|---------|---------|
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 1,371 | 0,698 | -0,567 | 1,932 | -1,522 | -0,710 | 0,897 | -0,578 | -0,263 | -0,699 | 0,277 |
| Perfil promedio módulo Conservación | -2,383 | -2,890 | 0,328 | -1,522 | 4,482 | 1,334 | -1,119 | 2,490 | 0,647 | 0,995 | -2,411 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | -4,630 | -0,466 | 1,005 | -0,710 | 1,334 | 4,330 | 0,428 | -1,409 | -1,334 | 0,655 | 2,178 |
| Grado de confianza en Dinámica | -1,392 | 1,207 | 0,909 | 0,897 | -1,119 | 0,428 | 5,284 | -3,005 | -4,361 | -1,599 | 4,190 |
| Grado de confianza en Energía | 0,725 | -1,898 | -0,259 | -0,578 | 2,490 | -1,409 | -3,005 | 23,803 | -0,750 | 7,563 | -25,756 |
| Grado de confianza en Cinemática | 2,352 | -1,099 | -1,563 | -0,263 | 0,647 | -1,334 | -4,361 | -0,750 | 7,731 | -0,423 | -2,368 |
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | -0,352 | -0,507 | 0,261 | -0,699 | 0,995 | 0,655 | -1,599 | 7,563 | -0,423 | 5,634 | -10,323 |
| Grado de confianza en Conservación | -3,055 | 2,025 | 0,594 | 0,277 | -2,411 | 2,178 | 4,190 | -25,756 | -2,368 | -10,323 | 33,486 |

Matrices anti-imagen

| | Perfil promedio módulo Dinámica | Perfil promedio módulo Energía | Perfil promedio módulo Cinemática | Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | Perfil promedio módulo Conservación | Perfil promedio módulo No Conservación | Grado de confianza en Dinámica | Grado de confianza en Energía | Grado de confianza en Conceptos Básicos | Grado de confianza en Conservación | |
|--|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|--|--------------------------------|-------------------------------|---|------------------------------------|--------|
| Covarianza anti-imagen Dinámica | 0,129 | 0,035 | -0,117 | 0,092 | -0,069 | -0,138 | -0,034 | 0,004 | 0,039 | -0,008 | -0,012 |
| Perfil promedio módulo Energía | 0,035 | 0,307 | -0,051 | 0,111 | -0,198 | -0,033 | 0,070 | -0,025 | -0,044 | -0,028 | 0,019 |
| Perfil promedio módulo Cinemática | -0,117 | -0,051 | 0,402 | -0,118 | 0,029 | 0,093 | 0,069 | -0,004 | -0,081 | 0,019 | 0,007 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 0,092 | 0,111 | -0,118 | 0,518 | -0,176 | -0,085 | 0,088 | -0,013 | -0,018 | -0,064 | 0,004 |
| Perfil promedio módulo Conservación | -0,069 | -0,198 | 0,029 | -0,176 | 0,223 | 0,069 | -0,047 | 0,023 | 0,019 | 0,039 | -0,016 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | -0,138 | -0,033 | 0,093 | -0,085 | 0,069 | 0,231 | 0,019 | -0,014 | -0,040 | 0,027 | 0,015 |
| Grado de confianza en Dinámica | -0,034 | 0,070 | 0,069 | 0,088 | -0,047 | 0,019 | 0,189 | -0,024 | -0,107 | -0,054 | 0,024 |
| Grado de confianza en Energía | 0,004 | -0,025 | -0,004 | -0,013 | 0,023 | -0,014 | -0,024 | 0,042 | -0,004 | 0,056 | -0,032 |

| | | | | | | | | | | | |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Grado de confianza en Cinemática | 0,039 | -0,044 | -0,081 | -0,018 | 0,019 | -0,040 | -0,107 | -0,004 | 0,129 | -0,010 | -0,009 |
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | -0,008 | -0,028 | 0,019 | -0,064 | 0,039 | 0,027 | -0,054 | 0,056 | -0,010 | 0,178 | -0,055 |
| Grado de confianza en Conservación | -0,012 | 0,019 | 0,007 | 0,004 | -0,016 | 0,015 | 0,024 | -0,032 | -0,009 | -0,055 | 0,030 |
| Correlación anti-promedio imagen módulo Dinámica | 0,662 ^a | 0,178 | -0,515 | 0,354 | -0,404 | -0,799 | -0,217 | 0,053 | 0,304 | -0,053 | -0,190 |
| Perfil promedio módulo Energía | 0,178 | 0,561 ^a | -0,145 | 0,278 | -0,757 | -0,124 | 0,291 | -0,216 | -0,219 | -0,118 | 0,194 |
| Perfil promedio módulo Cinemática | -0,515 | -0,145 | 0,749 ^a | -0,259 | 0,098 | 0,306 | 0,251 | -0,034 | -0,356 | 0,070 | 0,065 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 0,354 | 0,278 | -0,259 | 0,438 ^a | -0,517 | -0,246 | 0,281 | -0,085 | -0,068 | -0,212 | 0,034 |
| Perfil promedio módulo Conservación | -0,404 | -0,757 | 0,098 | -0,517 | 0,531 ^a | 0,303 | -0,230 | 0,241 | 0,110 | 0,198 | -0,197 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | -0,799 | -0,124 | 0,306 | -0,246 | 0,303 | 0,602 ^a | 0,090 | -0,139 | -0,231 | 0,133 | 0,181 |

| | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Grado de confianza en Dinámica | -0,217 | 0,291 | 0,251 | 0,281 | -0,230 | 0,090 | 0,707 ^a | -0,268 | -0,682 | -0,293 | 0,315 |
| Grado de confianza en Energía | 0,053 | -0,216 | -0,034 | -0,085 | 0,241 | -0,139 | -0,268 | 0,703 ^a | -0,055 | 0,653 | -0,912 |
| Grado de confianza en Cinemática | 0,304 | -0,219 | -0,356 | -0,068 | 0,110 | -0,231 | -0,682 | -0,055 | 0,801 ^a | -0,064 | -0,147 |
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | -0,053 | -0,118 | 0,070 | -0,212 | 0,198 | 0,133 | -0,293 | 0,653 | -0,064 | 0,637 ^a | -0,752 |
| Grado de confianza en Conservación | -0,190 | 0,194 | 0,065 | 0,034 | -0,197 | 0,181 | 0,315 | -0,912 | -0,147 | -0,752 | 0,682 ^a |

a. Medidas de adecuación de muestreo (MSA)

| Correlaciones reproducidas | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|--|-------------------------------------|--|--------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|---|------------------------------------|
| | Perfil promedio módulo Dinámica | Perfil promedio módulo Energía | Perfil promedio módulo Cinemática | Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | Perfil promedio módulo Conservación | Perfil promedio módulo No Conservación | Grado de confianza en Dinámica | Grado de confianza en Energía | Grado de confianza en Cinemática | Grado de confianza en Conceptos Básicos | Grado de confianza en Conservación |
| Correlación reproducida | 0,885 ^a | 0,386 | 0,631 | -0,010 | 0,385 | 0,810 | 0,571 | 0,669 | 0,614 | 0,281 | 0,596 |

| | | | | | | | | | | | |
|--|--------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|-------|-------|-------|
| Perfil promedio módulo Energía | 0,386 | 0,723 ^a | 0,548 | 0,523 | 0,768 | 0,215 | 0,018 | 0,239 | 0,200 | 0,118 | 0,251 |
| Perfil promedio módulo Cinemática | 0,631 | 0,548 | 0,604 ^a | 0,301 | 0,581 | 0,477 | 0,370 | 0,534 | 0,496 | 0,318 | 0,521 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | -0,010 | 0,523 | 0,301 | 0,620 ^a | 0,593 | -0,220 | -0,039 | 0,144 | 0,153 | 0,284 | 0,230 |
| Perfil promedio módulo Conservación | 0,385 | 0,768 | 0,581 | 0,593 | 0,823 ^a | 0,186 | 0,041 | 0,280 | 0,245 | 0,183 | 0,305 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | 0,810 | 0,215 | 0,477 | -0,220 | 0,186 | 0,829 ^a | 0,454 | 0,490 | 0,428 | 0,063 | 0,383 |
| Grado de confianza en Dinámica | 0,571 | 0,018 | 0,370 | -0,039 | 0,041 | 0,454 | 0,757 ^a | 0,771 | 0,775 | 0,641 | 0,774 |
| Grado de confianza en Energía | 0,669 | 0,239 | 0,534 | 0,144 | 0,280 | 0,490 | 0,771 | 0,854 ^a | 0,850 | 0,708 | 0,869 |

| | | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------------------|--------------------|--------------------|
| | Grado de confianza en Cinematística | 0,614 | 0,200 | 0,496 | 0,153 | 0,245 | 0,428 | 0,775 | 0,850 | 0,854 ^a | 0,743 | 0,876 |
| | Grado de confianza en Conceptos Básicos | 0,281 | 0,118 | 0,318 | 0,284 | 0,183 | 0,063 | 0,641 | 0,708 | 0,743 | 0,802 ^a | 0,791 |
| | Grado de confianza en Conservación | 0,596 | 0,251 | 0,521 | 0,230 | 0,305 | 0,383 | 0,774 | 0,869 | 0,876 | 0,791 | 0,909 ^a |
| Residuo ^b | Perfil promedio módulo Dinámica | -0,083 | -0,014 | 0,041 | 0,020 | -0,010 | -0,036 | -0,031 | -0,076 | 0,072 | 0,014 | |
| | Perfil promedio módulo Energía | -0,083 | -0,113 | -0,220 | 0,007 | -0,059 | 0,062 | 0,017 | 0,061 | -0,001 | -0,007 | |
| | Perfil promedio módulo Cinematística | -0,014 | -0,113 | 0,008 | -0,132 | -0,096 | -0,064 | -0,026 | 0,010 | -0,014 | -0,022 | |
| | Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 0,041 | -0,220 | 0,008 | -0,113 | 0,181 | -0,048 | 0,007 | -0,024 | 0,043 | -0,012 | |

| | | | | | | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Perfil promedio módulo Conservación | 0,020 | 0,007 | -0,132 | -0,113 | | -0,040 | 0,095 | -0,032 | -0,008 | 0,018 | -0,012 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | -0,010 | -0,059 | -0,096 | 0,181 | -0,040 | | -0,044 | -0,009 | -0,013 | 0,038 | -0,001 |
| Grado de confianza en Dinámica | -0,036 | 0,062 | -0,064 | -0,048 | 0,095 | -0,044 | | -0,079 | 0,061 | -0,051 | -0,103 |
| Grado de confianza en Energía | -0,031 | 0,017 | -0,026 | 0,007 | -0,032 | -0,009 | -0,079 | | -0,027 | -0,095 | 0,080 |
| Grado de confianza en Cinemática | -0,076 | 0,061 | 0,010 | -0,024 | -0,008 | -0,013 | 0,061 | -0,027 | | -0,078 | -0,058 |
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | 0,072 | -0,001 | -0,014 | -0,043 | 0,018 | 0,038 | -0,051 | -0,095 | -0,078 | | -0,012 |
| Grado de confianza en Conservación | 0,014 | -0,007 | -0,022 | -0,012 | -0,012 | -0,001 | -0,103 | 0,080 | -0,058 | -0,012 | |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

a. Comunalidades reproducidas

b. Los residuos se calculan entre las correlaciones observadas y reproducidas. Existen 22 (40,0%) residuos no redundantes con valores absolutos mayores que 0,05.

La Matriz de correlaciones (donde resultó el Determinante = 1,50E-005); la Inversión de matriz de correlaciones; las Matrices anti-imagen; y las Correlaciones reproducidas

Comunalidades

| | Inicial | Extracción |
|--|---------|------------|
| Perfil promedio módulo Dinámica | 1,000 | 0,885 |
| Perfil promedio módulo Energía | 1,000 | 0,723 |
| Perfil promedio módulo Cinemática | 1,000 | 0,604 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 1,000 | 0,620 |
| Perfil promedio módulo Conservación | 1,000 | 0,823 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | 1,000 | 0,829 |
| Grado de confianza en Dinámica | 1,000 | 0,757 |
| Grado de confianza en Energía | 1,000 | 0,854 |
| Grado de confianza en Cinemática | 1,000 | 0,854 |
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | 1,000 | 0,802 |
| Grado de confianza en Conservación | 1,000 | 0,909 |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Varianza total explicada

| Componente | Autovalores iniciales | | | Sumas de extracción de cargas al cuadrado | | | Sumas de rotación de cargas al cuadrado | | |
|------------|-----------------------|---------------|-------------|---|---------------|-------------|---|---------------|-------------|
| | Total | % de varianza | % acumulado | Total | % de varianza | % acumulado | Total | % de varianza | % acumulado |
| 1 | 5,381 | 48,920 | 48,920 | 5,381 | 48,920 | 48,920 | 3,975 | 36,136 | 36,136 |
| 2 | 1,955 | 17,775 | 66,695 | 1,955 | 17,775 | 66,695 | 2,428 | 22,070 | 58,206 |
| 3 | 1,325 | 12,042 | 78,737 | 1,325 | 12,042 | 78,737 | 2,258 | 20,531 | 78,737 |
| 4 | 0,718 | 6,529 | 85,266 | | | | | | |
| 5 | 0,489 | 4,446 | 89,712 | | | | | | |
| 6 | 0,377 | 3,426 | 93,138 | | | | | | |
| 7 | 0,355 | 3,224 | 96,362 | | | | | | |

| | | | | | | | | | |
|----|-------|-------|---------|--|--|--|--|--|--|
| 8 | 0,226 | 2,054 | 98,416 | | | | | | |
| 9 | 0,092 | 0,833 | 99,248 | | | | | | |
| 10 | 0,066 | 0,598 | 99,847 | | | | | | |
| 11 | 0,017 | 0,153 | 100,000 | | | | | | |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

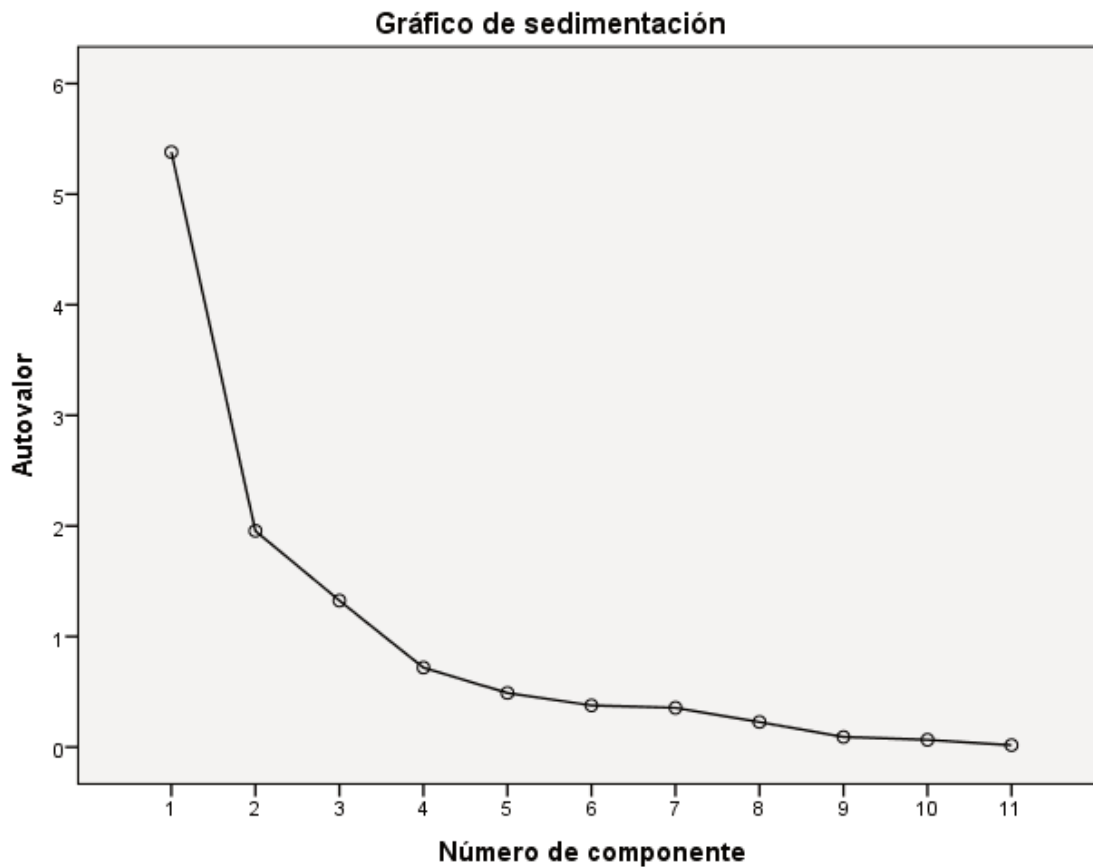


Gráfico de sedimentación

Matriz de componente^a

| | Componente | | |
|--|------------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Perfil promedio módulo Dinámica | 0,792 | -0,001 | -0,507 |
| Perfil promedio módulo Energía | 0,434 | 0,726 | -0,084 |
| Perfil promedio módulo Cinemática | 0,683 | 0,326 | -0,178 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 0,257 | 0,614 | 0,420 |

| | | | |
|---|-------|--------|--------|
| Perfil promedio módulo Conservación | 0,482 | 0,769 | -0,008 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | 0,581 | -0,130 | -0,688 |
| Grado de confianza en Dinámica | 0,759 | -0,422 | 0,061 |
| Grado de confianza en Energía | 0,899 | -0,199 | 0,085 |
| Grado de confianza en Cinemática | 0,880 | -0,231 | 0,164 |
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | 0,695 | -0,192 | 0,532 |
| Grado de confianza en Conservación | 0,906 | -0,169 | 0,241 |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

a. 3 componentes extraídos.

Matriz de componente rotado^a

| | Componente | | |
|--|------------|--------|--------|
| | 1 | 2 | 3 |
| Perfil promedio módulo Dinámica | 0,392 | 0,233 | 0,823 |
| Perfil promedio módulo Energía | 0,024 | 0,819 | 0,225 |
| Perfil promedio módulo Cinemática | 0,332 | 0,534 | 0,457 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 0,162 | 0,713 | -0,291 |
| Perfil promedio módulo Conservación | 0,081 | 0,886 | 0,179 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | 0,190 | 0,012 | 0,890 |
| Grado de confianza en Dinámica | 0,795 | -0,095 | 0,342 |
| Grado de confianza en Energía | 0,830 | 0,165 | 0,371 |
| Grado de confianza en Cinemática | 0,865 | 0,138 | 0,295 |
| Grado de confianza en Conceptos Básicos | 0,875 | 0,150 | -0,117 |

| | | | |
|------------------------------------|-------|-------|-------|
| Grado de confianza en Conservación | 0,898 | 0,215 | 0,236 |
|------------------------------------|-------|-------|-------|

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.^a

a. La rotación ha convergido en 4 iteraciones.

Matriz de transformación de componente

| Componente | 1 | 2 | 3 |
|------------|--------|-------|--------|
| 1 | 0,794 | 0,375 | 0,479 |
| 2 | -0,388 | 0,918 | -0,077 |
| 3 | 0,469 | 0,125 | -0,875 |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

Gráfico de componente en espacio rotado

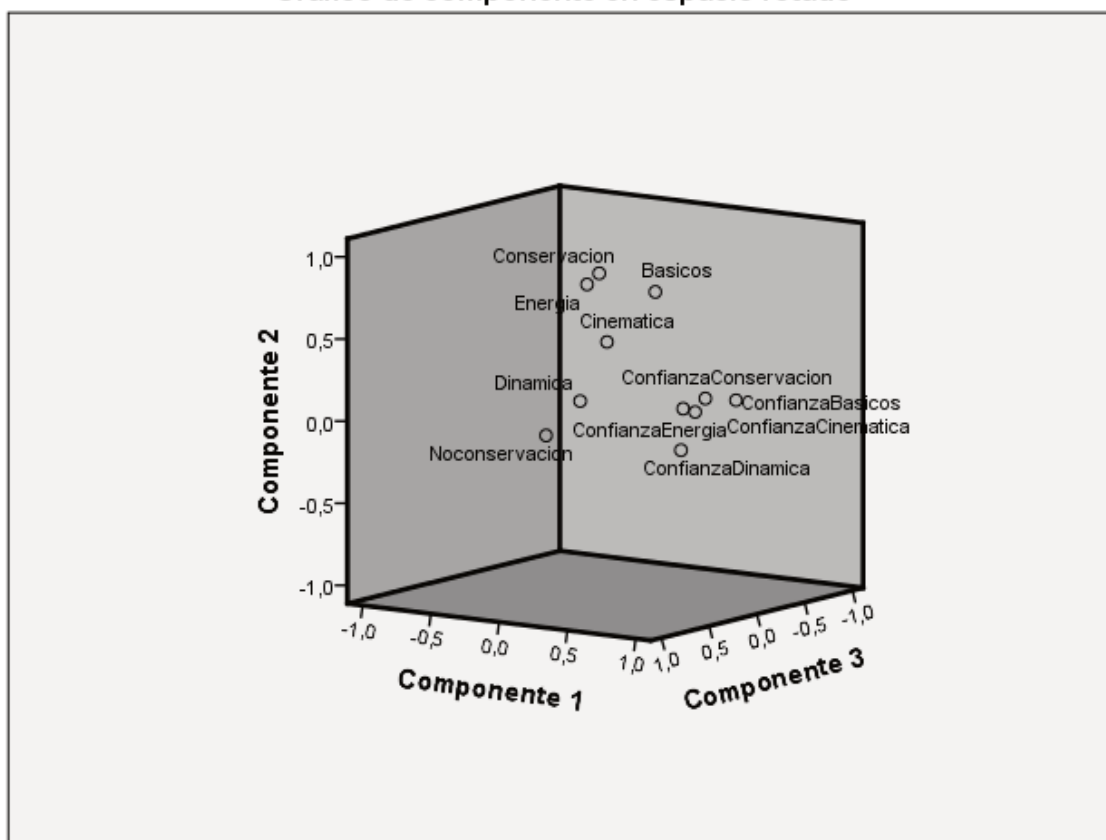


Gráfico de componente rotado en 3 dimensiones

Empleo de las categorías sin los Grados de Confianza

En el caso de emplear solo las categorías sin los Grados de Confianza, los resultados obtenidos son los siguientes:

| Estadísticos descriptivos | | | |
|--|-------|---------------------|---------------|
| | Media | Desviación estándar | N de análisis |
| Perfil promedio módulo Dinámica | 2,62 | 0,848 | 47 |
| Perfil promedio módulo Energía | 2,47 | 0,776 | 47 |
| Perfil promedio módulo Cinemática | 3,09 | 0,747 | 47 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 2,87 | 0,679 | 47 |
| Perfil promedio módulo Conservación | 2,74 | 0,736 | 47 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | 2,38 | 1,012 | 47 |

Prueba de KMO y Bartlett

| | | |
|---|---------------------|---------|
| Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo | | 0,541 |
| Prueba de esfericidad de Bartlett | Aprox. Chi-cuadrado | 108,340 |
| | gl | 15 |
| | Sig. | 0,000 |

Se evidencia que disminuye la Medida de KMO. Por lo tanto, se propone usar las 12 categorías.

Comunalidades

| | Inicial | Extracción |
|---------------------------------|---------|------------|
| Perfil promedio módulo Dinámica | 1,000 | 0,889 |
| Perfil promedio módulo Energía | 1,000 | 0,570 |

| | | |
|---|-------|-------|
| Perfil promedio módulo Cinemática | 1,000 | 0,626 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 1,000 | 0,331 |
| Perfil promedio módulo Conservación | 1,000 | 0,799 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | 1,000 | 0,833 |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Varianza total explicada

| Componente | Autovalores iniciales | | | Sumas de extracción de cargas al cuadrado | | | Sumas de rotación de cargas al cuadrado | | |
|------------|-----------------------|------------------|----------------|---|------------------|----------------|---|------------------|----------------|
| | Total | % de varianza | % acumulado | Total | % de varianza | % acumulado | Total | % de varianza | % acumulado |
| 1 | 2,804 | 46,741 | 46,741 | 2,804 | 46,741 | 46,741 | 2,110 | 35,160 | 35,160 |
| 2 | 1,243 | 20,712 | 67,453 | 1,243 | 20,712 | 67,453 | 1,938 | 32,293 | 67,453 |
| 3 | 0,954 | 15,899 | 83,352 | | | | | | |
| 4 | 0,540 | 8,999 | 92,350 | | | | | | |
| 5 | 0,315 | 5,257 | 97,607 | | | | | | |
| 6 | 0,144 | 2,393 | 100,000 | | | | | | |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

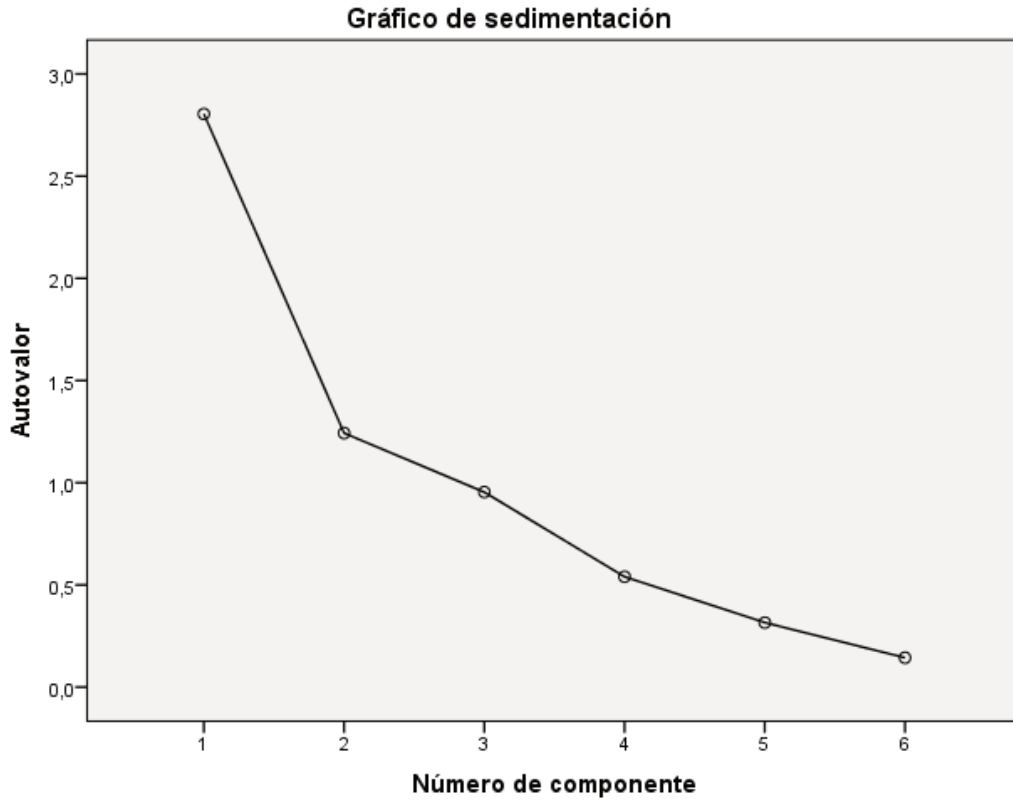


Gráfico de sedimentación

Matriz de componente^a

| | Componente | |
|--|------------|--------|
| | 1 | 2 |
| Perfil promedio módulo Dinámica | 0,814 | -0,476 |
| Perfil promedio módulo Energía | 0,651 | 0,382 |
| Perfil promedio módulo Cinemática | 0,788 | 0,073 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 0,369 | 0,441 |
| Perfil promedio módulo Conservación | 0,795 | 0,408 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | 0,573 | -0,710 |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

a. 2 componentes extraídos.

Como existe un 60% de residuos no redundantes con valores absolutos mayores que 0,05, la bondad del modelo es discutible.

Matriz de componente rotado^a

| | Componente | |
|--|------------|--------|
| | 1 | 2 |
| Perfil promedio módulo Dinámica | 0,289 | 0,897 |
| Perfil promedio módulo Energía | 0,740 | 0,150 |
| Perfil promedio módulo Cinemática | 0,636 | 0,471 |
| Perfil promedio módulo Conceptos Básicos | 0,569 | -0,082 |
| Perfil promedio módulo Conservación | 0,865 | 0,226 |
| Perfil promedio módulo No Conservación | -0,046 | 0,911 |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.^a

a. La rotación ha convergido en 3 iteraciones.

Matriz de transformación de componente

| Componente | 1 | 2 |
|------------|-------|--------|
| 1 | 0,745 | 0,667 |
| 2 | 0,667 | 0-,745 |

Método de extracción: análisis de componentes principales.

Método de rotación: Varimax con normalización Kaiser.

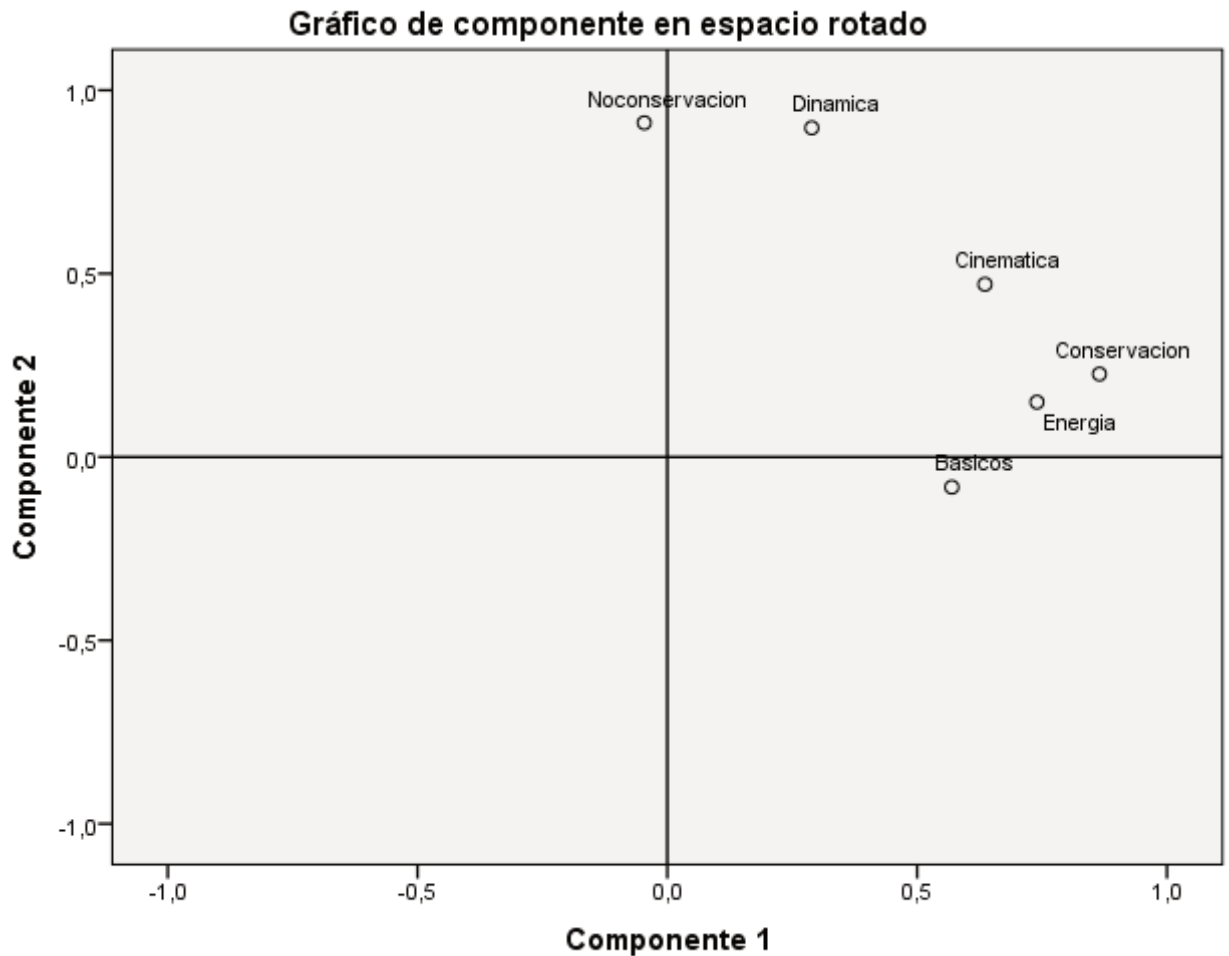


Gráfico de componente en espacio rotado

La evidencia muestra que han sido superadas las pruebas de validez y fiabilidad a las que ha sido sometidas las 12 categorías asignadas a las preguntas del cuestionario del Pretest – y que serán empleadas para hacer el examen Posttest –. De este modo, puede considerarse que existen garantías en el uso del cuestionario diseñado para esta investigación para ser empleado como instrumento válido de recolección de datos confiables y reproducibles.

Pruebas complementarias

Con el objetivo de ampliar el estudio de la validez y la fiabilidad del cuestionario, se realizaron dos pruebas complementarias.

La primera de ellas consistió en dividir la población indagada en dos grupos, conformados por los números pares e impares con que fueron identificados los estudiantes.

En la segunda prueba se dividieron los 47 estudiantes en dos grupos divididos de manera aleatoria por parte del programa estadístico.

a. Elementos impares

Resumen de procesamiento de casos

| | | N | % |
|-------|-----------------------|----|-------|
| Casos | Válido | 22 | 91,7 |
| | Excluido ^a | 2 | 8,3 |
| | Total | 24 | 100,0 |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

| Alfa de Cronbach | Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados | N de elementos |
|------------------|---|----------------|
| 0,896 | 0,898 | 12 |

Prueba de KMO y Bartlett

| | | |
|---|---------------------|---------|
| Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo | | 0,569 |
| Prueba de esfericidad de Bartlett | Aprox. Chi-cuadrado | 249,853 |
| | gl | 78 |
| | Sig. | 0,000 |

Determinante: 0,001

b. Elementos pares

Resumen de procesamiento de casos

| | | N | % |
|-------|-----------------------|----|-------|
| Casos | Válido | 20 | 87,0 |
| | Excluido ^a | 3 | 13,0 |
| | Total | 23 | 100,0 |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

| Alfa de Cronbach | Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados | N de elementos |
|------------------|---|----------------|
| 0,870 | 0,859 | 12 |

Prueba de KMO y Bartlett^a

| | | |
|---|---------------------|---------|
| Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo | | 0,642 |
| Prueba de esfericidad de Bartlett | Aprox. Chi-cuadrado | 201,680 |
| | gl | 66 |
| | Sig. | 0,000 |

a. Se basa en correlaciones

Determinante: 0,000

c. Valores aleatorios

Primer grupo (N = 24)

Resumen de procesamiento de casos

| | N | % |
|-----------------------|----|-------|
| Casos Válido | 21 | 87,5 |
| Excluido ^a | 3 | 12,5 |
| Total | 24 | 100,0 |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

| Alfa de Cronbach | Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados | N de elementos |
|------------------|---|----------------|
| | | |

| | | |
|-------|-------|----|
| 0,864 | 0,860 | 12 |
|-------|-------|----|

Prueba de KMO y Bartlett

| | |
|---|---------|
| Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo | 0,776 |
| Prueba de esfericidad de Aprox. Chi-cuadrado | 209,436 |
| Bartlett | gl |
| | 66 |
| | Sig. |
| | 0,000 |

Determinante = 1,01E-006

Segundo grupo (N = 23)

Resumen de procesamiento de casos

| | | N | % |
|-------|-----------------------|----|-------|
| Casos | Válido | 21 | 91,3 |
| | Excluido ^a | 2 | 8,7 |
| | Total | 23 | 100,0 |

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

| Alfa de Cronbach | Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados | N de elementos |
|------------------|---|----------------|
| 0,914 | 0,916 | 12 |

Prueba de KMO y Bartlett

| | |
|---|---------|
| Medida Kaiser-Meyer-Olkin de adecuación de muestreo | 0,776 |
| Prueba de esfericidad de Aprox. Chi-cuadrado | 209,436 |
| Bartlett | gl |
| | 66 |
| | Sig. |
| | 0,000 |

Determinante = 4,97E-007

a. Datos impares

Estadísticas de elemento

| | Media | Desviación estándar | N |
|--------------------------|-------|---------------------|----|
| PC Dinamica | 2,27 | ,631 | 22 |
| G de C Dinamica | 6,23 | 2,092 | 22 |
| PC Energia | 2,18 | ,853 | 22 |
| G de C Energia | 6,41 | 2,282 | 22 |
| PC Cinematica | 2,82 | 1,006 | 22 |
| G de C Cinematica | 6,95 | 2,011 | 22 |
| PC Conceptos Basicos | 2,41 | 1,182 | 22 |
| G de C Conceptos Básicos | 7,18 | 1,593 | 22 |
| PC Conservación | 2,36 | ,848 | 22 |
| G de C Conservación | 6,73 | 1,956 | 22 |
| PC No Conservación | 2,18 | 1,220 | 22 |
| G de C No Conservación | 6,41 | 2,323 | 22 |

Matriz de correlaciones entre elementos

| | PC Dina mica | G de C Dina mica | PC Ener gia | G de C Ener gia | PC Cinem atica | G de C Cinem atica | PC Conce ptos Basic os | G de C Conce ptos Basic os | PC Conserv acion | G de C Conserv acion | PC No Conserv acion | G de C No Conserv acion |
|--------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|---|------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| PC Dinamic a | 1,000 | 0,528 | 0,43 4 | 0,64 6 | 0,532 | 0,535 | -0,029 | 0,185 | 0,251 | 0,565 | 0,675 | 0,213 |
| G de C Dinamic a | 0,528 | 1,000 | 0,32 3 | 0,81 8 | 0,405 | 0,897 | -0,020 | 0,673 | 0,354 | 0,831 | 0,319 | 0,744 |
| PC Energia | 0,434 | 0,323 | 1,00 0 | 0,44 9 | 0,651 | 0,394 | 0,253 | 0,185 | 0,760 | 0,431 | 0,104 | 0,297 |
| G de C Energia | 0,646 | 0,818 | 0,44 9 | 1,00 0 | 0,718 | 0,876 | 0,059 | 0,555 | 0,363 | 0,954 | 0,400 | 0,533 |
| PC Cinemat ica | 0,532 | 0,405 | 0,65 1 | 0,71 8 | 1,000 | 0,607 | 0,066 | 0,348 | 0,472 | 0,723 | 0,261 | 0,257 |
| G de C Cinemat ica | 0,535 | 0,897 | 0,39 4 | 0,87 6 | 0,607 | 1,000 | 0,128 | 0,672 | 0,373 | 0,904 | 0,353 | 0,626 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|-------|-------|------|------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|
| PC Conceptos Basicos | - | - | 0,25 | 0,05 | 0,066 | 0,128 | 1,000 | 0,288 | 0,558 | 0,133 | -0,087 | -0,064 |
| G de C Conceptos Basicos | 0,185 | 0,673 | 0,18 | 0,55 | 0,348 | 0,672 | 0,288 | 1,000 | 0,337 | 0,735 | 0,080 | 0,442 |
| PC Conservacion | 0,251 | 0,354 | 0,76 | 0,36 | 0,472 | 0,373 | 0,558 | 0,337 | 1,000 | 0,379 | -0,067 | 0,404 |
| G de C Conservacion | 0,565 | 0,831 | 0,43 | 0,95 | 0,723 | 0,904 | 0,133 | 0,735 | 0,379 | 1,000 | 0,301 | 0,550 |
| PC No Conservacion | 0,675 | 0,319 | 0,10 | 0,40 | 0,261 | 0,353 | -0,087 | 0,080 | -0,067 | 0,301 | 1,000 | 0,224 |
| G de C No Conservacion | 0,213 | 0,744 | 0,29 | 0,53 | 0,257 | 0,626 | -0,064 | 0,442 | 0,404 | 0,550 | 0,224 | 1,000 |

Matriz de covarianzas entre elementos

| | PC Dinamica | G de C Dinamica | PC Energia | G de C Energia | PC Cinematica | G de C Cinematica | PC Conceptos Basicos | G de C Conceptos Basicos | PC Conservacion | G de C Conservacion | PC No Conservacion | G de C No Conservacion |
|-----------------|-------------|-----------------|------------|----------------|---------------|-------------------|----------------------|--------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| PC Dinamica | 0,398 | 0,697 | 0,23 | 0,93 | 0,338 | 0,680 | -0,022 | 0,186 | 0,134 | 0,697 | 0,519 | 0,312 |
| G de C Dinamica | 0,697 | 4,374 | 0,57 | 3,90 | 0,853 | 3,773 | 0,050 | 2,242 | 0,628 | 3,398 | 0,814 | 3,617 |
| PC Energia | 0,234 | 0,576 | 0,72 | 0,87 | 0,558 | 0,675 | 0,255 | 0,251 | 0,550 | 0,719 | 0,108 | 0,589 |
| G de C Energia | 0,931 | 3,903 | 0,87 | 5,20 | 1,649 | 4,019 | 0,158 | 2,017 | 0,701 | 4,260 | 1,113 | 2,825 |
| PC Cinematica | 0,338 | 0,853 | 0,55 | 1,64 | 1,013 | 1,229 | 0,078 | 0,558 | 0,403 | 1,424 | 0,320 | 0,602 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------|------------|-----------|-----------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|--------|
| G de C Cinemat ica | 0,680 | 3,773 | 0,67 5 | 4,01 9 | 1,229 | 4,045 | 0,305 | 2,152 | 0,636 | 3,558 | 0,866 | 2,924 |
| PC Concept os Basicos | - 0,022 | - 0,050 | 0,25 5 | 0,15 8 | 0,078 | 0,305 | 1,396 | 0,541 | 0,558 | 0,307 | -0,126 | -0,175 |
| G de C Concept os Basicos | 0,186 | 2,242 | 0,25 1 | 2,01 7 | 0,558 | 2,152 | 0,541 | 2,537 | 0,455 | 2,290 | 0,156 | 1,636 |
| PC Conserv acion | 0,134 | 0,628 | 0,55 0 | 0,70 1 | 0,403 | 0,636 | 0,558 | 0,455 | 0,719 | 0,628 | -0,069 | 0,797 |
| G de C Conserv acion | 0,697 | 3,398 | 0,71 9 | 4,26 0 | 1,424 | 3,558 | 0,307 | 2,290 | 0,628 | 3,827 | 0,719 | 2,498 |
| PC No Conserv acion | 0,519 | 0,814 | 0,10 8 | 1,11 3 | 0,320 | 0,866 | -0,126 | 0,156 | -0,069 | 0,719 | 1,489 | 0,636 |
| G de C No Conserv acion | 0,312 | 3,617 | 0,58 9 | 2,82 5 | 0,602 | 2,924 | -0,175 | 1,636 | 0,797 | 2,498 | 0,636 | 5,396 |

Estadísticas de elemento de resumen

| | Media | Mínimo | Máximo | Rango | Máximo / Mínimo | Varianza | N de elementos |
|-------------------------------|-------|--------|--------|-------|-----------------|----------|----------------|
| Medias de elemento | 4,511 | 2,182 | 7,182 | 5,000 | 3,292 | 5,084 | 12 |
| Varianzas de elemento | 2,594 | 0,398 | 5,396 | 4,998 | 13,549 | 3,495 | 12 |
| Covarianzas entre elementos | 1,086 | -0,175 | 4,260 | 4,435 | -24,296 | 1,353 | 12 |
| Correlaciones entre elementos | 0,422 | -0,087 | 0,954 | 1,041 | -10,962 | 0,068 | 12 |

Estadísticas de total de elemento

| | Media de escala si el elemento se ha suprimido | Varianza de escala si el elemento se ha suprimido | Correlación total de elementos corregida | Correlación múltiple al cuadrado | Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido |
|--------------------|--|---|--|--|---|
| PC Dinamica | 51,86 | 164,695 | ,581 | 0,820 | 0,895 |
| G de C Dinamica | 47,91 | 129,229 | ,860 | 0,953 | 0,872 |
| PC Energia | 51,95 | 162,998 | 0,495 | 0,738 | 0,895 |
| G de C Energia | 47,73 | 124,398 | 0,882 | 0,977 | 0,871 |

| | | | | | |
|--------------------------|-------|---------|-------|-------|-------|
| PC Cinematica | 51,32 | 157,465 | 0,634 | 0,886 | 0,890 |
| G de C Cinematica | 47,18 | 128,823 | 0,912 | 0,923 | 0,869 |
| PC Conceptos Basicos | 51,73 | 169,446 | 0,119 | 0,773 | 0,907 |
| G de C Conceptos Basicos | 46,95 | 146,998 | 0,647 | 0,901 | 0,886 |
| PC Conservacion | 51,77 | 162,946 | 0,501 | 0,896 | 0,895 |
| G de C Conservacion | 47,41 | 129,682 | 0,920 | 0,988 | 0,868 |
| PC No Conservacion | 51,95 | 162,903 | 0,325 | 0,757 | 0,900 |
| G de C No Conservacion | 47,73 | 136,589 | 0,599 | 0,802 | 0,893 |

Estadísticas de escala

| Media | Varianza | Desviación estándar | N de elementos |
|-------|----------|---------------------|----------------|
| 54,14 | 174,504 | 13,210 | 12 |

ANOVA

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig |
|-----------------|-------------------|-----|------------------|--------|-------|
| Inter sujetos | 305,383 | 21 | 14,542 | | |
| Intra sujetos | | | | | |
| Entre elementos | 1230,284 | 11 | 111,844 | 74,177 | 0,000 |
| Residuo | 348,299 | 231 | 1,508 | | |
| Total | 1578,583 | 242 | 6,523 | | |
| Total | 1883,966 | 263 | 7,163 | | |

Media global = 4,51

b. Datos pares

Estadísticas de elemento

| | Media | Desviación estándar | N |
|-------------------|-------|---------------------|----|
| PC Dinámica | 1,80 | 0,834 | 20 |
| G de C Dinámica | 5,75 | 1,713 | 20 |
| PC Energía | 1,75 | 0,786 | 20 |
| G de C Energía | 5,75 | 1,743 | 20 |
| PC Cinemática | 2,40 | 0,995 | 20 |
| G de C Cinemática | 5,85 | 1,755 | 20 |

| | | | |
|--------------------------|------|-------|----|
| PC Conceptos Básicos | 2,15 | 0,933 | 20 |
| G de C Conceptos Básicos | 6,20 | 1,673 | 20 |
| PC Conservación | 2,00 | 0,725 | 20 |
| G de C Conservación | 5,85 | 1,899 | 20 |
| PC No Conservación | 2,05 | 1,146 | 20 |
| G de C No Conservación | 5,40 | 1,759 | 20 |

Matriz de correlaciones entre elementos

| | PC Dinamica | G de C Dinamica | PC Energia | G de C Energia | PC Cinematica | G de C Cinematica | PC Conceptos Basicos | G de C Conceptos Basicos | PC Conservacion | G de C Conservacion | PC No Conservacion | G de C No Conservacion |
|--------------------------|-------------|-----------------|------------|----------------|---------------|-------------------|----------------------|--------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| PC Dinamica | 1,000 | 0,627 | 0,161 | 0,616 | 0,609 | 0,626 | -0,230 | 0,408 | 0,174 | 0,578 | 0,782 | 0,488 |
| G de C Dinamica | 0,627 | 1,000 | -0,088 | 0,612 | 0,340 | 0,827 | -0,403 | 0,422 | -0,085 | 0,554 | 0,382 | 0,751 |
| PC Energia | 0,161 | -0,088 | 1,000 | 0,144 | 0,470 | 0,200 | 0,341 | 0,000 | 0,646 | 0,115 | 0,307 | -0,152 |
| G de C Energia | 0,616 | 0,612 | 0,144 | 1,000 | 0,334 | 0,830 | 0,024 | 0,740 | 0,125 | 0,958 | 0,481 | 0,412 |
| PC Cinematica | 0,609 | 0,340 | 0,470 | 0,334 | 1,000 | 0,428 | 0,102 | 0,139 | 0,511 | 0,284 | 0,674 | 0,265 |
| G de C Cinematica | 0,626 | 0,827 | 0,200 | 0,830 | 0,428 | 1,000 | -0,210 | 0,548 | 0,165 | 0,751 | 0,423 | 0,566 |
| PC Conceptos Basicos | -0,230 | -0,403 | 0,341 | 0,024 | 0,102 | 1,000 | 0,182 | 0,622 | 0,132 | -0,057 | -0,423 | |
| G de C Conceptos Basicos | 0,408 | 0,422 | 0,000 | 0,740 | 0,139 | 0,182 | 1,000 | 0,173 | 0,854 | 0,077 | 0,472 | |
| PC Conservacion | 0,174 | -0,085 | 0,646 | 0,125 | 0,511 | 0,622 | 0,173 | 1,000 | 0,229 | 0,253 | -0,082 | |
| G de C Conservacion | 0,578 | 0,554 | 0,115 | 0,958 | 0,284 | 0,751 | 0,854 | 0,229 | 1,000 | 0,253 | -0,082 | |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|
| G de C Conservacion | 0,578 | 0,554 | 0,115 | 0,958 | 0,284 | 0,751 | 0,132 | 0,854 | 0,229 | 1,000 | 0,391 | 0,428 |
| PC No Conservacion | 0,782 | 0,382 | 0,307 | 0,481 | 0,674 | 0,423 | -0,057 | 0,077 | 0,253 | 0,391 | 1,000 | 0,198 |
| G de C No Conservacion | 0,488 | 0,751 | -0,152 | 0,412 | 0,265 | 0,566 | -0,423 | 0,472 | -0,082 | 0,428 | 0,198 | 1,000 |

Matriz de covarianzas entre elementos

| | PC Dinamica | G de C Dinamica | PC Energia | G de C Energia | PC Cinematica | G de C Cinematica | PC Conceptos Basicos | G de C Conceptos Basicos | PC Conservacion | G de C Conservacion | PC No Conservacion | G de C No Conservacion |
|--------------------------|-------------|-----------------|------------|----------------|---------------|-------------------|----------------------|--------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| PC Dinamica | 0,695 | 0,895 | 0,105 | 0,895 | 0,505 | 0,916 | -0,179 | 0,568 | 0,105 | 0,916 | 0,747 | 0,716 |
| G de C Dinamica | 0,895 | 2,934 | -0,118 | 1,829 | 0,579 | 2,487 | -0,645 | 1,211 | -0,105 | 1,803 | 0,750 | 2,263 |
| PC Energia | 0,105 | -0,118 | 0,618 | 0,197 | 0,368 | 0,276 | 0,250 | 0,000 | 0,368 | 0,171 | 0,276 | -0,211 |
| G de C Energia | 0,895 | 1,829 | 0,197 | 3,039 | 0,579 | 2,539 | 0,039 | 2,158 | 0,158 | 3,171 | 0,961 | 1,263 |
| PC Cinematica | 0,505 | 0,579 | 0,368 | 0,579 | 0,989 | 0,747 | 0,095 | 0,232 | 0,368 | 0,537 | 0,768 | 0,463 |
| G de C Cinematica | 0,916 | 2,487 | 0,276 | 2,539 | 0,747 | 3,082 | -0,345 | 1,611 | 0,211 | 2,503 | 0,850 | 1,747 |
| PC Conceptos Basicos | -0,179 | -0,645 | 0,250 | 0,039 | 0,095 | -0,345 | 0,871 | 0,284 | 0,421 | 0,234 | -0,061 | -0,695 |
| G de C Conceptos Basicos | 0,568 | 1,211 | 0,000 | 2,158 | 0,232 | 1,611 | 0,284 | 2,800 | 0,211 | 2,716 | 0,147 | 1,389 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|
| PC Conservacion | 0,105 | - | 0,368 | 0,158 | 0,368 | 0,211 | 0,421 | 0,211 | 0,526 | 0,316 | 0,211 | -0,105 |
| G de C Conservacion | 0,916 | 1,803 | 0,171 | 3,171 | 0,537 | 2,503 | 0,234 | 2,716 | 0,316 | 3,608 | 0,850 | 1,432 |
| PC No Conservacion | 0,747 | 0,750 | 0,276 | 0,961 | 0,768 | 0,850 | -0,061 | 0,147 | 0,211 | 0,850 | 1,313 | 0,400 |
| G de C No Conservacion | 0,716 | 2,263 | - | 1,263 | 0,463 | 1,747 | -0,695 | 1,389 | -0,105 | 1,432 | 0,400 | 3,095 |

Estadísticas de elemento de resumen

| | Media | Mínimo | Máximo | Rango | Máximo / Mínimo | Varianza | N de elementos |
|-------------------------------|-------|--------|--------|-------|-----------------|----------|----------------|
| Medias de elemento | 3,913 | 1,750 | 6,200 | 4,450 | 3,543 | 3,942 | 12 |
| Varianzas de elemento | 1,964 | 0,526 | 3,608 | 3,082 | 6,855 | 1,462 | 12 |
| Covarianzas entre elementos | 0,702 | -0,695 | 3,171 | 3,866 | -4,564 | 0,698 | 12 |
| Correlaciones entre elementos | 0,337 | -0,423 | 0,958 | 1,381 | -2,263 | 0,096 | 12 |

Estadísticas de total de elemento

| | Media de escala si el elemento se ha suprimido | Varianza de escala si el elemento se ha suprimido | Correlación total de elementos corregida | Correlación múltiple al cuadrado | Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido |
|--------------------------|--|---|--|----------------------------------|---|
| PC Dinamica | 45,15 | 103,187 | 0,731 | 0,830 | 0,856 |
| G de C Dinamica | 41,20 | 91,432 | 0,668 | 0,880 | 0,852 |
| PC Energia | 45,20 | 112,274 | 0,202 | 0,576 | 0,875 |
| G de C Energia | 41,20 | 85,642 | 0,855 | 0,983 | 0,836 |
| PC Cin | 44,55 | 104,787 | 0,515 | 0,685 | 0,863 |
| G de C Cinematica | 41,10 | 86,095 | 0,831 | 0,941 | 0,838 |
| PC Conceptos Basicos | 44,80 | 116,589 | -0,060 | 0,771 | 0,886 |
| G de C Conceptos Basicos | 40,75 | 92,408 | 0,654 | 0,892 | 0,853 |
| PC Conservacion | 44,95 | 111,418 | 0,282 | 0,863 | 0,872 |

| | | | | | |
|--------------|-------|---------|-------|-------|-------|
| G de C | 41,10 | 83,358 | 0,845 | 0,982 | 0,837 |
| Conservacion | | | | | |
| PC No | 44,90 | 103,147 | 0,507 | 0,838 | 0,863 |
| Conservacion | | | | | |
| G de C No | 41,55 | 95,839 | 0,503 | 0,719 | 0,865 |
| Conservacion | | | | | |

Estadísticas de escala

| Media | Varianza | Desviación estándar | N de elementos |
|-------|----------|---------------------|----------------|
| 46,95 | 116,261 | 10,782 | 12 |

ANOVA

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig |
|-----------------|-------------------|-----|------------------|--------|-------|
| Inter sujetos | 184,079 | 19 | 9,688 | | |
| Intra sujetos | | | | | |
| Entre elementos | 867,313 | 11 | 78,847 | 62,474 | 0,000 |
| Residuo | 263,771 | 209 | 1,262 | | |
| Total | 1131,083 | 220 | 5,141 | | |
| Total | 1315,163 | 239 | 5,503 | | |

Media global = 3,91

c. Valores aleatorios

Grupo 1

Estadísticas de elemento

| | Media | Desviación estándar | N |
|--------------------------|-------|---------------------|----|
| Perfil Dinamica | 2,14 | 0,655 | 21 |
| G de C Dinamica | 6,48 | 1,692 | 21 |
| Perfil Energia | 2,10 | 0,831 | 21 |
| G de C Energia | 6,57 | 1,805 | 21 |
| Perfil Cinematica | 2,81 | 0,981 | 21 |
| G de C Cinematica | 6,95 | 1,658 | 21 |
| Perfil Conceptos Basicos | 2,05 | 1,071 | 21 |
| G de C Conceptos Basicos | 6,76 | 1,700 | 21 |
| Perfil Conservacion | 2,10 | 0,768 | 21 |
| G de C Conservacion | 6,62 | 1,802 | 21 |
| Perfil No Conservacion | 2,19 | 1,167 | 21 |
| G de C No Conservacion | 6,19 | 2,040 | 21 |

Matriz de correlaciones entre elementos

| | Perfil Dinamica | G de C Dinamica | Perfil Energia | G de C Energia | Perfil Cinematica | G de C Cinematica | Perfiles Basicos | G de C Basicos | Perfiles Conservacion | G de C Conservacion | Perfiles No Conservacion | G de C No Conservacion |
|--------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|------------------|----------------|-----------------------|---------------------|--------------------------|------------------------|
| Perfil Dinamica | 1,000 | 0,387 | 0,158 | 0,562 | 0,434 | 0,467 | -0,081 | 0,212 | 0,170 | 0,515 | 0,748 | 0,353 |
| G de C Dinamica | 0,387 | 1,000 | -0,212 | 0,627 | 0,027 | 0,722 | -0,206 | 0,580 | 0,040 | 0,620 | 0,281 | 0,827 |
| Perfil Energia | 0,158 | -0,212 | 1,000 | 0,162 | 0,514 | 0,221 | 0,556 | -0,054 | 0,768 | 0,126 | 0,187 | -0,218 |
| G de C Energia | 0,562 | 0,627 | 0,162 | 1,000 | 0,347 | 0,812 | 0,166 | 0,649 | 0,247 | 0,947 | 0,515 | 0,458 |
| Perfil Cinematica | 0,434 | 0,027 | 0,514 | 0,347 | 1,000 | 0,332 | 0,342 | 0,031 | 0,622 | 0,268 | 0,470 | 0,119 |
| G de C Cinematica | 0,467 | 0,722 | 0,221 | 0,812 | 0,332 | 1,000 | 0,170 | 0,599 | 0,396 | 0,797 | 0,341 | 0,491 |
| Perfiles Basicos | -0,081 | -0,206 | 0,556 | 0,166 | 0,342 | 0,170 | 1,000 | 0,254 | 0,662 | 0,243 | -0,128 | -0,370 |
| G de C Basicos | 0,212 | 0,580 | -0,054 | 0,649 | 0,031 | 0,599 | 0,254 | 1,000 | 0,171 | 0,834 | 0,024 | 0,475 |
| Perfiles Conservacion | 0,170 | 0,040 | 0,768 | 0,126 | 0,622 | 0,396 | 0,662 | 0,171 | 1,000 | 0,280 | 0,090 | 0,052 |
| G de C Conservacion | 0,515 | 0,620 | 0,126 | 0,947 | 0,268 | 0,797 | 0,243 | 0,834 | 0,280 | 1,000 | 0,345 | 0,470 |
| Perfiles No Conservacion | 0,748 | 0,281 | 0,187 | 0,515 | 0,470 | 0,341 | -0,128 | 0,024 | 0,090 | 0,345 | 1,000 | 0,320 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| G de C No Conservacion | 0,353 | 0,827 | -0,218 | 0,458 | 0,119 | 0,491 | -0,370 | 0,475 | 0,052 | 0,470 | 0,320 | 1,000 |
|------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|

Matriz de covarianzas entre elementos

| | Perfil Dinamica | G de C Dinamica | Perfil Energia | G de C Energia | Perfil Cinematica | G de C Cinematica | Perfil Conceptos Basicos | G de C Conceptos Basicos | Perfil Conservacion | G de C Conservacion | Perfil No Conservacion | G de C No Conservacion |
|--------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------|---------------------|------------------------|------------------------|
| Perfil Dinamica | 0,429 | 0,429 | 0,086 | 0,664 | 0,279 | 0,507 | -0,057 | 0,236 | 0,086 | 0,607 | 0,571 | 0,471 |
| G de C Dinamica | 0,429 | 2,862 | -0,298 | 1,914 | 0,045 | 2,024 | -0,374 | 1,669 | 0,052 | 1,890 | 0,555 | 2,855 |
| Perfil Energia | 0,086 | -0,298 | 0,690 | 0,243 | 0,419 | 0,305 | 0,495 | -0,076 | 0,490 | 0,188 | 0,181 | -0,369 |
| G de C Energia | 0,664 | 1,914 | 0,243 | 3,257 | 0,614 | 2,429 | 0,321 | 1,993 | 0,343 | 3,079 | 1,086 | 1,686 |
| Perfil Cinematica | 0,279 | 0,045 | 0,419 | 0,614 | 0,962 | 0,540 | 0,360 | 0,052 | 0,469 | 0,474 | 0,538 | 0,238 |
| G de C Cinematica | 0,507 | 2,024 | 0,305 | 2,429 | 0,540 | 2,748 | 0,302 | 1,688 | 0,505 | 2,381 | 0,660 | 1,660 |
| Perfil Conceptos Basicos | -0,057 | -0,374 | 0,495 | 0,321 | 0,360 | 0,302 | 1,148 | 0,462 | 0,545 | 0,469 | -0,160 | -0,810 |
| G de C Conceptos Basicos | 0,236 | 1,669 | -0,076 | 1,993 | 0,052 | 1,688 | 0,462 | 2,890 | 0,224 | 2,555 | 0,048 | 1,648 |
| Perfil Conservacion | 0,086 | 0,052 | 0,490 | 0,343 | 0,469 | 0,505 | 0,545 | 0,224 | 0,590 | 0,388 | 0,081 | 0,081 |
| G de C Conservacion | 0,607 | 1,890 | 0,188 | 3,079 | 0,474 | 2,381 | 0,469 | 2,555 | 0,388 | 3,248 | 0,726 | 1,726 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Perfil No Conservacion | 0,571 | 0,555 | 0,181 | 1,086 | 0,538 | 0,660 | -0,160 | 0,048 | 0,081 | 0,726 | 1,362 | 0,762 |
| G de C No Conservacion | 0,471 | 2,855 | -0,369 | 1,686 | 0,238 | 1,660 | -0,810 | 1,648 | 0,081 | 1,726 | 0,762 | 4,162 |

Estadísticas de elemento de resumen

| | Media | Mínimo | Máximo | Rango | Máximo / Mínimo | Varianza | N de elementos |
|-------------------------------|-------|--------|--------|-------|-----------------|----------|----------------|
| Medias de elemento | 4,413 | 2,048 | 6,952 | 4,905 | 3,395 | 5,265 | 12 |
| Varianzas de elemento | 2,029 | ,429 | 4,162 | 3,733 | 9,711 | 1,662 | 12 |
| Covarianzas entre elementos | ,701 | -,810 | 3,079 | 3,888 | -3,803 | ,696 | 12 |
| Correlaciones entre elementos | ,338 | -,370 | ,947 | 1,317 | -2,555 | ,084 | 12 |

Estadísticas de total de elemento

| | Media de escala si el elemento se ha suprimido | Varianza de escala si el elemento se ha suprimido | Correlación total de elementos corregida | Correlación múltiple al cuadrado | Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido |
|--------------------------|--|---|--|----------------------------------|---|
| Perfil Dinamica | 50,81 | 108,662 | 0,568 | 0,845 | 0,858 |
| G de C Dinamica | 46,48 | 92,462 | 0,662 | 0,908 | 0,844 |
| Perfil Energia | 50,86 | 112,829 | 0,189 | 0,730 | 0,869 |
| G de C Energia | 46,38 | 84,848 | 0,864 | 0,989 | 0,827 |
| Perfil Cinematica | 50,14 | 107,829 | 0,396 | 0,655 | 0,861 |
| G de C Cinematica | 46,00 | 88,100 | 0,836 | 0,833 | 0,830 |
| Perfil Conceptos Basicos | 50,90 | 112,590 | 0,137 | 0,779 | 0,873 |
| G de C Conceptos Basicos | 46,19 | 92,962 | 0,640 | 0,957 | 0,846 |
| Perfil Conservacion | 50,86 | 109,729 | 0,406 | 0,865 | 0,862 |
| G de C Conservacion | 46,33 | 84,633 | 0,874 | 0,994 | 0,826 |
| Perfil No Conservacion | 50,76 | 105,390 | 0,421 | 0,836 | 0,860 |

| | | | | | |
|------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|
| G de C No Conservacion | 46,76 | 92,790 | 0,506 | 0,862 | 0,861 |
|------------------------|-------|--------|-------|-------|-------|

Estadísticas de escala

| Media | Varianza | Desviación estándar | N de elementos |
|-------|----------|---------------------|----------------|
| 52,95 | 116,848 | 10,810 | 12 |

ANOVA

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig |
|-----------------|-------------------|-----|------------------|--------|-------|
| Inter sujetos | 194,746 | 20 | 9,737 | | |
| Intra sujetos | | | | | |
| Entre elementos | 1216,127 | 11 | 110,557 | 83,238 | 0,000 |
| Residuo | 292,206 | 220 | 1,328 | | |
| Total | 1508,333 | 231 | 6,530 | | |
| Total | 1703,079 | 251 | 6,785 | | |

Media global = 4,41

Estadísticas de elemento

| | Media | Desviación estándar | N |
|--------------------------|-------|---------------------|----|
| PC Dinamica | 1,95 | 0,865 | 21 |
| G de C Dinamica | 5,52 | 2,040 | 21 |
| PC Energia | 1,86 | 0,854 | 21 |
| G de C Energia | 5,62 | 2,202 | 21 |
| PC Cinematica | 2,43 | 1,028 | 21 |
| G de C Cinematica | 5,90 | 2,119 | 21 |
| PC Conceptos Basicos | 2,52 | 1,030 | 21 |
| G de C Conceptos Basicos | 6,67 | 1,713 | 21 |
| PC Conservacion | 2,29 | 0,845 | 21 |
| G de C Conservacion | 6,00 | 2,098 | 21 |
| PC No Conservacion | 2,05 | 1,203 | 21 |
| G de C No Conservacion | 5,67 | 2,198 | 21 |

Matriz de correlaciones^a

| | G de C Dinamica | PC Energia | G de C Energia | PC Cinematica | G de C Cinematica | PC Conceptos Basicos | G de C Conceptos Basicos | PC Conservacion | G de C Conservacion | PC No Conservacion | G de C No Conservacion |
|--------------------------|-----------------|------------|----------------|---------------|-------------------|----------------------|--------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| G de C Dinamica | 1,000 | | | | | | | | | | |
| PC Energia | | 1,000 | | | | | | | | | |
| G de C Energia | | | 1,000 | | | | | | | | |
| PC Cinematica | | | | 1,000 | | | | | | | |
| G de C Cinematica | | | | | 1,000 | | | | | | |
| PC Conceptos Basicos | | | | | | 1,000 | | | | | |
| G de C Conceptos Basicos | | | | | | | 1,000 | | | | |
| PC Conservacion | | | | | | | | 1,000 | | | |
| G de C Conservacion | | | | | | | | | 1,000 | | |
| PC No Conservacion | | | | | | | | | | 1,000 | |
| G de C No Conservacion | | | | | | | | | | | 1,000 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|--------------------------|----------------|-----------|-----------|-----------|--------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Correlación | PC Dinamica | 1,00 0 | 0,66 7 | 0,4 65 | 0,6 47 | 0,699 | 0,680 | - 0,027 | 0,495 | 0,362 | 0,634 | 0,675 | 0,386 |
| | G de C Dinamica | 0,66 7 | 1,00 0 | 0,4 47 | ,80 04 | 0,627 | 0,937 | 0,006 | 0,582 | 0,402 | 0,771 | 0,397 | 0,687 |
| | PC Energia | 0,46 5 | 0,44 7 | 1,0 00 | 0,4 75 | 0,643 | 0,434 | 0,146 | 0,376 | 0,753 | 0,475 | 0,202 | 0,506 |
| | G de C Energia | 0,64 7 | 0,80 4 | 0,4 75 | 1,0 00 | 0,716 | 0,871 | 0,092 | 0,654 | 0,411 | 0,953 | 0,366 | 0,530 |
| | PC Cinematica | 0,69 9 | 0,62 7 | 0,6 43 | 0,7 16 | 1,000 | 0,685 | - 0,034 | 0,539 | 0,485 | 0,742 | 0,427 | 0,420 |
| | G de C Cinematica | 0,68 0 | 0,93 7 | 0,4 34 | 0,8 71 | 0,685 | 1,000 | 0,047 | 0,721 | 0,379 | 0,877 | 0,414 | 0,723 |
| | PC Conceptos Basicos | - 0,02 7 | 0,00 6 | 0,1 46 | 0,0 92 | -0,034 | 0,047 | 1,000 | 0,302 | 0,508 | 0,162 | 0,019 | 0,103 |
| | G de C Conceptos Basicos | 0,49 5 | 0,58 2 | 0,3 76 | 0,6 54 | 0,539 | 0,721 | 0,302 | 1,000 | 0,449 | 0,793 | 0,154 | 0,500 |
| | PC Conservacion | 0,36 2 | 0,40 2 | 0,7 53 | 0,4 11 | 0,485 | 0,379 | 0,508 | 0,449 | 1,000 | 0,451 | 0,084 | 0,484 |
| | G de C Conservacion | 0,63 4 | 0,77 1 | 0,4 75 | 0,9 53 | 0,742 | 0,877 | 0,162 | 0,793 | 0,451 | 1,000 | 0,337 | 0,553 |
| | PC No Conservacion | 0,67 5 | 0,39 7 | 0,2 02 | 0,3 66 | 0,427 | 0,414 | 0,019 | 0,154 | 0,084 | 0,337 | 1,000 | 0,120 |
| | G de C No Conservacion | 0,38 6 | 0,68 7 | 0,5 06 | 0,5 30 | 0,420 | 0,723 | 0,103 | 0,500 | 0,484 | 0,553 | 0,120 | 1,000 |
| Sig. (unilateral) | PC Dinamica | | 0,00 0 | 0,0 17 | 0,0 01 | 0,000 | 0,000 | 0,454 | 0,011 | 0,054 | 0,001 | 0,000 | 0,042 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| G de C Dinami ca | 0,00 0 | | 0,0 21 | 0,0 00 | 0,001 | 0,000 | 0,490 | 0,003 | 0,035 | 0,000 | 0,037 | 0,000 |
| PC Energia | 0,01 7 | 0,02 1 | | 0,0 15 | 0,001 | 0,025 | 0,264 | 0,046 | 0,000 | 0,015 | 0,190 | 0,010 |
| G de C Energia | 0,00 1 | 0,00 0 | 0,0 15 | | 0,000 | 0,000 | 0,345 | 0,001 | 0,032 | 0,000 | 0,051 | 0,007 |
| PC Cinema tica | 0,00 0 | 0,00 1 | 0,0 01 | 0,0 00 | | 0,000 | 0,442 | 0,006 | 0,013 | 0,000 | 0,027 | 0,029 |
| G de C Cinema tica | 0,00 0 | 0,00 0 | 0,0 25 | 0,0 00 | 0,000 | | 0,420 | 0,000 | 0,045 | 0,000 | 0,031 | 0,000 |
| PC Concep tos Basicos | 0,45 4 | 0,49 0 | 0,2 64 | 0,3 45 | 0,442 | 0,420 | | 0,092 | 0,009 | 0,242 | 0,467 | 0,328 |
| G de C Concep tos Basicos | 0,01 1 | 0,00 3 | 0,0 46 | 0,0 01 | 0,006 | 0,000 | 0,092 | | 0,021 | 0,000 | 0,253 | 0,010 |
| PC Conser vacion | 0,05 4 | 0,03 5 | 0,0 00 | 0,0 32 | 0,013 | 0,045 | 0,009 | 0,021 | | 0,020 | 0,358 | 0,013 |
| G de C Conser vacion | 0,00 1 | 0,00 0 | 0,0 15 | 0,0 00 | 0,000 | 0,000 | 0,242 | 0,000 | 0,020 | | 0,068 | 0,005 |
| PC No Conser vacion | 0,00 0 | 0,03 7 | 0,1 90 | 0,0 51 | 0,027 | 0,031 | 0,467 | 0,253 | 0,358 | 0,068 | | 0,303 |
| G de C No Conser vacion | 0,04 2 | 0,00 0 | 0,0 10 | 0,0 07 | 0,029 | 0,000 | 0,328 | 0,010 | 0,013 | 0,005 | 0,303 | |

a. Determinante = 1,01E-006

Matriz de correlaciones entre elementos

| | PC Dina mica | G de C Dina mica | PC Ener gia | G de C Ener gia | PC Cinem atica | G de C Cinem atica | PC Conce ptos Basic os | G de C Conce ptos Basic os | PC Conserv acion | G de C Conserv acion | PC No Conserv acion | G de C No Conserv acion |
|------------------------------------|--------------------|---------------------------|-------------------|--------------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------------|---|------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| PC Dinamic a | 1,000 | 0,667 | 0,46 5 | 0,64 7 | 0,699 | 0,680 | -0,027 | 0,495 | 0,362 | 0,634 | 0,675 | 0,386 |
| G de C Dinamic a | 0,667 | 1,000 | 0,44 7 | 0,80 4 | 0,627 | 0,937 | 0,006 | 0,582 | 0,402 | 0,771 | 0,397 | 0,687 |
| PC Energia | 0,465 | 0,447 | 1,00 0 | 0,47 5 | 0,643 | 0,434 | 0,146 | 0,376 | 0,753 | 0,475 | 0,202 | 0,506 |
| G de C Energia | 0,647 | 0,804 | 0,47 5 | 1,00 0 | 0,716 | 0,871 | 0,092 | 0,654 | 0,411 | 0,953 | 0,366 | 0,530 |
| PC Cinemat ica | 0,699 | 0,627 | 0,64 3 | 0,71 6 | 1,000 | 0,685 | -0,034 | 0,539 | 0,485 | 0,742 | 0,427 | 0,420 |
| G de C Cinemat ica | 0,680 | 0,937 | 0,43 4 | 0,87 1 | 0,685 | 1,000 | 0,047 | 0,721 | 0,379 | 0,877 | 0,414 | 0,723 |
| PC Concept os Basicos | - 0,027 | 0,006 | 0,14 6 | 0,09 2 | -0,034 | 0,047 | 1,000 | 0,302 | 0,508 | 0,162 | 0,019 | 0,103 |
| G de C Concept os Basicos | 0,495 | 0,582 | 0,37 6 | 0,65 4 | 0,539 | 0,721 | 0,302 | 1,000 | 0,449 | 0,793 | 0,154 | 0,500 |
| PC Conserv acion | 0,362 | 0,402 | 0,75 3 | 0,41 1 | 0,485 | 0,379 | 0,508 | 0,449 | 1,000 | 0,451 | 0,084 | 0,484 |
| G de C Conserv acion | 0,634 | 0,771 | 0,47 5 | 0,95 3 | 0,742 | 0,877 | 0,162 | 0,793 | 0,451 | 1,000 | 0,337 | 0,553 |
| PC No Conserv acion | 0,675 | 0,397 | 0,20 2 | 0,36 6 | 0,427 | 0,414 | 0,019 | 0,154 | 0,084 | 0,337 | 1,000 | 0,120 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| G de C No Conservacion | 0,386 | 0,687 | 0,506 | 0,530 | 0,420 | 0,723 | 0,103 | 0,500 | 0,484 | 0,553 | 0,120 | 1,000 |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

Matriz de covarianzas entre elementos

| | PC Dinamica | G de C Dinamica | PC Energia | G de C Energia | PC Cinematica | G de C Cinematica | PC Conceptos Basicos | G de C Conceptos Basicos | PC Conservacion | G de C Conservacion | PC No Conservacion | G de C No Conservacion |
|--------------------------|-------------|-----------------|------------|----------------|---------------|-------------------|----------------------|--------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| PC Dinamica | 0,748 | 1,176 | 0,343 | 1,231 | 0,621 | 1,245 | -0,024 | 0,733 | 0,264 | 1,150 | 0,702 | 0,733 |
| G de C Dinamica | 1,176 | 4,162 | 0,779 | 3,610 | 1,314 | 4,052 | 0,012 | 2,033 | 0,693 | 3,300 | 0,974 | 3,083 |
| PC Energia | 0,343 | 0,779 | 0,729 | 0,893 | 0,564 | 0,786 | 0,129 | 0,550 | 0,543 | 0,850 | 0,207 | 0,950 |
| G de C Energia | 1,231 | 3,610 | 0,893 | 4,848 | 1,621 | 4,062 | 0,210 | 2,467 | 0,764 | 4,400 | 0,969 | 2,567 |
| PC Cinematica | 0,621 | 1,314 | 0,564 | 1,621 | 1,057 | 1,493 | -0,036 | 0,950 | 0,421 | 1,600 | 0,529 | 0,950 |
| G de C Cinematica | 1,245 | 4,052 | 0,786 | 4,062 | 1,493 | 4,490 | 0,102 | 2,617 | 0,679 | 3,900 | 1,055 | 3,367 |
| PC Conceptos Basicos | -0,024 | 0,012 | 0,129 | 0,210 | -0,036 | 0,102 | 1,062 | 0,533 | 0,443 | 0,350 | 0,024 | 0,233 |
| G de C Conceptos Basicos | 0,733 | 2,033 | 0,550 | 2,467 | 0,950 | 2,617 | 0,533 | 2,933 | 0,650 | 2,850 | 0,317 | 1,883 |
| PC Conservacion | 0,264 | 0,693 | 0,543 | 0,764 | 0,421 | 0,679 | 0,443 | 0,650 | 0,714 | 0,800 | 0,086 | 0,900 |
| G de C Conservacion | 1,150 | 3,300 | 0,850 | 4,400 | 1,600 | 3,900 | 0,350 | 2,850 | 0,800 | 4,400 | 0,850 | 2,550 |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PC No Conservacion | 0,702 | 0,974 | 0,207 | 0,969 | 0,529 | 1,055 | 0,024 | 0,317 | 0,086 | 0,850 | 1,448 | 0,317 |
| G de C No Conservacion | 0,733 | 3,083 | 0,950 | 2,567 | 0,950 | 3,367 | 0,233 | 1,883 | 0,900 | 2,550 | 0,317 | 4,833 |

Estadísticas de elemento de resumen

| | Media | Mínimo | Máximo | Rango | Máximo / Mínimo | Varianza | N de elementos |
|-------------------------------|-------|--------|--------|-------|-----------------|----------|----------------|
| Medias de elemento | 4,040 | 1,857 | 6,667 | 4,810 | 3,590 | 3,875 | 12 |
| Varianzas de elemento | 2,619 | 0,714 | 4,848 | 4,133 | 6,787 | 3,269 | 12 |
| Covarianzas entre elementos | 1,227 | -0,036 | 4,400 | 4,436 | -123,200 | 1,324 | 12 |
| Correlaciones entre elementos | 0,476 | -0,034 | 0,953 | 0,986 | -28,264 | 0,061 | 12 |

Estadísticas de total de elemento

| | Media de escala si el elemento se ha suprimido | Varianza de escala si el elemento se ha suprimido | Correlación total de elementos corregida | Correlación múltiple al cuadrado | Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido |
|--------------------------|--|---|--|----------------------------------|---|
| PC Dinamica | 46,52 | 176,262 | 0,712 | 0,747 | 0,909 |
| G de C Dinamica | 42,95 | 147,148 | 0,850 | 0,919 | 0,896 |
| PC Energia | 46,62 | 179,448 | 0,577 | 0,728 | 0,912 |
| G de C Energia | 42,86 | 142,929 | 0,866 | 0,950 | 0,895 |
| PC Cinematica | 46,05 | 172,248 | 0,743 | 0,762 | 0,906 |
| G de C Cinematica | 42,57 | 142,157 | 0,924 | 0,967 | 0,892 |
| PC Conceptos Basicos | 45,95 | 188,348 | 0,140 | 0,544 | 0,923 |
| G de C Conceptos Basicos | 41,81 | 159,262 | 0,721 | 0,821 | 0,903 |
| PC Conservacion | 46,19 | 180,162 | 0,550 | 0,779 | 0,912 |
| G de C Conservacion | 42,48 | 143,762 | 0,899 | 0,965 | 0,893 |
| PC No Conservacion | 46,43 | 179,857 | 0,374 | 0,606 | 0,917 |
| G de C No Conservacion | 42,81 | 153,462 | 0,644 | 0,723 | 0,909 |

ANOVA

| | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig |
|-----------------|-------------------|-----|------------------|--------|-------|
| Inter sujetos | 322,270 | 20 | 16,113 | | |
| Intra sujetos | | | | | |
| Entre elementos | 895,127 | 11 | 81,375 | 58,466 | 0,000 |
| Residuo | 306,206 | 220 | 1,392 | | |
| Total | 1201,333 | 231 | 5,201 | | |
| Total | 1523,603 | 251 | 6,070 | | |

Media global = 4,04

Grupo 2

Estadísticas de elemento

| | Media | Desviación estándar | N |
|--------------------------|-------|---------------------|----|
| PC Dinamica | 1,95 | 0,865 | 21 |
| G de C Dinamica | 5,52 | 2,040 | 21 |
| PC Energia | 1,86 | 0,854 | 21 |
| G de C Energia | 5,62 | 2,202 | 21 |
| PC Cinematica | 2,43 | 1,028 | 21 |
| G de C Cinematica | 5,90 | 2,119 | 21 |
| PC Conceptos Basicos | 2,52 | 1,030 | 21 |
| G de C Conceptos Basicos | 6,67 | 1,713 | 21 |
| PC Conservacion | 2,29 | 0,845 | 21 |
| G de C Conservacion | 6,00 | 2,098 | 21 |
| PC No Conservacion | 2,05 | 1,203 | 21 |
| G de C No Conservacion | 5,67 | 2,198 | 21 |

Matriz de correlaciones entre elementos

| | PC Dina mica | G de C Dina mica | PC Ener gia | G de C Ener gia | PC Cinem atica | G de C Cinem atica | PC Conce ptos Basic os | G de C Conce ptos Basic os | PC Conserv acion | G de C Conserv acion | PC No Conserv acion | G de C No Conserv acion |
|-------------|-----------------|------------------------|----------------|-----------------------|-------------------|--------------------------|---------------------------------|--|---------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| PC Dinamica | 1,000 | 0,667 | 0,465 | 0,647 | 0,699 | 0,680 | -0,027 | 0,495 | 0,362 | 0,634 | 0,675 | 0,386 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| G de C Dinamica | 0,667 | 1,000 | 0,447 | 0,804 | 0,627 | 0,937 | 0,006 | 0,582 | 0,402 | 0,771 | 0,397 | 0,687 |
| PC Energia | 0,465 | 0,447 | 1,000 | 0,475 | 0,643 | 0,434 | 0,146 | 0,376 | 0,753 | 0,475 | 0,202 | 0,506 |
| G de C Energia | 0,647 | 0,804 | 0,475 | 1,000 | 0,716 | 0,871 | 0,092 | 0,654 | 0,411 | 0,953 | 0,366 | 0,530 |
| PC Cinematica | 0,699 | 0,627 | 0,643 | 0,716 | 1,000 | 0,685 | -0,034 | 0,539 | 0,485 | 0,742 | 0,427 | 0,420 |
| G de C Cinematica | 0,680 | 0,937 | 0,431 | 0,871 | 0,685 | 1,000 | 0,047 | 0,721 | 0,379 | 0,877 | 0,414 | 0,723 |
| PC Conceptos Basicos | -0,027 | 0,006 | 0,146 | 0,092 | -0,034 | 0,047 | 1,000 | 0,302 | 0,508 | 0,162 | 0,019 | 0,103 |
| G de C Conceptos Basicos | 0,495 | 0,582 | 0,376 | 0,654 | 0,539 | 0,721 | 0,302 | 1,000 | 0,449 | 0,793 | 0,154 | 0,500 |
| PC Conservacion | 0,362 | 0,402 | 0,753 | 0,411 | 0,485 | 0,379 | 0,508 | 0,449 | 1,000 | 0,451 | 0,084 | 0,484 |
| G de C Conservacion | 0,634 | 0,771 | 0,475 | 0,953 | 0,742 | 0,877 | 0,162 | 0,793 | 0,451 | 1,000 | 0,337 | 0,553 |
| PC No Conservacion | 0,675 | 0,397 | 0,202 | 0,366 | 0,427 | 0,414 | 0,019 | 0,154 | 0,084 | 0,337 | 1,000 | 0,120 |
| G de C No Conservacion | 0,386 | 0,687 | 0,506 | 0,530 | 0,420 | 0,723 | 0,103 | 0,500 | 0,484 | 0,553 | 0,120 | 1,000 |

Matriz de covarianzas entre elementos

| | PC Dinamica | G de C Dinamica | PC Energia | G de C Energia | PC Cinematica | G de C Cinematica | PC Conceptos Basicos | G de C Conceptos Basicos | PC Conservacion | G de C Conservacion | PC No Conservacion | G de C No Conservacion |
|--------------------------|-------------|-----------------|------------|----------------|---------------|-------------------|----------------------|--------------------------|-----------------|---------------------|--------------------|------------------------|
| PC Dinamica | 0,667 | | | | | | | | | | | |
| G de C Dinamica | | 1,000 | | | | | | | | | | |
| PC Energia | | | 0,447 | | | | | | | | | |
| G de C Energia | | | | 0,804 | | | | | | | | |
| PC Cinematica | | | | | 0,643 | | | | | | | |
| G de C Cinematica | | | | | | 0,937 | | | | | | |
| PC Conceptos Basicos | | | | | | | 0,006 | | | | | |
| G de C Conceptos Basicos | | | | | | | | 0,582 | | | | |
| PC Conservacion | | | | | | | | | 0,402 | | | |
| G de C Conservacion | | | | | | | | | | 0,771 | | |
| PC No Conservacion | | | | | | | | | | | 0,397 | |
| G de C No Conservacion | | | | | | | | | | | | 0,687 |

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|---------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PC Dinamica | 0,748 | 1,176 | 0,343 | 1,231 | 0,621 | 1,245 | 0-,024 | 0,733 | 0,264 | 1,150 | 0,702 | 0,733 |
| G de C Dinamica | 1,176 | 4,162 | 0,779 | 3,610 | 1,314 | 4,052 | 0,012 | 2,033 | 0,693 | 3,300 | 0,974 | 3,083 |
| PC Energia | 0,343 | 0,779 | 0,729 | 0,893 | 0,564 | 0,786 | 0,129 | 0,550 | 0,543 | 0,850 | 0,207 | 0,950 |
| G de C Energia | 1,231 | 3,610 | 0,893 | 4,848 | 1,621 | 4,062 | 0,210 | 2,467 | 0,764 | 4,400 | 0,969 | 2,567 |
| PC Cinematica | 0,621 | 1,314 | 0,564 | 1,621 | 1,057 | 1,493 | -0,036 | 0,950 | 0,421 | 1,600 | 0,529 | 0,950 |
| G de C Cinematica | 1,245 | 4,052 | 0,786 | 4,062 | 1,493 | 4,490 | 0,102 | 2,617 | 0,679 | 3,900 | 1,055 | 3,367 |
| PC Conceptos Basicos | - 0,024 | 0,012 | 0,129 | 0,210 | 0-,036 | 0,102 | 1,062 | 0,533 | 0,443 | 0,350 | 0,024 | 0,233 |
| G de C Conceptos Basicos | 0,733 | 2,033 | 0,550 | 2,467 | 0,950 | 2,617 | 0,533 | 2,933 | 0,650 | 2,850 | 0,317 | 1,883 |
| PC Conservacion | 0,264 | 0,693 | 0,543 | 0,764 | 0,421 | 0,679 | 0,443 | 0,650 | 0,714 | 0,800 | 0,086 | 0,900 |
| G de C Conservacion | 1,150 | 3,300 | 0,850 | 4,400 | 1,600 | 3,900 | 0,350 | 2,850 | 0,800 | 4,400 | 0,850 | 2,550 |
| PC No Conservacion | 0,702 | 0,974 | 0,207 | 0,969 | 0,529 | 1,055 | 0,024 | 0,317 | 0,086 | 0,850 | 1,448 | 0,317 |
| G de C No Conservacion | 0,733 | 3,083 | 0,950 | 2,567 | 0,950 | 3,367 | 0,233 | 1,883 | 0,900 | 2,550 | 0,317 | 4,833 |

Estadísticas de elemento de resumen

| | Media | Mínimo | Máximo | Rango | Máximo / Mínimo | Varianza | N de elementos |
|--|-------|--------|--------|-------|-----------------|----------|----------------|
|--|-------|--------|--------|-------|-----------------|----------|----------------|

| | | | | | | | |
|-------------------------------|-------|--------|-------|-------|----------|-------|----|
| Medias de elemento | 4,040 | 1,857 | 6,667 | 4,810 | 3,590 | 3,875 | 12 |
| Varianzas de elemento | 2,619 | 0,714 | 4,848 | 4,133 | 6,787 | 3,269 | 12 |
| Covarianzas entre elementos | 1,227 | -0,036 | 4,400 | 4,436 | -123,200 | 1,324 | 12 |
| Correlaciones entre elementos | 0,476 | -0,034 | 0,953 | 0,986 | -28,264 | 0,061 | 12 |

Matriz de correlaciones^a

| | PC Dinamica | G de C Dinamica | PC Energia | G de C Energia | PC Cinematica | G de C Cinematica | PC Conceptos Basicos | G de C Conceptos Basicos | PC Conservacion | G de C Conservacion | | |
|--------------------------|-------------|-----------------|------------|----------------|---------------|-------------------|----------------------|--------------------------|-----------------|---------------------|--------|--------|
| Correlación PC Dinamica | 1,00 | 0,38 | 0,1 | 0,5 | 0,434 | 0,467 | - | 0,212 | 0,170 | 0,515 | 0,748 | 0,353 |
| G de C Dinamica | 0,38 | 1,00 | - | 0,6 | 0,027 | 0,722 | - | 0,580 | 0,040 | 0,620 | 0,281 | 0,827 |
| PC Energia | 0,15 | - | 1,0 | 0,1 | 0,514 | 0,221 | 0,556 | - | 0,768 | 0,126 | 0,187 | -0,218 |
| G de C Energia | 0,56 | 0,62 | 0,1 | 1,0 | 0,347 | 0,812 | 0,166 | 0,649 | 0,247 | 0,947 | 0,515 | 0,458 |
| PC Cinematica | 0,43 | 0,02 | 0,5 | 0,3 | 1,000 | 0,332 | 0,342 | 0,031 | 0,622 | 0,268 | 0,470 | 0,119 |
| G de C Cinematica | 0,46 | 0,72 | 0,2 | 0,8 | 0,332 | 1,000 | 0,170 | 0,599 | 0,396 | 0,797 | 0,341 | 0,491 |
| PC Conceptos Basicos | - | 0, | 0,5 | 0,1 | 0,342 | 0,170 | 1,000 | 0,254 | 0,662 | 0,243 | -0,128 | -0,370 |
| G de C Conceptos Basicos | 0,21 | 0,58 | - | ,64 | 0,031 | 0,599 | 0,254 | 1,000 | 0,171 | 0,834 | 0,024 | 0,475 |
| PC Conservacion | 0,17 | 0,04 | 0,7 | 0,2 | 0,622 | 0,396 | 0,662 | 0,171 | 1,000 | 0,280 | 0,090 | 0,052 |

| | | | | | | | | | | | | | |
|---------|----------|------|------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | G de C | 0,51 | 0,62 | 0,1 | 0,9 | 0,268 | 0,797 | 0,243 | 0,834 | 0,280 | 1,000 | 0,345 | 0,470 |
| | Conser | 5 | 0 | 26 | 47 | | | | | | | | |
| | vacacion | | | | | | | | | | | | |
| | PC No | 0,74 | 0,28 | 0,1 | 0,5 | 0,470 | 0,341 | - | 0,024 | 0,090 | 0,345 | 1,000 | 0,320 |
| | Conser | 8 | 1 | 87 | 15 | | | 0,128 | | | | | |
| | vacacion | | | | | | | | | | | | |
| | G de C | 0,35 | 0,82 | - | 0,4 | 0,119 | 0,491 | - | 0,475 | 0,052 | 0,470 | 0,320 | 1,000 |
| | No | 3 | 7 | 0,2 | 58 | | | 0,370 | | | | | |
| | Conser | | | 18 | | | | | | | | | |
| | vacacion | | | | | | | | | | | | |
| Sig. | PC | | 0,04 | 0,2 | 0,0 | 0,025 | 0,016 | 0,363 | 0,178 | 0,230 | 0,008 | 0,000 | 0,058 |
| (unilat | Dinami | | 2 | 48 | 04 | | | | | | | | |
| eral) | ca | | | | | | | | | | | | |
| | G de C | 0,04 | | 0,1 | 0,0 | 0,453 | 0,000 | 0,185 | 0,003 | 0,431 | 0,001 | 0,109 | 0,000 |
| | Dinami | 2 | | 78 | 01 | | | | | | | | |
| | ca | | | | | | | | | | | | |
| | PC | 0,24 | 0,17 | | 0,2 | 0,009 | 0,168 | 0,004 | 0,408 | 0,000 | 0,294 | 0,209 | 0,172 |
| | Energia | 8 | 8 | | 42 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | G de C | 0,00 | 0,00 | 0,2 | | 0,062 | 0,000 | 0,236 | 0,001 | 0,140 | 0,000 | 0,008 | 0,018 |
| | Energia | 4 | 1 | 42 | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | PC | 0,02 | 0,45 | 0,0 | 0,0 | | 0,070 | 0,064 | 0,446 | 0,001 | 0,120 | 0,016 | 0,304 |
| | Cinema | 5 | 3 | 09 | 62 | | | | | | | | |
| | tica | | | | | | | | | | | | |
| | G de C | 0,01 | 0,00 | 0,1 | 0,0 | 0,070 | | 0,230 | 0,002 | 0,038 | 0,000 | 0,065 | 0,012 |
| | Cinema | 6 | 0 | 68 | 00 | | | | | | | | |
| | tica | | | | | | | | | | | | |
| | PC | 0,36 | 0,18 | 0,0 | ,23 | 0,064 | 0,230 | | 0,134 | 0,001 | 0,144 | 0,291 | 0,049 |
| | Concep | 3 | 5 | 04 | 06 | | | | | | | | |
| | tos | | | | | | | | | | | | |
| | Basicos | | | | | | | | | | | | |
| | G de C | 0,17 | 0,00 | 0,4 | 0,0 | 0,446 | 0,002 | 0,134 | | 0,229 | 0,000 | 0,459 | 0,015 |
| | Concep | 8 | 3 | 08 | 01 | | | | | | | | |
| | tos | | | | | | | | | | | | |
| | Basicos | | | | | | | | | | | | |
| | PC | 0,23 | 0,43 | 0,0 | 0,1 | 0,001 | 0,038 | 0,001 | 0,229 | | 0,109 | 0,349 | 0,412 |
| | Conser | 0 | 1 | 00 | 40 | | | | | | | | |
| | vacacion | | | | | | | | | | | | |
| | G de C | 0,00 | 0,00 | ,29 | 0,0 | 0,120 | 0,000 | 0,144 | 0,000 | 0,109 | | 0,063 | 0,016 |
| | Conser | 8 | 1 | 04 | 00 | | | | | | | | |
| | vacacion | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | |
|------------------------|------|------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| PC No | 0,00 | 0,10 | 0,2 | 0,0 | 0,016 | 0,065 | 0,291 | 0,459 | 0,349 | 0,063 | | 0,079 |
| Conser vacion | 0 | 9 | 09 | 08 | | | | | | | | |
| G de C | 0,05 | 0,00 | 0,1 | 0,0 | 0,304 | 0,012 | 0,049 | 0,015 | 0,412 | 0,016 | 0,079 | |
| No Conser vacion | 8 | 0 | 72 | 18 | | | | | | | | |

a. Determinante = 4,97E-007

| Estadísticas de total de elemento | | | | | |
|--|--|---|--|--|---|
| | Media de escala si el elemento se ha suprimido | Varianza de escala si el elemento se ha suprimido | Correlación total de elementos corregida | Correlación múltiple al cuadrado | Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido |
| PC Dinamica | 46,52 | 176,262 | 0,712 | 0,747 | 0,909 |
| G de C Dinamica | 42,95 | 147,148 | 0,850 | 0,919 | 0,896 |
| PC Energia | 46,62 | 179,448 | 0,577 | 0,728 | 0,912 |
| G de C Energia | 42,86 | 142,929 | 0,866 | 0,950 | 0,895 |
| PC Cinematica | 46,05 | 172,248 | 0,743 | 0,762 | 0,906 |
| G de C Cinematica | 42,57 | 142,157 | 0,924 | 0,967 | 0,892 |
| PC Conceptos Basicos | 45,95 | 188,348 | 0,140 | 0,544 | 0,923 |
| G de C Conceptos Basicos | 41,81 | 159,262 | 0,721 | 0,821 | 0,903 |
| PC Conservacion | 46,19 | 180,162 | 0,550 | 0,779 | 0,912 |
| G de C Conservacion | 42,48 | 143,762 | 0,899 | 0,965 | 0,893 |
| PC No Conservacion | 46,43 | 179,857 | 0,374 | 0,606 | 0,917 |
| G de C No Conservacion | 42,81 | 153,462 | 0,644 | 0,723 | 0,909 |

| Estadísticas de escala | | | |
|-------------------------------|----------|---------------------|----------------|
| Media | Varianza | Desviación estándar | N de elementos |
| 48,48 | 193,362 | 13,905 | 12 |

| ANOVA | | | | |
|-------------------|----|------------------|---|-----|
| Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig |

| | | | | | | |
|---------------|-----------------|----------|-----|--------|--------|-------|
| Inter sujetos | | 322,270 | 20 | 16,113 | | |
| Intra sujetos | Entre elementos | 895,127 | 11 | 81,375 | 58,466 | 0,000 |
| | Residuo | 306,206 | 220 | 1,392 | | |
| | Total | 1201,333 | 231 | 5,201 | | |
| Total | | 1523,603 | 251 | 6,070 | | |

Media global = 4,04

Las pruebas de validez y de fiabilidad realizadas tanto von números pares e impares, así como también con valores aleatorios para dos grupos, indican que el cuestionario es muy robusto en lo que hace a los resultados que permite obtener.

En consecuencia, este cuestionario también se usó como instrumento para el *examen postest*. Expresado de otro modo, fue empleado para investigar acerca de la influencia de la intervención didáctica, para lo cual fue respondido *a posteriori* de dicha intervención por parte de los estudiantes indagados

ANEXO III

Cuestionario sobre actividades realizadas sobre Movimiento Oscilatorio

Estimada/o alumna/o: en el año 2017 cuando ustedes cursaron la materia Física I, participaron en una actividad de investigación sobre Movimiento Oscilatorio donde se hizo uso de las llamadas Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC).

En este cuestionario se han propuesto varias preguntas, donde ustedes deben expresar cómo fueron sus vivencias en las experiencias con las TIC. Sólo les solicito simplemente que sean sinceros en sus opiniones, las cuales son muy relevantes para evaluar cómo han sido estas experiencias desde el punto de vista de los actores más importantes en el aprendizaje de la Física: ustedes.

Desde ya, les agradezco su participación en esta tarea,

1. Experiencia introductoria con sensores

a) Cuando se dio inicio a la clase con sensores de toma de datos en tiempo real, recordás qué gráficas observaste en la pantalla acerca de las experiencias con los péndulos? Si la respuesta es solo afirmativa ¿Podrías explicitar cuáles eran esas gráficas? ¿Te resultaron familiares? Si la respuesta es afirmativa, ¿En qué instancias previas trabajaste con ellas?

b) ¿Qué te permitió aprender esta experiencia?

2. Experiencia con simuladores de péndulo simple y de resorte

a) ¿Cuáles fueron las experiencias que realizaste con los simuladores?

b) ¿Cuál fue el/los objetivo/s con que se plantearon dichas experiencias? En otras palabras, ¿para qué hiciste la experiencia?

c) ¿Conocías el material con el que trabajaste? ¿Cómo te resultó su uso?

d) ¿Cómo trabajaron con la guía que se les envió? Es decir, ¿Se ajustaron a las consignas de la guía? o ¿Buscaron otras alternativas no solicitadas? ¿Repitieron más de una vez las gráficas solicitadas? ¿Por qué?

f) ¿Cómo tomaste los datos? (en caso de que se requiriera tal actividad) ¿Qué hiciste con éstos?

3. Transferencia de resultados

- a) *¿Para qué considerás que te fueron útiles las experiencias introductorias -con uso de sensores- realizadas previo al desarrollo de los contenidos de Movimiento Oscilatorio?*
- b) *¿Para qué considerás que te fueron útiles los simuladores de los péndulos simple y de resorte?*
- c) *¿Considerás que la experiencia introductoria con uso de sensores te ayudó a comprender mejor los temas sobre Movimiento Oscilatorio que se desarrollaron a continuación? ¿Por qué?*
- d) *¿Cuáles fueron los aportes de los simuladores de los péndulos a tu proceso de aprendizaje de los Movimientos Armónico Simple y Oscilatorio Amortiguado?*

4. Aspectos emocionales y actitudinales

- a) *¿Considerás que fue positivo utilizar recursos informáticos para introducir el tema sobre movimientos oscilatorios? ¿Por qué?*
- b) *¿Considerás que fue positivo trabajar con las simulaciones? ¿Por qué?*
- c) *¿Cómo te sentiste mientras trabajabas en ambos casos?*
- d) *¿Te quedó algún punto que no comprendiste? Si tuvieras que repetir la experiencia, ¿en qué aspecto/s pondrías más atención, o tendrías más cuidado?*
- e) *¿Cuál sugerirías modificar? ¿Por qué?*

Transcripciones de las respuestas al cuestionario por pregunta y por alumno

1. Experiencia introductoria con sensores

| Alumno 6 | Alumno 17 | Alumno 35 | Alumno 42 | Alumno 47 |
|--|--|--|---|-----------------------------|
| <i>“a. Las gráficas que fueron observadas eran del tipo periódicas como el caso de las funciones trigonométricas seno y coseno para el caso del movimiento</i> | <i>“a. Si, recuerdo las gráficas. Estas eran de posición en función del eje x o eje y, dependiendo del sistema de referencia y del movimiento de la partícula, y de velocidad. Estas</i> | <i>“a. Recuerdo las gráficas y el sensor. Estas graficas consistían en graficas posición tiempo y velocidad tiempo (si mal no recuerdo) de un péndulo simple</i> | <i>“a. Las gráficas velocidad/tiempo que permitían apreciar el sensor fueron funciones trigonométricas las cuales iban disminuyendo a causa de la amortiguación ya que era un</i> | <i>“a. No lo recuerdo.”</i> |

| | | | | |
|---|--|--|--|---------------------------------|
| <p><i>armónico simple (MAS) y para el caso del amortiguado similar pero con la diferencia que los periodos iban disminuyendo con el paso del tiempo hasta volver a la posición inicial de la cual no se desplazaba más. Si, en el caso del MÁS, si me resultaron familiares provenientes del estudio de las funciones trigonométricas en la materia Análisis Matemático I, Para el caso de movimiento armónico amortiguado desconocía una gráfica de dicho estilo.”</i></p> | <p><i>mismas eran periódicas para el caso del movimiento armónico simple, y para el caso de amortiguado tenían la particularidad de que estos periodos iban disminuyendo a medida que pasaba el tiempo.”</i></p> | <p><i>real, cuyo sensor se encontraba en el punto fijo. Estas graficas al principio consistían en funciones trigonométricas, vistas en mi caso, en la secundaria y luego en la materia de Análisis Matemático I. Con el paso del tiempo, disminuían su amplitud, debido al amortiguamiento, hasta ser prácticamente nulas, en el momento que el péndulo se detiene.”</i></p> | <p><i>péndulo real. Las había observado con anterioridad en la escuela secundaria y en la materia Análisis Matemático I en la Universidad.</i></p> | <p><i>b. (No responde).</i></p> |
| <p><i>“b. En dicha experiencia me permitió ver las diferencias entre el movimiento armónico simple y el amortiguado, sobre todo,</i></p> | <p><i>“b. Esta experiencia me permitió pasar lo descripto gráficamente gracias a los sensores, a una forma analítica,</i></p> | <p><i>“b. Esta experiencia me permitió comprender mejor de forma matemática la descripción de un movimiento</i></p> | <p><i>“b. Esta experiencia me permitió entender como la física se asocia a la matemática, con un ejemplo muy claro como lo es</i></p> | |

| | | | | |
|--|---|--|---------------------------------------|--|
| <p>gracias a las gráficas brindadas por el programa en tiempo real del periodo en función del tiempo en ambas situaciones, y como van variando las características de dichos movimientos según como se cambien los distintos factores que lo afectan (Longitud del hilo, características de la fuerza de restitución)”</p> | <p>aplicando funciones trigonométricas para esto, que hasta a ese momento personalmente nunca las había utilizado.”</p> | <p>armónico, amortiguado en este caso, y el sensor ayudo mucho en la precisión de toma de datos, ya que sin el sensor, se deberían medir las magnitudes de forma manual y las imprecisiones humanas se harían notables.”</p> | <p>el de un movimiento armónico.”</p> | |
|--|---|--|---------------------------------------|--|

2. Experiencia con simuladores de péndulo simple y de resorte

| Alumno 6 | Alumno 17 | Alumno 35 | Alumno 42 | Alumno 47 |
|--|---|---|--|--|
| <p>“a. Las experiencias que realizamos con los simuladores fueron el de medir el periodo de un péndulo al varias diferentes parámetros como el Angulo de restitución, longitud del hilo empleado y con</p> | <p>“a. Mediante los simuladores medimos los periodos del movimiento armónico simple, variando parámetros que lo afectan, tales como: longitud del hilo, ángulo de restitución.”</p> | <p>“a. Se utilizaron dos simuladores: una con un simulador de un péndulo simple, en el cual se podía modificar la longitud, la masa, la amplitud y la aceleración de la gravedad. El segundo simulador,</p> | <p>“a. Los simuladores utilizados, si mal no recuerdo, fueron dos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Simulador de péndulo simple. ● Simulador de péndulo de resorte.” | <p>“a. Las experiencias que realicé con los simuladores fueron la del péndulo simple y el de resorte.”</p> |

| | | | | |
|---|--|--|---|---|
| <p><i>ellas ver diferencias o similitudes de todos los casos.”</i></p> | | <p><i>consistía en un péndulo de resorte, en el cual se podía modificar la masa. Este último tenía la opción de considerar la amortiguación.</i></p> | | |
| <p><i>“b. Realizamos este tipo de experiencias para verificar la veracidad de lo empleado teóricamente aplicado en la vida real, conocer, apreciar las variables que afectan en el MAS, las gráficas del mismo, afianzar dichos conocimientos con la experiencia práctica.”</i></p> | <p><i>“b. Esta experiencia se realizó con el fin de corroborar que los movimientos dados “respeten” las ecuaciones que se dieron analíticamente en clases. Así como también ver que otros factores los afectan.”</i></p> | <p><i>“b. La experiencia fue hecha principalmente para poder observar el comportamiento del movimiento oscilatorio simple (no amortiguado), ya que en la realidad, esto es prácticamente imposible de lograr debido al rozamiento existente en el punto fijo y el rozamiento con el aire.”</i></p> | <p><i>“b. Con estos simuladores pudimos observar el comportamiento del movimiento oscilatorio simple, el cual, en la realidad es muy difícil de encontrar.”</i></p> | <p><i>“b. El trabajo se llevó a cabo con la finalidad de mostrar un análisis simultáneo de las diferentes variables mecánicas de ambos péndulos.”</i></p> |
| <p><i>“c. No, desconocía del material empleado para dicha experiencia. En principio me resultó complicado interpretar resultados (ya que</i></p> | <p><i>“c. No, no conocía el material. Su uso no me resultó tan complicado, aunque los resultados arrojados por el simulador</i></p> | <p><i>“c. No, fue la primera vez en la que trabaje con el simulador. No me resultó complicado su uso, pero recuerdo haber tenido que</i></p> | <p><i>“c. No, fue la primera vez en la que trabaje con el simulador. No me resultó complicado su uso, pero recuerdo haber tenido que</i></p> | <p><i>“c. No, no conocía el material con el que trabajamos. Su utilización me pareció práctica.”</i></p> |

| | | | | |
|---|--|--|--|--|
| <p>estos no se encontraban tan explícitos para aquellos que no conocíamos el simulador) o emplear el uso del simulador, por ello recomendaría para una mayor eficiencia en el aprendizaje, un tutorial de uso, obtención de resultados, variación de parámetros, para así enfocarse en el aprendizaje del tema correspondiente e interpretación de datos y no en el uso del simulador.”</p> | <p>tendrían que ser claros y concisos, ya que recuerdo tener que pedirle ayuda a un compañero para que me oriente hacia los mismos.”</p> | <p>investigar a prueba y error el simulador antes de iniciar con las experiencias. Recuerdo además que uno de los simuladores estaba en idioma inglés. Si bien personalmente tengo conocimientos de dicho idioma, a algunos compañeros les dificulto un poco más la experiencia por ese motivo.”</p> | <p>investigar a prueba y error el simulador antes de iniciar con las experiencias. Recuerdo además que uno de los simuladores estaba en idioma inglés. Si bien personalmente tengo conocimientos de dicho idioma, a algunos compañeros les dificulto un poco más la experiencia por ese motivo. Conocía este simulador ya que tengo un amigo que estudia ingeniería química, él lo utilizó y me pidió ayuda. Desde un primer momento me resultó fácil de manejar y entretenido.”</p> | <p>“d. Se trabajó con las guías enviadas.”</p> |
| <p>“d. La manera de trabajar con las guías fue mediante prueba y error con el simulador para interpretar los</p> | <p>“d. La guía era clara y concisa, las preguntas se ajustan a lo dado en la materia y a lo que sabíamos del tema, y</p> | <p>“d. Los enunciados de la guía eran claros, e incluían los temas dados en clases. Para guiarme un poco</p> | <p>“d. Sí, me ajusté a las consignas. Para todos los trabajos consultaba el mismo libro:</p> | |

| | | | | |
|--|--|--|---|------------------------------------|
| <p>resultados, anotando las conclusiones del mismo y completando así lo solicitado por las mismas . Si, considero que las guías se ajustaron a lo que se necesitaba para el aprendizaje correcto de este tipo de movimiento. No, en mi caso no busque alguna otra alternativa por el hecho de considerar que con el simulador me pareció suficiente el aprendizaje del tema. En cuanto a la repetición de las gráficas solicitadas, las realice más de una vez para comprobar si las conclusiones que realice eran las correctas y por curiosidad en casos particulares. ”</p> <p>“f. Los datos fueron tomados</p> | <p>además fueron un buen complemento para terminar de comprender lo dado en clases. No, no busque otras alternativas, ya que el simulador brindaba, mediante la variación de parámetros, todas las opciones necesarias para comprender el movimiento armónico simple de una mejor manera. No, en mi caso no repetí las repetí, ya que consideré que las gráficas se ajustaban a lo pedido.”</p> <p>“f. Los datos los anote en una hoja</p> | <p>mejor leí el libro recomendado por la catedra Física Universitaria Volumen 1 de Sears-Zemansky, pero más allá de ese libro, no consulte otra fuente. No recuerdo haber repetido las gráficas, lo más probable es que no, ya que como mencioné anteriormente, las gráficas no me resultaron un problema y la guía era clara. ”</p> <p>“f. Los datos los tomaba y los</p> | <p>Resnick, no creo que este haya sido la excepción ya que me gustaba complementar y entender bien la teoría. No recuerdo haber repetido las gráficas más de una vez por un tema de comprensión, sólo por diversión. ”</p> <p>“f. Para los datos, utilicé</p> | <p>“f. Los datos se tomaron de</p> |
|--|--|--|---|------------------------------------|

| | | | | |
|--|---|---|--|---|
| <p>mediante notaciones realizadas a medida que se variaba algún parámetro que afecte al MAS, haciendo que difería de diversas maneras para poder anotar que observaba en el simulador, los anotaba por grupos según que parámetro afectaba para poseer un orden para realizar con las conclusiones. Una vez ordenados y pasados en limpio, procedí a la interpretación de los mismos en función de los factores que fueron cambiados, por ejemplo longitud del hilo, gravedad implicada, etc.”</p> | <p>borrador cada vez que variaba algún parámetro. Luego los pasé en limpio y armé una conclusión interpretando los mismos, expresando claramente que parámetro variaba, y que ocurría con el movimiento.”</p> | <p>copiaba en una tabla en Word, para así armar el trabajo. Así mismo, calculaba ciertos parámetros con las formulas deducidas durante la catedra, para comparar así los resultados. Los simuladores eran muy precisos, ya que los resultados se adaptaban correctamente a las ecuaciones matemáticas.”</p> | <p>tablas de Excel. En las cuales también incluía las fórmulas a trabajar y luego comparé resultados.”</p> | <p>acuerdo a las etapas del trabajo, donde se armaron tablas para las magnitudes físicas de los diferentes péndulos.”</p> |
|--|---|---|--|---|

3. Transferencia de resultados

| Alumno 6 | Alumno 17 | Alumno 35 | Alumno 42 | Alumno 47 |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------------|
| “a. Las experiencias las | “a. Resultaron útiles para tener | “a. Como se mencionó | “a. El sensor permitió que la | (a. No responde.) |

| | | | | |
|--|---|---|---|---|
| <p><i>considero útiles antes del aprendizaje de dicho movimiento para conocer y tener una idea de antemano del tema a conocer, variables que lo afectan, características a grandes rasgos del mismo, conocimiento del tipo de gráfica y por ende de las particularidades que presenta dicho movimiento.”</i></p> | <p><i>una idea de concepto antes de abordar la parte analítica del tema. Personalmente me sirvió mucho la experiencia, ya que es un muy buen método gráfico/tangible para entender la solución analítica de este tipo de movimientos.</i></p> | <p><i>anteriormente, el sensor facilitaba mucho la toma de datos, ya que además de tomar muchos datos en muy poco tiempo, es mucho más preciso que una medición humana con cronometro y regla, algo que también se hizo en otro trabajo practico, donde se tomaron los datos manualmente en un péndulo simple. En este último se tenía que tener cuidado y prestar atención a las mediciones. El sensor elimina muchos de estos problemas y errores.”</i></p> | <p><i>toma de datos fuese mucho más sencilla, además, conocer diferentes aparatos electrónicos de laboratorio. Ya que los ingenieros no nos vemos exentos de trabajar en ese sector.”</i></p> | |
| <p><i>“b. Las considero satisfactorias en el aprendizaje de dicho movimiento, conocimiento de las variables que lo afectan y como lo hacen, características de dicho</i></p> | <p><i>“b. Fueron útiles ya que sirvieron de complemento para terminar de comprender el tema, gracias a la variación de parámetros.”</i></p> | <p><i>“b. Los simuladores, fueron una buena herramienta para comprender mejor el movimiento armónico simple, no amortiguado. En el trabajo mencionado en la respuesta anterior,</i></p> | <p><i>“b. Considero que fueron útiles para observar que existe el movimiento armónico simple no amortiguado, ya que el mismo es muy difícil encontrar en la realidad pero se</i></p> | <p><i>“b. Fueron útiles los simuladores para poder conocer los diferentes movimientos de los péndulos por separados, pero además combinados entre sí. A su vez,</i></p> |

| | | | | |
|--|---|--|--|--|
| <p><i>movimiento, saber la forma de dicha grafica de movimiento, entre otras. ”</i></p> | | <p><i>se tenían que tomar los datos durante las primeras oscilaciones, ya que luego comenzaban a observarse los efectos de la amortiguación, debida al rozamiento en el eje y del aire. El simulador representaba un caso ideal sin amortiguamiento. ”</i></p> | <p><i>utiliza mucho en problemas y resulta fundamental entender su comportamiento. ”</i></p> | <p><i>también se pudieron observar los cambios en las distintas magnitudes físicas y gráficas. ”</i></p> |
| <p><i>“c. Considero que me ayudo a comprender de mejor manera los temas del MAS, porque me permitió tener un panorama del tema, como variaba el mismo al cambiar diferentes parámetros, conocimiento de las gráficas, donde gracias a estas últimas, permiten tener una memoria visual de las particularidades que tiene dicho</i></p> | <p><i>“c. Si, como ya expresé anteriormente, me pareció una idea genial empezar con estas experiencias antes de abordar la parte analítica, ya que esta última puede resultar ser muy engorrosa y muy poco gráfica. ”</i></p> | <p><i>“c. Sí, me parece que me ayudó mucho a comprender el tema de movimiento oscilatorio, y me facilito luego a la hora de estudiar para el último parcial. Permitía ver de otra forma el tema, de una forma más llamativa. ”</i></p> | <p><i>“c. Sí, me ayudó a tomar mejor los datos y poder estudiar con ellos. ”</i></p> | <p><i>(c. No responde.)</i></p> |

| | | | | |
|---|--|---|--|---------------------------------|
| <p><i>movimiento en términos generales, algo que perdurara en el tiempo sin la necesidad de revisión del tema.”</i></p> <p><i>“d. Los aportes que realizaron los simuladores fueron los mismos nombrados con anterioridad (conocimiento de gráficos, característica del mismo y por ende del movimiento, parámetros afectantes y el modo que lo hacen)”</i></p> | <p><i>“d. Considero que los aportes fueron: una clara expresión gráfica de los movimientos, comportamiento del péndulo a medida que se varían parámetros.”</i></p> | <p><i>“d. Creo que también fueron una herramienta que aportaron a facilitar mi estudio y comprensión del tema en general. Además los simuladores en ocasiones me ayudaban a resolver y verificar los resultados de los ejercicios propuestos por la cátedra.”</i></p> | <p><i>“d. Me ayudaron a comprender mejor el tema y que no resulte tan abstracto a la hora de calcularlo. Sobre todo para el MAS, ya que no podía encontrar un ejemplo de la vida real, y particularmente utilizo mucho estos para estudiar.”</i></p> | <p><i>(d. No responde.)</i></p> |
|---|--|---|--|---------------------------------|

4. Aspectos emocionales y actitudinales

| Alumno 6 | Alumno 17 | Alumno 35 | Alumno 42 | Alumno 47 |
|--|---|--|---|--|
| <p><i>“a. Los considero positivos ya que son un modo fácil y rápido de observar resultados, obtención de</i></p> | <p><i>“a. Sí, fue muy positivo. Me parece que la inserción de la tecnología a los métodos de aprendizaje es algo fundamental en estas épocas, y tiene</i></p> | <p><i>“a. Sí, me pareció positivo, ya que es una forma novedosa de dar el tema, y una forma de adaptarse a los tiempos actuales,</i></p> | <p><i>“a. Sí, me pareció positivo ya que nos vemos rodeados de tecnología, sobre todo los jóvenes, y no nos resulta</i></p> | <p><i>“a. Sí, me pareció positivo, porque es una forma de ver al tema desde otra perspectiva, ya que, si fuera todo teórico, se vuelve</i></p> |

| | | | | |
|---|--|--|---|---|
| <p>datos y gráficas, de fácil utilidad (si se tuviera un tutorial de cómo utilizarlo), fácil acceso para la mayoría de los alumnos y más eficaz que otros métodos más rústicos.”</p> | <p>que ser implementado con mayor fuerza en un futuro, ya que es una herramienta excelente con un sinfín de posibilidades.”</p> | <p>en el cual las herramientas informáticas tienen un papel fundamental.”</p> | <p>complicado trabajar con ella. La misma nos puede ayudar a ganar precisión, sin perder las antiguas técnicas.”</p> | <p>quizás más tedioso o no se logra comprender del todo, ya que por ahí no se tiene una visualización del tema.”</p> |
| <p>“b. Si, considero que fue positivo trabajar con los mismos ya que por medio de experiencias variando distintos factores y gráficos te permiten adquirir los conocimientos más eficazmente, por medios prácticos y visuales que estos brindan.”</p> | <p>“b. Si, considero que fue positivo, ya que estos describen a la perfección la realidad, sin la necesidad de tener todo el equipo físico para realizar estas experiencias.”</p> | <p>“b. Si, considero que fue positivo. Como se mencionó ya en muchas respuestas anteriores, facilita la comprensión y además resulta ser una experiencia más interactiva.”</p> | <p>“b. Si, fue positivo porque, además de entender mejor los ejemplos, fue divertido.”</p> | <p>“b. Si, fue algo positivo, ya que al momento de realizar el trabajo se vieron los resultados de forma más clara, pudiendo así obtener mejores conclusiones.”</p> |
| <p>“c. Al principio costo la adaptación por el hecho de nunca haber utilizado un simulador de dichas características ni saber utilizarlo, pero luego de practica y un</p> | <p>“c. Me sentí cómodo con el simulador, aunque hubiera estado bueno alguna especie de introducción/tutorial al momento de utilizarlo por primera vez, para hacer más amena la experiencia.”</p> | <p>“c. Me sentí cómodo y bien mientras trabajaba con el simulador y los sensores. Mientras realizaba el trabajo práctico hacia los cálculos</p> | <p>“c. Me sentí bien, no me costó comprender el funcionamiento y me emocionaba ver que mis resultados coincidían con los que tiraban los software.”</p> | <p>“c. Me sentí bien, sin importar que no conocía los programas, ya que fue un nuevo aprendizaje.”</p> |

| | | | | |
|--|--|---|--|---------------------------------|
| <p><i>tiempo de asimilación del sistema del simulador, logre comprenderlo de mejor manera y los resultados que este me arrojaba.”</i></p> | | <p><i>analíticos en paralelo, y me sorprendía al observar que los números calculados coincidían con los de los simuladores.”</i></p> | | |
| <p><i>“d. La verdad que al momento de utilizarlo lo comprendí de la mejor manera el movimiento y sus características. Pondría más atención a como varían las gráficas en función del cambio de algunos parámetros que lo afectan, y los resultados del mismo.”</i></p> | <p><i>“d. Personalmente no, como ya lo comenté, el simulador fue un gran método complementario para terminar de comprender el tema. Pondría más énfasis en la variación de parámetros, y observar como estos afectan al movimiento del péndulo.”</i></p> | <p><i>“d. No, ya mencioné antes que la guía era clara. Si tuviera que repetir la experiencia, hubiera variado más los parámetros al usar los simuladores, para evaluar muchos más casos de los que evalué en su momento.”</i></p> | <p><i>“d. No recuerdo tener algún problema a la hora de resolver un punto. Quizás tendría más cuidado en no realizar el trabajo práctico sola, ya que después de comparar con mis compañeros, ellos tuvieron ocurrencias muy buenas para “jugar” con el software.”</i></p> | <p><i>(d. No responde.)</i></p> |
| <p><i>“e. ¿Cuál sugerirías modificar? ¿Por qué? Sugeriría más que nada un tutorial para conocer cómo se utiliza el simulador, como se obtienen los</i></p> | <p><i>“e. La única modificación que sugeriría sería la incorporación de más péndulos, como pueden ser péndulos físicos o de resorte, para aumentar las posibilidades de uso del simulador.”</i></p> | <p><i>“e. Tal vez incluiría mayor variedad en los péndulos, o también en el simulador del péndulo de resorte, incluiría la capacidad de modificar más parámetros, ya</i></p> | <p><i>“e. Modificaría la cantidad de ejemplos al trabajar, cambiando parámetros y péndulos.”</i></p> | <p><i>(e. No responde.)</i></p> |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| <p><i>resultados que nos arroja el programa, que resultados son, como variar alguna característica del movimiento en el simulador, la incorporación también del estudio de péndulos físicos o combinados con resortes para conocer así casos más complejos , gráficas y resultados más llamativos para reflejar la importancia del mismo, empleo de colores o formas de clasificar las diferentes simulaciones realizadas, facilitar la comprensión y conclusión de los resultados.”</i></p> | | <p><i>que hasta donde recuerdo, no se podían modificar muchos parámetros.”</i></p> | | |
|--|--|--|--|--|

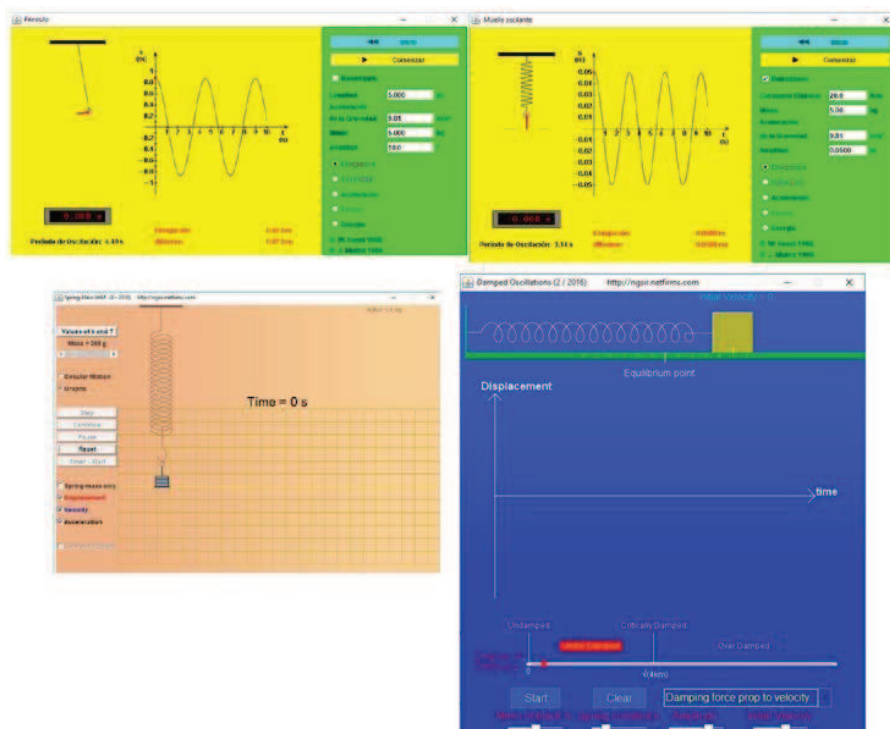


UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL SANTA FE

FISICA I

Trabajo Práctico:

EXPERIENCIAS CON LABORATORIOS VIRTUALES DE SISTEMAS OSCILANTES



Año 2017

TRABAJO PRÁCTICO: EXPERIENCIAS CON LABORATORIOS VIRTUALES DE SISTEMAS OSCILANTES

El objetivo de esta actividad es favorecer el aprendizaje de sistemas oscilantes usando Laboratorios Virtuales (LV). También conocidos como *e-laboratorios*, los LV son sistemas computacionales donde las experiencias se realizan paso a paso, modificando las variables de entrada para configurar y personalizar distintos experimentos, y así visualizar instrumentos y fenómenos físicos mediante objetos dinámicos, imágenes o animaciones (en este caso, applets de Java). Para aprovechar sus ventajas se sugiere que se actúe de manera activa en la observación, interpretación y análisis de los resultados obtenidos, presentados tanto numérica como gráficamente.

PRIMERA PARTE: ANÁLISIS INTEGRAL DE LOS PÉNDULOS DE RESORTE Y SIMPLE

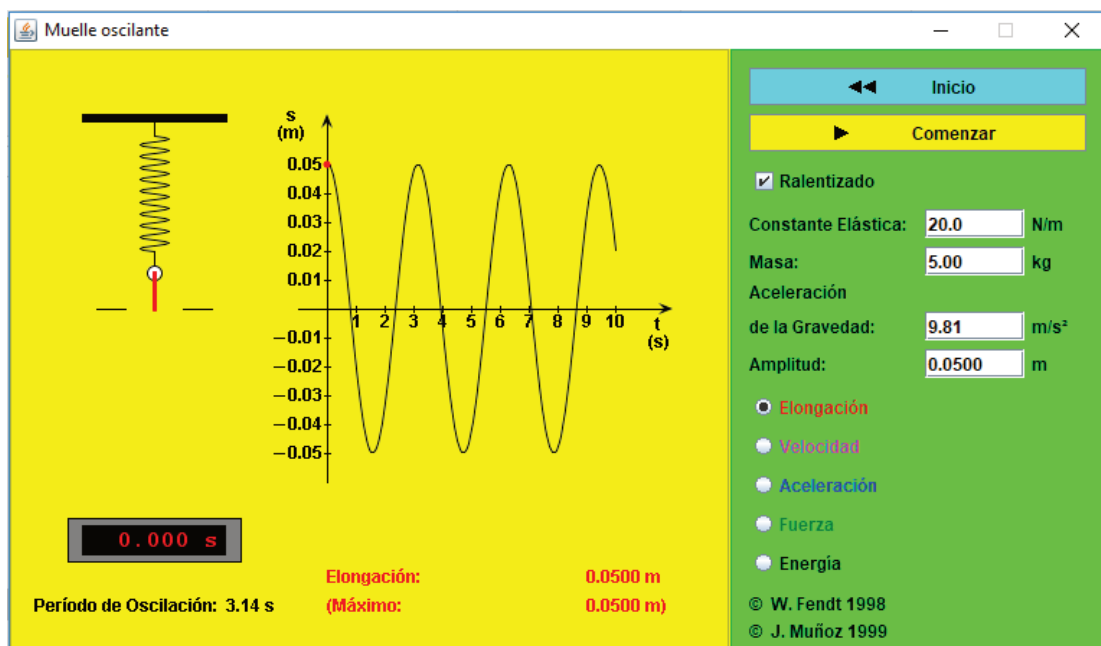
Objetivo: realizar el análisis simultáneo de distintas variables mecánicas de los péndulos de resorte y simple.

Materiales y equipos: Programas *springpendulum_es*; *pendulum_es*; y Java;

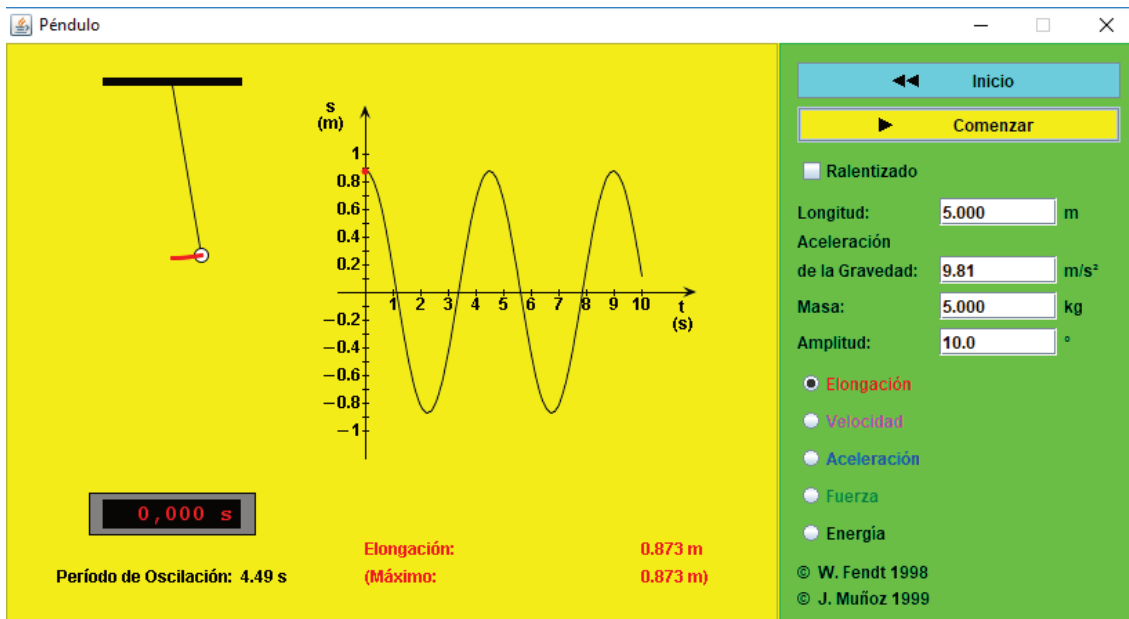
- PC.

Introducción

Las imágenes presentadas a continuación son de dos Laboratorios Virtuales que consisten en aplicaciones en Java, e ilustran cómo en un péndulo de resorte y simple, respectivamente, varían de manera simultánea sus magnitudes físicas: Elongación; Velocidad; Aceleración; Fuerza; y Energía durante su oscilación. Además se desprecia en los cálculos la débil dependencia del período de oscilación con la amplitud (en el margen de amplitudes permitido en estas aplicaciones).



springpendulum_es



pendulum_es

En este trabajo, usted deberá usar los dos Laboratorios Virtuales para poder responder las preguntas indicadas en el inciso “Actividades a desarrollar”. Se sugiere hacer las simulaciones teniendo conocimientos desarrollados sobre los dos péndulos, de modo de aprovecharlos como instrumentos de aprendizaje.

Técnica Operatoria

Con el botón “Inicio” se ubica al péndulo en su posición inicial. El botón “Comenzar” sirve para empezar la simulación, y este mismo botón permite las alternativas “Pausa” y “Reanudar” para parar, y continuar, la aplicación. Si se elige la opción “Ralentizado” el movimiento se hará diez veces más lento. Se puede cambiar, dentro de ciertos límites, la longitud del hilo de péndulo simple, la aceleración de la gravedad, la masa y la amplitud de oscilación. Para cambiar la magnitud física a observar, se debe elegir el botón apropiado entre los cinco botones selectores.

Una vez comenzada la simulación, puede cambiarse de magnitud física a observar. Por ejemplo, se puede iniciar con “Elongación”, y al cabo de cierto tiempo se puede marcar la opción “Fuerza”. Esta ventaja del simulador permite analizar distintas magnitudes físicas del sistema en la misma corrida, y así realizar un análisis más minucioso.

Antes de iniciar las simulaciones, debe elegir sus condiciones iniciales de acuerdo al péndulo escogido.

En el péndulo simple se tiene:

- Longitud (en m);
- Aceleración de la gravedad (en m/s^2);
- Masa (en Kg);
- Amplitud (en $^\circ$). Recuerde que los ángulos deben ser pequeños, y menor o igual a 10° .

En el péndulo de resorte:

- Constante Elástica (en N/m);
- Masa (en Kg);
- Aceleración de la gravedad (en m/s^2);
- Amplitud (en m).

Actividades a desarrollar.

1. Elija el péndulo a emplear de a uno por vez.
2. Seleccione las condiciones iniciales del sistema, previa marca del botón "Inicio".
3. Para ver la simulación más lenta, puede marcar la opción "Ralentizado".
4. Elija una de las cinco magnitudes físicas con que va a iniciar la simulación.
5. Apriete el botón "Comenzar".
6. Si quiere detener la simulación, marque "Pausa". Para continuar, use el mismo botón con
7. Junto a la realización de las actividades con los Laboratorios Virtuales, debe responder las siguientes preguntas:
 - a. ¿Por qué el primer dato presentado es el Período de Oscilación? ¿Cómo cree que lo ha calculado el software?
 - b. ¿Por qué el sistema tiene, desde el inicio de las simulaciones, los valores máximos de cada una de las distintas magnitudes físicas?. Explique cómo se han obtenido con los datos provenientes de las condiciones iniciales.
 - c. Construya una tabla con los valores máximos y mínimo de cada magnitud física empleada y por cada péndulo:

| Magnitud Física | Valor Máximo | Valor Mínimo | Posición instantánea |
|-----------------|--------------|--------------|----------------------|
| Elongación | | | |
| Velocidad | | | |
| Aceleración | | | |
| Fuerza | | | |
| Energía | | | |

Realice una justificación teórica según los resultados obtenidos considerando la posición instantánea del péndulo. Finalmente, escriba sus conclusiones.

- d. Analice la evolución de la Energía – Mecánica - . Halle las posiciones instantáneas del péndulo donde se dan las siguientes condiciones:

| Tipo de Energía Mecánica | Valor Máximo | Valor Mínimo |
|--------------------------|--------------|--------------|
| Cinética | | |
| Potencial | | |

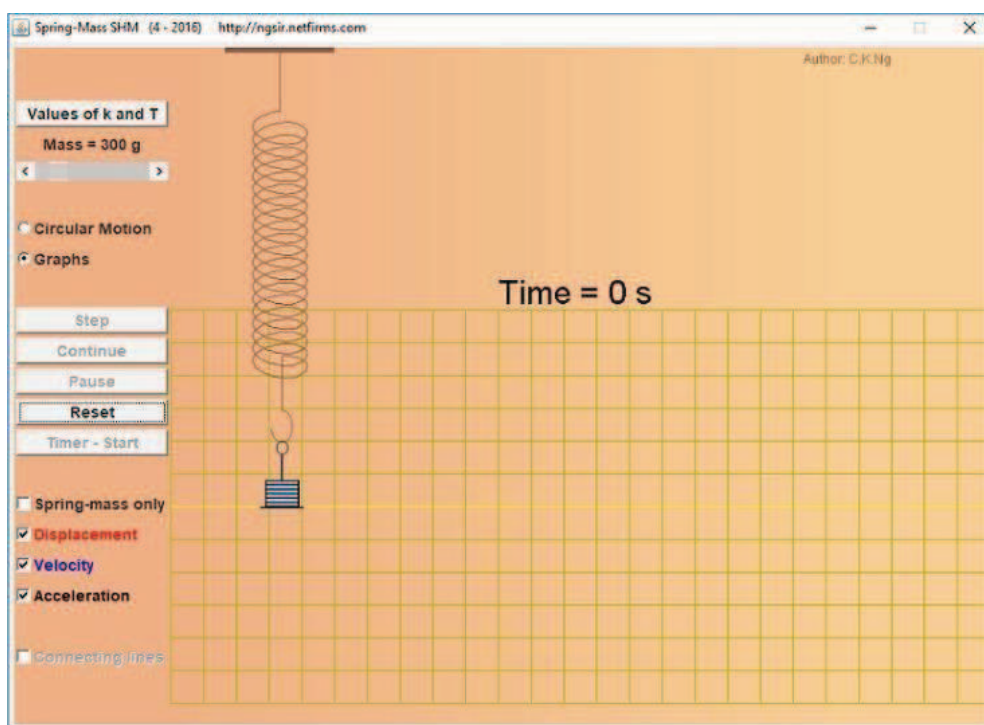
Halle las posiciones instantáneas de cada péndulo donde las dos formas de energías son iguales. Además, analice las gráficas de las demás magnitudes físicas en dichos momentos. Según lo hallado en la Elongación, Velocidad; Aceleración, y Fuerza, ¿no existe una contradicción?. Justifique la respuesta.

SEGUNDA PARTE: ANÁLISIS CINEMÁTICO DE UN PÉNDULO DE RESORTE

Objetivos: Analizar de manera simultánea las variables cinemáticas posición, velocidad y aceleración de un péndulo de resorte.

Materiales y equipos: Programas *springSHM*; y Java;

- PC.



Con el programa *SpringSHM* (Péndulo de resorte) se proponen las siguientes actividades:

- Seleccione el valor de la masa (Mass). Puede dejar el valor de la pantalla (300 g):
- Halle el valor del período (T) según la K prefijada por el programa, clickeando en el botón *Values of k and T* (valores de k y T).
- Marque las opciones *Displacement* (Desplazamiento); *Velocity* (Velocidad); y *Acceleration* (Aceleración) (tal como figura en la pantalla anterior).
- Desplace hacia abajo el bloque el péndulo de resorte una distancia seleccionada – por ejemplo, 3 cuadraditos - con el mouse. Para iniciar el movimiento, libere este último.

- e. Analice los resultados presentados de manera gráfica respecto de las magnitudes físicas indicadas en el inciso c; particularmente, los vectores de las magnitudes físicas relacionadas con el movimiento del mismo. Si desea analizar los valores instantáneos – preferentemente en la posición de equilibrio y en los extremos – apriete el botón *Pause*. Para retomar el movimiento, clickee *Continue*.
- f. Finalmente, redacte las conclusiones arribadas.

Parte 3: OSCILACIONES ARMÓNICAS Y AMORTIGUADAS

Objetivos: a. Analizar las diferencias entre oscilaciones armónicas simples y amortiguadas;

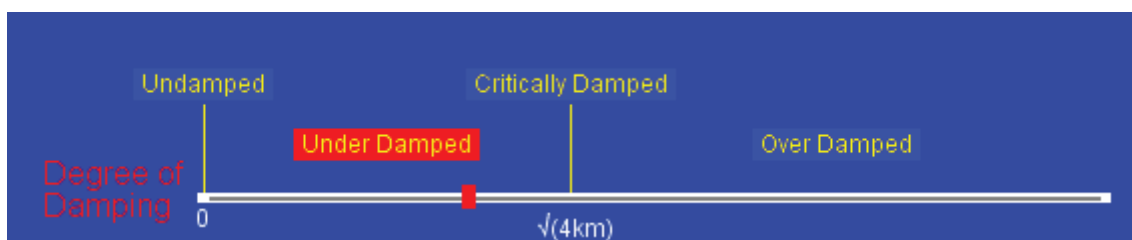
b. Identificar las zonas donde existe movimiento oscilatorio amortiguado.

Materiales y equipos: Programas *Damped Oscillations*; y Java;

- PC.

Secuencia del uso del applet *Damped Oscillations (Oscilaciones Amortiguadas)*.

1. En la pantalla del programa *Damped Oscillations* (Oscilaciones Amortiguadas), elija la zona en donde hará la simulación, según la imagen de la parte inferior:



Existen cuatro zonas definidas según el grado de amortiguación (*Degree Damping*):

- Undamped (*no amortiguado*)
- Under Damped (*baja amortiguación*)
- Critically Damped (*críticamente amortiguado*)
- Over Damped (*sobreamortiguado*).

Clickee directamente sobre la opción elegida, en base a las definidas anteriormente. Corrobore que cuando el sistema está en la zona escogida, la misma cambiará de color azul a rojo. En el ejemplo anterior, la simulación se hará en la zona *Under Damped*.

2. Puede elegir las siguientes condiciones iniciales del péndulo de resorte:



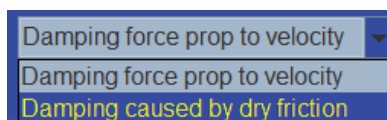
- Mass of block (*masa del bloque*)
- Spring constant k (*constante elástica del resorte k*)

c. Amplitude (*Amplitud*)

d. Initial Velocity (*Velocidad Inicial*).

Se sugiere que se varíen la *masa* y la *constante elástica* del péndulo de resorte, pero modificando sólo de una por vez, de modo de analizar las influencias de cada uno de estos cambios. Para la primera simulación, puede usar los valores predeterminados por el programa.

3. Use primero la fuerza de amortiguamiento proporcional a la velocidad. Posteriormente, emplee en su simulación la amortiguación debido a la fricción seca:

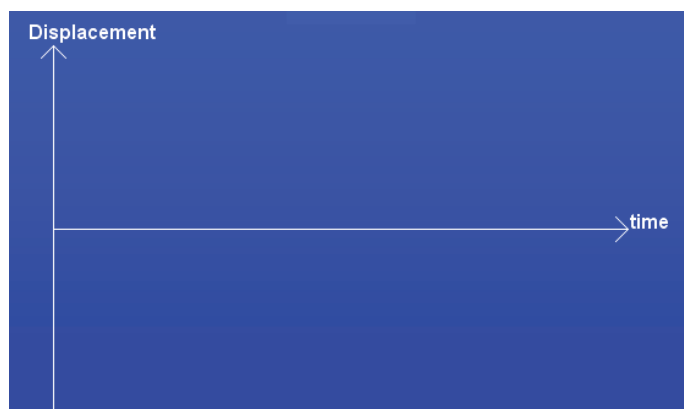


4. Comience seleccionando las condiciones iniciales mencionadas en el inciso 1, iniciando el estudio con un sistema no amortiguado – *Undamped* - .

5. Sin borrar la gráfica – no clickee la opción *Clear* – ubique al péndulo en la zona *Under Damped* y efectúe una nueva simulación. Trate de no alejarse demasiado del punto anterior.

6. Repita las experiencias para las regiones *Critically Damped* (críticamente amortiguado) y *Over Damped* (sobreamortiguado); de a una por vez.

7. Presente las gráficas obtenidas en cada caso para el desplazamiento (Displacement) en función del tiempo (time):



8. Describa los movimientos que realiza el péndulo de resorte según las distintas opciones elegidas. Indique las diferencias de cada uno de ellos, señalando en cuáles existe un movimiento oscilatorio, y de qué tipo. Ante la duda, consulte la bibliografía de referencia de la materia Física I.

REDACCIÓN DEL INFORME

Para finalizar, todas las experiencias descritas y analizadas deberán ser redactadas en un informe, con el formato preestablecido en la asignatura Física I.

ANEXO V

Análisis de los resultados del examen de promoción directa correspondiente al turno de examen – febrero 2018 -

Con el objetivo de efectuar un análisis estadístico descriptivo e inferencial entre los alumnos indagados frente a un grupo testigo conformado por estudiantes de Ing. Civil comisión B e Ing. Eléctrica, se ha tomado como muestra la que corresponde al turno de la mesa de examen del mes de febrero 2018, dado que presentó la mayor cantidad de sujetos evaluados.

De acuerdo a las categorías de análisis presentadas anteriormente, los resultados hallados fueron los siguientes:

- cantidad de estudiantes: 26 - 16 del grupo indagado – 10 del grupo testigo -;
- clasificación de las categorías de análisis: para proceder al análisis estadístico, se categorizaron las respuestas de la siguiente manera:
1: correcto;
0: incorrecto o ausente;

Se emplearon las siguientes categorías de análisis:

- Define adecuadamente el MAS
- Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento
- Señala la conservación de la energía mecánica
- Muestra la constancia del periodo
- Indica la situación del rozamiento
- Declara la ausencia de amortiguamiento
- Construye correctamente la gráfica de la energía

Estadísticos

| | Define adecuadamente el MAS | Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | Señala la conservación de la energía mecánica | Muestra la constancia del periodo de oscilación | Indica la situación del rozamiento | Declara la ausencia de amortiguamiento | Construye correctamente la gráfica de la energía |
|----------|-----------------------------|---|---|---|------------------------------------|--|--|
| N Válido | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 | 26 |
| Perdidos | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Los resultados según sus frecuencias y porcentajes son las siguientes, donde se muestran todos los participantes, y los pertenecientes a los grupos indagados y testigo por separados.

Define adecuadamente el MAS

| | | Frecuencia global | Porcentaje global | Frecuencia grupo indagado | Porcentaje grupo indagado | Frecuencia grupo testigo | Porcentaje grupo testigo |
|--------|-------|-------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Válido | no | 5 | 19,2 | 1 | 6,3 | 4 | 40,0 |
| | si | 21 | 80,8 | 15 | 93,8 | 6 | 60,0 |
| | Total | 26 | 100,0 | 16 | 100,0 | 10 | 100,0 |

Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento

| | | Frecuencia global | Porcentaje global | Frecuencia grupo indagado | Porcentaje grupo indagado | Frecuencia grupo testigo | Porcentaje grupo testigo |
|--------|-------|-------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Válido | no | 12 | 46,2 | 7 | 43,8 | 5 | 50,0 |
| | si | 14 | 53,8 | 9 | 56,3 | 5 | 50,0 |
| | Total | 26 | 100,0 | 16 | 100,0 | 10 | 100,0 |

Señala la conservación de la energía mecánica

| | | Frecuencia global | Porcentaje global | Frecuencia grupo indagado | Porcentaje grupo indagado | Frecuencia grupo testigo | Porcentaje grupo testigo |
|--------|-------|-------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Válido | no | 21 | 80,8 | 11 | 68,8 | 10 | 100,0 |
| | si | 5 | 19,2 | 5 | 31,3 | 0,0 | 0,0 |
| | Total | 26 | 100,0 | 16 | 100,0 | 10 | 100,0 |

Muestra la constancia del período de oscilación

| | | Frecuencia global | Porcentaje global | Frecuencia grupo indagado | Porcentaje grupo indagado | Frecuencia grupo testigo | Porcentaje grupo testigo |
|--------|-------|-------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Válido | no | 20 | 76,9 | 10 | 62,5 | 10 | 100,0 |
| | si | 6 | 23,1 | 6 | 37,5 | 0,0 | 0,0 |
| | Total | 26 | 100,0 | 16 | 100,0 | 10 | 100,0 |

Indica la situación del rozamiento

| | | Frecuencia global | Porcentaje global | Frecuencia grupo indagado | Porcentaje grupo indagado | Frecuencia grupo testigo | Porcentaje grupo testigo |
|--------|-------|-------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Válido | no | 20 | 76,9 | 11 | 68,8 | 9 | 90,0 |
| | si | 6 | 23,1 | 5 | 31,3 | 1 | 10,0 |
| | Total | 26 | 100,0 | 16 | 100,0 | 10 | 100,0 |

Declara la ausencia de amortiguamiento

| | | Frecuencia global | Porcentaje global | Frecuencia grupo indagado | Porcentaje grupo indagado | Frecuencia grupo testigo | Porcentaje grupo testigo |
|--------|-------|-------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Válido | no | 21 | 80,8 | 11 | 68,8 | 10 | 100,0 |
| | si | 5 | 19,2 | 5 | 31,3 | 0,0 | 0,0 |
| | Total | 26 | 100,0 | 16 | 100,0 | 10 | 100,0 |

Construye correctamente la gráfica de la energía

| | | Frecuencia global | Porcentaje global | Frecuencia grupo indagado | Porcentaje grupo indagado | Frecuencia grupo testigo | Porcentaje grupo testigo |
|--------|-------|-------------------|-------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Válido | no | 6 | 23,1 | 2 | 12,5 | 4 | 40,0 |
| | si | 20 | 76,9 | 14 | 87,5 | 6 | 60,0 |
| | Total | 26 | 100,0 | 16 | 100,0 | 10 | 100,0 |

En las cuales se percibe con mucha claridad que todas las diferencias entre los dos grupos son muy diferentes y a favor del indagado, si bien en la categoría *¿Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento?* Se observan valores cercanos.

Respecto a un análisis comprado con más detalle se presenta en la Tabla siguiente

| | | Descriptivos | | | | | | | | |
|-----------------------------|--------------|--------------|-------|---------------------|----------------|--|-----------------|--------|--------|---------------------------|
| | | N | Media | Desviación estándar | Error estándar | 95% del intervalo de confianza para la media | | Mínimo | Máximo | Varianza entre-componente |
| | | | | | | Límite inferior | Límite superior | | | |
| Define adecuadamente el MAS | Ing. Civil A | 16 | 0,94 | 0,250 | 0,063 | 0,80 | 1,07 | 0 | 1 | |

| | | | | | | | | | | |
|---|----------------------|----|------|-------|--------------------|--------------------|-------------------|---|---|--------|
| | grupo testigo | 10 | 0,60 | 0,516 | 0,163 | 0,23 | 0,97 | 0 | 1 | |
| | Total | 26 | 0,81 | 0,402 | 0,079 | 0,65 | 0,97 | 0 | 1 | |
| | Modelo Efectos fijos | | | 0,373 | 0,073 | 0,66 | 0,96 | | | |
| | Efectos aleatorios | | | | 0,171 | -1,37 | 2,99 | | | 0,046 |
| Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | Ing. Civil A | 16 | 0,56 | 0,512 | 0,128 | 0,29 | 0,84 | 0 | 1 | |
| | grupo testigo | 10 | 0,50 | 0,527 | 0,167 | 0,12 | 0,88 | 0 | 1 | |
| | Total | 26 | 0,54 | 0,508 | 0,100 | 0,33 | 0,74 | 0 | 1 | |
| | Modelo Efectos fijos | | | ,518 | 0,102 | 0,33 | 0,75 | | | |
| | Efectos aleatorios | | | | 0,102 ^a | -0,75 ^a | 1,83 ^a | | | -0,020 |
| Señala la conservación de la energía mecánica | Ing. Civil A | 16 | 0,31 | 0,479 | 0,120 | 0,06 | 0,57 | 0 | 1 | |
| | grupo testigo | 10 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | |
| | Total | 26 | 0,19 | 0,402 | 0,079 | 0,03 | 0,35 | 0 | 1 | |
| | Modelo Efectos fijos | | | 0,378 | 0,074 | 0,04 | 0,35 | | | |
| | Efectos aleatorios | | | | 0,158 | -1,82 | 2,21 | | | 0,037 |
| Muestra la constancia del período de oscilación | Ing. Civil A | 16 | 0,38 | 0,500 | 0,125 | 0,11 | 0,64 | 0 | 1 | |
| | grupo testigo | 10 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | |
| | Total | 26 | 0,23 | 0,430 | 0,084 | 0,06 | 0,40 | 0 | 1 | |
| | Modelo Efectos fijos | | | 0,395 | 0,078 | 0,07 | 0,39 | | | |
| | Efectos aleatorios | | | | 0,191 | -2,19 | 2,65 | | | 0,058 |
| Indica la situación del rozamiento | Ing. Civil A | 16 | 0,31 | 0,479 | 0,120 | 0,06 | 0,57 | 0 | 1 | |
| | grupo testigo | 10 | 0,10 | 0,316 | 0,100 | -0,13 | 0,33 | 0 | 1 | |
| | Total | 26 | 0,23 | 0,430 | 0,084 | 0,06 | 0,40 | 0 | 1 | |
| | Modelo Efectos fijos | | | 0,425 | 0,083 | 0,06 | 0,40 | | | |
| | Efectos aleatorios | | | | 0,105 | -1,11 | 1,57 | | | 0,008 |
| Declara la ausencia de amortiguamiento | Ing. Civil A | 16 | 0,31 | 0,479 | 0,120 | 0,06 | 0,57 | 0 | 1 | |
| | grupo testigo | 10 | 0,00 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0 | 0 | |
| | Total | 26 | 0,19 | 0,402 | 0,079 | 0,03 | 0,35 | 0 | 1 | |
| | Modelo Efectos fijos | | | 0,378 | 0,074 | 0,04 | 0,35 | | | |
| | Efectos aleatorios | | | | ,158 | -1,82 | 2,21 | | | 0,037 |
| Construye correctamente la gráfica de la energía | Ing. Civil A | 16 | 0,88 | 0,342 | 0,085 | 0,69 | 1,06 | 0 | 1 | |
| | grupo testigo | 10 | 0,60 | 0,516 | 0,163 | 0,23 | 0,97 | 0 | 1 | |
| | Total | 26 | 0,77 | 0,430 | 0,084 | 0,60 | 0,94 | 0 | 1 | |
| | Modelo Efectos fijos | | | 0,416 | 0,082 | 0,60 | 0,94 | | | |
| | Efectos aleatorios | | | | 0,138 | -0,99 | 2,53 | | | 0,024 |

a. Advertencia: la varianza entre componente es negativa. Fue sustituida por 0,0 en el cálculo de esta medida de efectos aleatorios.

Con el objeto de analizar de manera inferencial las características entre los dos grupos, se efectuó la Prueba de homogeneidad de varianzas mediante el Estadístico de Levene. Este estadístico es menos dependiente del supuesto de normalidad para evaluar la homocedasticidad o igualdad de varianzas.

Se propone como $H_0: \sigma_1 = \sigma_2$

$H_1: \sigma_1 \neq \sigma_2$

Con un p – valor $\leq 0,05$.

Prueba de homogeneidad de varianzas

| | Estadístico de | | | Sig. |
|---|----------------|-----|-----|-------|
| | Levene | gl1 | gl2 | |
| Define adecuadamente el MAS | 23,890 | 1 | 24 | 0,000 |
| Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | 0,147 | 1 | 24 | 0,705 |
| Señala la conservación de la energía mecánica | 56,410 | 1 | 24 | 0,000 |
| Muestra la constancia del período de oscilación | 138,462 | 1 | 24 | 0,000 |
| Indica la situación del rozamiento | 8,691 | 1 | 24 | 0,007 |
| Declara la ausencia de amortiguamiento | 56,410 | 1 | 24 | 0,000 |
| Construye correctamente la gráfica de la energía | 9,330 | 1 | 24 | 0,005 |

Es evidente que, a excepción de la segunda categoría, existe heterocedasticidad o no igualdad de varianzas entre los dos grupos. De hecho, existen varias que son altamente significativas para cualquier valor.

Continuando el análisis mediante el ANOVA, se evaluará mediante la F de Fisher - Snedocor el contraste global de diferencias significativas entre todas las medias de cada nivel de factor, con:

$H_0: \mu_1 = \mu_2$; y

$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$

Con un p – valor $\leq 0,05$

ANOVA

| | | Suma de cuadrados | gl | Media cuadrática | F | Sig. |
|---|------------------|-------------------|----|------------------|-------|-------|
| Define adecuadamente el MAS | Entre grupos | 0,701 | 1 | 0,701 | 5,041 | 0,034 |
| | Dentro de grupos | 3,338 | 24 | 0,139 | | |
| | Total | 4,038 | 25 | | | |
| Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | Entre grupos | 0,024 | 1 | 0,024 | 0,090 | 0,767 |
| | Dentro de grupos | 6,438 | 24 | 0,268 | | |
| | Total | 6,462 | 25 | | | |
| Señala la conservación de la energía mecánica | Entre grupos | 0,601 | 1 | 0,601 | 4,196 | 0,052 |
| | Dentro de grupos | 3,438 | 24 | ,143 | | |
| | Total | 4,038 | 25 | | | |
| Muestra la constancia del período de oscilación | Entre grupos | 0,865 | 1 | 0,865 | 5,538 | 0,027 |
| | Dentro de grupos | 3,750 | 24 | ,156 | | |
| | Total | 4,615 | 25 | | | |
| Indica la situación del rozamiento | Entre grupos | 0,278 | 1 | 0,278 | 1,538 | 0,227 |
| | Dentro de grupos | 4,338 | 24 | 0,181 | | |
| | Total | 4,615 | 25 | | | |
| ¿Declara la ausencia de amortiguamiento | Entre grupos | 0,601 | 1 | 0,601 | 4,196 | 0,052 |
| | Dentro de grupos | 3,438 | 24 | 0,143 | | |
| | Total | 4,038 | 25 | | | |
| Construye correctamente la gráfica de la energía | Entre grupos | 0,465 | 1 | 0,465 | 2,691 | 0,114 |
| | Dentro de grupos | 4,150 | 24 | 0,173 | | |
| | Total | 4,615 | 25 | | | |

Con los resultados hallados, las medias que difieren en porcentajes menores al 95% y en general, se dan sólo en tres categorías, siendo la mayor *Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento*; seguido de *Indica la situación del rozamiento*; y de *Construye correctamente la gráfica de la energía*

Como complemento, se realizó la Prueba U de Mann – Whitney.

Prueba de Mann-Whitney

| | Rangos | | | |
|---|--------------------|----|----------------|----------------|
| | Carrera ingenieril | N | Rango promedio | Suma de rangos |
| Define adecuadamente el MAS | Ing. Civil A | 16 | 15,19 | 243,00 |
| | grupo testigo | 10 | 10,80 | 108,00 |
| | Total | 26 | | |
| Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | Ing. Civil A | 16 | 13,81 | 221,00 |
| | grupo testigo | 10 | 13,00 | 130,00 |
| | Total | 26 | | |
| Señala la conservación de la energía mecánica | Ing. Civil A | 16 | 15,06 | 241,00 |
| | grupo testigo | 10 | 11,00 | 110,00 |
| | Total | 26 | | |
| Muestra la constancia del período de oscilación | Ing. Civil A | 16 | 15,38 | 246,00 |
| | grupo testigo | 10 | 10,50 | 105,00 |
| | Total | 26 | | |
| Indica la situación del rozamiento | Ing. Civil A | 16 | 14,56 | 233,00 |
| | grupo testigo | 10 | 11,80 | 118,00 |
| | Total | 26 | | |
| Declara la ausencia de amortiguamiento | Ing. Civil A | 16 | 15,06 | 241,00 |
| | grupo testigo | 10 | 11,00 | 110,00 |
| | Total | 26 | | |
| Construye correctamente la gráfica de la energía | Ing. Civil A | 16 | 14,88 | 238,00 |
| | grupo testigo | 10 | 11,30 | 113,00 |
| | Total | 26 | | |

Estadísticos de prueba^a

| | Define adecuadamente el MAS | Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | Señala la conservación de la energía mecánica | Muestra la constancia del período de oscilación | Indica la situación del rozamiento | Declara la ausencia de amortiguamiento | Construye correctamente la gráfica de la energía |
|--|-----------------------------|---|---|---|------------------------------------|--|--|
| U de Mann-Whitney | 53,000 | 75,000 | 55,000 | 50,000 | 63,000 | 55,000 | 58,000 |
| W de Wilcoxon | 108,000 | 130,000 | 110,000 | 105,000 | 118,000 | 110,000 | 113,000 |
| Z | -2,083 | -0,305 | -1,929 | -2,165 | -1,227 | -1,929 | -1,588 |
| Sig. asintótica (bilateral) | 0,037 | 0,760 | 0,054 | 0,030 | 0,220 | 0,054 | 0,112 |
| Significación exacta [2*(sig. unilateral)] | 0,165 ^b | 0,816 ^b | 0,201 ^b | 0,121 ^b | 0,391 ^b | 0,201 ^b | 0,262 ^b |
| Significación exacta (bilateral) | 0,055 | 1,000 | 0,121 | 0,053 | 0,352 | 0,121 | 0,163 |
| Significación exacta (unilateral) | 0,055 | 0,536 | 0,066 | 0,035 | 0,225 | 0,066 | 0,128 |
| Probabilidad en el punto | 0,051 | 0,299 | 0,066 | 0,035 | 0,190 | 0,066 | 0,109 |

a. Variable de agrupación: Carrera ingenieril

b. No corregido para empates.

La hipótesis nula del contraste de dicha prueba es que las dos muestras, de tamaño n_1 y n_2 , respectivamente, proceden de poblaciones continuas idénticas:

$$H_0: f_1(x) = f_2(x)$$

La hipótesis alternativa supone que la tendencia central de una población difiere de la otra.

$$H_1: f_1(x) \neq f_2(x)$$

En base a los resultados obtenidos anteriormente, y con el nivel de significación bilateral, y para un p – valor $\leq 0,01$, se halló que:

- se rechaza H_0 para las categorías:

- * Define adecuadamente el MAS
- * Señala la conservación de la energía mecánica
- * Muestra la constancia del período de oscilación
- * Declara la ausencia de amortiguamiento

- Mientras que se acepta H_0 para:

- * Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento
- * ¿Indica la situación del rozamiento
- * Construye correctamente la gráfica de la energía

Siguiendo con el contraste de Kolmogorov-Smirnov de dos muestras, se obtuvo que:

Estadísticos de prueba^a

| | | Define adecuadamente el MAS | Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | Señala la conservación de la energía mecánica | Muestra la constancia del período de oscilación | Indica la situación del rozamiento | Declara la ausencia de amortiguamiento | Construye correctamente la gráfica de la energía |
|----------------------------------|----------|-----------------------------|---|---|---|------------------------------------|--|--|
| Máximas diferencias extremas | Absoluta | 0,338 | 0,063 | 0,313 | 0,375 | 0,213 | 0,313 | 0,275 |
| | Positivo | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | Negativo | -0,338 | -0,063 | -0,313 | -0,375 | -0,213 | -0,313 | -0,275 |
| Z de Kolmogorov-Smirnov | | 0,837 | 0,155 | 0,775 | 0,930 | 0,527 | 0,775 | 0,682 |
| Sig. asintótica (bilateral) | | 0,485 | 1,000 | 0,585 | 0,352 | 0,944 | 0,585 | 0,741 |
| Significación exacta (bilateral) | | 0,055 | 1,000 | 0,121 | 0,053 | 0,352 | 0,121 | 0,163 |
| Probabilidad en el punto | | 0,051 | 0,299 | 0,066 | 0,035 | 0,190 | 0,066 | 0,109 |

a. Variable de agrupación: Carrera ingenieril

Por lo tanto, se aceptó la hipótesis nula de que las dos muestras independientes de tamaños n_1 y n_2 procedieron de la misma población

Respecto a la robustez de la igualdad de medias, se complementó el análisis mediante las pruebas de Welch y de Brown – Forsythe, la cuales representan una alternativa robusta al estadístico F del ANOVA cuando no se puede asumir que las varianzas son iguales. Los resultados obtenidos son los siguientes:

Pruebas robustas de igualdad de medias^{b,c,d}

| | | Estadístico ^a | gl1 | gl2 | Sig. |
|---|----------------|--------------------------|-----|--------|-------|
| Define adecuadamente el MAS | Welch | 3,726 | 1 | 11,679 | 0,078 |
| | Brown-Forsythe | 3,726 | 1 | 11,679 | 0,078 |
| Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | Welch | 0,088 | 1 | 18,830 | 0,769 |
| | Brown-Forsythe | 0,088 | 1 | 18,830 | 0,769 |
| | Welch | . | . | . | . |

| | | | | | |
|--|----------------|-------|---|--------|-------|
| Señala la conservación de la energía mecánica | Brown-Forsythe | . | . | . | . |
| Muestra la constancia del período de oscilación | Welch | . | . | . | . |
| | Brown-Forsythe | . | . | . | . |
| Indica la situación del rozamiento | Welch | 1,857 | 1 | 23,867 | 0,186 |
| | Brown-Forsythe | 1,857 | 1 | 23,867 | 0,186 |
| Declara la ausencia de amortiguamiento | Welch | . | . | . | . |
| | Brown-Forsythe | . | . | . | . |
| Construye correctamente la gráfica de la energía | Welch | 2,227 | 1 | 13,968 | 0,158 |
| | Brown-Forsythe | 2,227 | 1 | 13,968 | 0,158 |

a. F distribuida de forma asintótica

b. Las pruebas robustas de la igualdad de medias no se pueden realizar para Indica la conservación de la energía mecánica porque, como mínimo, un grupo tiene una varianza 0.

c. Las pruebas robustas de la igualdad de medias no se pueden realizar para Muestra la constancia del período de oscilación porque, como mínimo, un grupo tiene una varianza 0.

d. Las pruebas robustas de la igualdad de medias no se pueden realizar para Declara la ausencia de amortiguamiento porque, como mínimo, un grupo tiene una varianza 0.

Las que se interpretan del siguiente modo:

- en las categorías:

* Señala la conservación de la energía mecánica

* Muestra la constancia del período de oscilación

* Declara la ausencia de amortiguamiento

No se pudo hacer el análisis dado que en el grupo testigo no se obtuvieron datos. Ello implica que el grupo indagado fue el único que presentó estas respuestas en el examen.

Para las categorías:

* Define adecuadamente el MAS?

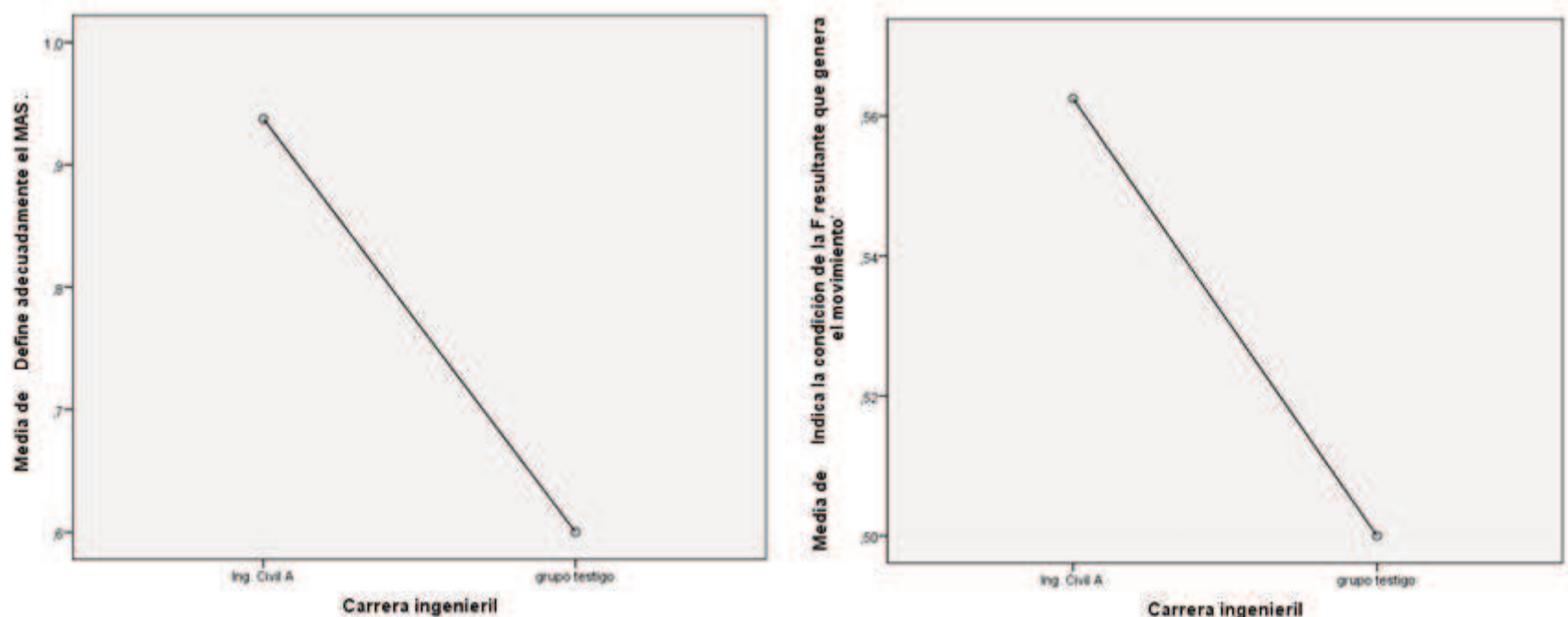
* Indica la situación del rozamiento

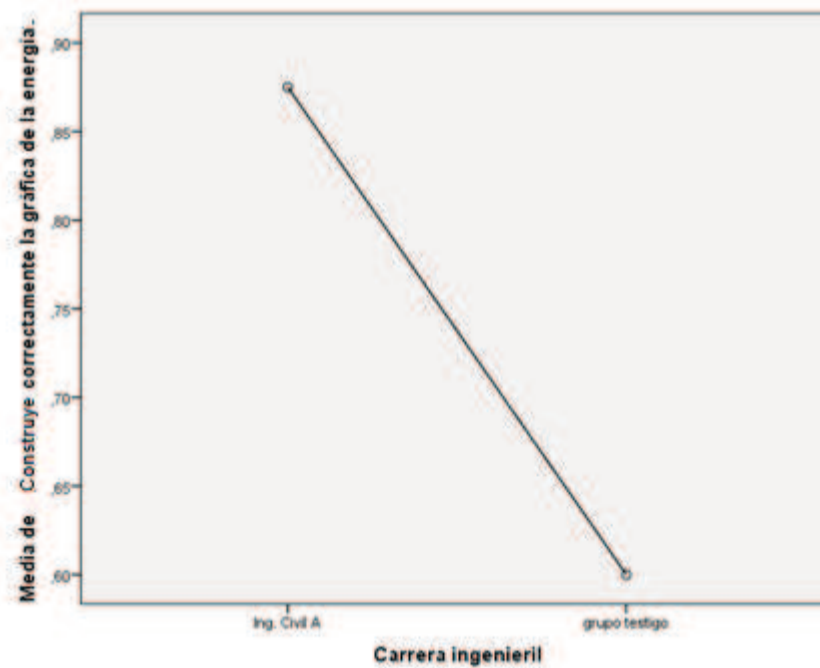
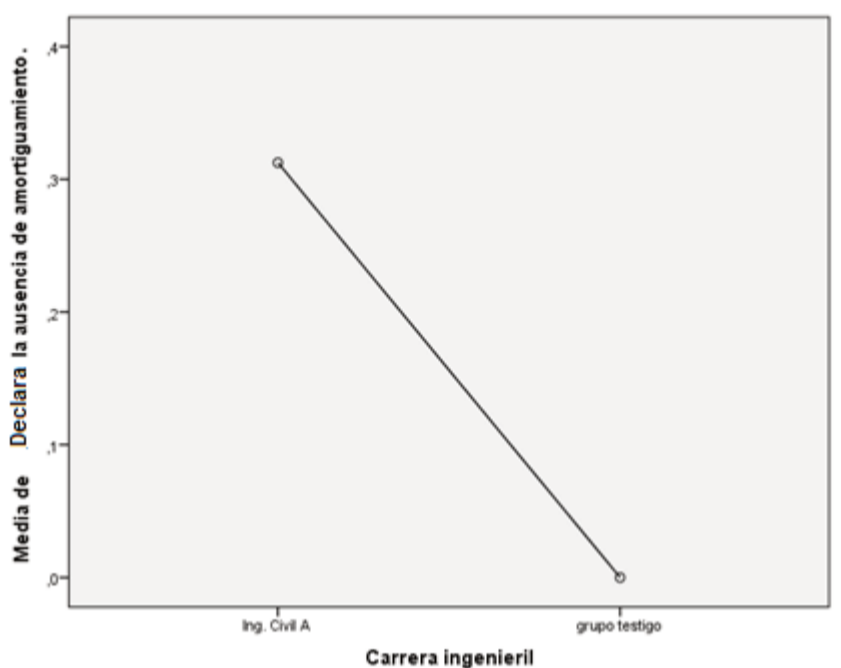
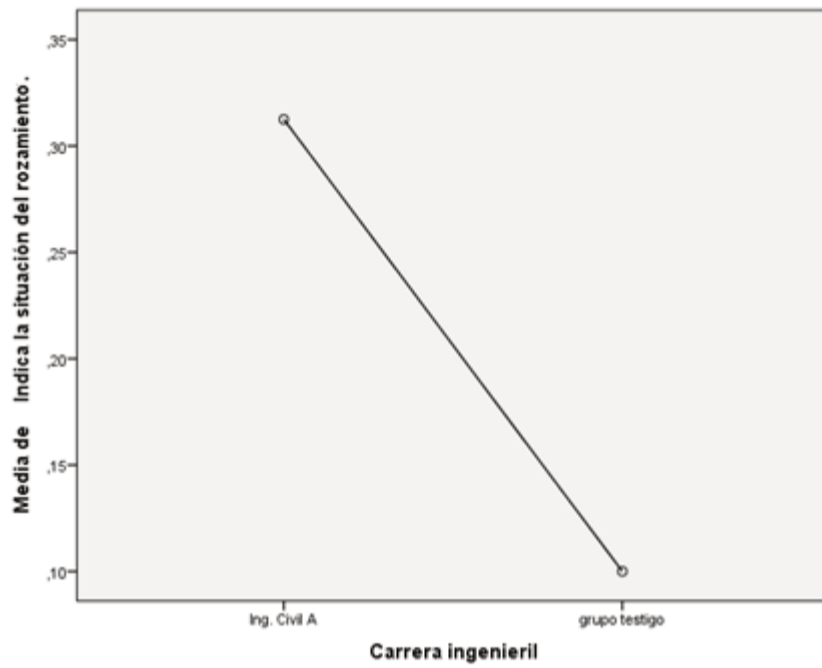
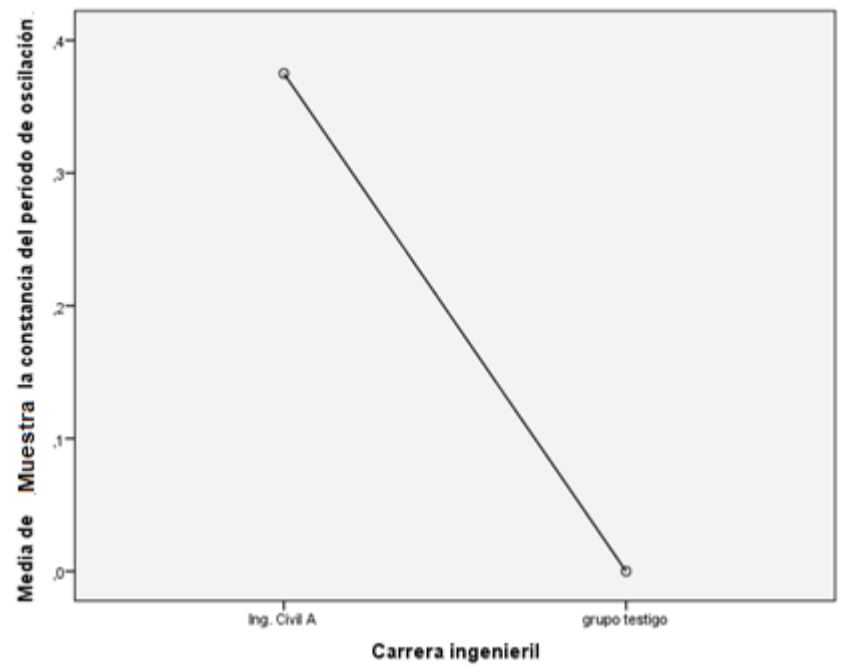
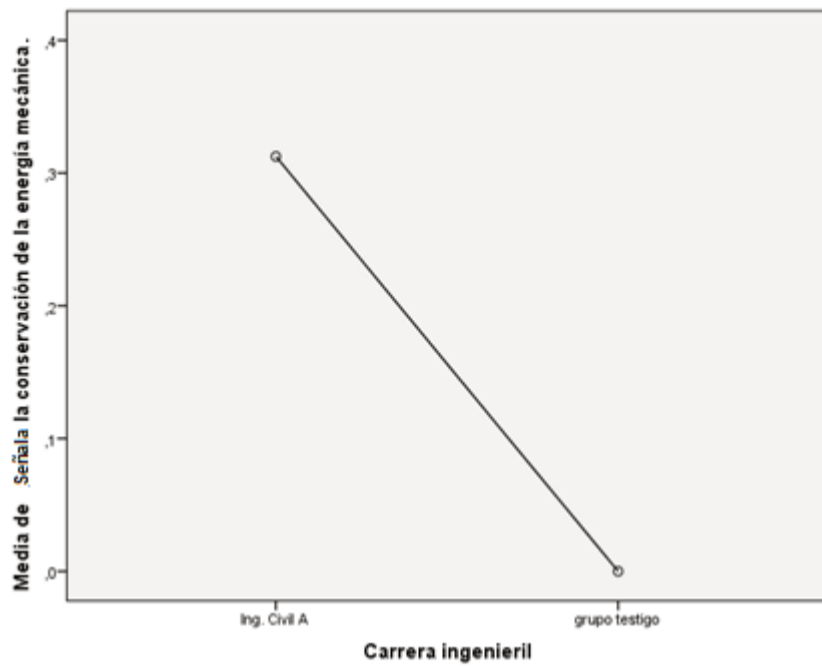
* Construye correctamente la gráfica de la energía

Se rechaza H_0 para una probabilidad del 92,2%; 81,4%; y 84,2%; respectivamente.

Finalmente, en: *Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento* se acepta la H_0 de igualdad de medias: Así, los dos grupos tuvieron un comportamiento similar en base a dicha consigna.

Finalmente, todos los gráficos de medias indican una superioridad en el grupo indagado en relación al testigo:





Pruebas NPar

Prueba de Mann-Whitney

| | | Rangos | | |
|-----------------------------|--------------------|--------|----------------|----------------|
| | | N | Rango promedio | Suma de rangos |
| Define adecuadamente el MAS | Carrera ingenieril | | | |
| | Ing. Civil A | 16 | 15,19 | 243,00 |
| | grupo testigo | 10 | 10,80 | 108,00 |
| | Total | 26 | | |

| | | | | |
|---|---------------|----|-------|--------|
| Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | Ing. Civil A | 16 | 13,81 | 221,00 |
| | grupo testigo | 10 | 13,00 | 130,00 |
| | Total | 26 | | |
| Señala la conservación de la energía mecánica | Ing. Civil A | 16 | 15,06 | 241,00 |
| | grupo testigo | 10 | 11,00 | 110,00 |
| | Total | 26 | | |
| Muestra la constancia del período de oscilación | Ing. Civil A | 16 | 15,38 | 246,00 |
| | grupo testigo | 10 | 10,50 | 105,00 |
| | Total | 26 | | |
| Indica la situación del rozamiento | Ing. Civil A | 16 | 14,56 | 233,00 |
| | grupo testigo | 10 | 11,80 | 118,00 |
| | Total | 26 | | |
| Declara la ausencia de amortiguamiento | Ing. Civil A | 16 | 15,06 | 241,00 |
| | grupo testigo | 10 | 11,00 | 110,00 |
| | Total | 26 | | |
| Construye correctamente la gráfica de la energía | Ing. Civil A | 16 | 14,88 | 238,00 |
| | grupo testigo | 10 | 11,30 | 113,00 |
| | Total | 26 | | |

Estadísticos de prueba^a

| | Define adecuadamente el MAS | Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | Señala la conservación de la energía mecánica | Muestra la constancia del período de oscilación | Indica la situación del rozamiento | Declara la ausencia de amortiguamiento | Construye correctamente la gráfica de la energía |
|--|-----------------------------|---|---|---|------------------------------------|--|--|
| U de Mann-Whitney | 53,000 | 75,000 | 55,000 | 50,000 | 63,000 | 55,000 | 58,000 |
| W de Wilcoxon | 108,000 | 130,000 | 110,000 | 105,000 | 118,000 | 110,000 | 113,000 |
| Z | -2,083 | -0,305 | -1,929 | -2,165 | -1,227 | -1,929 | -1,588 |
| Sig. asintótica (bilateral) | 0,037 | ,760 | 0,054 | 0,030 | 0,220 | 0,054 | 0,112 |
| Significación exacta [2*(sig. unilateral)] | 0,165 ^b | 0,816 ^b | 0,201 ^b | 0,121 ^b | 0,391 ^b | 0,201 ^b | 0,262 ^b |

a. Variable de agrupación: Carrera ingenieril

b. No corregido para empates.

Prueba de Moses

| | Frecuencias | |
|---|------------------------------|----|
| | Carrera ingenieril | N |
| Define adecuadamente el MAS | Ing. Civil A (Control) | 16 |
| | grupo testigo (Experimental) | 10 |
| | Total | 26 |
| | | |
| Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | Ing. Civil A (Control) | 16 |
| | grupo testigo (Experimental) | 10 |
| | Total | 26 |
| | | |
| Señala la conservación de la energía mecánica | Ing. Civil A (Control) | 16 |
| | grupo testigo (Experimental) | 10 |
| | Total | 26 |
| | Ing. Civil A (Control) | 16 |

| | | |
|--|---|----|
| Muestra la constancia del período de oscilación | grupo testigo (Experimental) | 10 |
| | Total | 26 |
| Indica la situación del rozamiento | Ing. Civil A (Control) grupo testigo (Experimental) | 16 |
| | Total | 26 |
| Declara la ausencia de amortiguamiento | Ing. Civil A (Control) grupo testigo (Experimental) | 16 |
| | Total | 26 |
| Construye correctamente la gráfica de la energía | Ing. Civil A (Control) grupo testigo (Experimental) | 16 |
| | Total | 26 |

| | | Estadísticos de prueba ^{a,b} | | | | | | |
|---|-------------------|---------------------------------------|---|---|---|------------------------------------|--|--|
| | | Define adecuadamente el MAS | Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | Señala la conservación de la energía mecánica | Muestra la constancia del período de oscilación | Indica la situación del rozamiento | Declara la ausencia de amortiguamiento | Construye correctamente la gráfica de la energía |
| Amplitud de grupo de control observado | | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| | Sig. (unilateral) | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Amplitud de grupo de control recortado | | 1 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 |
| | Sig. (unilateral) | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Valores atípicos recortados de cada extremo | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |

a. Prueba de Moses

b. Variable de agrupación: Carrera ingenieril

Prueba de Kolmogorov-Smirnov de dos muestras

| Frecuencias | | |
|---|--------------------|----|
| | Carrera ingenieril | N |
| Define adecuadamente el MAS | Ing. Civil A | 16 |
| | grupo testigo | 10 |
| | Total | 26 |
| Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | Ing. Civil A | 16 |
| | grupo testigo | 10 |
| | Total | 26 |
| Señala la conservación de la energía mecánica | Ing. Civil A | 16 |
| | grupo testigo | 10 |
| | Total | 26 |
| Muestra la constancia del período de oscilación | Ing. Civil A | 16 |
| | grupo testigo | 10 |
| | Total | 26 |
| Indica la situación del rozamiento | Ing. Civil A | 16 |
| | grupo testigo | 10 |

| | | |
|--|---------------|----|
| | Total | 26 |
| Declara la ausencia de amortiguamiento | Ing. Civil A | 16 |
| | grupo testigo | 10 |
| | Total | 26 |
| Construye correctamente la gráfica de la energía | Ing. Civil A | 16 |
| | grupo testigo | 10 |
| | Total | 26 |

Estadísticos de prueba^a

| | | Define adecuadamente el MAS | Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | Señala la conservación de la energía mecánica | Muestra la constancia del período de oscilación | Indica la situación del rozamiento | Declara la ausencia de amortiguamiento | Construye correctamente la gráfica de la energía |
|------------------------------|----------|-----------------------------|---|---|---|------------------------------------|--|--|
| Máximas diferencias extremas | Absoluta | 0,338 | 0,063 | 0,313 | 0,375 | 0,213 | 0,313 | 0,275 |
| | Positivo | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| | Negativo | -0,338 | -0,063 | -0,313 | -,375 | -0,213 | -0,313 | -0,275 |
| Z de Kolmogorov-Smirnov | | 0,837 | 0,155 | 0,775 | 0,930 | 0,527 | 0,775 | 0,682 |
| Sig. asintótica (bilateral) | | 0,485 | 1,000 | 0,585 | 0,352 | 0,944 | 0,585 | 0,741 |

a. Variable de agrupación: Carrera ingenieril

Prueba de Wald-Wolfowitz

Frecuencias

| | Carrera ingenieril | N |
|---|--------------------|----|
| Define adecuadamente el MAS | Ing. Civil A | 16 |
| | grupo testigo | 10 |
| | Total | 26 |
| Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | Ing. Civil A | 16 |
| | grupo testigo | 10 |
| | Total | 26 |
| Señala la conservación de la energía mecánica | Ing. Civil A | 16 |
| | grupo testigo | 10 |
| | Total | 26 |
| Muestra la constancia del período de oscilación | Ing. Civil A | 16 |
| | grupo testigo | 10 |
| | Total | 26 |
| Indica la situación del rozamiento | Ing. Civil A | 16 |
| | grupo testigo | 10 |
| | Total | 26 |
| Declara la ausencia de amortiguamiento | Ing. Civil A | 16 |
| | grupo testigo | 10 |
| | Total | 26 |
| Construye correctamente la gráfica de la energía | Ing. Civil A | 16 |
| | grupo testigo | 10 |
| | Total | 26 |

Estadísticos de prueba^{a,b}

| | | Número de rachas | Z | Significación exacta (unilateral) |
|---|----------------|------------------|--------|-----------------------------------|
| Define adecuadamente el MAS | Mínimo posible | 3 ^c | -4,157 | ,000 |
| | Máximo posible | 16 ^c | 1,353 | ,912 |
| Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | Mínimo posible | 3 ^c | -4,157 | ,000 |
| | Máximo posible | 21 ^c | 3,472 | 1,000 |
| Señala la conservación de la energía mecánica | Mínimo posible | 2 ^d | -4,581 | ,000 |
| | Máximo posible | 21 ^d | 3,472 | 1,000 |
| Muestra la constancia del período de oscilación | Mínimo posible | 2 ^e | -4,581 | ,000 |
| | Máximo posible | 21 ^e | 3,472 | 1,000 |
| Indica la situación del rozamiento | Mínimo posible | 3 ^c | -4,157 | ,000 |
| | Máximo posible | 21 ^c | 3,472 | 1,000 |
| Declara la ausencia de amortiguamiento | Mínimo posible | 2 ^d | -4,581 | ,000 |
| | Máximo posible | 21 ^d | 3,472 | 1,000 |
| Construye correctamente la gráfica de la energía | Mínimo posible | 3 ^c | -4,157 | ,000 |
| | Máximo posible | 18 ^c | 2,201 | ,988 |

a. Prueba de Wald-Wolfowitz

b. Variable de agrupación: Carrera ingenieril

c. Hay 2 empates entre grupos que implican 26 casos.

d. Hay 1 empate entre grupos que implican 21 casos.

e. Hay 1 empate entre grupos que implican 20 casos.

Prueba T

Estadísticas de grupo

| | Carrera ingenieril | N | Media | Desviación estándar | Media de error estándar |
|---|--------------------|----|-------|---------------------|-------------------------|
| Define adecuadamente el MAS | Ing. Civil A | 16 | 0,94 | 0,250 | 0,063 |
| | grupo testigo | 10 | 0,60 | 0,516 | 0,163 |
| Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | Ing. Civil A | 16 | 0,56 | 0,512 | 0,128 |
| | grupo testigo | 10 | 0,50 | 0,527 | 0,167 |
| Señala la conservación de la energía mecánica | Ing. Civil A | 16 | 0,31 | 0,479 | 0,120 |
| | grupo testigo | 10 | 0,00 | 0,000 | 0,000 |
| Muestra la constancia del período de oscilación | Ing. Civil A | 16 | 0,38 | 0,500 | 0,125 |
| | grupo testigo | 10 | 0,00 | 0,000 | 0,000 |
| Indica la situación del rozamiento | Ing. Civil A | 16 | 0,31 | 0,479 | 0,120 |
| | grupo testigo | 10 | 0,10 | 0,316 | 0,100 |
| Declara la ausencia de amortiguamiento | Ing. Civil A | 16 | 0,31 | 0,479 | 0,120 |
| | grupo testigo | 10 | 0,00 | 0,000 | 0,000 |
| Construye correctamente la gráfica de la energía | Ing. Civil A | 16 | 0,88 | 0,342 | 0,085 |
| | grupo testigo | 10 | 0,60 | 0,516 | 0,163 |

Prueba de muestras independientes

| | Prueba de Levene de igualdad de varianzas | | prueba t para la igualdad de medias | | | | | 95% de intervalo de confianza de la diferencia | |
|--|---|------|-------------------------------------|----|------------------|----------------------|------------------------------|--|----------|
| | F | Sig. | t | gl | Sig. (bilateral) | Diferencia de medias | Diferencia de error estándar | Inferior | Superior |
| | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | |
|---|--------------------------------|---------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Define adecuadamente el MAS | Se asumen varianzas iguales | 23,890 | 0,000 | 2,245 | 24 | 0,034 | 0,338 | 0,150 | 0,027 | 0,648 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | 1,930 | 11,679 | 0,078 | 0,338 | 0,175 | -0,045 | 0,720 |
| Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | Se asumen varianzas iguales | 0,147 | 0,705 | 0,299 | 24 | 0,767 | 0,063 | 0,209 | -0,368 | 0,493 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | 0,297 | 18,830 | 0,769 | 0,063 | 0,210 | -0,378 | 0,503 |
| Señala la conservación de la energía mecánica | Se asumen varianzas iguales | 56,410 | 0,000 | 2,048 | 24 | 0,052 | 0,313 | 0,153 | -0,002 | 0,627 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | 2,611 | 15,000 | 0,020 | 0,313 | 0,120 | 0,057 | 0,568 |
| Muestra la constancia del período de oscilación | Se asumen varianzas iguales | 138,462 | 0,000 | 2,353 | 24 | 0,027 | 0,375 | 0,159 | 0,046 | 0,704 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | 3,000 | 15,000 | 0,009 | 0,375 | 0,125 | 0,109 | 0,641 |
| Indica la situación del rozamiento | Se asumen varianzas iguales | 8,691 | 0,007 | 1,240 | 24 | 0,227 | 0,213 | 0,171 | -0,141 | 0,566 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | 1,363 | 23,867 | 0,186 | 0,213 | 0,156 | -0,109 | 0,534 |
| Declara la ausencia de amortiguamiento | Se asumen varianzas iguales | 56,410 | 0,000 | 2,048 | 24 | 0,052 | 0,313 | 0,153 | -0,002 | 0,627 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | 2,611 | 15,000 | 0,020 | 0,313 | 0,120 | 0,057 | 0,568 |
| Construye correctamente la gráfica de la energía | Se asumen varianzas iguales | 9,330 | 0,005 | 1,641 | 24 | 0,114 | 0,275 | 0,168 | -0,071 | 0,621 |
| | No se asumen varianzas iguales | | | 1,492 | 13,968 | 0,158 | 0,275 | 0,184 | -0,120 | 0,670 |

Finalmente, mediante un análisis comparado mediante Tablas de contingencia – en función de los dos grupos – se obtuvieron los siguientes resultados:

| | Resumen de procesamiento de casos | | | | | |
|--|-----------------------------------|------------|---------------|------------|-------|------------|
| | Válido | | Casos Perdido | | Total | |
| | N | Porcentaje | N | Porcentaje | N | Porcentaje |
| Define adecuadamente el MAS * Carrera ingenieril | 26 | 100,0% | 0 | 0,0% | 26 | 100,0% |
| Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento * Carrera ingenieril | 26 | 100,0% | 0 | 0,0% | 26 | 100,0% |

| | | | | | | |
|---|----|--------|---|------|----|--------|
| Señala la conservación de la energía mecánica * Carrera ingenieril | 26 | 100,0% | 0 | 0,0% | 26 | 100,0% |
| Muestra la constancia del período de oscilación * Carrera ingenieril | 26 | 100,0% | 0 | 0,0% | 26 | 100,0% |
| Indica la situación del rozamiento * Carrera ingenieril | 26 | 100,0% | 0 | 0,0% | 26 | 100,0% |
| Declara la ausencia de amortiguamiento * Carrera ingenieril | 26 | 100,0% | 0 | 0,0% | 26 | 100,0% |
| Construye correctamente la gráfica de la energía * Carrera ingenieril | 26 | 100,0% | 0 | 0,0% | 26 | 100,0% |

Define adecuadamente el MAS * Carrera ingenieril

Tabla cruzada

| | | Carrera ingenieril | | Total | |
|-----------------------------|----|---|---------------|--------|--------|
| | | Ing. Civil A | grupo testigo | | |
| Define adecuadamente el MAS | no | Recuento | 1 | 4 | 5 |
| | | Recuento esperado | 3,1 | 1,9 | 5,0 |
| | | % dentro de Define adecuadamente el MAS | 20,0% | 80,0% | 100,0% |
| | | % dentro de Carrera ingenieril | 6,3% | 40,0% | 19,2% |
| | | % del total | 3,8% | 15,4% | 19,2% |
| | si | Recuento | 15 | 6 | 21 |
| | | Recuento esperado | 12,9 | 8,1 | 21,0 |
| | | % dentro de Define adecuadamente el MAS | 71,4% | 28,6% | 100,0% |
| | | % dentro de Carrera ingenieril | 93,8% | 60,0% | 80,8% |
| | | % del total | 57,7% | 23,1% | 80,8% |
| Total | | Recuento | 16 | 10 | 26 |
| | | Recuento esperado | 16,0 | 10,0 | 26,0 |
| | | % dentro de Define adecuadamente el MAS | 61,5% | 38,5% | 100,0% |
| | | % dentro de Carrera ingenieril | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| | | % del total | 61,5% | 38,5% | 100,0% |

Pruebas de chi-cuadrado

| | Valor | df | Significación asintótica (bilateral) | Significación exacta (bilateral) | Significación exacta (unilateral) | Probabilidad en el punto |
|--|--------------------|----|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Chi-cuadrado de Pearson | 4,513 ^a | 1 | 0,034 | 0,055 | 0,055 | |
| Corrección de continuidad ^b | 2,602 | 1 | 0,107 | | | |
| Razón de verosimilitud | 4,515 | 1 | 0,034 | 0,121 | 0,055 | |
| Prueba exacta de Fisher | | | | 0,055 | 0,055 | |
| Asociación lineal por lineal | 4,339 ^c | 1 | 0,037 | 0,055 | 0,055 | 0,051 |
| N de casos válidos | 26 | | | | | |

a. 2 casillas (50,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 1,92.

b. Sólo se ha calculado para una tabla 2x2

c. El estadístico estandarizado es -2,083.

Medidas direccionales

| | | | Valor | Error estándar asintótico ^a | T aproximada ^b | Significación aproximada | Significación exacta |
|---------------------|-------------|---|--------|---|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Ordinal por ordinal | d de Somers | Simétrico | -0,408 | 0,173 | -1,994 | 0,046 | 0,055 |
| | | Define adecuadamente el MAS dependiente | -0,338 | 0,166 | -1,994 | 0,046 | 0,055 |
| | | Carrera ingenieril dependiente | -0,514 | 0,204 | -1,994 | 0,046 | 0,055 |

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

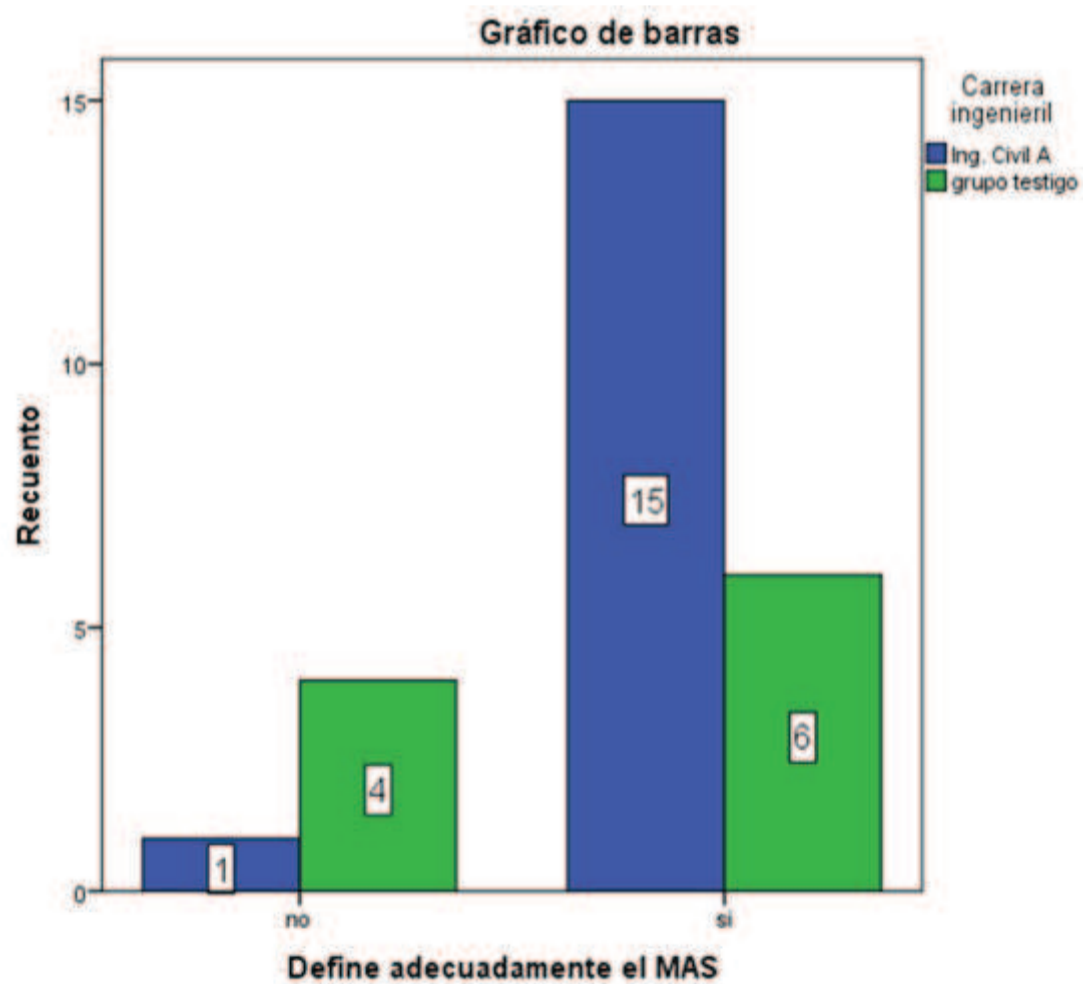
Medidas simétricas

| | | | Valor | Error estándar asintótico ^a | T aproximada ^b | Significación aproximada | Significación exacta |
|-------------------------|--|-------------------------|-------|---|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Ordinal por ordinal | | Tau-b de Kendall | -,417 | ,177 | -1,994 | ,046 | ,055 |
| | | Tau-c de Kendall | -,320 | ,160 | -1,994 | ,046 | ,055 |
| | | Gamma | -,818 | ,201 | -1,994 | ,046 | ,121 |
| | | Correlación de Spearman | -,417 | ,177 | -2,245 | ,034 ^c | ,055 |
| Intervalo por intervalo | | R de Pearson | -,417 | ,177 | -2,245 | ,034 ^c | ,055 |
| N de casos válidos | | | 26 | | | | |

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

c. Se basa en aproximación normal.



Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento * Carrera ingenieril

Tabla cruzada

| | Carrera ingenieril | | Total |
|--|--------------------|---------------|-------|
| | Ing. Civil A | grupo testigo | |
| | | | |

| | | | | | |
|---|-------|---|--------|--------|--------|
| Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | no | Recuento | 7 | 5 | 12 |
| | | Recuento esperado | 7,4 | 4,6 | 12,0 |
| | | % dentro de Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | 58,3% | 41,7% | 100,0% |
| | si | Recuento | 9 | 5 | 14 |
| | | Recuento esperado | 8,6 | 5,4 | 14,0 |
| | | % dentro de Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | 64,3% | 35,7% | 100,0% |
| Total | no | % dentro de Carrera ingenieril | 43,8% | 50,0% | 46,2% |
| | | % del total | 26,9% | 19,2% | 46,2% |
| | | Recuento | 16 | 10 | 26 |
| | si | Recuento esperado | 16,0 | 10,0 | 26,0 |
| | | % dentro de Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento | 61,5% | 38,5% | 100,0% |
| | | % dentro de Carrera ingenieril | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| % del total | 61,5% | 38,5% | 100,0% | | |

Pruebas de chi-cuadrado

| | Valor | df | Significación asintótica (bilateral) | Significación exacta (bilateral) | Significación exacta (unilateral) | Probabilidad en el punto |
|--|--------------------|----|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Chi-cuadrado de Pearson | ,097 ^a | 1 | 0,756 | 1,000 | 0,536 | |
| Corrección de continuidad ^b | 0,000 | 1 | 1,000 | | | |
| Razón de verosimilitud | 0,097 | 1 | 0,756 | 1,000 | 0,536 | |
| Prueba exacta de Fisher | | | | 1,000 | 0,536 | |
| Asociación lineal por lineal | 0,093 ^c | 1 | 0,760 | 1,000 | 0,536 | 0,299 |
| N de casos válidos | 26 | | | | | |

a. 1 casillas (25,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 4,62.

b. Sólo se ha calculado para una tabla 2x2

c. El estadístico estandarizado es -,305.

Medidas direccionales

| | Valor | Error estándar asintótico ^a | T aproximada ^b | Significación aproximada | Significación exacta |
|---|--------|--|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| Ordinal por ordinal | -0,061 | 0,196 | -0,311 | 0,756 | 1,000 |
| Indica la condición de la F resultante que genera el movimiento dependiente | -0,063 | 0,201 | -0,311 | 0,756 | 1,000 |
| Carrera ingenieril dependiente | -0,060 | 0,191 | -0,311 | 0,756 | 1,000 |

a. No se presupone la hipótesis nula.

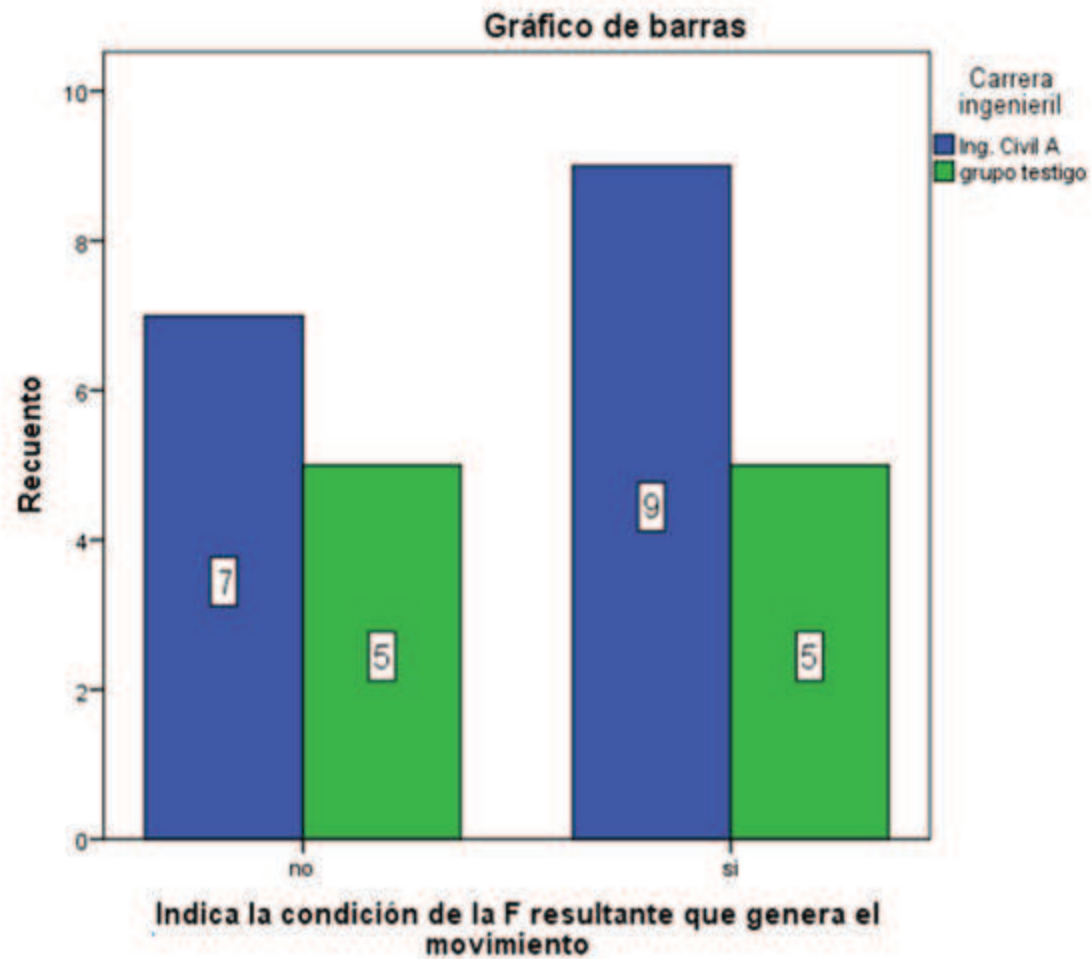
b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

Medidas simétricas

| | Valor | Error estándar asintótico ^a | T aproximada ^b | Significación aproximada | Significación exacta |
|---------------------|--------|--|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| Ordinal por ordinal | -0,061 | 0,196 | -0,311 | 0,756 | 1,000 |
| Tau-b de Kendall | -0,059 | 0,190 | -0,311 | 0,756 | 1,000 |
| Tau-c de Kendall | -0,125 | 0,398 | -0,311 | 0,756 | 1,000 |
| Gamma | | | | | |

| | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------|--------|-------|--------|--------------------|-------|
| | Correlación de Spearman | -0,061 | 0,196 | -0,299 | 0,767 ^c | 1,000 |
| Intervalo por intervalo | R de Pearson | -0,061 | 0,196 | -0,299 | 0,767 ^c | 1,000 |
| N de casos válidos | | 26 | | | | |

- a. No se presupone la hipótesis nula.
- b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.
- c. Se basa en aproximación normal.



Señala la conservación de la energía mecánica * Carrera ingenieril

Tabla cruzada

| | | Carrera ingenieril | | | |
|---|----|---|---------------|--------|--------|
| | | Ing. Civil A | grupo testigo | Total | |
| Señala la conservación de la energía mecánica | no | Recuento | 11 | 10 | 21 |
| | | Recuento esperado | 12,9 | 8,1 | 21,0 |
| | | % dentro de Señala la conservación de la energía mecánica | 52,4% | 47,6% | 100,0% |
| | si | Recuento | 5 | 0 | 5 |
| | | Recuento esperado | 3,1 | 1,9 | 5,0 |
| | | % dentro de Señala la conservación de la energía mecánica | 100,0% | 0,0% | 100,0% |
| | | % dentro de Carrera ingenieril | 68,8% | 100,0% | 80,8% |
| | | % del total | 42,3% | 38,5% | 80,8% |
| Total | | Recuento | 16 | 10 | 26 |
| | | Recuento esperado | 16,0 | 10,0 | 26,0 |

| | | | |
|---|--------|--------|--------|
| % dentro de Señala la conservación de la energía mecánica | 61,5% | 38,5% | 100,0% |
| % dentro de Carrera ingenieril | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| % del total | 61,5% | 38,5% | 100,0% |

Pruebas de chi-cuadrado

| | Valor | df | Significación asintótica (bilateral) | Significación exacta (bilateral) | Significación exacta (unilateral) | Probabilidad en el punto |
|--|--------------------|----|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Chi-cuadrado de Pearson | 3,869 ^a | 1 | 0,049 | 0,121 | 0,066 | |
| Corrección de continuidad ^b | 2,119 | 1 | 0,146 | | | |
| Razón de verosimilitud | 5,582 | 1 | 0,018 | 0,070 | 0,066 | |
| Prueba exacta de Fisher | | | | 0,121 | 0,066 | |
| Asociación lineal por lineal | 3,720 ^c | 1 | 0,054 | 0,121 | 0,066 | 0,066 |
| N de casos válidos | 26 | | | | | |

a. 2 casillas (50,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 1,92.

b. Sólo se ha calculado para una tabla 2x2

c. El estadístico estandarizado es -1,929.

Medidas direccionales

| | | | Valor | Error estándar asintótico ^a | T aproximada ^b | Significación aproximada | Significación exacta |
|---------------------|-------------|---|--------|--|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| Ordinal por ordinal | d de Somers | Simétrico | -0,377 | 0,095 | -2,616 | 0,009 | 0,121 |
| | | Señala la conservación de la energía mecánica dependiente | -0,313 | 0,116 | -2,616 | 0,009 | 0,121 |
| | | Carrera ingenieril dependiente | -0,476 | 0,109 | -2,616 | 0,009 | 0,121 |

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

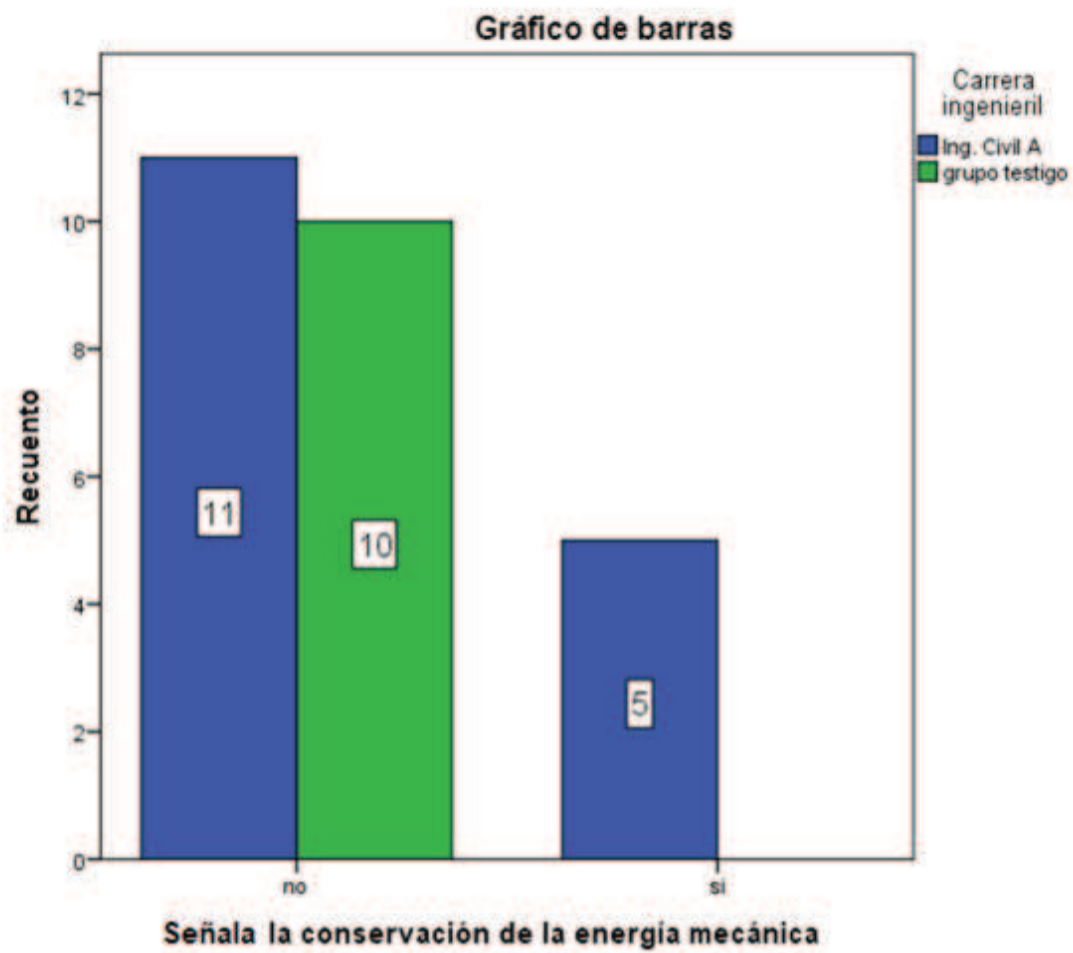
Medidas simétricas

| | | Valor | Error estándar asintótico ^a | T aproximada ^b | Significación aproximada | Significación exacta |
|-------------------------|-------------------------|--------|--|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| Ordinal por ordinal | Tau-b de Kendall | -0,386 | 0,097 | -2,616 | 0,009 | 0,121 |
| | Tau-c de Kendall | -0,296 | 0,113 | -2,616 | 0,009 | 0,121 |
| | Gamma | -1,000 | 0,000 | -2,616 | 0,009 | 0,070 |
| | Correlación de Spearman | -0,386 | 0,097 | -2,048 | 0,052 ^c | 0,121 |
| Intervalo por intervalo | R de Pearson | -0,386 | 0,097 | -2,048 | 0,052 ^c | 0,121 |
| N de casos válidos | | 26 | | | | |

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

c. Se basa en aproximación normal.



Muestra la constancia del período de oscilación * Carrera ingenieril

Tabla cruzada

| | | Carrera ingenieril | | | Total |
|---|---|---|---------------|--------|--------|
| | | Ing. Civil A | grupo testigo | | |
| Muestra la constancia del período de oscilación | no | Recuento | 10 | 10 | 20 |
| | | Recuento esperado | 12,3 | 7,7 | 20,0 |
| | | % dentro de Muestra la constancia del período de oscilación | 50,0% | 50,0% | 100,0% |
| | | % dentro de Carrera ingenieril | 62,5% | 100,0% | 76,9% |
| | | % del total | 38,5% | 38,5% | 76,9% |
| | si | Recuento | 6 | 0 | 6 |
| | | Recuento esperado | 3,7 | 2,3 | 6,0 |
| | | % dentro de Muestra la constancia del período de oscilación | 100,0% | 0,0% | 100,0% |
| | | % dentro de Carrera ingenieril | 37,5% | 0,0% | 23,1% |
| | | % del total | 23,1% | 0,0% | 23,1% |
| Total | Recuento | 16 | 10 | 26 | |
| | Recuento esperado | 16,0 | 10,0 | 26,0 | |
| | % dentro de Muestra la constancia del período de oscilación | 61,5% | 38,5% | 100,0% | |
| | % dentro de Carrera ingenieril | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| | % del total | 61,5% | 38,5% | 100,0% | |

Pruebas de chi-cuadrado

| | Valor | df | Significación asintótica (bilateral) | Significación exacta (bilateral) | Significación exacta (unilateral) | Probabilidad en el punto |
|--|--------------------|----|--|-------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|
| Chi-cuadrado de Pearson | 4,875 ^a | 1 | 0,027 | 0,053 | 0,035 | |
| Corrección de continuidad ^b | 2,991 | 1 | 0,084 | | | |
| Razón de verosimilitud | 6,921 | 1 | 0,009 | ,036 | 0,035 | |
| Prueba exacta de Fisher | | | | ,053 | 0,035 | |
| Asociación lineal por lineal | 4,688 ^c | 1 | 0,030 | 00,053 | 0,035 | 0,035 |
| N de casos válidos | 26 | | | | | |

a. 2 casillas (50,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 2,31.

b. Sólo se ha calculado para una tabla 2x2

c. El estadístico estandarizado es -2,165.

Medidas direccionales

| | | Valor | Error estándar asintótico ^a | T aproximada ^b | Significación aproximada | Significación exacta | |
|---------------------|-------------|---|---|------------------------------|-----------------------------|-------------------------|-------|
| Ordinal por ordinal | d de Somers | Simétrico | -0,429 | 0,100 | -2,977 | 0,003 | 0,053 |
| | | Muestra la constancia del período de oscilación dependiente | -0,375 | 0,121 | -2,977 | 0,003 | 0,053 |
| | | Carrera ingenieril dependiente | -0,500 | 0,112 | -2,977 | 0,003 | 0,053 |

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

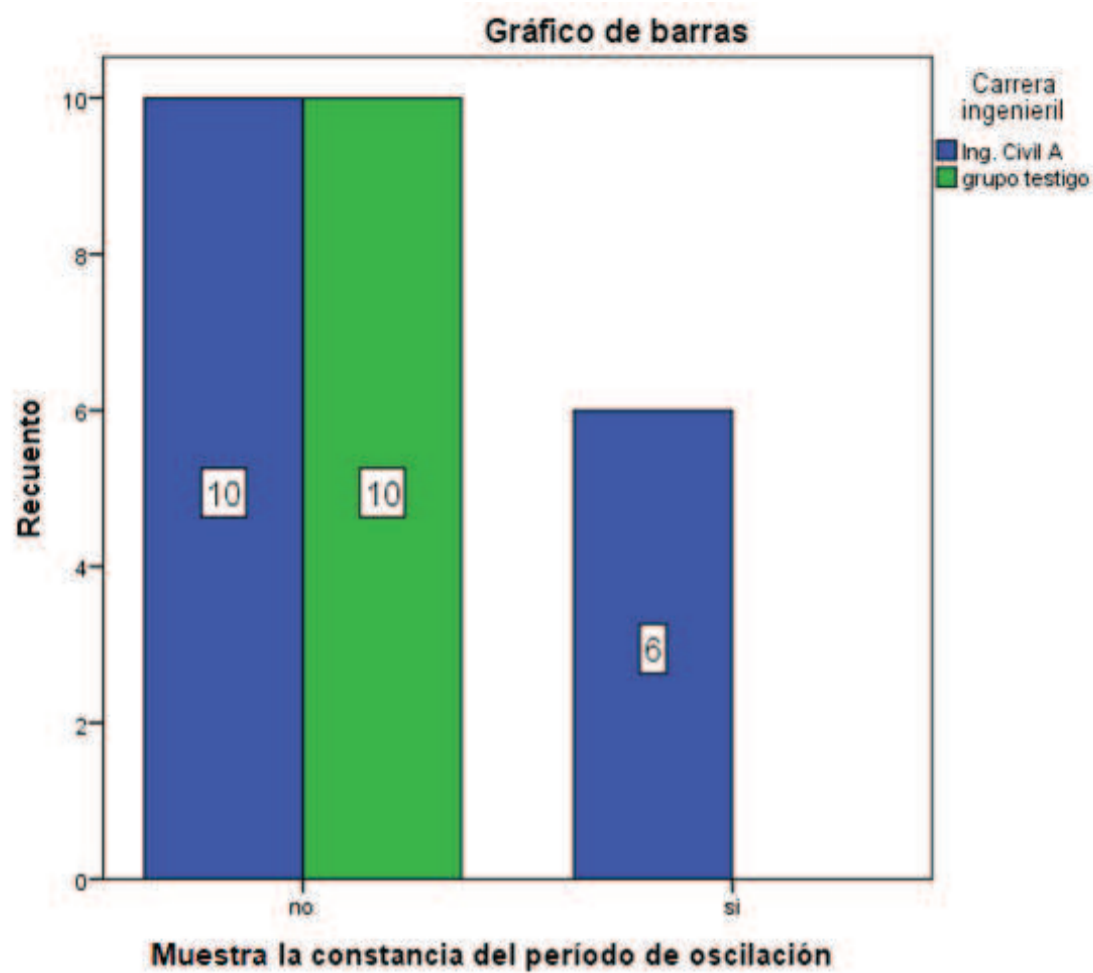
Medidas simétricas

| | | Valor | Error estándar asintótico ^a | T aproximada ^b | Significación aproximada | Significación exacta |
|-------------------------|-------------------------|--------|---|---------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Ordinal por ordinal | Tau-b de Kendall | -0,433 | 0,101 | -2,977 | 0,003 | 0,053 |
| | Tau-c de Kendall | -0,355 | 0,119 | -2,977 | 0,003 | 0,053 |
| | Gamma | -1,000 | 0,000 | -2,977 | 0,003 | 0,036 |
| | Correlación de Spearman | -0,433 | 0,101 | -2,353 | 0,027 ^c | 0,053 |
| Intervalo por intervalo | R de Pearson | -0,433 | 0,101 | -2,353 | 0,027 ^c | 0,053 |
| N de casos válidos | | 26 | | | | |

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

c. Se basa en aproximación normal.



Indica la situación del rozamiento * Carrera ingenieril

Tabla cruzada

| | | Carrera ingenieril | | | Total |
|------------------------------------|--|--|---------------|--------|--------|
| | | Ing. Civil A | grupo testigo | | |
| Indica la situación del rozamiento | no | Recuento | 11 | 9 | 20 |
| | | Recuento esperado | 12,3 | 7,7 | 20,0 |
| | | % dentro de Indica la situación del rozamiento | 55,0% | 45,0% | 100,0% |
| | | % dentro de Carrera ingenieril | 68,8% | 90,0% | 76,9% |
| | | % del total | 42,3% | 34,6% | 76,9% |
| | si | Recuento | 5 | 1 | 6 |
| | | Recuento esperado | 3,7 | 2,3 | 6,0 |
| | | % dentro de Indica la situación del rozamiento | 83,3% | 16,7% | 100,0% |
| | | % dentro de Carrera ingenieril | 31,3% | 10,0% | 23,1% |
| | | % del total | 19,2% | 3,8% | 23,1% |
| Total | Recuento | 16 | 10 | 26 | |
| | Recuento esperado | 16,0 | 10,0 | 26,0 | |
| | % dentro de Indica la situación del rozamiento | 61,5% | 38,5% | 100,0% | |
| | % dentro de Carrera ingenieril | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| | % del total | 61,5% | 38,5% | 100,0% | |

Pruebas de chi-cuadrado

| | Valor | df | Significación asintótica (bilateral) | Significación exacta (bilateral) | Significación exacta (unilateral) | Probabilidad en el punto |
|-------------------------|--------------------|----|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Chi-cuadrado de Pearson | 1,565 ^a | 1 | 0,211 | 0,352 | 0,225 | |

| | | | | | | |
|--|--------------------|---|-------|-------|-------|-------|
| Corrección de continuidad ^b | ,597 | 1 | 0,440 | | | |
| Razón de verosimilitud | 1,714 | 1 | 0,190 | 0,352 | 0,225 | |
| Prueba exacta de Fisher | | | | 0,352 | 0,225 | |
| Asociación lineal por lineal | 1,505 ^c | 1 | 0,220 | 0,352 | 0,225 | 0,190 |
| N de casos válidos | 26 | | | | | |

a. 2 casillas (50,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 2,31.

b. Sólo se ha calculado para una tabla 2x2

c. El estadístico estandarizado es -1,227.

| | | Medidas direccionales | | | | | |
|---------------------|-------------|--|--|---------------------------|--------------------------|----------------------|-------|
| | | Valor | Error estándar asintótico ^a | T aproximada ^b | Significación aproximada | Significación exacta | |
| Ordinal por ordinal | d de Somers | Simétrico | -0,243 | 0,163 | -1,407 | 0,160 | 0,352 |
| | | Indica la situación del rozamiento dependiente | -0,213 | 0,150 | -1,407 | 0,160 | 0,352 |
| | | Carrera ingenieril dependiente | -0,283 | 0,188 | -1,407 | 0,160 | 0,352 |

a. No se presupone la hipótesis nula.

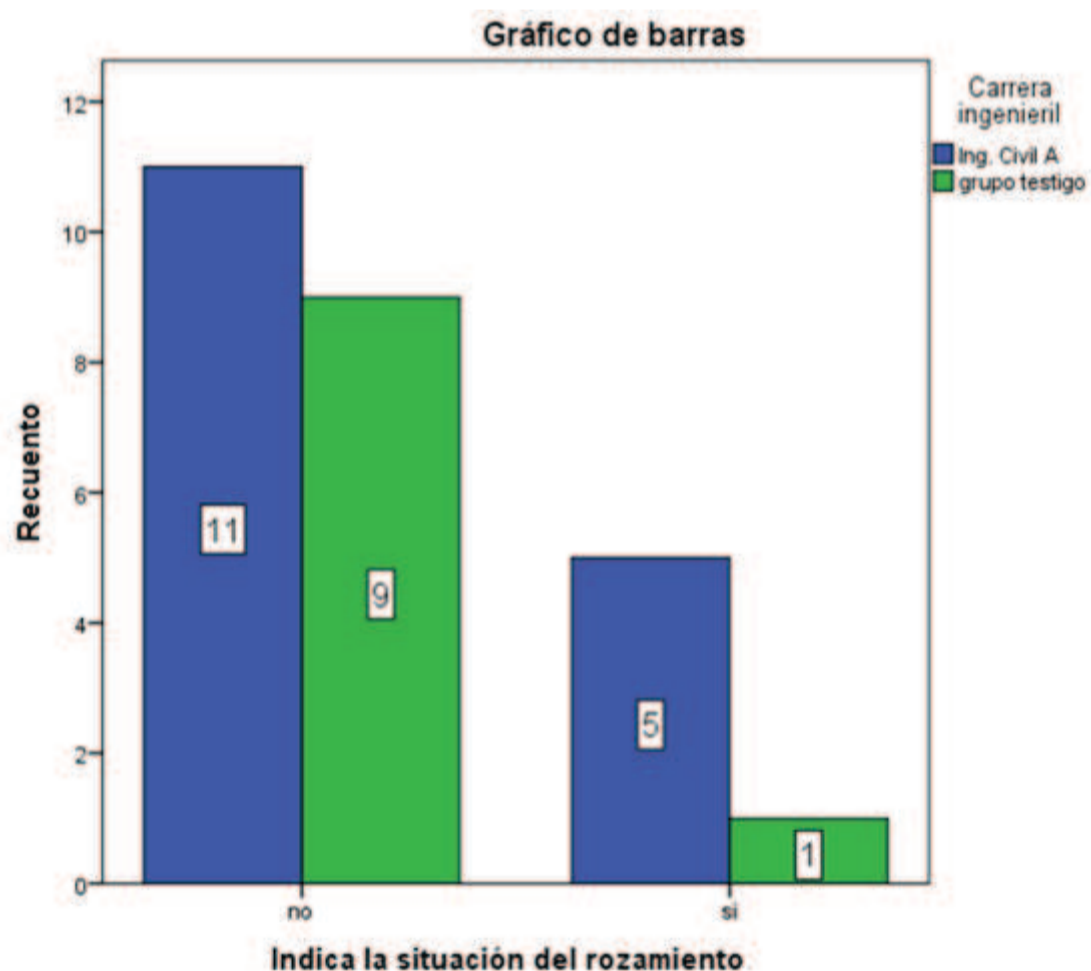
b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

| | | Medidas simétricas | | | | |
|-------------------------|-------------------------|--------------------|--|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| | | Valor | Error estándar asintótico ^a | T aproximada ^b | Significación aproximada | Significación exacta |
| Ordinal por ordinal | Tau-b de Kendall | -0,245 | 0,164 | -1,407 | 0,160 | 0,352 |
| | Tau-c de Kendall | -0,201 | 0,143 | -1,407 | 0,160 | 0,352 |
| | Gamma | -0,607 | 0,374 | -1,407 | 0,160 | 0,352 |
| | Correlación de Spearman | -0,245 | 0,164 | -1,240 | 0,227 ^c | 0,352 |
| Intervalo por intervalo | R de Pearson | -0,245 | 0,164 | -1,240 | 0,227 ^c | 0,352 |
| N de casos válidos | | 26 | | | | |

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

c. Se basa en aproximación normal.



Declara la ausencia de amortiguamiento * Carrera ingenieril

Tabla cruzada

| | | Carrera ingenieril | | Total | |
|--|--|--|---------------|--------|--------|
| | | Ing. Civil A | grupo testigo | | |
| Declara la ausencia de amortiguamiento | no | Recuento | 11 | 10 | 21 |
| | | Recuento esperado | 12,9 | 8,1 | 21,0 |
| | | % dentro de Declara la ausencia de amortiguamiento | 52,4% | 47,6% | 100,0% |
| | | % dentro de Carrera ingenieril | 68,8% | 100,0% | 80,8% |
| | | % del total | 42,3% | 38,5% | 80,8% |
| | si | Recuento | 5 | 0 | 5 |
| | | Recuento esperado | 3,1 | 1,9 | 5,0 |
| | | % dentro de Declara la ausencia de amortiguamiento | 100,0% | 0,0% | 100,0% |
| | | % dentro de Carrera ingenieril | 31,3% | 0,0% | 19,2% |
| | | % del total | 19,2% | 0,0% | 19,2% |
| Total | Recuento | 16 | 10 | 26 | |
| | Recuento esperado | 16,0 | 10,0 | 26,0 | |
| | % dentro de Declara la ausencia de amortiguamiento | 61,5% | 38,5% | 100,0% | |
| | % dentro de Carrera ingenieril | 100,0% | 100,0% | 100,0% | |
| | % del total | 61,5% | 38,5% | 100,0% | |

Pruebas de chi-cuadrado

| | Valor | df | Significación asintótica (bilateral) | Significación exacta (bilateral) | Significación exacta (unilateral) | Probabilidad en el punto |
|--|--------------------|----|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Chi-cuadrado de Pearson | 3,869 ^a | 1 | 0,049 | 0,121 | 0,066 | |
| Corrección de continuidad ^b | 2,119 | 1 | 0,146 | | | |
| Razón de verosimilitud | 5,582 | 1 | 0,018 | ,070 | 0,066 | |
| Prueba exacta de Fisher | | | | 0,121 | 0,066 | |
| Asociación lineal por lineal | 3,720 ^c | 1 | 0,054 | 0,121 | 0,066 | 0,066 |
| N de casos válidos | 26 | | | | | |

a. 2 casillas (50,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 1,92.

b. Sólo se ha calculado para una tabla 2x2

c. El estadístico estandarizado es -1,929.

Medidas direccionales

| | | Valor | Error estándar asintótico ^a | T aproximada ^b | Significación aproximada | Significación exacta |
|---------------------|--|--------|--|---------------------------|--------------------------|----------------------|
| Ordinal por ordinal | d de Somers | -0,377 | 0,095 | -2,616 | 0,009 | 0,121 |
| | Declara la ausencia de amortiguamiento dependiente | -0,313 | 0,116 | -2,616 | 0,009 | 0,121 |
| | Carrera ingenieril dependiente | -0,476 | 0,109 | -2,616 | 0,009 | 0,121 |

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

Medidas simétricas

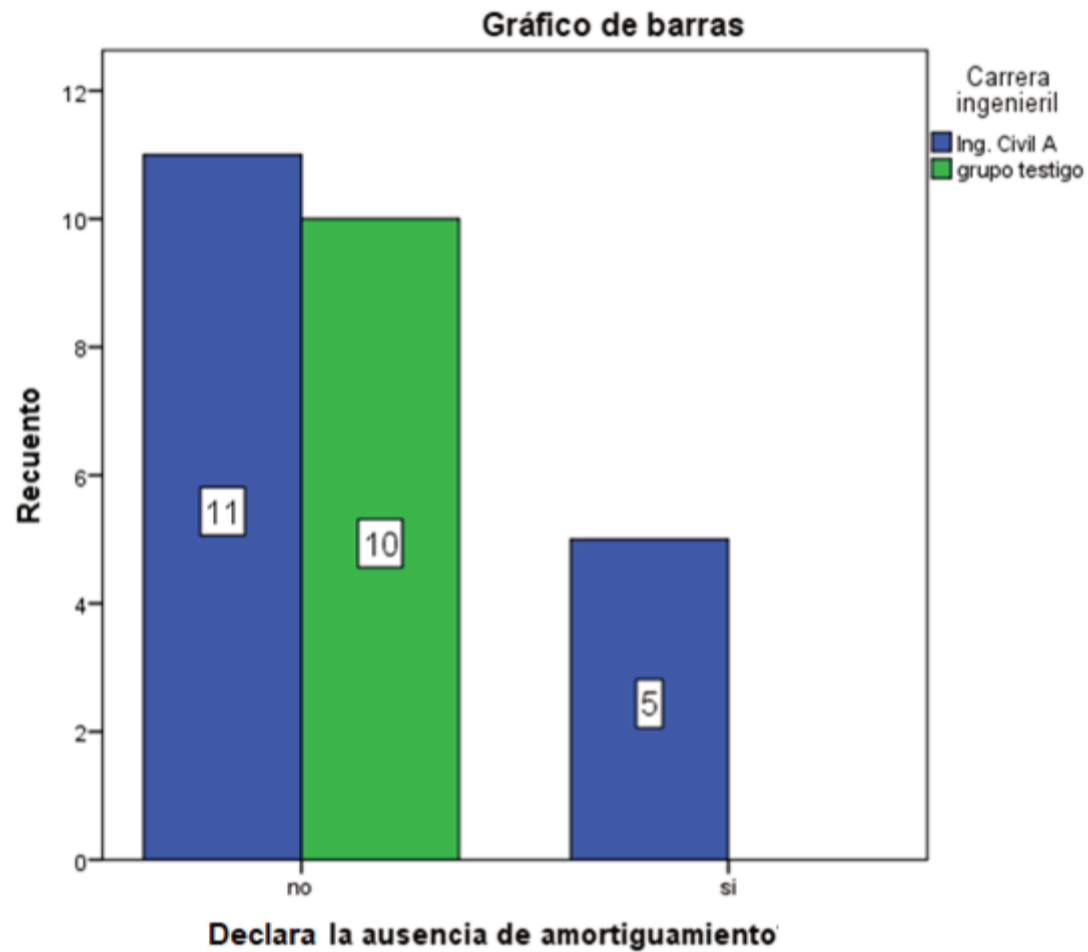
| Valor | Error estándar asintótico ^a | T aproximada ^b | Significación aproximada | Significación exacta |
|-------|--|---------------------------|--------------------------|----------------------|
|-------|--|---------------------------|--------------------------|----------------------|

| | | | | | | |
|-------------------------|-------------------------|--------|-------|--------|--------------------|-------|
| Ordinal por ordinal | Tau-b de Kendall | -0,386 | 0,097 | -2,616 | 0,009 | 0,121 |
| | Tau-c de Kendall | -0,296 | 0,113 | -2,616 | 0,009 | 0,121 |
| | Gamma | -1,000 | 0,000 | -2,616 | 0,009 | 0,070 |
| | Correlación de Spearman | -0,386 | 0,097 | -2,048 | 0,052 ^c | 0,121 |
| Intervalo por intervalo | R de Pearson | -0,386 | 0,097 | -2,048 | 0,052 ^c | 0,121 |
| N de casos válidos | | 26 | | | | |

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

c. Se basa en aproximación normal.



Construye correctamente la gráfica de la energía * Carrera ingenieril

Tabla cruzada

| | | Carrera ingenieril | | Total | |
|--|----|--|---------------|-------|--------|
| | | Ing. Civil A | grupo testigo | | |
| Construye correctamente la gráfica de la energía | no | Recuento | 2 | 4 | 6 |
| | | Recuento esperado | 3,7 | 2,3 | 6,0 |
| | | % dentro de Construye correctamente la gráfica de la energía | 33,3% | 66,7% | 100,0% |
| | si | Recuento | 14 | 6 | 20 |
| | | Recuento esperado | 12,3 | 7,7 | 20,0 |
| | | % dentro de Construye correctamente la gráfica de la energía | 70,0% | 30,0% | 100,0% |
| | | % dentro de Carrera ingenieril | 12,5% | 40,0% | 23,1% |
| | | % del total | 7,7% | 15,4% | 23,1% |
| Total | | Recuento | 16 | 10 | 26 |

| | | | |
|--|--------|--------|--------|
| Recuento esperado | 16,0 | 10,0 | 26,0 |
| % dentro de Construye correctamente la gráfica de la energía | 61,5% | 38,5% | 100,0% |
| % dentro de Carrera ingenieril | 100,0% | 100,0% | 100,0% |
| % del total | 61,5% | 38,5% | 100,0% |

Pruebas de chi-cuadrado

| | Valor | df | Significación asintótica (bilateral) | Significación exacta (bilateral) | Significación exacta (unilateral) | Probabilidad en el punto |
|--|--------------------|----|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| Chi-cuadrado de Pearson | 2,622 ^a | 1 | 0,105 | 0,163 | 0,128 | |
| Corrección de continuidad ^b | 1,301 | 1 | 0,254 | | | |
| Razón de verosimilitud | 2,574 | 1 | 0,109 | 0,163 | 0,128 | |
| Prueba exacta de Fisher | | | | 0,163 | 0,128 | |
| Asociación lineal por lineal | 2,521 ^c | 1 | 0,112 | 0,163 | 0,128 | 0,109 |
| N de casos válidos | 26 | | | | | |

a. 2 casillas (50,0%) han esperado un recuento menor que 5. El recuento mínimo esperado es 2,31.

b. Sólo se ha calculado para una tabla 2x2

c. El estadístico estandarizado es -1,588.

Medidas direccionales

| | Valor | Error estándar asintótico ^a | T aproximada ^b | Significación aproximada | Significación exacta | |
|---------------------|--|--|---------------------------|--------------------------|----------------------|-------|
| Ordinal por ordinal | | | | | | |
| d de Somers | Simétrico | -0,314 | 0,190 | -1,550 | 0,121 | 0,163 |
| | Construye correctamente la gráfica de la energía dependiente | -0,275 | 0,176 | -1,550 | 0,121 | 0,163 |
| | Carrera ingenieril dependiente | -0,367 | 0,218 | -1,550 | 0,121 | 0,163 |

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

Medidas simétricas

| | Valor | Error estándar asintótico ^a | T aproximada ^b | Significación aproximada | Significación exacta | |
|-------------------------|-------------------------|--|---------------------------|--------------------------|----------------------|-------|
| Ordinal por ordinal | | | | | | |
| | Tau-b de Kendall | -0,318 | 0,192 | -1,550 | 0,121 | 0,163 |
| | Tau-c de Kendall | -0,260 | 0,168 | -1,550 | 0,121 | 0,163 |
| | Gamma | -0,647 | 0,289 | -1,550 | 0,121 | 0,163 |
| | Correlación de Spearman | -0,318 | 0,192 | -1,641 | 0,114 ^c | 0,163 |
| Intervalo por intervalo | R de Pearson | -0,318 | 0,192 | -1,641 | 0,114 ^c | 0,163 |
| N de casos válidos | 26 | | | | | |

a. No se presupone la hipótesis nula.

b. Utilización del error estándar asintótico que presupone la hipótesis nula.

c. Se basa en aproximación normal.

