



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



E.T.S. DE NAÚTICA E MÁQUINAS

Tesis Doctoral

INNOVACIÓN EN LOS MÉTODOS FÍSICOS APLICADOS
EN EL ÁMBITO DE LA INGENIERÍA
MEDIANTE EL USO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

Autor

Simón Fernández Garrido

Directores

Juan José Galán Díaz

José Antonio Orosa García

A Coruña, 2012

UNIVERSIDADE DA CORUÑA

E.T.S. DE NAÚTICA E MÁQUINAS

DOUTORAMENTO EN ENXEÑARÍA DE PROPULSIÓN

E NAVEGACIÓN MARÍTIMA

INNOVACIÓN EN LOS MÉTODOS FÍSICOS APLICADOS

EN EL ÁMBITO DE LA INGENIERÍA

MEDIANTE EL USO DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

REALIZADA POR

Simón Fernández Garrido

DIRIGIDA POR

Juan José Galán Díaz

José Antonio Orosa García

A Coruña, Setembro de 2012

*A Iciar, Gael e Brais que son a miña vida
e fonte de inspiración constante*

*“Dile a un hombre que hay 300 billones de estrellas en
el universo, y te creerá. Dile que un banco está recién pintado,
y tendrá que tocarlo para estar seguro”*

– Albert Einstein –

AGRADECIMIENTOS

Expresar mi más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo de investigación, en especial a los Doctores D. Juan José Galán Díaz y D. José Antonio Orosa García, directores de esta Tesis, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continua de la misma, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo de estos años.

Quisiera hacer extensiva mi gratitud a los compañeros del Departamento de Enerxía e Propulsión Mariña de la Universidade da Coruña, y en especial a los miembros del área de investigación Ciencia de Materiais e Enxeñería Metalúrxica por su apoyo y colaboración.

También quiero dar las gracias al equipo directivo de los Colegios Obradoiro y Sagrado Corazón (Franciscanas) de A Coruña, en particular a los profesores Chelo Souza Porto y Victoriano Rillo Vázquez, por su colaboración en el suministro de algunos de los datos necesarios para la realización de la parte empírica de esta investigación.

Además me gustaría agradecer la ayuda recibida de mi amigo y compañero Alberto Fernández Iglesias por guiarme en los difíciles inicios del presente trabajo a la hora de elegir un software acorde con las expectativas buscadas, y al Dr. Jacobo Díaz García por animarme insistentemente a iniciar mis estudios de Doctorado.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mis padres, mi hermano, mi familia y amigos más cercanos.

A todos ellos, muchas gracias.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	001
1. Motivación. Planteamiento del problema	001
2. Herramientas y mecanismos de mejora. Indicadores	002
2.1. Física Básica en la Escuela de Caminos (UDC)	002
2.2. Mejoras en la Docencia	003
3. Objetivos. Indicadores	005
4. Organización de la memoria	006
CAPÍTULO I.- Epistemología de la Ciencia	007
1. Introducción	009
2. La Filosofía de la Ciencia	009
2.1. Kuhn y Gallison	010
2.2. Falsacionismo	010
2.3. Hitos básicos en la Física	012
3. La Física en la Ingeniería de Caminos	017
4. Bibliografía	019
CAPÍTULO II.- Bases teóricas del aprendizaje	021
1. Introducción	023
2. Psicología educativa y la labor docente	023
3. El desarrollo cognitivo	024
4. Constructivismo en el aprendizaje	025
5. Teoría cognitiva de Piaget	026
5.1. Introducción	026

5.2. Conceptos fundamentales	027
5.3. Estadios	029
5.4. Conclusiones	030
6. Teoría de Vygotsky	030
6.1. Introducción	030
6.2. Conceptos fundamentales	031
6.3. Conclusiones	032
6.4. Diferencias Piaget – Vygotsky	033
7. Teoría de Ausubel	033
7.1. Introducción	033
7.2. Aprendizaje Significativo	034
7.3. Diferenciación progresiva y reconciliación integradora	035
7.4. Tipos de aprendizajes	036
7.5. Conclusiones	038
8. Diferencias Ausubel – Piaget – Vygotsky	038
9. Teoría de Gardner	038
9.1. Introducción	038
9.2. Tipos de inteligencia	039
9.3. Conclusión	040
10. Epílogo	040
11. Bibliografía	042
CAPÍTULO III.- Los ordenadores y la enseñanza de la Física	043
1. Introducción	045
2. La enseñanza de la Física en la actualidad	045
3. ¿Qué se puede hacer a nivel educativo?	047
3.1. <i>Physics Education Research</i> (PER)	048

3.2. La Física en el aula	049
3.3. Documentación sobre la enseñanza de la Física	050
4. Principios de la enseñanza de la Física, según PER	051
5. Innovación en la enseñanza de la Física	051
5.1. <i>Interactive Engagement</i> (IE)	052
5.2. <i>American Renaissance in Science Education Project</i> (ARISE)	055
6. El uso de ordenadores a la hora de enseñar Física	056
7. Epílogo	057
8. Bibliografía	060
CAPÍTULO IV.- Herramientas informáticas para la enseñanza de la Física	063
1. Herramientas para la adquisición y manipulación de datos	065
2. Software multimedia	066
3. Micromundos y simulaciones	066
4. Herramientas de modelado	071
5. Telemática y herramientas de Internet	074
6. Elección del software a usar	075
7. Bibliografía	079
CAPÍTULO V.- Software de desarrollo de las PV	081
1. Introducción	083
2. Simulaciones en las prácticas de Física	084
3. Elección del software de simulación	086
3.1. <i>Open Source Physics</i> (OSP)	086
3.2. <i>Easy Java Simulations</i> (EJS)	086

4. Descripción inicial del software	087
5. Modelo de una simulación	089
5.1. Definición	089
5.1.1. Variables del Modelo	090
5.1.2. Estado inicial	090
5.1.3. Ecuaciones de evolución	090
5.1.4. Relaciones fijas	091
5.1.5. Ejecutando el Modelo	092
5.2. Interfaz de un Modelo en EJS	093
5.3. Declaración de variables en EJS	095
5.3.1. Tipos de variables	095
5.3.2. Creación de variables	096
5.3.3. Valor inicial de una variable	097
5.3.4. Uso de las variables	098
5.3.5. Convenios en la nomenclatura de EJS	098
5.4. Inicialización del Modelo en EJS	099
5.5. Ecuaciones de evolución en EJS	101
5.5.1. Codificación de la evolución	101
5.5.2. Editor de EDO	102
5.5.3. Eventos de una EDO	106
5.6. Relaciones fijas en EJS	106
5.7. Métodos propios para un Modelo en EJS	107
5.7.1. Creación de métodos propios	108
5.7.2. Utilización de métodos predefinidos de <i>Java</i>	110
5.7.3. Métodos de la librería matemática de <i>Java</i>	112
6. Vista de una simulación	112
6.1. Introducción a la Vista	113

6.2. Asociar variables con propiedades	116
6.3. Interfaz de la Vista en EJS	117
6.3.1. Tipos de elementos de la Vista	118
6.3.2. Añadir elementos a la Vista	121
6.3.3. Modificando el árbol de elementos	121
6.4. Editar las propiedades de los elementos en EJS	123
6.5. Ejecución de la Vista	125
7. Ejecutando la simulación	126
7.1. Ejecución de la simulación por parte del programador	127
7.2. Ejecución de la simulación por parte de un usuario final	129
7.2.1. A través de un <i>applet</i>	129
7.2.1. A través de un archivo <i>jar</i>	130
8. Bibliografía	131
CAPÍTULO VI.- Caracterización de las Prácticas de Laboratorio (PL)	
propuestas	133
1. Introducción	135
2. Fuerza de LORENTZ sobre partícula cargada (PV)	138
2.1. Base teórica	138
2.1.1. Movimiento Circular	139
2.1.2. Movimiento Helicoidal	143
2.1.3. Movimiento Rectilíneo	146
2.2. Documentación de la programación	148
2.3. Interactuando con la simulación	162
3. Rotación de masas fluidas (PV)	164
3.1. Base teórica	164
3.1.1. Explicación gráfica	164

3.1.2. Fuerzas en juego	165
3.1.3. Expresión del paraboloide de revolución	166
3.1.4. Casos del paraboloide de revolución. Vértice	167
3.1.5. Casos del paraboloide de revolución. Derrame.....	169
3.2. Documentación de la programación	169
3.3. Interactuando con la simulación	184
4. Ciclo de CARNOT (PV)	187
4.1. Base teórica	187
4.1.1. Hipótesis del Gas Ideal	187
4.1.2. Máquinas Termodinámicas	188
4.1.3. Ciclo de CARNOT	189
4.1.4. Motor de cuatro tiempos	191
4.2. Documentación de la programación	192
4.3. Interactuando con la simulación	212
5. Móvil en un plano inclinado (PV)	215
5.1. Base teórica	215
5.1.1. Fuerzas	216
5.1.2. Rodamiento / Deslizamiento	217
5.1.3. Ecuaciones del movimiento	219
5.2. Documentación de la programación	220
5.3. Interactuando con la simulación	238
6. Medidas Directas e Indirectas (PR)	241
6.1. Base teórica	241
6.1.1. Medida, error e incertidumbre	241
6.1.2. Tipos de medidas	242
6.1.3. Tipos de errores	242
6.1.4. Incertidumbre en las medidas	243

6.1.5. Presentación de los resultados	245
6.2. Material	245
6.2.1. Piezas a medir	245
6.2.2. Instrumentos de medición	247
6.3. Interactuando con la práctica	249
6.3.1. Cuestión 1	249
6.3.2. Cuestión 2	250
6.3.3. Cuestión 3	251
6.4. La práctica como instrumento docente	251
7. Medidas Eléctricas Básicas (PR)	252
7.1. Base teórica	252
7.1.1. Conceptos y leyes físicas	252
7.2. Material	253
7.2.1. Instrumentos básicos de medidas eléctricas	253
7.2.2. Polímetro o multímetro	254
7.2.3. Fuente de alimentación de Corriente Continua (DC) regulable	255
7.2.4. Elementos electrónicos variados	255
7.3. Notas sobre las mediciones eléctricas	257
7.3.1. Para medir tensiones o voltajes	257
7.3.2. Para medir intensidades	257
7.3.3. Para medir resistencias	258
7.4. Interactuando con la práctica	258
7.4.1. Cuestión 1	259
7.4.2. Cuestión 2	259
7.5. La práctica como instrumento docente	260
8. Bibliografía	261

CAPÍTULO VII.- Organización de las PL	263
1. Introducción	265
2. Prerrequisitos	266
3. Estructura de la información	268
3.1. Tutoría inicial	268
3.1.1. Introducción	268
3.1.2. Notas Informativas	269
3.1.3. Prácticas a desarrollar	269
3.1.3. Informe Final	269
3.2. Documentación entre los años 2006 a 2008	270
3.2.1. Notas Informativas	270
3.2.2. Prácticas a desarrollar	270
3.2.3. Informe Final	271
3.2.4. Aspectos a mejorar	272
3.3. Documentación entre los años 2008 a 2010	272
3.3.1. Notas Informativas	272
3.3.2. Prácticas a desarrollar	273
3.3.3. Informe Final	274
3.3.4. Aspectos a mejorar	275
3.4. Documentación entre los años 2010 a 2012	276
3.4.1. Notas Informativas	276
3.4.2. Prácticas a desarrollar	277
3.4.3. Informe Final	278
4. Prácticas Reales (PR)	278
4.1. PR comerciales	279
4.1.1. Ley de HOOKE estática	279

4.2. PR diseñadas	281
4.2.1. Medidas Directas e Indirectas (PR MDI)	281
4.2.2. Medidas Eléctricas Básicas (PR MEB)	283
5. Prácticas Virtuales (PV)	285
5.1. PV comerciales	285
5.2. PV diseñadas	286
5.2.1. Móvil en un plano inclinado (PV PLANO)	287
5.2.2. Fuerza de LORENTZ sobre partícula cargada (PV LORENTZ)	289
5.2.3. Rotación de masas fluidas (PV PLANO)	289
5.2.4. Ciclo de CARNOT (PV CARNOT)	292
6. Temporalización de las PL	294
6.1. Asignatura de "Física"	294
6.2. Asignatura de "Ampliación de Física"	297
7. Evaluación de las PL	300
8. Bibliografía	303
CAPÍTULO VIII.- Procesos de evaluación de las PL	307
1. Introducción	309
2. Muestra de alumnos	309
3. Pruebas de chequeo conceptual	310
3.1. Prácticas de Laboratorio (PL)	310
3.1.1. Metodología. PRE-TEST y POST-TEST	311
3.1.2. Resultados de los TEST	311
3.1.3. Análisis de los TEST	318
3.1.4. Participación en TEST	319
3.2. Prácticas Virtuales (PV)	320

3.2.1. Metodología. Cuestionarios MOODLE	321
3.2.2. Resultados de los Cuestionarios MOODLE	322
3.2.3. Participación en Cuestionarios MOODLE	323
4. Encuestas de satisfacción	324
4.1. Prácticas de Laboratorio (PL)	324
4.1.1. CEDU (Cuestionarios de Evaluación de la Docencia Universitaria)	324
4.1.2. TED (Test de Evaluación Docente de la Escuela de Ingeniería)	328
4.1.3. Resultados de los CEDU y los TED	330
4.1.4. Participación en CEDU y TED	334
4.2. Prácticas Virtuales (PV)	335
4.2.1. Cuestionarios de <i>GoogleDocs</i>	335
4.2.2. Resultados de los Cuestionarios <i>GoogleDocs</i>	337
4.2.3. Participación en Cuestionarios <i>GoogleDocs</i>	340
5. Pruebas finales	341
6. Bibliografía	346
<u>MISCELÁNEA: prácticas propuestas para Ingeniería</u>	349
1. Motivación	351
2. Lenguajes de programación para Ingenieros Marinos	352
2.1. Introducción	352
2.2. Materiales	353
2.2.1. <i>Microsoft VBA</i>	353
2.3. Resultados y discusiones	356
2.4. Conclusiones	360
3. Mejora en el control de calidad de las aplicaciones utilizadas por los ingenieros Marinos	361

3.1. Introducción	361
3.2. Objetivos y herramientas	362
3.3. Metodología	363
3.3.1. Gráficos de control de datos	363
3.3.2. Gráficos de variables básicos	363
3.3.3. Características del software	363
3.3.4. Los estudiantes	363
3.4. Resultados y discusión	364
3.4.1. Diseño del software.....	364
3.4.2. La automatización del cálculo	365
3.4.3. Pantallas de fácil uso	365
3.4.4. Archivos de compilado	365
3.5. Resultados de la prueba	366
3.6. Conclusiones	366

4. Un nuevo MOODLE para la metodología de la enseñanza de los Ingenieros

Marinos de sistemas hidráulicos y neumáticos	371
4.1. Introducción	371
4.2. Objetivos	372
4.3. Materiales	372
4.3.1. Recursos de software	372
4.3.2. Laboratorio de sistemas hidráulicos y neumáticos	377
4.4. Métodos	377
4.5. Resultados.....	378
4.6. Discusión	379
4.7. Conclusiones	384

5. Éxitos y tareas pendientes de MATLAB *Simulink*

5.1. Introducción	384
-------------------------	-----

5.2. Materiales	386
5.2.1. MATLAB <i>Simulink</i>	386
5.2.2. Herramientas HAM	386
5.3. Éxitos de MATLAB <i>Simulink</i>	388
5.3.1. Simulación.....	388
5.3.2. Constante de tiempo	391
5.3.3. Nuevos Sistemas de Control	394
5.4. Ofertas futuras y tareas pendientes	397
5.5. Conclusiones	398
6. Bibliografía	399
CONCLUSIONES	403
TRABAJO FUTURO	407
ANEXOS	409
ANEXOS CAPÍTULO VII. Organización de las PL	409
Anexo 7.01.- Temario asignatura "Física", grado de IOP curso 2011-12	
Anexo 7.02.- Temario asignatura "Ampliación de Física", grado de IOP curso 2011-12	
Anexo 7.03.- Temporalización contenido "Física" (1o cuatrimestre 2011-12)	
Anexo 7.04.- Temporalización contenido "Ampliación de Física" (2o cuatrimestre 2011-12)	
Anexo 7.05.- Información previa al comienzo de las PL, grado IOP curso 2011-12	
Anexo 7.06.- Información inscripción GPL para PL, grado IOP curso 2011-12	
Anexo 7.07.- Formación GPL para PL, grado IOP curso 2011-12 (datos ocultos)	
Anexo 7.08a.- Información General PL, grado IOP curso 2011-12	
Anexo 7.08b.- Información General PL, grado IOP curso 2011-12	
Anexo 7.08c.- Información General PL, grado IOP curso 2011-12	
Anexo 7.09a.- Información General PV, grado IOP curso 2011-12	

- Anexo 7.09b.- Información General PV, grado IOP curso 2011-12
- Anexo 7.10a.- Informe de PL, grado IOP 1o cuatrimestre curso 2011-12
- Anexo 7.10b.- Informe de PL, grado IOP 1o cuatrimestre curso 2011-12
- Anexo 7.11a.- Informe de PL, grado IOP 2o cuatrimestre curso 2011-12
- Anexo 7.11b.- Informe de PL, grado IOP 2o cuatrimestre curso 2011-12
- Anexo 7.11c.- Informe de PL, grado IOP 2o cuatrimestre curso 2011-12
- Anexo 7.11d.- Informe de PL, grado IOP 2o cuatrimestre curso 2011-12

ANEXOS CAPÍTULO VIII. Procesos de evaluación de las PL 429

- Anexo 8.01a.- Prueba Electromagnetismo PRE-TEST (sección A) curso 2010-11
- Anexo 8.01b.- Prueba Vibraciones PRE-TEST (sección A) curso 2010-11
- Anexo 8.02a.- Prueba Electromagnetismo PRE-TEST (sección B) curso 2010-11
- Anexo 8.02b.- Prueba Vibraciones PRE-TEST (sección B) curso 2010-11
- Anexo 8.03a.- Prueba Electromagnetismo POST-TEST (sección A) curso 2010-11
- Anexo 8.03b.- Prueba Vibraciones POST-TEST (sección A) curso 2010-11
- Anexo 8.04a.- Prueba Electromagnetismo POST-TEST (sección B) curso 2010-11
- Anexo 8.04b.- Prueba Vibraciones POST-TEST (sección B) curso 2010-11
- Anexo 8.05a.- Prueba calificable "PV PLANO" diseñada en MODDLE, curso 2011-12
- Anexo 8.05b.- Prueba calificable "PV PLANO" diseñada en MODDLE, curso 2011-12
- Anexo 8.06a.- Prueba calificable "PV LORENTZ" diseñada en MODDLE, curso 2011-12
- Anexo 8.06b.- Prueba calificable "PV LORENTZ" diseñada en MODDLE, curso 2011-12
- Anexo 8.07a.- Prueba calificable "PV ROTACIÓN" diseñada en MODDLE, curso 2011-12
- Anexo 8.07b.- Prueba calificable "PV ROTACIÓN" diseñada en MODDLE, curso 2011-12
- Anexo 8.08a.- Prueba calificable "PV CARNOT" diseñada en MODDLE, curso 2011-12
- Anexo 8.08b.- Prueba calificable "PV CARNOT" diseñada en MODDLE, curso 2011-12
- Anexo 8.09.- Test "PV PLANO - evaluación" con *GoogleDocs*, curso 2011-12
- Anexo 8.10.- Test "PV LORENTZ - evaluación" con *GoogleDocs*, curso 2011-12
- Anexo 8.11.- Test "PV ROTACIÓN - evaluación" con *GoogleDocs*, curso 2011-12
- Anexo 8.12.- Test "PV CARNOT - evaluación" con *GoogleDocs*, curso 2011-12

INTRODUCCIÓN

1. Motivación. Planteamiento del problema

A lo largo de los cursos impartidos en la E.T.S.E de Camiños, Canais y Portos de la Universidade da Coruña (UDC), los profesores responsables de la asignatura de Física Aplicada nos hemos percatado de la acusada dificultad que tienen los alumnos para superar dicha materia. El deseo de mitigar, o si fuese posible invertir, esa tendencia fue el motor que impulsó, en primer lugar, una reflexión que condujese a detectar la etiología del caso. Esa reflexión seminal, fue la que a la postre se convirtió, con el transcurso del tiempo, en la presente Tesis.

Con el objeto de proceder de un modo organizado y metódico, se comenzó por analizar las cuestiones peor calificadas en las pruebas docentes correspondientes al curso 2004–05. Este análisis arrojó una serie de coincidencias relativas a fundamentos básicos de la asignatura, que o bien los alumnos no comprendían adecuadamente, dudaban de su verdadero significado o simplemente desconocían en absoluto.

Como se ha aludido en el primer párrafo, la motivación de esta Tesis ha sido la necesidad de crear una serie de mecanismos / herramientas que permitan enriquecer los conocimientos respecto a algunos de estos fenómenos físicos y, de esta manera, mejorar los resultados en las cuestiones comentadas de las pruebas de calificación de las materias de Física. El objetivo pues ha sido conseguir que los alumnos acrecienten sus conocimientos sobre los fundamentos físicos en la materia aplicada.

Para conseguir el propósito deseado hemos propuesto una serie de mejoras, paulatinas, en las Prácticas de Laboratorio (PL), obligatorias en las materias de Física Básica de primer curso de la ETSE de Caminos, de tal manera que se ajustasen, en parte, a los fenómenos físicos en los que los alumnos tienen problemas para “aprobar”. En primer lugar, se ha reconstruido una serie de Prácticas Reales (PR), en banco de Laboratorio. A continuación, se han ido introduciendo, a lo largo de los cursos, una serie de Prácticas Virtuales (PV) comerciales que complementen las Reales. Y por último, se han desarrollado simulaciones por ordenador, por tanto de tipo Virtual, de nueva factura sobre cuatro de los fenómenos donde los alumnos tenían problemas. Estas PV originales irán substituyendo paulatinamente a las PV comerciales dado que no solo son más baratas, sino que por estar realizadas por los propios docentes se ajustan más fielmente a las necesidades de los alumnos.

2. Herramientas y mecanismos de mejora

2.1. Física Básica en la Escuela de Caminos (UDC)

En la Escuela de Caminos de la UDC se ofertan dos Titulaciones que se están extinguiendo de manera gradual, debido a la creación de dos Grados compatibles con el Tratado de Bolonia, y que actualmente no disponen de primer curso. El nombre de las titulaciones y las materias de Física Básica extintas de primer curso son las siguientes:

- Ingeniero Superior de Caminos, Canales y Puertos (CAM)
 - “Física Aplicada” (FA), de duración anual y extinta en el curso 2009–10.
- Ingeniero Técnico de Obras Públicas (ITOP)
 - “Fundamentos de Física para la Ingeniería” (FFI), de duración anual y extinta en el curso 2009–10.

Los nuevos Grados, que pasan a substituir a las antiguas Titulaciones, disponen en su primer curso de las siguientes asignaturas relativas a Física Básica:

- Grado en TECnología de la Ingeniería Civil (TECIC)
 - “Física Aplicada I” (FA1), en el primer cuatrimestre y con primera promoción en el curso 2010 – 11.
 - “Física Aplicada II” (FA2), en el segundo cuatrimestre y con primera promoción en el curso 2010 – 11.
- Grado en Ingeniería de Obras Públicas (IOP)
 - “Física” (F), en el primer cuatrimestre y con primera promoción en el curso 2010 – 11.
 - “Ampliación de Física” (AF), en el segundo cuatrimestre y con primera promoción en el curso 2010 – 11.

Una vez extintas las materias de las antiguas Titulaciones, los alumnos aun matriculados disponen de tres cursos académicos para presentarse a los exámenes de las mismas y poder superar dichas asignaturas.

Por lo que se ha expuesto, los datos que se analizarán en la presente memoria proceden desde el curso 2004–05 hasta el actual 2011–12. Esto hace que se refieran, tanto

a materias extintas como a materias en vigor que sustituyen a las precedentes.

2.2. Mejoras en la docencia

Hasta el curso 2009–10, los alumnos disponían de 3 convocatorias, de las cuales podían presentarse a un máximo de 2, en las que se realizaba una prueba de calificación de la materia denominada examen final. La nota definitiva del estudiante se componía en su 94% de la nota de esta prueba, dejando 6% restante a la nota de las Prácticas de Laboratorio junto el trabajo llevado a cabo por alumno tanto en el aula como fuera de ella (ejercicios para entregar).

A partir del curso 2010–11, los alumnos disponen de 2 convocatorias en las que, nuevamente, se realiza un examen final de todo el contenido de la materia. La nota definitiva del estudiante se calcula aproximadamente: 86% es la nota del final + 10% es la nota de las Prácticas de Laboratorio + 4% se corresponde con los trabajos llevados a cabo por alumno, a petición del profesor. Cabe destacar que las materias en extinción siguen el esquema anterior hasta su desaparición definitiva en el curso 2012–13.

Normalmente, en los estudios técnicos los exámenes de las materias se dividen en tantas partes como bloques diferentes abarquen. De esta manera a los alumnos se les facilita la primera parte y se les deja un tiempo máximo para su realización pasado el cual se les recoge. A continuación, una vez agotado el mismo, se les entrega la segunda parte con otro tiempo de desarrollo que se vuelve a recoger; y así como partes o temas englobe el examen. Este proceder nos permite a los profesores que compartimos materia dividirnos el trabajo de corrección así como llevar una estadística concreta de cada parte, es decir, por temática. Esa forma tradicional es la que se sigue por los profesores de esta Escuela.

Tomando como punto de partida de los datos estadísticos el curso 2004–05, por tanto aún no existían los actuales Grados, se ha analizado la estadística de las notas de los alumnos en las pruebas llevadas a cabo en las materias en cuestión. Se han detectado ciertas partes/temas en las que los alumnos presentan dificultades a la hora de superar preguntas relativas fenómenos físicos, abarcados en estos temas.

Para la detección de los “fenómenos problemáticos” (Tabla 1) se han estudiado los resultados estadísticos de las cuestiones, por tema, con peores calificaciones obtenidas por los alumnos. En este caso, serán las preguntas con menos de 5.5 puntos sobre 10 en la corrección realizada por el profesor. Se muestran a continuación los calificaciones medias de las cuestiones relativas a diferentes partes/temas de las materias en el curso en el que se inició este estudio.

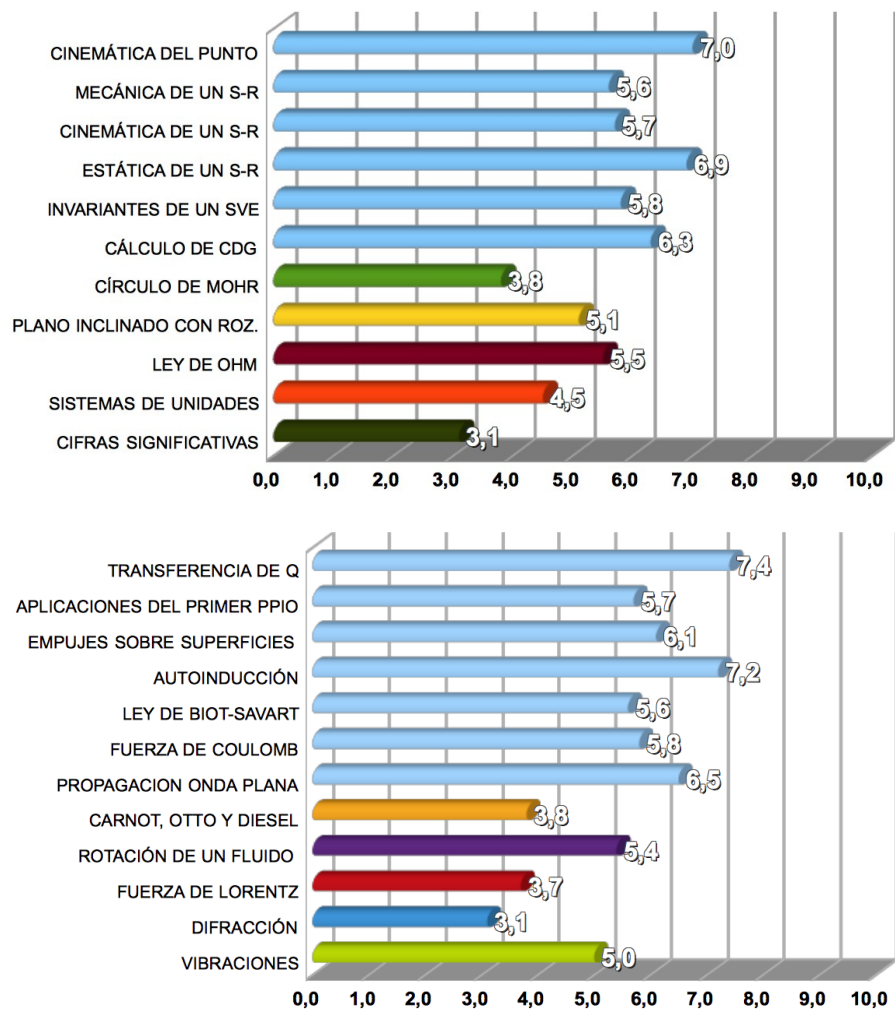


Figura 1.- Notas medias, respecto a 10 puntos, de temáticas abarcadas en las distintas convocatorias de la materia “Física Aplicada” de la Titulación de CAM en el curso 2004/05

TEMA	FENÓMENO O HECHO PROBLEMÁTICO
-	Cifras significativas; Sistemas de Unidades de Medidas
Mecánica del Punto	Móvil en plano inclinado con rozamiento
Mecánica del Sólido Rígido	Círculo de MOHR
Ondas	Vibraciones Difracción de un onda plana
Electromagnetismo	Ley de OHM; Fuerza de LORENTZ sobre partícula cargada y sobre circuito de corriente
Mecánica de Fluidos	Rotación de un fluido en recipiente cilíndrico
Termodinámica	Ciclos de CARNOT, OTTO y DIESEL

Tabla 1.- Fenómenos físicos que los alumnos tienen problemas a la hora de superar

Se han posibilitado varias opciones para dar explicación a este hecho:

1. el contenido de las materias que abarca estos fenómenos no son suficientes;
2. el fenómeno no ha sido bien explicado en clase;
3. al alumno le cuesta entender dichos fenómenos.

Lo que resulta incontestable es que el estudiante ni dispone de los suficientes conocimientos en estos acontecimientos, ni sabe trabajar con la información facilitada por el profesor como para poder superar ejercicios en las temáticas referidas. Es necesario mejorar cada una de las tres opciones.

Se ha creído oportuno desarrollar ciertas herramientas que procuren que el alumno entienda mejor los fenómenos (mejora de la opción 3), y además sirva como material extra de estudio a las clases que tienen lugar en el aula (mejora de la opción 1).

Se ha usado como indicador para observar la evolución del éxito de la nueva metodología la puntuación, sobre 10 puntos, de las preguntas relativas a los fenómenos en cuestión a lo largo de estos últimos cursos. Es decir, las cuestiones con menos de 5.5 puntos de la figura 1.

3. Objetivos. Indicadores

Como se ha expuesto, el objetivo fundamental de la presente Tesis es la elaboración de un plan que permita a los alumnos de Escuelas Técnicas y Facultades Científicas la mejora en la adquisición de conceptos fundamentales en la Física Básica. Todo ello sin reducir el temario de las materias. Para ello se han establecido los siguientes objetivos específicos:

- Detección de los errores conceptuales más comunes de la materia.
- Establecer un plan de mejora a partir de los resultados obtenidos.
- Montaje de Prácticas de Laboratorio Reales (PR) con el fin de la aprehensión del fenómeno que se plasma en el concepto.
- Utilización de Prácticas Virtuales comerciales con el objeto de visualizar el fenómeno físico.
- Diseño de Prácticas Virtuales (PV) originales destinadas a las necesidades propias del alumnado.

Como se analizará en los últimos capítulos de esta memoria, se han utilizado fuentes

de diversa índole para tasar el nuevo proceder a través de las mejoras paulatinas efectuadas en las PL de las materias de Física Básica. Para medir el grado de adquisición de estos objetivos específicos se han diseñado los siguientes indicadores:

- Identificación y análisis de los resultados académicos en los conceptos peor calificados en las pruebas de calificación de las materias.
- Evaluar el grado de comprensión y aplicación de los fenómenos, antes y después de las PL, mediante test específicos.
- Estudiar el grado de satisfacción del alumno con la nueva metodología en el Laboratorio, mediante encuesta de evaluación docente.

De esta manera, se generarán una serie de resultados y conclusiones que se analizarán con posterioridad.

4. Organización de la memoria

En la primera parte, se esboza de manera sumaria el marco teórico en el que se desarrolla la enseñanza de la ciencia experimental. Este marco teórico se inicia con un exordio básico de la epistemología de la Ciencia, seguido, a modo testimonial, de los hitos más sobresalientes de la Física, para terminar en el capítulo II con las corrientes más destacables en el ámbito de la pedagogía. De ningún modo se pretende ahondar en esa interesante temática, sino, simplemente mostrar el plano conceptual donde se sitúa la presente Tesis. Con independencia de las teorías expresadas en el capítulo II, el trabajo desarrollado por nosotros no toma, en exclusiva, ninguna escuela o corriente, sino que se acomoda a la variedad procedimental por ellas suscitada.

En la segunda se expone la parte experimental en donde: se justifica la elección del software (*Easy Java Simulations*) con el que se han desarrollado las simulaciones originales que sustituirán las comerciales, actualmente disponibles en el Laboratorio; se caracteriza completamente tanto el software utilizado como las cuatro simulaciones programadas con él (PV), así como las nuevas prácticas creadas para banco de Laboratorio (PR); se muestra además, como se fue organizando paulatinamente la introducción de esta nueva metodología docente a través de las prácticas; y por último, se analizan los distintos procesos que se han tenido en cuenta para la evaluación de las Prácticas de Laboratorio (PL). Además se presenta una miscelánea, en la que se plantea una propuesta de mejora en la docencia para los Ingenieros Marinos, mediante software como *Microsoft VBA*, *Simulink* y *MOODLE*.

Finalmente se muestran los resultados y las conclusiones obtenidos.

MARCO TEÓRICO Y ANTECEDENTES

I. Epistemología de la Ciencia

1. Introducción

2. La Filosofía de la Ciencia

3. La Física en la Ingeniería de Caminos

4. Bibliografía

I. Epistemología de la Ciencia

1. Introducción

Dado que en la presente memoria se aborda el problema de la enseñanza de la Física en las carreras de tipo técnico, se hace menester acometer – simplemente a modo introductorio y básico – el concepto de Ciencia de la cual la Física es su genuino representante. Para ello se esbozarán los aspectos filosóficos de la Ciencia – la epistemología – y una historia básica de la Física. Se advierte que no se pretende, en modo alguno, mostrar todos los aspectos y detalles de ambas disciplinas, sino utilizarlas de modo que sirvan de marco introductorio a esta Tesis.

Aunque la propuesta de esta memoria se refiere a cualquier carrera de tipo científico - técnico, por ser el autor profesor de la E.T.S. de Enxeñaría de Camiños, Canais y Portos de la Universidade da Coruña, se hace una pequeña reseña histórica de la enseñanza de la Física en las Escuelas de Caminos.

2. La Filosofía de la Ciencia

La Ciencia y la Tecnología son disciplinas que se complementan entre sí, de tal forma que es difícil separar donde comienza cada una. El ser humano, siendo consciente de sus limitaciones, ha tenido que enfrentarse a lo largo de su historia con problemas concretos que requerían solución. El hecho de solucionar inconveniencias dio paso a una estrategia coordinada de habilidades y artes que hoy denominamos Tecnología. El conjunto de saberes obtenido generaba así mismo nuevas posibilidades de investigación natural. Que se tenga noticia, fueron los antiguos Griegos quienes con más precisión explotaron este nuevo método al que denominaron Ciencia [1].

Algunas revoluciones científicas tienen su origen en la invención de nuevos instrumentos para escudriñar la naturaleza. Otras se originan con el descubrimiento de nuevos conceptos teóricos. El proceso científico ha sido estudiado con profundidad por varios epistemólogos: Popper, Lakatos, etc [2]. Entre todos ellos destacan los planteamientos de Thomas Kuhn y Peter Galison. El primero publicó “La estructura de las revoluciones científicas” en 1962 y el segundo “Imagen y lógica” en 1997 [3]. Cabe señalar que ambos autores fueron físicos antes de ser historiadores y que ambas visiones de la ciencia son totalmente diferentes.

2.1. Kuhn y Galison

La diferencia entre ambas concepciones está en lo que cada uno considera más importante: para Kuhn son las ideas y para Galison son los instrumentos; es decir, para el autor de "Imagen y lógica" son los instrumentos, cada vez más precisos, los que determinan el avance científico, mientras que para Kuhn son los conceptos nuevos, denominados paradigmas, los que mueven el desarrollo científico [3]. Debe decirse que la concepción kuhniana dominó durante un cuarto de siglo, aproximadamente. El libro de Kuhn se convirtió en un clásico y algunos lectores no científicos sacaron la impresión, a partir de las batallas entre científicos por el cambio de paradigma, que la ciencia es, en gran parte, un asunto subjetivo.

Kuhn veía la ciencia desde un punto de vista de un físico teórico y Galison lo hace desde un punto de vista del físico experimental, describiendo los grandes saltos del ingenio práctico que permiten adquirir nuevos datos. Ambas concepciones son correctas pero ninguna de las dos es completa. Para el desarrollo de la ciencia, se precisa de ambos desarrollos: de conceptos e instrumentos. Casi todas las revoluciones científicas recientes fueron impulsadas por instrumentos: el ADN en biología o el Big Bang en astronomía. Aunque un buen ejemplo de revolución científica llevada a cabo por concepto es la tectónica de placas de los años sesenta.

Desde el punto de vista de Kuhn, la ciencia progresa mediante el siguiente esquema abierto [4]:

Preciencia – ciencia normal – crisis – revolución – nueva ciencia normal – nueva crisis

Un concepto básico para Kuhn, como queda dicho, es el denominado paradigma. Un paradigma está constituido por leyes y técnicas que adoptan los miembros de una comunidad científica. En este supuesto, los científicos practicarían lo que Kuhn llama "ciencia normal". Durante ese período los científicos se encontrarán con dificultades que irán resolviendo dentro del paradigma. Si las dificultades no pueden ser resueltas se produce un estado de crisis, que se resolverá cuando aparece un nuevo paradigma y aceptado por toda la comunidad científica, produciéndose por ende una revolución científica.

2.2. Falsacionismo

Otra corriente epistemológica la constituye el falsacionismo, cuyo padre es Karl Popper. Esta teoría afirma que las teorías científicas para ser genuinas deberían ser falsables. En esta corriente se admite que la observación es guiada por la teoría y la presupone [4] [5]. Las teorías no se consideran verdaderas a la luz de la simple evidencia observacional, sino que aquellas se construyen como conjeturas o suposiciones

especulativas y provisionales con el propósito de solucionar problemas no resueltos por las teorías anteriores. Una vez propuestas han de ser probadas experimentalmente, las teorías que no superan la observación son eliminadas y sustituidas por otras. De este modo, la ciencia progresa gracias al ensayo y error, a las conjeturas y refutaciones; sobreviviendo las teorías más aptas.

La falsedad de enunciados universales se deduce de enunciados singulares adecuados. Esta es la máxima del falsacionista: para que una hipótesis sea científica ha de ser falsable. Veamos algunos ejemplos de lo que es falsable [2]:

1. Los Martes siempre hace un día soleado.
2. Todas las sustancias se dilatan al calentarse.
3. Los objetos pesados caen hacia abajo (cerca de la superficie de la Tierra).
4. El ángulo de incidencia y el de reflexión coinciden si el rayo de luz incide en un espejo plano.

La hipótesis 1 es falsable, ya que se puede observar un martes nublado. La afirmación 2 es falsable; puede ser falseada mediante un enunciado del tipo:

“Una sustancia x no se dilató al ser calentada durante un tiempo t”

Las hipótesis 3 y 4 son obviamente verdaderas, pero son falsables en el sentido deseado: es posible que el siguiente objeto pesado que se arroje caiga hacia arriba. En la 4 sucede lo mismo, podría suceder que el ángulo reflejado fuera perpendicular y el incidente oblicuo. No sucederá si la teoría es correcta, pero no habría ninguna contradicción lógica si no fuese así.

En resumen, el concepto de falsable no implica que la conjetura sea falsa, sino que se puede idear un experimento que dé lugar a su refutación. Así los enunciados 1 y 2 son falsables y falsos, mientras que los 3 y 4 son falsables pero verdaderos.

A continuación se proponen enunciados no falsables [2]:

5. O llueve o no llueve.
6. Todos los puntos de un círculo euclídeo distan del centro.
7. Es posible tener suerte jugando a la lotería.

Ningún enunciado observacional puede refutar 5, será cierto con independencia del tiempo que haga. La afirmación 6 es cierta por la propia definición de círculo euclídeo; si los

puntos que lo forman no equidistasen del centro ya no sería un círculo euclídeo. Esta afirmación pertenece a la misma clase de “Todos los solteros no están casados”.

La afirmación 7 no es falsable ya que es cierta gane o no.

Según Popper, una teoría debe ser falsable en el sentido indicado en los párrafos anteriores, ya que, según él, una teoría solo es informativa en el caso de que prescinda de enunciados observacionales lógicamente posibles. Si un enunciado no es falsable, entonces puede tener cualquier propiedad y comportarse de cualquier manera sin encontrar contradicción con el enunciado. Así las afirmaciones 5, 6 y 7, a diferencia de 1, 2, 3 y 4; no nos dicen nada acerca del mundo. “Los planetas se mueven en elipses alrededor del sol” es un buen ejemplo de afirmación científica. Nos informa que los planetas se mueven de una manera específica – no en cuadrados o rombos – y además es falsable por hacer afirmaciones definidas.

2.3. Hitos básicos en la Física

La Física es una ciencia fundamental que trata de la materia y de la energía. Aunque resulta difícil conocer sus inicios, la palabra física se debe a Aristóteles cuyo significado es naturaleza, se puede afirmar que la física como disciplina moderna arranca con Galileo, incluso se le puede poner una fecha concreta: 9 de diciembre de 1609. En ese día Galileo dirigía por primera vez su telescopio hacia el cielo [6].

Para estudiar la naturaleza, Galileo, introduce un método consistente en tres etapas: la primera, donde utiliza los conocimientos anteriores eliminando lo redundante e irrelevante; la segunda, realiza experimentos cuantitativos con los datos relevantes y la tercera, donde las teorías emergen, siendo por tanto la etapa decisiva. Si las teorías no fuesen posibles o fuesen endebles se volverían a plantear nuevas hipótesis sobre los datos experimentales.

Como quedó dicho en los párrafos precedentes, hoy día no es asumible un método tan elemental como el Galileano. Cabe señalar, a este respecto, las objeciones de Popper sobre la incidencia de la hipótesis sobre la observación. Sin embargo, pese a lo rudimentario del proceso, la Física avanzó sin pausa, gracias a tablas de datos se pudieron relacionar variables dando lugar a las ecuaciones básicas que rigen el comportamiento de algunos fenómenos.

En seguida, los investigadores se percataron de la enorme magnitud de la empresa y comenzaron a aparecer las primeras divisiones de la Física: Mecánica, Calor (con la incipiente teoría del calórico), Sonido, Magnetismo, Luz y Electricidad. En estas divisiones se iban estudiando aspectos diferentes de la conducta de la materia que a su vez se iba subdividiendo a medida que aumentaba su desarrollo.

Los métodos y los resultados de la Física se extienden a otros ámbitos del conocimiento, tales como la Química, Biología, Medicina o Ingeniería. Su relación entre ellas es tan poderosa, que algunos de los métodos exportados por la Física vuelven a ella contribuyendo así a su desarrollo. Esta, de alguna manera, es la visión de Galiston (ver párrafos precedentes). Este lazo de realimentación es tan fuerte, que se han creado nuevas disciplinas tales como: Fisicoquímica, Biofísica, Geofísica, etc,

En Física todos los conceptos han de estar correctamente definidos. Estos conceptos pueden darse por medio de una definición o una ecuación. La definición de un concepto consiste en realizar una descripción de un procedimiento por el cual puede medirse el concepto en cuestión. Si queremos definir la longitud, por ejemplo, debemos dar un conjunto de reglas conducentes a describir la longitud de alguna cosa. Es decir, no se dice lo que la longitud es, sino como medirla. Estos conceptos así definidos se llaman conceptos fundamentales de la Física y todos los demás son derivados.

En la actualidad se consideran seis conceptos fundamentales; masa, longitud, tiempo, carga eléctrica, temperatura e intensidad lumínica (se excluye el mol por pertenecer al campo de la química). Caso distinto son los conceptos fundamentales en Física Nuclear, que no serán abordados aquí.

Es necesario insistir que la metodología que emplea la Física siempre se refiere a lo experimentalmente verificable. De esta manera queda marcado el ámbito de la Física, quedando establecido, por ende, el criterio de aceptabilidad de sus afirmaciones, es la ciencia de las interacciones de la materia (o energía) con nuestros sentidos, y por inferencia lógica, de los diversos objetos entre sí.

A grandes rasgos el desarrollo histórico de la Física puede dividirse:

- **ORÍGENES:** los antiguos griegos de los siglos V y VI antes de Cristo se preguntaron por las causas de los fenómenos naturales, lo que se ha dado en llamar “el paso del mito al logos”. Cabe destacar a Tales de Mileto como el primer científico del que se tenga noticia, al responder a la pregunta: ¿De qué está hecho todo?. Su respuesta, agua, es lo de menos; lo que importa es la pregunta.

Fue, sin embargo, Aristóteles el mayor científico de la Antigüedad, sus ideas dominaron hasta mediados del siglo XVI. Aristóteles, denominó *physis* al estudio de la naturaleza, dividiendo el saber en *episteme* y *technique*; es decir conocimientos teóricos y aplicados. No obstante su importancia, Aristóteles fue nefasto para el desarrollo posterior de la Física, puesto que fue tomado como autoridad suprema a la que todo saber debía condicionarse. Esta fue una de

las causas del llamado caso Galileo, para quien las explicaciones debían rendir cuentas a los hechos experimentales, y no a las opiniones más o menos doctas de egregios personajes.

Otro científico ilustre fue Claudio Ptolomeo (127–151 de nuestra era). Su libro “El Amalgesto” constituye una compilación sistemática y detallada de los conocimientos astronómicos de la Grecia Clásica. No hace falta decir de la importancia de las concepciones ptolemaicas en la concepción astronómica de la antigüedad hasta Copérnico.

- **EDAD MEDIA:** la ciencia medieval, aunque escasa, tuvo contribuciones importantes en Mecánica. Avicenas (muerto en 1037) elaboró una alternativa al movimiento de Aristóteles, basada en una fuerza incorpórea. Entre los logros de la Mecánica medieval puede señalarse el resultado de que para que un cuerpo tenga aceleración uniforme la distancia recorrida se incrementará con el cuadrado del tiempo.
- **RENACIMIENTO:** en este período la Ciencia se convirtió en disciplina autónoma. Las innovaciones metodológicas de esta época pueden resumirse en tres puntos:
 - La sustitución del pensamiento abstracto, que había caracterizado a los griegos, por la observación.
 - La sustitución de lo cualitativo por lo cuantitativo.
 - El desarrollo del método experimental.

La primera revolución que se dio fue la copernicana. Nicolás Copérnico (1473–1543) propone al Sol como centro del Universo, de esta forma puede explicarse mejor las observaciones astronómicas que con el complicado método de los ciclos y epiciclos de Ptolomeo.

Kepler (1571–1630) anunció en 1609 sus dos primeras leyes del movimiento planetario, a partir de las observaciones de Tycho Brahe (1546–1630). En 1618 formuló su tercera ley que relaciona el cuadrado de los períodos de las orbitas planetarias con el cubo de la distancia misma del planeta al Sol.

Como ya se ha comentado en la presente memoria, se considera a Galileo Galilei (1564–1642) el creador de la Física en sentido moderno. Descubrió los satélites de Júpiter y las fases de Venus, lo que probaba que este planeta giraba en torno al Sol y no a la Tierra. Tuvo problemas con la jerarquía

eclesiástica por tal motivo. La iglesia seguía como dogma las enseñanzas de Aristóteles por considerar que respaldaba la visión Bíblica de la Creación [7 – 9].

El punto álgido en los avances científicos, se alcanza con Isaac Newton (1642–1727). Puede decirse sin temor al engaño, que con él acaba una época y comienza otra. La mayoría de los historiadores de la ciencia no dudan en señalar a Newton como el talento científico más importante que jamás haya visto el mundo. Fundó las Matemáticas superiores después de elaborar el Cálculo. Fundó la Óptica moderna mediante los experimentos de descomposición de la luz blanca en los colores del espectro. Fundó la Física moderna al establecer las leyes del movimiento y deducir sus consecuencias. Fundó la Astronomía moderna estableciendo la Ley de Gravitación Universal. Cualquiera de estas proezas hubiera bastado por si sola para distinguirlo como un científico excepcional. Pero las cuatro juntas lo colocan en la cúspide de los genios.

En 1687, publicó *Principia Mathematica* en latín. En él presentó sus leyes del movimiento, su teoría de la Gravitación y muchas cosas más. Todo ello organizado de manera elegante. Newton destruyó el mito de la superioridad intelectual del hombre antiguo. No hay palabras más hermosas para definir a *Sir Isaac Newton* que las pronunciadas por el poeta Alexander Pope [10]:

La Naturaleza y sus leyes

permanecen ocultas en la noche;

Dijo Dios: ¡Sea Newton!

*Y todo fue luz*¹

- SIGLO XIX: se producen los mayores logros de lo que hoy se denomina Física Clásica; se diferencian claramente los campos de Electromagnetismo y Mecánica, además de desarrollarse los de Termodinámica y Óptica [1] [9].
 - La termodinámica estudia las propiedades de la materia afectadas por la temperatura. Joule (1796–1832) establece que el calor es una forma de energía, en contra del concepto de fluido que incorporaba el calórico. Lord Kelvin (1824–1907) establece el 2º principio, con la introducción de

¹ "Nature and Nature's law lay hid in the night. God said, Let Newton be! And all was light". A. Pope

una nueva magnitud denominada entropía, palabra derivada del griego que significa capacidad de transformación. Boltzman(1844–1906) y Maxwell (1831–1879) desarrollaron la idea de que el estado térmico de un cuerpo era consecuencia del movimiento de sus moléculas lo que provocó un rápido desarrollo de la Teoría Cinética de los Gases y posteriormente la Mecánica Estadística [1] [9].

- En el campo de la Mecánica, cabe señalar el descubrimiento del planeta Neptuno, predicha por Adams y Le Verrier al tratar de explicar las anomalías de la órbita de Urano [9].
- En Electromagnetismo se hicieron progresos espectaculares que culminarían en la obra de Maxwell, que unifica la Electricidad y Magnetismo en la Teoría Electromagnética de la Luz. Entre los nombres de Coulomb, Biot, Savart, Ampère y Ohm, surge como un gigante el de un joven autodidacta y aprendiz de encuadernador: Michael Faraday (1791–1867), quien descubre la inducción electromagnética.
- SIGLO XX: cabe destacar, sin lugar a dudas, el descubrimiento de los componentes esenciales del átomo, gracias a los experimentos de Rutherford y Thompson.

A consecuencia de la Teoría Ondulatoria de la Luz propuesta por Maxwell, se suponía la existencia de un material que sirviera de soporte para la propagación de la luz, puesto que todas las ondas se propagan en un medio material. Después de varios intentos infructuosos por parte de los físicos americanos Albert Michelson (1852–1931) y Edward Morley (1852–1923), el físico judío de origen alemán Albert Einstein (1879–1955) propone en 1905 la Teoría Especial de la Relatividad, lo que constituyó un cambio de paradigma en el sentido Khuniano. Este cambio de paradigma fue iniciado con los trabajos del físico alemán Max Plank, al introducir un nuevo concepto: el *cuanto*. La energía ya no se emite o absorbe de manera continua, sino en paquetes discretos denominados *cuantos*. Una nueva rama de la Física irrumpía con notable esplendor: la Mecánica Cuántica. Esta rama del saber tendría notables consecuencias, no sólo en el panorama científico, sino en el filosófico y artístico [11]. Cabe señalar que hay distintas interpretaciones de la misma, destacando entre ellas la de la escuela de Copenhague, liderada por el físico danés Niels Bohr. Su formalismo está basado en la función de onda (Schrödinger), aunque hay, asimismo un formalismo matricial (Heisenberg).

En este siglo se han desarrollado y abierto campos como el de Física de Partículas, Estado Sólido y sobre todo el de la Electrónica, debido al descubrimiento por parte de Bardeen y Brattain del efecto transistor.

La Física se ha desarrollado históricamente y continúa haciéndolo, y aunque no sabemos cual será su futuro, no podemos dejar de recordar las palabras del paladín científico del siglo XX:

*Una cosa he aprendido en una larga vida: que toda nuestra ciencia, comparada con toda la realidad, es primitiva e infantil, y sin embargo es lo máspreciado que tenemos*²

3. La Física en la Ingeniería de Caminos

Antes del siglo XVII, pocos se interesaron por la aplicación práctica de la Física, la curiosidad era el motor intelectual. A partir del siglo XVIII los conocimientos atesorados durante las centurias precedentes encontraron aplicabilidad y los métodos de la ciencia fueron introduciéndose en la ingeniería. La ingeniería militar requería, no sólo conocimientos prácticos, sino, analizar nuevos problemas de forma racional. Se fundaron entonces las primeras escuelas de ingeniería.

Francia fue la pionera en la creación de escuelas de ingeniería, con las fundaciones militares (1720) y *l'Ecole des Pons et Chaussés* (1747). También fue la primera en sustituir en ellas métodos empíricos por los racionales, como prueban los títulos de algunas obras escritas para su utilización en dichos centros o por antiguos alumnos de los mismos, entre ellas cabe destacar *“La science des Ingénieurs”* (1729), *“Sur une Application des Règles de maxims et minims à quelques problèmes de statique á reltifs á l'Architecture”* (1713) [12].

Las condiciones de ingreso en esos centros no eran demasiado estrictas. Las técnicas de enseñanza no estaban muy desarrolladas. La enseñanza era la mera transmisión de habilidades por parte de ingenieros en activo a un grupo dispar de aprendices, tal y como se hacía en cualquier oficio.

La revolución francesa supuso la interrupción de la docencia en la mayor parte de las escuelas, por considerarlas adeptas al antiguo régimen, pero pronto fue necesario la disposición de técnicos que diseñaran puentes, caminos y fortificaciones. Gaspar Monge, un ingeniero adepto a la revolución, propuso la creación de una escuela en consonancia con los ideales revolucionarios. Así nació *l'Ecole Polytechnique* [12].

² “One thing I have learned in a long life: that all our science, measured against reality, is primitive and childlike, and yet it is the most precious thing we have”. Albert Einstein

La estructura de esta escuela fue diferente a las anteriores, en el modo de ingreso y en el contenido de las materias, así como en la pedagogía. Se instituyó un examen de acceso que garantizase la igualdad de oportunidades. Se consideró, además, que los alumnos de cualquier rama de ingeniería deberían de poseer una preparación adecuada en matemáticas, mecánica, física y química, dado que una vez adquirido un conocimiento apropiado en estas ramas fundamentales, cualquier alumno podría, sin problema, obtener el saber específico de otras especialidades de la ingeniería.

Monge, que destacó como científico, docente y estudiante, creó un sistema de clases teórico que permitía conocer a los estudiantes a los científicos más eminentes de la época. Los mejores matemáticos impartieron clases en ella y las primeras promociones dieron a Francia famosos ingenieros y científicos: Poinsot, Gay – Lussac, Biot, Poisson, Cauchy, etc.

Además de estas clases teóricas, la Politécnica, pone en marcha el proceso de clases prácticas, donde se ponían en juego los conceptos aprendidos en teoría. Mientras que las clases teóricas eran numerosas, las clases prácticas se realizaban en el laboratorio con tandas de alumnos no superiores a veinte a cargo de un instructor.

El modelo de la Escuela Politécnica francesa, fue adoptado por varios países del mundo, dando lugar a los institutos politécnicos de Viena y Zurich (donde años más tarde estudiaría un joven llamado Albert Einstein), la Academia West Point en los Estados Unidos y la Escuela de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Madrid. La filosofía general de este modelo se ha mantenido vigente hasta nuestros días.

Con respecto al momento actual, puede decirse que el modelo de enseñanza de la ingeniería en el mundo se ve desde dos puntos de vista: el francés, descrito hasta ahora, y el anglosajón, que concede escasa importancia a la enseñanza conceptual, primando en su lugar la práctica. Esta segunda visión tiene la ventaja de proporcionar un mayor rendimiento inmediato, pero a medio y largo plazo limita las expectativas de desarrollo innovador, dando lugar a la repetición de cánones preestablecidos, coartando la posibilidad de que se produzcan mayores aportaciones a la Ciencia o a la Técnica. Además la escasa formación en materias básicas dificulta la puesta al día del profesional ingeniero.

4. Bibliografía

- [1] Gamow, G. "Biografía de la Física". Barcelona. Biblioteca científica Salvat, **1987**.
- [2] Chalmers, A. F. "¿Qué es esa cosa llamada ciencia?". Madrid. Siglo veintiuno de España Editores, **2000**.
- [3] Dyson, F. J. "The sun , the genome, the internet". Oxford. Oxford University Press, **1999**.
- [4] Kuhn, T. S. "La estructura de las revoluciones científicas". México D. F. Fondo de cultura económica, **1975**.
- [5] Popper, K. R. "Búsqueda sin término. Una autobiografía intelectual". Madrid. Alianza editorial, **2002**.
- [6] Calado, J. "Haja Luz!. Umha historia da química a través de tudo". Lisboa. IST Press, **2011**.
- [7] Drake, J. "Galileo". Madrid. Alianza Editorial, **1986**.
- [8] Marí, A. B. "Galileo, Ciencia y Religión". Barcelona. Paidós, **2001**.
- [9] Gribbin, J. "Historia de la Ciencia. 1543-2001". Barcelona. Crítica, **2003**.
- [10] Gleick, J. "Isaac Newton". Barcelona. RBA Editores, **2005**.
- [11] Sagan, C. "The demon–haunted world. Science as a candle in the dark". New York. Random House, **1995**.
- [12] Gillispie, C. C. "Science and Polity in France; the Revolutionary and Napoleonic years". New Jersey. Princenton University Press, **2004**.

II. Bases teóricas del aprendizaje

- 1. Introducción**
- 2. Psicología educativa y la labor docente**
- 3. El desarrollo cognitivo**
- 4. Constructivismo en el aprendizaje**
- 5. Teoría cognitiva de Piaget**
- 6. Teoría de Vygotsky**
- 7. Teoría de Ausubel**
- 8. Diferencias Ausubel – Piaget – Vygotsky**
- 9. Teoría de Gardner**
- 10. Epílogo**
- 11. Bibliografía**

II. Bases teóricas del aprendizaje

1. Introducción

La enseñanza de cualquier disciplina, incluso aquellas de carácter más técnico y aplicado, precisan para su correcta asimilación de un marco pedagógico en donde sustentar y extender sus conceptos.

Desde la experiencia docente, ninguna propuesta teórica en ese campo resulta completa, pero prescindir de ellas puede resultar totalmente inadecuado.

A continuación se compendia, de modo más o menos somero, las principales corrientes en la pedagogía actual.

2. Psicología educativa y la labor docente

Los distintos cambios estructurales en los sistemas educativos actuales hacen necesario que los docentes deban poseer una serie de conocimientos que permitan desenvolverse, propiciando a los alumnos aprendizajes realmente significativos y que favorezcan la evolución de sus estructuras cognitivas.

En tiempos precedentes se consideraba que el aprendizaje era sinónimo de cambio de conducta, esto fue debido a que dominaba una perspectiva simplemente conductista en la labor educativa. En cambio, se puede afirmar, sin género de dudas, que el aprendizaje humano va más allá de un simple cambio de conducta, esto es, conduce a un cambio en el significado de la experiencia.

No solo es el pensamiento lo que favorece la experiencia humana, sino también necesita de afectividad y únicamente cuando se consideran en conjunto se capacita al individuo para enriquecer el significado de su experiencia personal.

Es necesario tener en consideración otros elementos para poder llegar a comprender la labor educativa:

- los profesores y su manera de enseñar;
- la estructura de los conocimientos que conforman el currículo, y el modo en que éste se desenvuelve;
- y el entramado social en el que se desarrolla el proceso educativo.

Estos fundamentos proporcionan los principios para que los profesores indaguen y descubran los métodos de enseñanza más eficaces en cada caso, puesto que intentar descubrir métodos por "ensayo y error" es un procedimiento ciego y, por tanto, innecesariamente difícil con un gasto de tiempo y dinero [1].

Es necesario pues recurrir a ciertas herramientas que permitan al profesorado disponer de una explicación sistemática, coherente y unitaria a las siguientes cuestiones:

¿cómo se aprende?, ¿cuánto puede llegar a aprender un alumno?, ¿por qué se olvida lo aprendido?, etc.

Las distintas "teorías del aprendizaje", junto con los "principios del aprendizaje" adecuados, permitirán al docente desempeñar su labor y poder racionalmente elegir técnicas de enseñanza para mejorar la efectividad de su trabajo. Los principios del aprendizaje se ocuparán de estudiar los factores que contribuyen a que ocurra el aprendizaje, y en ellos se fundamentará la labor educativa.

Una de las teorías más consideradas es la del aprendizaje significativo de Ausubel que ofrece el marco apropiado para el desarrollo de la labor educativa, además del diseño de técnicas educacionales coherentes con tales principios. De esta forma se constituye un marco teórico que favorecerá dicho proceso.

3. El desarrollo cognitivo

El conjunto de conceptos e ideas que un individuo posee sobre un determinado campo de conocimientos, así como la forma en la que los tiene organizados caracterizan la estructura cognitiva del ser humano. El desarrollo de esta estructura propia aglutina el conjunto de transformaciones que se dan en el transcurso de la vida, por el cual se aumentan los conocimientos y habilidades para percibir, pensar y comprender. Estas habilidades adquiridas en el desarrollo cognitivo son utilizadas para la resolución de problemas prácticos de la vida cotidiana.

La psicología cognitiva tiene como objeto de estudio los mecanismos básicos y profundos por los que se elabora el conocimiento: la percepción, la memoria, el aprendizaje, la formación de conceptos, el razonamiento lógico, etc. Además ofrece elementos de análisis para la comprensión de los procesos involucrados en el aprendizaje de las estructuras conceptuales de las ciencias. Son dos las teorías que intentan explicar el desarrollo cognitivo y que sirven de pilares para esta rama de la psicología: la teoría de Piaget y la perspectiva sociocultural de Vygotsky, que se analizarán más adelante.

La epistemología, o teoría de la ciencia, es la doctrina de los fundamentos y métodos del conocimiento científico. Su objetivo de estudio es la producción y validación del conocimiento científico. En otras palabras, la epistemología analiza los criterios por los cuales se justifica el conocimiento, además de considerar las circunstancias históricas, psicológicas y sociológicas que llevan a su obtención.

4. Constructivismo en el aprendizaje

Siguiendo el enfoque de la psicología cognitiva, la educación contemporánea actual considera al **constructivismo** como una de las metodologías dominante en la que se basa la conceptualización, como perspectiva abstracta y simplificada del conocimiento que se tiene del "mundo" y que se desea representar, de los procesos de enseñanza y de aprendizaje.

El **constructivismo** sostiene que el individuo no es un mero producto del ambiente ni un simple resultado de sus disposiciones internas, en tal caso, es el resultado de una construcción propia que se va produciendo día a día y es resultado de la interacción entre esos dos factores: uno mismo y su entorno. El conocimiento es, por tanto, una construcción del ser humano, que se realiza con los esquemas que este posee, es decir, con lo que el ser humano construye en su relación con el medio o entorno que le rodea.

Las ideas fundamentales del **constructivismo** son tres:

- El alumno construye su propio conocimiento por lo cual es el responsable último de su proceso de aprendizaje.
- El alumno construye objetos de conocimiento ya existentes: el lenguaje escrito, la aritmética, normas de relación social, etc.
- Ha de existir una figura que facilite el despliegue de la actividad mental constructiva del alumno. Estará condicionada a los contenidos de aprendizaje preexistentes por lo que deberá orientar al alumno en este proceso constructivo de su conocimiento.

El **constructivismo** no tiene un enfoque unificado, debido a que no se empareja con un sólo modelo de aprendizaje. Lo que si se puede afirmar es que "la mayor parte de lo que se entiende y aprende es construido por el individuo, y que su conocimiento del entorno se hace a través de representaciones que él mismo reestructura para su comprensión" [2].

Pensando en el proceso de enseñanza – aprendizaje llevado a cabo en un laboratorio de Física, que es el caso que atañe a esta Tesis, se considerará la actividad experimental en

la Ciencia desde la perspectiva epistemológica. A pesar de que se puede trabajar con distintas perspectivas en el proceso de enseñanza y aprendizaje de la Física, este trabajo se basará en esta opción como fundamento o base teórica.

Existen una serie de “teorías del aprendizaje” de las que se puede extraer multitud de conceptos, ideas y procedimientos para conseguir mejorar el proceso de aprendizaje de las Ciencias, en concreto de la Física y más particularmente en el trabajo de laboratorio. Estas son las teorías de Piaget, de la Perspectiva Sociocultural de Vygotsky, del Aprendizaje Significativo de Ausubel, de las Inteligencias Múltiples de Gardner, de los Modelos Mentales de Johnson – Laird, etc. A continuación, se expondrán algunas ideas fundamentales de los modelos en los que este trabajo se ha basado, tratando de integrarlas en el procedimiento de aprendizaje constructivista en la labor llevada a cabo en el laboratorio de Física Aplicada de la Escuela de Caminos de la Universidade da Coruña.

5. Teoría cognitiva de Piaget

5.1. Introducción

La teoría del desarrollo de Jean Piaget es la más representativa entre todas las de enfoque progresivo/evolutivo del desarrollo cognitivo, y su persona, así como sus ideas, se considera uno de los primeros pilares del constructivismo.

Su preocupación e interés versaba por los cambios cualitativos que tienen lugar en la formación mental de una persona, desde el nacimiento hasta la madurez. Piaget consideraba que la inteligencia se desarrolla a través de etapas evolutivas, en las que, sucesivamente, el individuo pasa por distintas formas de conocer, cada vez más adecuadas, al reorganizar sus estructuras mentales.

Según sus estudios [3], el organismo humano tiene una organización interna característica y ésta es la responsable del modo único de funcionamiento del propio organismo y que es invariante. Es mediante estas funciones invariantes (organización y adaptación) como el organismo adapta sus estructuras cognitivas.

Esta teoría divide en fases el desarrollo cognitivo. En una las etapas el pensamiento del individuo se supone que es cualitativamente distinto al de las restantes. Este desarrollo no sólo consiste en cambios cualitativos de las habilidades y de los hechos, sino que también implica transformaciones radicales de cómo el conocimiento se organiza.

Debido a su estructura secuencial invariable, las características de las etapas del desarrollo cognitivo se pueden resumir a continuación [3]:

1. Cuando el individuo adopta una nueva etapa no puede retroceder a una forma de razonamiento y funcionamiento anterior.
2. Todos los individuos deben pasar por las mismas etapas y además en el mismo orden.
3. No es posible omitir ninguna de las fases.
4. Cada una de las etapas se caracterizan por ciertos niveles de edad. La duración de las etapas no está totalmente determinada ya que muestra gran variación individual y cultural.

5.2. Conceptos fundamentales

Según Piaget, es mediante esquemas que los seres humanos organizamos y adquirimos información sobre el mundo. Definiendo estos como un conjunto de operaciones mentales, acciones físicas, teorías o conceptos. Estas acciones pueden ser aplicadas directamente sobre los objetos (de acción) o sobre su representación tras ser interiorizados (operatorios). Pueden dar lugar a nuevas conductas cada vez más adaptativas y complejas, cuando se diversifican e integran [3].

A medida que el individuo avanza por las etapas mejorará la capacidad para emplear esquemas complicados, para organizar el conocimiento, y además construye, reorganiza y diferencia los distintos esquemas.

La organización se produce en ciertas estructuras cognitivas con creciente nivel de complejidad. Estas estructuras son un conjunto organizado de esquemas que siguen unas determinadas leyes. Cada uno de esos niveles de complejidad determina un estadio evolutivo del niño.

Los principios fundamentales de la teoría de Piaget son: la adaptación, la organización – como funciones invariantes –, la experiencia, la asimilación y la acomodación:

- **ADAPTACIÓN:** capacidad que disponen todos los organismos para ajustar sus estructuras mentales, o conducta, a las exigencias del ambiente. Consiste en dos procesos básicos: la asimilación de la realidad en eventos mentales o estructuras, junto con la acomodación de las estructuras biológicas existentes en el individuo para recibir los estímulos de su entorno.
- **ORGANIZACIÓN:** predisposición innata en la especie. Capacidad natural de ordenar las estructuras mentales para aclimatarse al medio, junto con la integración de los esquemas mentales a medida que se produce el desarrollo propio.

Conforme maduramos integramos los esquemas simples a sistemas más complejos. La teoría de Piaget implica dos dimensiones humanas en el desarrollo cognitivo: la biológica y la lógica.

- **EXPERIENCIA:** pieza fundamental en la adquisición de cualquier conocimiento, y se entiende como el proceso mediante el cual se asimilan las estructuras. Asimismo, Piaget sostiene que el pensamiento se da gracias al equilibrio entre los siguientes procesos que se analizarán: asimilación y acomodación.
- **ASIMILACIÓN:** es el proceso de activación de los esquemas mentales, y tiende a someter el entorno al organismo. Para dar sentido a los acontecimientos del mundo, incluyendo el intento de entender algo nuevo y ajustarlo a lo que ya se conoce, se utilizarán los esquemas que se poseen.
- **ACOMODACIÓN:** es el proceso capaz de romper viejos hábitos para conducir a niveles superiores de adaptación, sometiendo al organismo a las condiciones del medio. Una nueva situación hace que una persona deba cambiar los esquemas para poder responder.

El pensamiento, como se ha dicho, es posible cuando se da el equilibrio entre los principios analizados; esto sólo se alcanza completamente hasta el nivel de las operaciones formales o del pensamiento abstracto, que acontece, por lo general, en la vida adulta.

A la hora de adaptarse a situaciones complejas el individuo utiliza esquemas de los que posee, siempre que funcionen (asimilación) y puede llegar a modificar y/o aumentar sus esquemas cuando se requiere algo nuevo (acomodación).

La búsqueda de equilibrio se produce por la integración de las nuevas experiencias en nuestros esquemas, es decir, la forma en la que el ser humano se relaciona con las ideas y el entorno. Esta integración puede tener dos caras: se puede decir que hay equilibrio si al aplicar un esquema determinado a un acontecimiento particular éste funciona; de no producir un resultado satisfactorio, entonces se produce un desequilibrio y hace que el individuo se siente incómodo.

El funcionamiento intelectual del ser humano hace que la confusión inicial motive a buscar una solución mediante la asimilación y la acomodación. Consecuentemente nuestro pensamiento cambia y avanza. Todo esto lleva al aprendizaje mediante la organización (nuestra forma de dar sentido y simplificar en categorías nuestro conocimiento del mundo) y la adaptación (el ajuste entre las ideas previas y las nuevas) .

5.3. Estadios

Las etapas del desarrollo intelectual de Piaget tienen una serie de características que deben de cumplir: las etapas tienen una secuencia de aparición invariante, por lo que siguen un orden fijo determinado; además, existe una estructura de conjunto característica de cada etapa; las estructuras de una etapa inferior se integran en el siguiente; y por último, la transición ha de ser gradual entre etapas.

Cuatro son las etapas que concretó Piaget y que denominó estadios. Se ordenan según la edad del individuo [3]:

- ESTADIO SENSORIO-MOTOR (de 0 a 2 años): la inteligencia es práctica y se relaciona con la resolución de problemas a nivel de la acción.
- ESTADIO PREOPERATORIO (de 2 a 7 años): la inteligencia pasa a ser simbólica, pero destaca que sus operaciones aún carecen de estructura lógica.
- ESTADIO DE LAS OPERACIONES CONCRETAS (de 7 a 12 años): el pensamiento infantil es ya un pensamiento lógico, a condición de que se aplique a situaciones de experimentación y manipulación concretas.
- ESTADIO DE LAS OPERACIONES FORMALES (de 12 años en adelante): aparece en el individuo la lógica formal y surge la capacidad para trascender la realidad manejando y verificando hipótesis de manera exhaustiva y sistemática.

Debido a que el objeto de estudio de este trabajo son alumnos universitarios de primer año nos centraremos en las características e hitos del último de los estadios del desarrollo intelectual.

Durante el estadio de las operaciones formales se produce un cambio muy importante, el pensamiento hace la transición de lo real a lo posible. Cosas con las que el adolescente no ha tenido contacto son objeto del pensamiento personal. Este hecho facilita el generar ideas acerca de eventos que nunca ocurrieron, además de hacer predicciones sobre hechos hipotéticos o futuros. A nivel de raciocinio, el individuo tiene capacidad de discutir complejos problemas que incluyan ideas abstractas, además de razonar sobre las relaciones y analogías proporcionales. Dicho de otra manera, el adolescente puede realizar pruebas geométricas, resolver las ecuaciones algebraicas, analizar la validez intrínseca de un argumento, etc. La capacidad de pensar en forma abstracta y reflexiva es otro de los hitos de este estadio.

El adolescente desarrolla un razonamiento científico más completo. Esto es, se abordan los problemas de un modo más sistemático, se formula hipótesis, determina cómo

comparar los hechos con las propias hipótesis, aprende a excluir las que resulten falsa. Es lo que Piaget denominó pensamiento hipotético – deductivo. No es más que la capacidad de generar y probar hipótesis en una forma lógica y sistemática.

5.4. Conclusiones

En consecuencia, se considera a Piaget como fundador de la disciplina denominada “desarrollo cognitivo”, teniendo como premisa que el desarrollo del niño no se puede estudiar con los métodos aplicados a los adultos. Trató de describir y explicar el proceso de desarrollo, en contraposición con otros autores de la época.

A pesar de obviar ciertas habilidades de los niños en ciertas edades, Piaget ofreció una revisión bastante razonable y precisa de la forma en que piensan el individuo a diferentes edades. Es por todo ello que su teoría, o propuesta, sigue siendo una guía útil en la práctica diaria para muchos educadores.

Existen puntos de la teoría de Piaget que se pueden considerar erróneos o más bien controvertidos [2] [4]. Sobre todo ante la división en etapas del desarrollo cognoscitivo pudiendo darse el caso que el desarrollo de diferentes procesos cognitivos resulta independiente, por ejemplo, un niño puede tener habilidades espaciales notables, pero habilidades lingüísticas muy limitadas. Además, resto importancia a las influencias sociales y culturales. Tampoco distinguió entre competencia y desempeño, en el que influyen otros aspectos como la motivación, la familiaridad con la tarea realizada.

6. Teoría de Vygotsky

6.1. Introducción

La teoría desarrollada por Lev Vygotsky también es precursora de lo que hoy llamamos psicología cognitiva, se considera de método evolutivo, pero teniendo en cuenta que el desarrollo cognitivo no sólo es producto biológico (genético) sino también y sobre todo social. Este autor desarrolló una teoría según la cual los factores sociales, culturales e históricos desempeñan un papel en el desarrollo humano. Debido a ello a su teoría se la ha llamado “de la formación social de la mente”.

Para Vygotsky no es posible entender el desarrollo del niño si no se conoce la cultura donde se cría. Por lo tanto, los patrones de pensamiento del individuo no se deben a factores innatos, sino producto de las instituciones culturales y de las actividades sociales [5] [6].

Las interacciones sociales con compañeros y adultos constituyen el medio principal del

desarrollo intelectual del niño. La mayoría de procesos mentales del individuo, como resolver problemas o recordar, tienen un origen social. Existen habilidades mentales innatas como la percepción, la atención y la memoria, se transforman en funciones mentales superiores mediante la interacción de compañeros y adultos.

6.2. Conceptos fundamentales

Esta teoría enumera como fundamentales cinco conceptos: las habilidades psicológicas, las herramientas del pensamiento, las funciones mentales, la zona de desarrollo próximo, la mediación.

Toda cultura posee sus propias herramientas técnicas y psicológicas que transmite a los individuos por medio de las interacciones sociales. Vygotsky distinguió dos clases de instrumentos que posibilitan distintas actividades y orientan sentidos diferentes: las herramientas y los signos. De tal manera que la herramienta transforma materialmente el entorno, mientras que el signo es un mediador cultural que transforma al sujeto de dicha mediación y sus acciones en el marco de la interacción con el entorno. Al fin y al cabo las herramientas culturales acaban por moldear la mente.

Para Vygotsky las funciones mentales o psicológicas son netamente sociales y se clasifican en inferiores y superiores:

- las funciones psicológicas inferiores son las biológicas o genéticamente formadas, que por supuesto son involuntarias; en términos más claros, son con las que nacemos;
- y las funciones psicológicas superiores son las socialmente formadas por medio de procesos educativos. Son mediadas culturalmente. Son tanto más robustas cuanto mayor sea la interacción social ya que implica mayor conocimiento y más posibilidades de actuar. Se desarrollan y aparecen en dos fases, en primer lugar las habilidades psicológicas se manifiestan en el ámbito social para después acontecer el ámbito individual. Son los instrumentos y los signos las que hacen posibles éstas últimas.

Se engloba a Vygotsky dentro de las teorías cognitivas de enfoque "progresistas" o "evolutivo" porque para él la cognición es posible mediante un paulatino proceso donde las funciones psicológicas inferiores dan lugar a las superiores, primero a un nivel social y luego a un nivel individual, este proceso fue denominado como internalización. Para Vygotsky es significativo como las formas en que las acciones humanas constituyen los escenarios socioculturales y como éstos a su vez impactan y transforman las acciones humanas. Como consecuencia el aprendizaje antecede al desarrollo cognitivo.

El instrumento fundamental en esta teoría es el lenguaje, así como la función del maestro dentro del proceso. El lenguaje mediatiza la interacción con otras personas y en diversos contextos, esta interacción hace emerger una variedad de procesos estimulados por el aprendizaje. También están los instrumentos técnicos que son usados para provocar cambios en otros objetos.

El éxito del aprendizaje está dado por la orientación de las personas adultas y de aquí surge la definición de zona de desarrollo próximo, como la distancia que existe entre el nivel de desarrollo que puede alcanzar el niño actuando independientemente y lo que puede lograr en colaboración con un adulto o compañero más competente. Otros instrumentos importantes son los símbolos algebraicos, los diagramas, mapas, etc. Estos instrumentos determinan la auto-construcción del sujeto, por lo que resulta un individuo activo de su propio desarrollo [7]. En resumen, se puede considerar que la “zona de desarrollo próximo” viene a representar la diferencia entre lo que el niño puede hacer por si mismo y lo que puede hacer con ayuda.

6.3. Conclusiones

El desarrollo cognitivo depende en gran medida de las relaciones con la “gente” que está presente en el mundo del niño y las “herramientas” que la cultura le da para apoyar el pensamiento, según Vygotsky. Los niños adquieren sus conocimientos, ideas, actitudes y valores a partir de su trato con los demás. Las herramientas reales y simbólicas desempeñan funciones muy importantes en el desarrollo cognoscitivo.

Para Vygotsky, la actividad desarrollada no es ajena al material con el que actúa, sino que la conforma, desde su carácter instrumental configura la dimensión externa inherente al aprendizaje, proponiendo un modo específico de aprendizaje, que precisa la redefinición del encuadre pedagógico, las acciones, los métodos, los soportes pedagógicos y los currículos de las materias afectadas por estos cambios [6].

La teoría de la Mediación de Vygotsky propone mediar para enseñar a aprender, considerando como condiciones de la mediación la apropiación del entorno sociocultural y del entorno de aprendizaje; suponiendo que éste tenga lugar en el marco de un contexto oportuno y a partir de acciones educativas significativas para un momento histórico determinado.

Considerando la cultura como el entorno natural en el cual se despliegan las personas, se permite plantear situaciones de aprendizaje similares a las que los aprendices están expuestos fuera del ámbito escolar. Esto posee un efecto facilitador para el aprendizaje dado que sirve de base para que los nuevos conocimientos sean significativos para los estudiantes [8].

6.4. Diferencias Piaget – Vygotsky

La principal contraposición entre el pensamiento de Vygotsky y Piaget es que el primero considera que el desarrollo depende del aprendizaje, posición contraria de Piaget, según el cual el aprendizaje depende del desarrollo.

Se pueden enumerar una serie de afirmaciones en las que se observa la diferencia de criterio de las dos teorías hasta ahora mostradas [7]:

1. El conocimiento se considera un proceso de interacción entre el sujeto y el medio... entendido físico únicamente (Piaget) / entendido social y culturalmente (Vygotsky).
2. El ser humano cuando nace es un individuo... biológico (Piaget) / social (Vygotsky).
3. En el desarrollo del ser humano existe un proceso de... socialización (Piaget) / diferenciación social (Vygotsky).
4. El potencial de la estructura cognitiva del sujeto depende de... la etapa del desarrollo en la que se encuentre (Piaget) / la calidad de la interacción social y de la “zona de desarrollo próximo” del individuo (Vygotsky).
5. Según Piaget, al nacer el ser humano se encuentra en un estado de desorganización que deberá ir organizando a lo largo de las etapas del desarrollo de su vida. En cambio Vygotsky, opta por una percepción organizada puesto que está dotado para dirigirla de estímulos humanos y para establecer interacciones sociales.

7. Teoría de Ausubel

7.1. Introducción

Uno de los autores más importantes y representativos de las teorías del aprendizaje contemporáneas es el psicólogo americano David Paul Ausubel, fallecido en 2008. Su teoría es utilizada en el campo de la enseñanza de las ciencias, y sirve de fundamento para los desarrollos con nuevas tecnologías. Uno de los cambios más importantes que se destaca en la propuesta diseñada por Ausubel es procurar superar el tradicional memorismo de las aulas para conseguir un aprendizaje más integrador, comprensivo y autónomo, por parte del estudiante.

Los trabajos de Ausubel y Novak [1] tienen su base en la investigación sistemática, de

tal manera que ofrecen una visión total del aprendizaje humano. Ausubel pone en manos del docente el estudiar el proceso de aprendizaje adecuado, conocer como aprenden los estudiantes, como mantienen y conservan este conocimiento.

Para desarrollar esta teoría, son muchos los elementos que se valoran en el aprendizaje humano: los estilos del aprendizaje del estudiante, los estilos cognitivos, el currículo, el significado que el proceso del aprendizaje tiene para los alumnos, la memoria.

Son tres los conceptos en los que se fundamenta la teoría: la estructura cognitiva, los puentes cognitivos y la distancia cognitiva.

Ausubel considera la estructura cognitiva individual como series organizadas (en forma piramidal) de hechos, conceptos y generalizaciones que ya se han aprendido. Según el autor, habrá que considerar el que cada tema o contenido, debe poseer su propia jerarquía de conceptos y que estos están directamente relacionados con este tipo de estructuras.

Un término más general es el punteo cognitivo. Estos ayudan a afianzar la nueva información y conducen al desarrollo de otros inclusores. En decir, enlazan la experiencia que se posee con los nuevos conocimientos asimilados.

La distancia cognitiva se refiere al conflicto que genera en la persona el proceso de la incorporación de nuevos conceptos.

7.2. Aprendizaje Significativo

El principal postulado de la teoría de Ausubel (y que le da nombre a la misma) es la del aprendizaje significativo. Es aquel aprendizaje en el que los docentes crean un entorno de instrucción en el que los alumnos entienden lo que están aprendiendo. Este va a ser uno de los puntos fundamentales en el se va a basar esta Tesis.

La base biológica del aprendizaje significativo, son las áreas cerebrales donde se almacena la información. El aprendizaje significativo tiene lugar cuando un concepto que se va a aprender, se relaciona de una manera no arbitraria y “sustantiva”, con lo que el individuo ya conoce que será un concepto relevante y que ya existe en la estructura cognitiva del sujeto que aprende [1].

Por una parte, esto quiere decir que la relación entre la estructura cognitiva y la nueva información aprendida es específica, y son necesarios una serie de conocimientos previos preexistentes en el individuo (en forma de conceptos, ideas o proposiciones), estos son los subsumidores y cuya finalidad es “anclar” los nuevos conocimientos.

En referencia al término “sustantiva” en la definición, indica que lo que se asimila es la

sustancia del nuevo conocimiento y no las palabras o elementos utilizados para ello.

De acuerdo con este planteamiento, ¿cuál es la labor del profesor? El factor más importante que influye en el aprendizaje es lo que el alumno ya sabe, por tanto, el profesor debe averiguarlo y enseñar en consecuencia de lo que descubra.

Según esta teoría es importante destacar la diferencia entre aprendizaje significativo y el hecho de aprender de memoria:

- El aprender de memoria acontece cuando es la memoria del estudiante la que almacena el material para ciertos propósitos, una vez cumplidos es muy fácil olvidarse de dicho material.
- Para que el aprendizaje sea significativo, el material debe ser “significativo” sino no se produce el anclaje con los conocimientos previos, además debe permitir que haya un aprendizaje con sentido lógico y psicológico. Los subsumidores (ideas anclajes) deben ser específicos, estar claros, ser relevantes y disponibles en la estructura cognitiva del sujeto.

7.3. Diferenciación progresiva y reconciliación integradora

Uno de los principios de la teoría del aprendizaje significativo es la llamada diferenciación progresiva en la que se produce la transformación de los inclusores. El hecho de que el individuo amplíe los conceptos con nuevos significados provoca que se vaya dando una diferenciación con el concepto inicial, es decir, con los subsumidores de los conocimientos previos.

Cuando una persona amplía sus conocimientos con nuevos significados, el concepto que posee lo va ampliando progresivamente con el nuevo material. Es progresivo y por lo tanto se va diferenciando.

Puede darse el caso de que no existan los conceptos o ideas que sirvan de anclaje para que se produzca el aprendizaje significativo, la solución a esto es poder utilizar contenidos introductorios lo suficientemente relevantes para establecer la relación con los nuevos contenidos. Ausubel los llamó organizadores previos y son materiales introductorios presentados antes del material de aprendizaje en sí.

La principal función del organizador previo es la de servir de puente entre lo que el aprendiz ya sabe y lo que debe saber, con el fin de que el nuevo material pueda ser aprendido de forma significativa. Es decir, los organizadores previos son útiles para facilitar el aprendizaje en la medida en que funcionan como puentes cognitivos. No solo pueden suministrar inclusores relevantes para el aprendizaje significativo del nuevo material, sino

también establecer relaciones entre ideas, proposiciones y conceptos ya existentes en la estructura cognitiva y los contenidos en el material de aprendizaje.

Otro de los principios de esta teoría es la llamada reconciliación integradora que acontece cuando el concepto nuevo es de mayor grado de inclusión que los conceptos que el alumno ya conocía. Esta capacidad permite hacer referencia cruzada de ideas, así como reconciliar datos que aparentemente no están conectados, explorar relaciones, encontrar vínculos con experiencias previas (ya que guardan relación con el concepto que se está aprendiendo).

Se puede decir que la finalidad es lograr una síntesis, bajo un principio unificador e inclusivo, de elementos aparentemente en conflicto: el existente en la estructura cognitiva y el nuevo concepto.

7.4. Tipos de aprendizajes

Inicialmente, a la hora de clasificar en categorías los tipos de aprendizaje Ausubel define dos dimensiones: una según los procedimientos (por recepción y por descubrimiento) y otra respecto a los modos (significativo y de memorización).

- PROCEDIMIENTO POR RECEPCIÓN: lo que se quiere aprender aparece en su forma definitiva en el material expuesto. El contenido o motivo de aprendizaje se presenta al alumno en su forma final, sólo se le exige que “internalice” o incorpore el material (leyes, un poema, un teorema de geometría, etc.) que se le presenta de tal modo que pueda recuperarlo o reproducirlo en un momento posterior. Dentro de esta dimensión hay dos modos de aprendizaje:
 - APRENDIZAJE POR RECEPCIÓN SIGNIFICATIVA: se produce cuando las ideas expresadas de forma simbólica son relacionadas de manera no arbitraria si no sustancial, en la que los alumnos saben señalar y reconocer aspectos fundamentales de la estructura de conocimiento que han de aprender ya sea una imagen, un símbolo, un contexto, una producción, etc.
 - APRENDIZAJE RECEPTIVO POR FIJACIÓN (O MEMORIZACIÓN): un material de cualquier clase aparece en su forma definitiva y se memoriza tal cual se recibe. La información llega al alumno en forma literal o al pie de la letra, tal cual nos han sido enseñados. Un ejemplo de este tipo sería el aprendizaje de un número telefónico.

- PROCEDIMIENTO POR DESCUBRIMIENTO: indica los modos que permiten al estudiante incorporar nueva información a la estructura cognoscitiva. No todo lo que se aprende se presenta en forma definitiva.
 - APRENDIZAJE POR DESCUBRIMIENTO SIGNIFICATIVO: en el aprendizaje por descubrimiento, lo que va a ser aprendido no se da en su forma final, sino que debe ser reconstruido por el alumno antes de ser aprendido e incorporado significativamente en la estructura cognitiva.
 - APRENDIZAJE POR DESCUBRIMIENTO MEMORIZADO: el alumno llega a la solución del problemas o a otros resultados por si solo, pero éste se memoriza mecánicamente.

Ausubel considera que el aprendizaje por descubrimiento no debe ser presentado como opuesto al aprendizaje por exposición o recepción, ya que éste puede ser igual de eficaz, si se cumplen ciertas características. Así pues, el aprendizaje escolar puede darse por recepción o por descubrimiento, como estrategia de enseñanza, y se puede lograr un aprendizaje significativo o bien memorístico y repetitivo.

Además de la clasificación por dimensión, Ausubel propone tres niveles en el aprendizaje significativo que a su vez van a definir tipos de aprendizaje:

- APRENDIZAJE POR REPRESENTACIÓN: el resultado será que la persona pueda reconocer que es lo que representan las palabras particulares y consecuentemente que es lo que estas significan.
- APRENDIZAJE DE CONCEPTOS: existen dos opciones o formas de aprender por conceptos, formando conceptos a través de la abstracción, o bien, aumentando el grado de asimilación (a medida que va recibiendo instrucción formal).
- APRENDIZAJE PROPOSICIONAL: se adquiere el significado de nuevas ideas expresadas en una frase o en una oración que contiene dos o más conceptos. Dentro de este tipo de aprendizaje existe el método por subsunción, donde cada nuevo aprendizaje es subordinado por el conocimiento anterior. Se pueden enumerar tres tipos de aprendizaje proposicional:
 - Subsunción derivativa.
 - Subsunción correlativa.
 - Subsunción combinatoria.

Para que se logre el aprendizaje significativo, los subsunoeres deben tener disponibilidad y poseer discriminabilidad.

7.5. Conclusiones

Los métodos constructivistas se fundamentan en una sólida planificación: la selección previa del material adecuado para el trabajo de los alumnos, la selección de las preguntas que generarán el cuestionamiento que conducirá a nuevas indagaciones y a la búsqueda y construcción de nuevas interpretaciones y significados. Por tanto, no se trata de darles a los alumnos respuestas concretas, si no más bien ofrecerles las preguntas adecuadas que generen un desequilibrio en su estructura cognitiva y provoque la necesidad de regular o más bien actualizar los conocimientos de que poseen los alumnos, generando de esta manera nuevos aprendizajes.

La teoría del aprendizaje significativo de Ausubel, ayuda al alumno que vaya construyendo sus propios esquemas de conocimiento para una mejor comprensión de los conceptos. Para conseguir este tipo de aprendizaje, y resultados, se debe disponer del material adecuado, las estructuras cognitivas del alumno y sobre todo la motivación necesaria.

8. Diferencias Ausubel – Piaget – Vygotsky

Las teorías de Ausubel y Piaget tienen ciertas coincidencias y discrepancias. Por una parte, ambos coinciden en la necesidad de conocer las necesidades de los alumnos, pero Ausubel no comparte con Piaget la importancia de la actividad y autonomía del alumnos. Tampoco comparte los estados de Piaget, ligados al desarrollo, como limitantes del aprendizaje. Para Ausubel lo que limita el aprendizaje del individuo es la cantidad y calidad de los conceptos relevantes y las estructuras proposicionales del alumno.

Ausubel comparte con Vygotsky la importancia que este último le da a la construcción de la historia de acuerdo a la realidad en el alumno. Además considera poco eficaz el aprendizaje por descubrimiento para la enseñanza de las ciencias.

9. Teoría de Gardner

9.1. Introducción

El psicólogo norteamericano Howard Gardner, Premio Príncipe de Asturias de Ciencias Sociales 2011, realizó trabajos [9] [10] en los que consideraba el concepto de inteligencia como un potencial que cada ser humano posee en mayor o menor grado. Planteó que no se

puede medir la inteligencia por instrumentos normalizados en un test. Su teoría ofreció criterios para observarla y desarrollarla, no para medirla. Se denominó “teoría de las inteligencias múltiples”.

Gardner define textualmente la inteligencia como la “capacidad de resolver problemas o elaborar productos que sean valiosos en una o más culturas”.

9.2. Tipos de inteligencia

Según este autor la inteligencia puede ser de varios tipos, todas ellas de igual importancia y relevancia:

- INTELIGENCIA LINGÜÍSTICA: capacidad de usar las palabras de manera adecuada.
- INTELIGENCIA MATEMÁTICA: capacidad que permite resolver problemas de lógica y matemática.
- INTELIGENCIA ESPACIAL: capacidad de distinguir aspectos como: color, línea, forma, figura, espacio, y sus relaciones en tres dimensiones.
- INTELIGENCIA MUSICAL: capacidad relacionada con las artes musicales. Lo que comúnmente se denomina “buen oído” o “buen ritmo”.
- INTELIGENCIA CORPORAL – CINESTÉSICA: capacidad de controlar y coordinar los movimientos del cuerpo y expresar sentimientos con él.
- INTELIGENCIA INTRAPERSONAL: capacidad relacionada con las emociones, la cual permite entenderse a uno mismo.
- INTELIGENCIA INTERPERSONAL: capacidad para entender a las demás personas con empatía; está relacionada con las emociones. También denominada inteligencia social.
- INTELIGENCIA EXISTENCIAL: capacidad para situarse uno mismo con respecto al cosmos.
- INTELIGENCIA NATURALISTA: es la capacidad que se utiliza al observar y estudiar la naturaleza a la hora de organizar y clasificar.

Según Gardner [10], la mayoría de individuos tienen la totalidad de las inteligencias cada una desarrollada de un modo y a un nivel particular, producto de la dotación biológica de cada uno, de la interacción con el entorno (ambiente), y de la cultura en la que se crece. Por tanto, la inteligencia no es vista como algo unitario, que agrupa diferentes capacidades

específicas con distinto nivel de generalidad, sino es un conjunto de inteligencias múltiples, distintas e independientes entre ellas.

El componente genético de la inteligencia es un factor a tener en cuenta, pero Gardner considera la inteligencia como una capacidad que se puede desarrollar. De tal manera que el ser humano combina los distintos tipos y las usa en diferentes grados, de manera personal y única.

Los distintos tipos de inteligencias aparecen más como un conjunto de saberes para hacer algo que como un conocimiento proposicional, sin embargo, Gardner reconoce el carácter representacional del mundo y las cosas. Por ello, expone que la percepción de un objeto depende de las representaciones que se tengan, y no solo del estímulo que produce a nuestros sentidos.

9.3. Conclusión

No todos los individuos tienen los mismos intereses y capacidades, y no todos aprenden de la misma manera. Esto implica un nuevo rol en el profesorado que debe evaluar los intereses y capacidades del alumnado, teniendo en cuenta el ambiente que le rodea. La teoría de las inteligencias múltiples presenta una comprensión más amplia del ser humano y de las distintas formas que tiene de aprender y manifestar sus conocimientos intelectuales y sociales.

Se debe ofrecer al alumno actividades “agradables” y pertinentes, de acuerdo a las habilidades, intereses e inteligencias desarrolladas en los estudiantes. Esto les permitirá motivarse a descubrir su propio conocimiento, mejorando así el proceso de enseñanza y aprendizaje.

La mayoría de sistemas escolares vigentes no tratan por igual a los distintos tipos de inteligencia, priorizando la inteligencia matemática y la lingüística. Si bien es cierto que actualmente se promueve que el profesorado realice el proceso de enseñanza y aprendizaje a través de actividades que promuevan una diversidad de inteligencias, de esta manera, asumiendo que los alumnos poseen diferentes niveles de desarrollo de las mismas es necesario que todos los docentes pongan en práctica este tipo de actividades.

10. Epílogo

El aprendizaje constructivista favorece los desarrollos educativos que usan ambientes tecnológicos, siempre respaldados por un enfoque educativo explícito. Es decir, implementar métodos que utilicen ordenadores, simulaciones y demás instrumentos, no tienen valor educativo si no van sustentada en un modelo que permita desarrollar aplicaciones

específicas en línea consistentes y ubicadas en las concepciones constructivistas del aprendizaje [11].

El lenguaje oral y escrito no es el único tipo de comunicación educacional, existen otros mecanismos que permiten aprender significativamente: visualmente, con números, de la interacción con otras personas, reflexionando sobre distintas ideas, etc. Las nuevas tecnologías favorecen estas diferentes formas de aprender, porque es relativamente fácil imaginar desarrollos en los que se maneja un alto número de estrategias que promuevan un conjunto de habilidades y competencias intelectuales.

Según Vygotsky, los productos culturales de cada época, así como la dinámica social, poseen enormes facultades educativas. Por tanto, el hecho de la realización de prácticas de laboratorio asistidas por ordenadores implicará un enriquecimiento del proceso de aprendizaje del alumno.

A la hora de buscar organizadores previos, en el caso que no existan subsumidores (que sirvan de puente entre lo que el alumno ya sabe y lo que debe saber antes de adquirir nuevos conocimientos), las TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) ofrecen un amplia variedad de ellos creados a través de simulaciones, vídeos, audios, juegos, figuras tridimensionales, entre otros.

El desarrollar contenidos educativos mediante las nuevas tecnologías promueven el aprendizaje significativo cuando se usan alternativas que permiten que la nueva información se relacione de manera no arbitraria con la estructura cognitiva de la persona que aprende. Además, hace que los roles de los profesores y de los alumnos cambien con respecto a los que tienen en un sistema presencial y los materiales pasan a ser parte central del proceso [12].

A través de las propuestas que implican las TIC se pueden plantear actividades que permitan: conocer lo interesante que les parece los contenidos y su forma de presentación, observar cómo los alumnos acomodan y relacionan la nueva información que reciben, etc.

En el capítulo siguiente, se analizará la situación actual de la enseñanza de las ciencias, fundamentalmente en la Física de educación superior. Y se mostrará como el uso de los ordenadores, y el tipo de software disponible, puede mejorar la enseñanza de las ciencias. Posteriormente, se analizarán las distintas herramientas informáticas que permiten la mejora del aprendizaje de la Física, y finalmente se escogerá un cierto software con el que desarrollar una serie de Prácticas Virtuales, de tipo simulaciones interactivas, para los alumnos.

11. Bibliografía

- [1] Ausubel, D.; Novak, J. D.; Hanesian, H. "Psicología Educativa Un Punto de Vista Cognoscitivo (decimotercera ed.)". México. Editorial Trillas, **2000**.
- [2] Valeiras Esteban, B.N. "Las tecnologías de la información y la comunicación integradas en un modelo constructivista para la enseñanza de las ciencias". Tesis Doctoral. Universidad de Burgos, **2006**.
- [3] Piaget, J. "Psicología y Pedagogía". Barcelona. Ariel, **1969**.
- [4] Galicia, U.; Gallegos, R.; de León, A.; Lartigue, M. T.; Garibay, J. G.; Ramos, J. D. "Reflexiones y propuestas sobre educación superior: seis ensayos". Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES). México, **1996**.
- [5] Vygotsky, L. "Pensamiento y Lenguaje". Buenos Aires. La Pléyade, **1973**.
- [6] Vygotsky, L. S. "El Desarrollo de los Procesos Psicológicos Superiores". Barcelona. Crítica, **1997**.
- [7] Frawley, W. "Vygotsky y la Ciencia Cognitiva". Barcelona. Editorial Paidós, **1997**.
- [8] Lacasa, P. "Aprender en la Escuela Aprender en la Calle". Madrid. Visor, **1994**.
- [9] Gardner, H. "Estructuras de la Mente: la Teoría de las Múltiples Inteligencias". Barcelona. Editorial Paidós, **1993**.
- [10] Gardner, H.; Kornhaber, M. L.; Wake, W. K. Inteligencia. "Múltiples perspectivas". Barcelona. Aique, **2000**.
- [11] Andrés Zuñeda, M. M. "Diseño del trabajo de laboratorio con bases epistemológicas y cognitivas: caso carrera de profesorado de física". Tesis Doctoral. Universidad de Burgos, **2011**.
- [12] Yanitelli, M. S. "Un cambio significativo en la enseñanza de las ciencias. el uso del ordenador en la resolución de situaciones experimentales de física en el nivel universitario básico". Tesis Doctoral. Universidad de Burgos, **2011**.

III. Los ordenadores y la enseñanza de la Física

1. Introducción

2. La enseñanza de la Física en la actualidad

3. ¿Qué se puede hacer a nivel educativo?

4. Principios de la enseñanza de la Física, según PER

5. Innovación en la enseñanza de la Física

6. El uso de ordenadores a la hora de enseñar Física

7. Epílogo

8. Bibliografía

III. Los ordenadores y la enseñanza de la Física

1. Introducción

Es en la enseñanza de las ciencias, en especial la Física, donde la creación y el uso de simulaciones interactivas encuentra uno de sus principales ámbitos de aplicación. Otras ramas de estudio que permiten desarrollar estas simulaciones son las Matemáticas, la Química, la Biología y las distintas Ingenierías.

Resulta a menudo necesario que presentarles a los alumnos atractivas visualizaciones de ciertos fenómenos que se estudian para facilitar la comprensión o simplemente para hacer más agradable el estudio de los principios involucrados en cada situación. También hay que tener en cuenta que la componente de interactividad de las simulaciones presenta un valor añadido especial, permitiendo a los estudiantes jugar un papel más activo en el proceso educativo actual.

Sobre este aspecto se ha investigado recientemente, sobre todo en ciertos trabajos pioneros de la enseñanza de la Física, concluyéndose que las simulaciones, y en general el ordenador, aportan beneficios significativos en la enseñanza actual. Con la salvedad de que su uso se realice coherentemente y con una sólida base pedagógica. Este hecho se puede ver reflejado citando una de las fuentes [1]: "... el uso de la tecnología por el único bien de la tecnología no reporta de manera inmediata beneficios pedagógicos...".

En este capítulo se hará un repaso de la problemática de la enseñanza de la Física que reflejan una serie de estudios sobre esta hecho [2 – 22], además de las conclusiones obtenidas por los investigadores educativos y las consecuencias que de ellas se derivan para el buen uso de las simulaciones interactivas en el terreno de la educación. La extensa bibliografía existente sobre el tema servirá de apoyo a este capítulo.

2. La enseñanza de la Física en la actualidad

Por norma general, la preocupación más extendida entre los docentes es saber si los estudiante, una vez superan los exámenes, han comprendido realmente los conceptos fundamentales que se les ha intentado transmitir en el aula. Los resultados respecto a esta pregunta se puede considerar desastrosos (como muestran ciertos estudios [2 – 5]). Y no solo eso, sino que a la hora de las inevitables comparaciones respecto a otros países en pruebas a nivel internacional [6] han mostrado cómo los estudiantes de países teóricamente más avanzados obtienen resultados peores que la media.

Quizás, otro de los indicadores de la situación de la enseñanza de la Física, si no directo, sí ciertamente relacionado, es el continuado declive en la solicitud de ingreso de estudiantes en algunas carreras de Ciencias, y en particular en Física, en las universidades nacionales [7 – 12].

Este hecho no sólo resulta preocupante para los educadores profesionales o las instituciones, ya que ven así amenazada la “cuota” del mercado educativo, sino también para los responsables gubernamentales y el propio sector industrial donde acabarán trabajando estos alumnos, la industria y el Gobierno deben reconocer el importante papel de los estudiantes formados en Ciencias, Matemáticas e Ingeniería, así como la eventual investigación que se pudiera realizar como contribución a la economía futura, y por tanto a la riqueza y bienestar general del país.

¿Que razones existen para este supuesto desinterés?

En primer lugar, a pesar de que las demandas de conocimientos técnicos aumentan en el puesto de trabajo [10] y la potencia de cálculo que la tecnología pone en nuestras manos diariamente se dispara, el público en general, incluso el científicamente educado, ya no percibe a disciplinas básicas, como las Matemáticas o la Física, como aquéllas en las que se producen los descubrimientos más innovadores, dejando paso a la Química, la Biología, y a nuevas disciplinas como la Neurociencia o la Robótica, que parecen acaparar la atención del gran público.

Además, las industrias, movidas por una competencia cada vez más global, están reduciendo sus programas de investigación básica para concentrar sus esfuerzos de innovación en el desarrollo de nuevos productos. También hay que entender que los cambios en la situación política mundial y la más estable industria del petróleo pudieran acarrear serios recortes o, mismamente, la cancelación de programas de investigación de muchos gobiernos.

Como tercera causa, el desarrollo y distribución al mercado de los bienes de consumo. Esto origina que, a su vez, ha cambiado el tipo de “puesto de trabajo” que exigen las empresas. Las compañías buscan ahora estudiantes con un mayor nivel de solución de problemas, soltura en el manejo de ordenador y habilidades de comunicación, todo ello unido a la capacidad para trabajar en grupo. Estas nuevas demandas pueden favorecer a los estudiantes de escuelas de ingeniería frente a los de Física o Matemáticas, por ejemplo.

Por último, no hay que olvidarse que también han habido cambios en los propios estudiantes y en el propio sistema educativo. Como resultado de los cambios y la difícil situación en el mercado laboral, los estudiantes rechazan verse forzados a estudiar materias que no consideran, o aprecian, como directamente relacionadas con la posibilidad de

encontrar un buen puesto de trabajo futuro. Además, habiéndose criado en la era de los ordenadores, los videojuegos y la TV, no tienen la fluidez necesaria con el material impreso, ni las habilidades matemáticas de antaño. Un hecho que hay que resaltar en todo este aspecto es que los propios estudiantes ni son menos capaces, ni tienen menor interés, simplemente tienen habilidades diferentes.

Concluyendo esta tesis se puede decir que los estudiantes parece que se han acostumbrado al éxito fácil, pudiendo calificarse su forma de adquirir información actual como que "necesitan ser entretenidos" o que "tienen una ventana de atención reducida". Por lo que se puede entender que los estudiantes aprecien tanto la Física o las Matemáticas como disciplinas que requieren duro trabajo y que quizás proporcionen limitados beneficios inmediatos.

3. ¿Qué se puede hacer a nivel educativo?

Los educadores se han concentrado a lo largo de los últimos años en estudiar el contenido y la forma de lo que enseña. Y como consecuencia han sido muchas las críticas que se han hecho al respecto.

Respecto a la complejidad.- algunos se han quejado de que el currículo actual tiene un problema de profundidad y no en la longitud del mismo [12]. Esto puede ser debido a que la mayoría de los cursos introductorios cubren multitud de tópicos de manera únicamente superficial con la intención de sentar las bases para un estudio más profundo posterior. Sin embargo, la mayoría de los alumnos no tienen la oportunidad (o quizás las ganas) de pasar a este segundo estadio de profundidad en el tema. Existe, además, una reducida conexión entre el contenido en los distintos niveles y entre distintas disciplinas.

En cuanto al método usado.- las lecciones típicas son del tipo magistral y quizás son poco eficientes o insuficientes: un intercambio de preguntas y respuestas en el que el profesor trata de conducir a los estudiantes a una única respuesta final correcta [13]. Además los métodos de evaluación (exámenes, pruebas) refuerzan este método, insistiendo que los alumnos memoricen datos o utilicen fórmulas que se adecuen a los datos provistos, en cada caso. La comprensión conceptual profunda queda relegada a las rutinas y la destreza en las respuestas a corto plazo.

Debido a los problemas comentados el estudiante no experimenta la sensación de estar aumentando su competencia sobre la materia enseñada, lo que puede acarrear falta de motivación e interés.

Todo esto ha ocasionado que un número cada vez mayor de profesionales de la Física

haya comenzado a estudiar el problema de la enseñanza de esta Ciencia. Desde los distintos niveles de la educación: secundaria e universitaria, así como en carreras de Ciencias como de Ingeniería.

Un ejemplo de esta creciente preocupación es la creación de *Physics Education Research* (Investigación sobre la Enseñanza de la Física), de siglas PER, que es como se ha denominado esta nueva disciplina [3]. Este movimiento se considera de suficiente relevancia, hace diez años, y solo en Estados Unidos, había censados más de una docena de programas específicos en PER en departamentos de investigación de Física. Actualmente pasan de la centena considerando los grupos internacionales (fuera de los Estados Unidos).

3.1. *Physics Education Research* (PER)

Se muestra a continuación los datos de la última conferencia de PER:

PHYSICS EDUCATION RESEARCH CONFERENCE 2011

<http://www.compadre.org/per/>

PER Topical Group, AAPT Event

August 3, 2011 - August 4, 2011 in Omaha, NE

Una de las peculiaridades ventajosas de este estudio es que se lleva a cabo en los mismos departamentos y con la misma consideración de rigor que otras áreas de investigación de la Física. Por una parte, porque proporciona de entrada el método científico al estudio de cómo mejorar las clases de Física, teniendo en cuenta la perspectiva del científico y su experiencia profesional. Como aquéllos que llevan a cabo la investigación sobre la enseñanza son profesionales de la Física, comprenden la disciplina y a sus estudiantes de una manera a la que no pueden acceder los psicólogos cognitivos. Por otra parte, los departamentos se benefician de este trabajo para construir mejores currículos y adoptar métodos educativos mejor adaptados [5] [7] [14] [15].

Sirven de referencia los resultados de esta investigación acerca del modo en que los estudiantes aprenden Física, ya que están dotados de un alto grado de consenso. Todo ello apoyado por distintos trabajos en este ámbito [5] [16 – 18]. Una de las aplicaciones más directa del trabajo que desarrolla la PER es su uso para el desarrollo de nuevos currículos educativos [9] [14] [19 – 20].

PER se refiere tanto a los métodos actualmente utilizados para enseñar Física, como al área de investigación pedagógica que busca mejorar dichos métodos.

Comentar que aproximadamente el 85% de las instituciones educativas de los Estados Unidos investigan en la educación de la ciencia y el aprendizaje de la Física. El objetivo principal de PER es el desarrollo de técnicas y estrategias pedagógicas que ayuden a los estudiantes a aprender la física con mayor eficacia. Esta investigación a menudo se centra en aprender más acerca de los errores más comunes que los alumnos traen al aula, por lo que las técnicas pueden ser diseñadas para ayudar a superar estos errores. Se han desarrollado una gran variedad de **métodos de aprendizaje interactivos** (a veces también llamados métodos activos de aprendizaje), además de experiencias de laboratorio, con este objetivo.

3.2. La física en el aula

Históricamente, la Física se enseña en la escuela secundaria y a nivel universitario, sobre todo a través de sesiones magistrales (tipo conferencia) junto con contadas actividades de Laboratorio destinadas a verificar los conceptos aprendidos en el aula. Estos conceptos se pueden entender mejor cuando van acompañados de sesiones de demostración, es decir, con los experimentos, además es en ese momento cuando los estudiantes reflexionan sobre lo que ocurrirá en el experimento y por qué. Los alumnos que participan en el aprendizaje activo, por ejemplo, con experimentos prácticos, aprenden a través de lo que se podría denominar “autodescubrimiento”. Es por ensayo – error como los estudiantes consiguen cambiar sus ideas preconcebidas acerca de los fenómenos de la Física y descubrir los conceptos subyacentes.

Lamentablemente, debido a la naturaleza abstracta y la aparente “contrariedad al sentido común” de muchos de los conceptos elementales de la Física, junto con el hecho de que la enseñanza a través de analogías puede llevar a confusiones, hacen que las sesiones magistrales a menudo no ayuden a los estudiantes a superar las distintas ideas erróneas que tienen sobre el mundo físico y que han desarrollado antes de comenzar su instrucción formal en el tema.

Se propone un caso práctico: en la mayoría de los cursos de introducción a la Física, la Mecánica suele ser la primera rama que se estudia. Las leyes de Newton del movimiento, que describe cómo los objetos con masa responden a las fuerzas, son fundamentales para el estudio de la Mecánica. Newton llegó a concluir sus tres leyes del movimiento después de un extenso estudio de datos empíricos incluyendo muchas observaciones astronómicas.

Sin embargo, los estudiantes suelen tener ideas preconcebidas sobre el mundo que les rodea que hace que sea difícil para ellos aceptar las leyes del movimiento de Newton. A modo de ejemplo, la primera ley de Newton, también conocida como la “ley de la inercia”, afirma que, en un sistema inercial, un cuerpo en reposo permanecerá en el mismo estado de

equilibrio y que un cuerpo en movimiento, a velocidad constante, continuará moviéndose con la misma velocidad a menos que una fuerza actúe sobre dicho cuerpo. Muchos estudiantes tienen la idea errónea de que se requiere una fuerza para mantener un cuerpo en movimiento a velocidad constante. Los estudiantes noveles saben que para deslizar un libro sobre una mesa hay que ejercer un "empuje" sobre el mismo. Sin embargo, no tienen en cuenta que hay más de una fuerza que actúa sobre el libro que está siendo empujado a través de la mesa a una velocidad constante. Además de los "empujes" que se ejercen, también existe una fuerza de fricción, en el sentido opuesto al movimiento, que actúa sobre el libro desde la mesa. Cuando el libro se mueve a velocidad constante, esas dos fuerzas se balancean vectorialmente para producir una fuerza neta igual a cero.

En un ambiente de aprendizaje activo los estudiantes puedan experimentar con los objetos en un entorno que no tiene casi ninguna fricción, por ejemplo, un bloque en movimiento en una mesa de aire. En esta situación, si el bloque empieza moviéndose a velocidad constante, continuará moviéndose a velocidad constante sin necesidad de un "empuje" constante. Se espera que los ejercicios de esta naturaleza ayuden a los estudiantes a superar sus ideas preconcebidas sobre el movimiento.

3.3. Documentación sobre la enseñanza de la Física

Son principalmente cuatro revistas científicas las que aglutinan la mayor parte de los artículos internacionales sobre la investigación de la enseñanza de Física:

1. *American Journal of Physics: Physics Education Research Section* (PERS), para aquellos docentes que quieran lectura y uso de las metodologías, pero no para continuar la investigación en el tema.
2. *Journal of the Learning Sciences* (JLS), para los que la atención se dirige a ambientes de la vida real o no de Laboratorio, a menudo en el contexto de la sociedad tecnológica actual, y sobre el aprendizaje, no la enseñanza.
3. *Physical Review Special Topics: Physics Education Research* (PRST:PER), artículos dirigidos a aquellos que llevan la investigación en el PER, en lugar de los "consumidores" del material.
4. *Physics Education Research Conference Proceedings* (PERC), diseñado tanto para investigadores como para "consumidores". Ofreciendo una visión general del tema y abierto a resultados preliminares e investigaciones en curso.

4. Principios de la enseñanza de la Física

En la teoría del aprendizaje actual, PER ha considerado que el aprendizaje de los estudiantes se rige por los siguientes cinco principios [5] [21]:

1. **PRINCIPIO CONSTRUCTIVISTA (Jean Piaget):** los individuos construyen su conocimiento procesando la información que reciben, construyendo esquemas de asociación con conocimiento preexistente.
2. **PRINCIPIO CONTEXTUAL:** lo que los estudiantes construyen depende del contexto, incluidos sus estados mentales.
3. **PRINCIPIO DEL CAMBIO:** producir un cambio significativo en un esquema de asociaciones bien definido es ciertamente difícil, pero puede facilitarse mediante una serie de mecanismos conocidos.
4. **PRINCIPIO INDIVIDUALISTA:** los individuos muestran una limitada pero significativa variación en su estilo de aprendizaje a lo largo de un amplio conjunto de variables cognitivas.
5. **PRINCIPIO DE APRENDIZAJE SOCIAL (Lev Vygotsky):** para la mayoría de los individuos, el aprendizaje se realiza más eficazmente a través de interacciones sociales.

El primero y más importante de los principios se debe al psicólogo suizo Jean Piaget, en la primera mitad del siglo XX. Según el cual, los estudiantes deben involucrarse en una construcción activa de su propia representación del conocimiento científico existente [22]. La teoría de Piaget ya ha sido comentada en esta memoria en capítulos precedentes.

El último principio proviene del trabajo del psicólogo ruso Lev Vygotsky que, como ya se analizó en capítulos anteriores, da una perspectiva social de la ciencia.

Los otros tres principios son básicos e indican que los estudiantes llegan al centro educativo con ideas firmemente arraigadas acerca de cómo funciona el mundo, de hecho muchas de ellas están en conflicto con lo que se les tiene que enseñar, siendo un duro trabajo cambiar estas concepciones erróneas en el alumnado.

5. Innovación en la enseñanza de la Física

Se puede considerar que en los últimos cinco años una de las mayores innovaciones en el campo de la educación de la Física le corresponde a PER, y se denomina *Interactive Engagement* (Participación Interactiva).

Además de este nuevo método educativo también hay que tener en cuenta todos los desarrollos recientes en software educativo, el aumento vertiginoso del poder de procesamiento de los ordenadores además de la disponibilidad de mejores herramientas de visualización, han ayudado a que se pueda decir: actualmente se está innovando en la enseñanza de la Física.

De los métodos de enseñanza diseñados a través de la implicación interactiva es *Interactive Engagement* (IE) el que se lleva todos los honores. Con la implementación de IE los estudiantes deberían mejorar la comprensión conceptual en actividades que requieren usar la cabeza y las manos, y que proporcionan realimentación inmediata a través de la discusión con compañeros y/o con instructores.

De acuerdo a las diferentes aproximaciones a la solución de los muchos problemas particulares que aparecen en la implementación real de estos principios, se puede considerar que el “lenguaje” IE aceptado presenta diferentes “dialectos”.

5.1. *Interactive Engagement* (IE)

La Participación Interactiva, es decir, *Interactive Engagement* (IE), se logra mediante preguntas a los estudiantes que los desafía a pensar o hacer algo que requiere reflexión. Los estudiantes interactúan entre sí, siempre con el instructor en el papel de entrenador o guía, o con materiales creados por el instructor que sirvan de guía (en papel o en ordenador). Un ingrediente clave es la interacción frecuente y reflexiva.

La mayor parte de la investigación cuantitativa en la educación científica sobre la eficacia de IE en un ambiente de aprendizaje proviene de la comunidad de las Ciencias Físicas, por lo que estos resultados se destacan en el aprendizaje de dicha Ciencia. Las referencias presentadas fueron cuidadosamente seleccionadas para ser de interés genérico para la enseñanza de la mayor parte de las Ciencias y, por lo tanto, también son muy relevantes y útiles como guías para la enseñanza de Ciencias de la Tierra y demás.

Hake [23] define dos métodos de aprendizaje:

1. Métodos IE.- aquellos diseñados, en parte, para promover la comprensión conceptual a través de la participación interactiva de los estudiantes en las actividades para dar respuesta inmediata a través de discusiones con compañeros y / o profesores.
2. Métodos "tradicionales" (T).- son los creados por los profesores en los que se hace poco o ningún uso de los métodos IE, basándose principalmente en conferencias pasivo – alumno, laboratorios de “receta”, exámenes de

algoritmos – problema, etc.

La siguiente gráfica compara el rendimiento de estudiantes en los cursos de IE frente al método tradicional y muestra de una manera significativa mejores resultados (*gain*) para los cursos de aprendizaje de tipo IE con respecto a los cursos tradicionales (T), en diferente niveles educativos: nivel medio, superior y universitario.

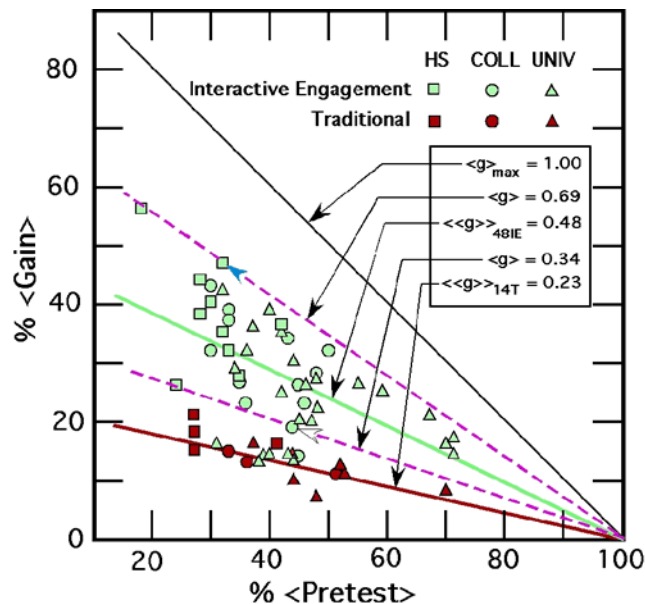


Figura 3.01.- Comparativa del rendimiento con y sin IE (*HighSchool, College y University*)

Existen multitud de trabajos en los que: se contrasta las aulas IE con las aulas tradicionales mediante ejemplos de técnicas utilizadas en IE en cursos de Física [24]; se discute los beneficios de la utilización de la construcción del modelo y el desarrollo en un marco de aprendizaje de IE [25]; se describe el uso de los modelos *web* basados en IE, simulaciones y animaciones [26]; se describe el uso de técnicas de enseñanza “*just-in-time*” para IE [27]; se describe el concepto de IE y enseñanza por parejas [28].

Dentro de estos trabajos se disponen también de ejemplos en la utilización de IE, por ejemplo, aplicadas directamente a Ciencias de la Tierra. Hake [23] también discute las ideas relacionadas con la transferencia de IE para la utilización en otras disciplinas, y algunas consideraciones que se deben tomar con el fin de implementar IE con éxito.

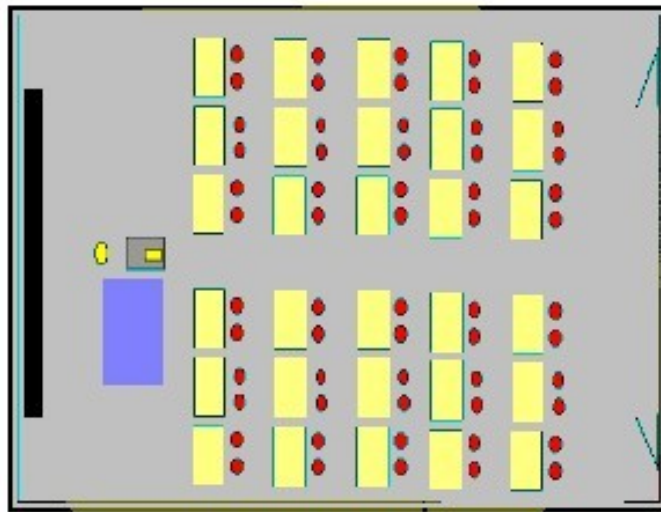
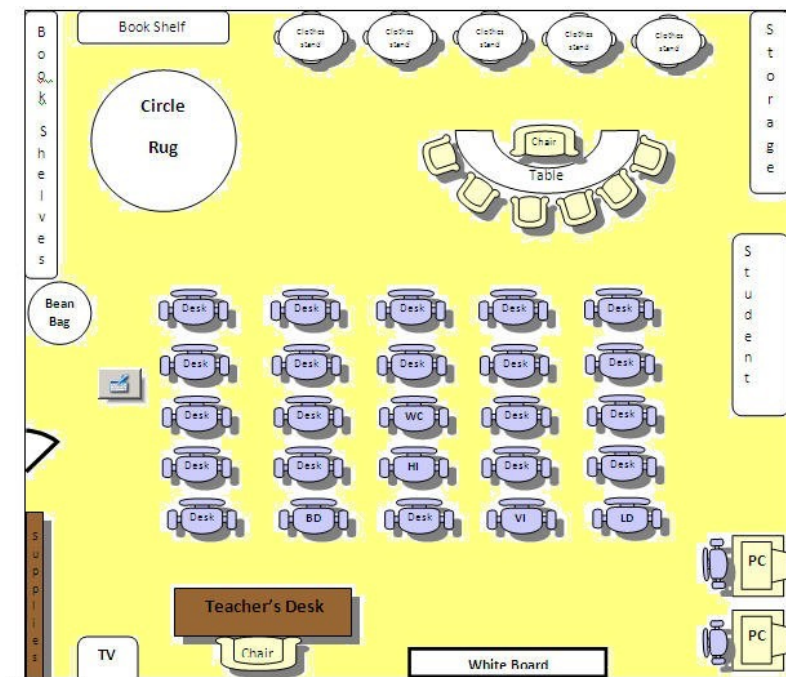


Figura 3.02.- Estructura típica de un aula tradicional



VI - Visually Impaired
BD - Behavior Disorder
WC - Wheel Chair
LD - Learning Disability

Figura 3.03.- Ejemplo de estructura de un aula según IE

5.2. *American Renaissance in Science Education Project (ARISE)*

Otro de los proyectos interesantes es el llamado *American Renaissance in Science Education Project* (proyecto del Renacimiento Americano de la Educación de la Ciencia) [19], con las siglas ARISE, que proporciona unas buenas practicas en el aula (lista de comportamientos del profesor y de los estudiante) considerados como para facilitar el aprendizaje a través de la realización de exploraciones, por parte de los estudiantes, que reflejan la forma real de hacer ciencia. Se pueden enumerar de la siguiente manera:

1. Los estudiantes se involucran en una investigación para resolver problemas de carácter abierto que incluyen la recolección y el análisis de datos, el diseño de sus propios experimentos y la formulación de sus propias preguntas.
2. Los estudiantes comunican sus hallazgos a través de distintas vías: informes de laboratorio, informes orales, discusiones, en artículos o notas. Los estudiantes se escuchan unos a otros y construyen sobre sus respectivos comentarios sus propios durante las discusiones.
3. No es suficiente aprender sobre la ciencia, los estudiantes deben hacer ciencia participando activamente en actividades científicas.
4. Los estudiantes trabajan en colaboración, formando grupos.
5. Los estudiantes recogen, manipulan y usan datos para respaldar sus conclusiones. Los datos pueden ser propios del trabajo en el Laboratorio, o bien provenir de otras fuentes.
6. Los profesores evalúan buscando comprobar la comprensión y la habilidad para plantear y responder problemas, en lugar del simple conocimiento del hecho observado.
7. Los profesores facilitan el aprendizaje, realizando a los alumnos preguntas abiertas y animándolos a incrementar su comprensión.
8. Los profesores enfatizan las relaciones de lo observado con la vida real.
9. Los profesores ofrecen en sus cursos “profundidad” frente a “longitud”, con el consecuente menor número de tópicos de lo que oficialmente sería previsto.
10. Los profesores integran Ciencia, Tecnología y Matemáticas. Se puede incluso emplear otras materias no científicas para ilustrar otros aspectos salientables de la ciencia (Humanísticos, Históricos, etc).

11. Los profesores usan una gran variedad de materiales para que algunos de estos recursos pueden estar basados en los computadores.
12. Los profesores construyen sobre conocimientos previos, relacionando lo que los estudiantes han aprendido o lo que ya saben con el nuevo conocimiento.

6. El uso de ordenadores a la hora de enseñar Física

Hace 30 años muchos consideraron que se estaba en los comienzos de una gran revolución en la enseñanza, lo que se podía decir: una revolución sin precedentes desde la invención de la imprenta. El ordenador sería el eje e instrumento de esta revolución. Había los que pensaban que con el cambio de milenio, el principal medio de aprendizaje en todos los niveles educativos y en casi todas las áreas sería a través del uso interactivo de los ordenadores. Hoy se sabe que esto no ha sido así.

Pero no fueron todo buenos augurios, hubo los que apoyaron la romántica visión de la tecnología, que anunciaba que la simple presencia de la misma mejoraría el aprendizaje de los estudiantes, y hubo otros muchos que contrastando con los otros la consideraban una pérdida de tiempo y dinero.

Como término medio se puede decir que los ordenadores, usados de manera apropiada, han mostrado un gran potencial para mejorar los resultados de los alumnos, siempre como parte de un enfoque pedagógico coherente [29].

Lo que si es cierto es que en esta tesitura de revisión pedagógica son los ordenadores los que, como medio de aprendizaje, pueden desenvolver el papel que “la historia les tenía reservado” como se acaba de comentar con anterioridad.

Se puede constatar que desde hace años el bajo precio de los PC (ordenadores personales) ha supuesto un cambio drástico en como se “hacen las cosas” desde la pequeña empresa, a la gran multinacional, pasando por todos los hogares de clase media. Todos han sido influidos por esta incursión tecnológica. El mundo científico tampoco podía mantenerse al margen de este boom tecnológico. Los PC consiguieron revolucionar la investigación en si misma, permitiendo laboratorios de investigación con computadores a precios mundanos, pero también otras tareas de suma importancia para el investigador como el correo electrónico, las presentaciones de congresos, la preparación de artículos, etc. También la docencia se vería mejorada simplemente con el hecho de poder realizar los consabidos apuntes en formato electrónico y en tal caso poderlos compartirlos con los alumnos. Pero, ¿qué pasa con la enseñanza en sí? ¿Realmente el ordenador puede suponer un avance significativo en el proceso de aprendizaje de los alumnos?

Cuando se diseña software educativo uno de los errores más importantes es olvidar que el alumno debe manejar el ordenador, y no al revés [30]. Otro grave error consiste en desarrollar, sin intención, un videojuego que además satisfaga las inquietudes no educativas del estudiante. Los alumnos usan el software para aprender mediante prueba – error, sin el completo compromiso intelectual que se pretende [31]. Finalmente, se corre el peligro también de olvidar el punto de vista de los estudiantes en favor del propio docente.

Presentaciones que entusiasman a un experto pueden resultar incomprensibles para el estudiante [32], solo por el simple hecho de que sus modelos mentales difieren. Es importante resaltar que los ordenadores ofrecen la posibilidad de estudiar los viejos tópicos desde perspectivas diferentes de las tradicionales de una manera que resulta mucho más excitante, proporcionando una ganancia cognitiva positiva bajo determinadas circunstancias. Lo que resalta las posibilidades reales de mejora de la enseñanza y del aprendizaje con el uso del ordenador.

Las nuevas tecnologías proporcionan dos enfoques interesantes en la enseñanza. Por una parte, oportunidades para crear entornos de aprendizaje que extienden las posibilidades de las tecnologías tradicionales (libros, pizarra, laboratorios). Y por otra, ofrecen nuevas posibilidades que no eran accesibles con anterioridad.

A groso modo se pueden enunciar los distintos usos educativos que ofrecen las nuevas tecnologías:

- Proporcionar guías y herramientas para mejorar el aprendizaje.
- Dar a los estudiantes y a los profesores más oportunidades para la realimentación, la reflexión y la revisión.
- Poner a disposición del aula un currículo basado en problemas del mundo real.
- Construir comunidades locales y globales que incluyan a los profesores, administradores, estudiantes, padres y científicos en activo.
- Mejorar las oportunidades para la formación de los profesores.

7. Epílogo

Se puede exponer un sencillo resumen respecto a los resultados bien establecidos y aceptados por la comunidad de los investigadores diciendo que, los ordenadores pueden proporcionar una mejora sustancial y medible del aprendizaje conceptual de los estudiantes,

siempre apoyándose en un enfoque pedagógico adecuado.

Este enfoque debería basarse en los cinco principios pedagógicos citados con anterioridad (IE), y si se aconseja seguir las recomendaciones de buenas prácticas también referidas.

Es necesario formar a los educadores que se dediquen a diseñar o mismo usar software educativo. Deben estar al tanto de las novedades, hallazgos y las recomendaciones de la investigación en la enseñanza de la Física.

Una de las principales trabas a la hora de implementar esta metodología en el aula es la tradicional resistencia de los profesores individuales, o mismo a los departamentos, a aceptar soluciones que vienen del exterior, o de otros profesores del mismo departamento. La falta de dominio de una tecnología que no comprenden en su totalidad o que no pueden controlar con precisión provocan que algunos profesores se resisten a utilizar en sus clases estas herramientas. También cabe destacar la falta de comunicación entre las comunidades de físicos dedicadas a la investigación habitual y a la investigación en la enseñanza de la Física [13], a pesar de que cada vez son más frecuentes congresos como los que a continuación se enuncian:

- CONGRESO INTERNACIONAL DOCENCIA UNIVERSITARIA. **Vigo**.
- XORNADA DE INNOVACIÓN EDUCATIVA. **Vigo**.
- CONGRESO INTERNACIONAL DE DOCENCIA UNIVERSITARIA E INNOVACIÓN. **Barcelona**.
- CONGRESO INTERNACIONAL DE INNOVACIÓN DOCENTE. **Cartagena**.
- CONGRESO INTERNACIONAL DE EVALUACIÓN FORMATIVA EN DOCENCIA UNIVERSITARIA. **ZARAGOZA**.
- CONGRESO INTERNACIONAL DE EDUCACIÓN UNIVERSITARIA Y PRÁCTICAS EDUCATIVAS INNOVADORAS.
- CONGRESO IBEROAMERICANO DE DOCENCIA UNIVERSITARIA.
- ETC.

8. Bibliografía

- [1] Esquembre, F. "Computers in Physics Education". Computers Physics Communication 147, 13 – 18 . **2002**.
- [2] Fiolhais, C.; Trindade, J. A. "Use of Computers in Physics Education". Proceedings of the Euroconference'98 – New technologies of Higher Education. Aveiro, Portugal, Septiembre **1998**.
- [3] McDermott, L. C.; Redish, E. F. "RL–PER1: Resource letter on Physics Education Research". American Journal of Physics 67 (9), 755 – 767. **1999**.
- [4] Redish, E. F. "What can a Physics teacher do with a computer?". Conferencia invitada en el Robert Resnick Symposium RPI. Troy NY, USA, Mayo **1993**.
- [5] Redish, E. F. "Millikan Award Lecture 1998: Building a science of teaching physics". American Journal of Physics 67 (7), 562 – 573. **1999**.
- [6] Schmidt, W. H.; McKnight, C. C.; Raizen, S.A. "A splintered vision: an investigation of US science and mathematics education". US National Research Center for the Third International Mathematics and Science Study. Michigan State University, USA, **1996**.
- [7] Abbot, D. S.; Saul, J. M.; Parker, G. W.; Beichner, R. J. "Can one lab make a difference?". American Journal of Physics, Physics Education Research Supplement 68 (7). **2000**.
- [8] Euler, M.; Müller, A. "Physics learning and the computer: A review, with a taste of meta – analysis". Research in Science Education – Past, Present, Future, IPN. Kiel, Alemania, **1999**.
- [9] Institute of Physics, "Post–16 Initiative: Shaping the future". <http://post16.iop.org/initiative/strategy.html>. Acceso Enero 2011.
- [10] Jorde, D.; Strobbme, A.; Slotta, J. "Web–based integrated science environment – Building bridges between American research and the Norwegian National science curriculum". Research in Science Education – Past, Present, Future. IPN, Kiel, Alemania, **1999**.
- [11] McIntyre T. "A study of Internet use in undergraduate Physics teaching at the University of Queensland". ED500 Report, Dept. Physics, University of Queensland. **1998**.

- [12] Tobias, S.; Birrer, F. A. J. "Who will study physics, and why?" *European Journal of Physics* 20, 365 – 372. **1999**.
- [13] European Physics Education Network (EUPEN). "Inquiries into European higher education in Physics". Universiteit Gent, **2000**.
- [14] Howes, R. H. "Development of a national task force on undergraduate physics education". *Revista Brasileira de Ensino de Fisica* 22 (4), 510 – 516. **2000**.
- [15] Howes, R. H. "Undergraduate physics in the age of compassionate conservatism". Conferencia en la James Madison University, USA, Marzo **2001**.
- [16] Greca, I. "Construindo significados em mecanica quantica: resultados de uma proposta didatica aplicada a estudantes de fisica geral". Tesis Doctoral. Instituto de Fisica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, **2000**.
- [17] Hake, R. R. "Towards paradigm peace in Physics Education Research". Conferencia en la reunion anual de la American Educational Research Association, New Orleans, USA, Abril **2000**.
- [18] de Jong, T.; Van Joolingen, W. R. "Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains". *Review of Educational Research* 68 (2), 179 – 201. **1998**.
- [19] Lederman, L. M. "ARISE: American Renaissance in Science Education?". FERMILAB–TM–2051. **1998**.
- [20] Tobias, S.; Birrer, F. A. J. "Who will study physics, and why?". *European Journal of Physics* 20, 365 – 372. **1999**.
- [21] Redish, E. F. "Teaching Physics with the Physics Suite". John Wiley & Son, Inc., **2003**.
- [22] Nersessian, N. J. "Should Physicists preach what they practice?". *Science & Education* 4, 203 – 226. **1995**.
- [23] Hake, R. "Lessons from the physics education reform effort". *Ecology and Society* 5 (2), art. 28. **2002**.
- [24] Redish, E. F. "New Models of Physics Instruction Based on Physics Education Research: Part 2". Proceedings of the Deutsche Physikalische Gesellschaft Jena Conference. **1996**.

- [25] Hestenes, D. "Modeling Methodology for Physics Teachers". Proceedings of the International Conference on Undergraduate Physics Education. College Park, USA, August **1996**.
- [26] Christian, W.; Belloni, M. "Physlets: teaching physics with interactive curricular material". Prentice–Hall. New York, **2001**.
- [27] Novak, G. M.; Patterson, G. M.; Gavrin, A.D.; Christian, W. "Just–in–time teaching". Prentice–Hall, **1999**.
- [28] Mazur, E. "Peer Instruction: A User's Manual". Prentice–Hall, **1997**.
- [29] Bransford, J. D.; Brown, A. L.; Cocking, R. R. (ed.), "How people learn: Brain, Mind Experience and School". National Academy Press, **2000**.
- [30] Redish, E. F.; Wilson, J. M. "Student programming in the introductory physics course: M.U.P.P.E.T." American Journal of Physics 61 (3), 222 – 232. **1993**.
- [31] McDermott, L. C. "Research and computer – based instruction: Opportunity for a interaction". American Journal of Physics 58 (5), 452 – 462. **1990**.
- [32] Redish, E. F. "Is the computer appropriate for teaching Physics?". Computers in Physics, 7 (6), 613. **1993**.

IV. Herramientas informáticas para la enseñanza de la Física

- 1. Herramientas para la adquisición y manipulación de datos**
- 2. Software multimedia**
- 3. Micromundos y simulaciones**
- 4. Herramientas de modelado**
- 5. Telemática y herramientas de Internet**
- 6. Elección del software a usar**
- 7. Bibliografía**

IV. Herramientas informáticas para la enseñanza de la Física

Existe una gran diversidad de herramientas informáticas que se pueden emplear para mejorar la calidad docente de la enseñanza de la Física, tanto a nivel de educación secundaria como superior. A continuación se mostrará una clasificación de este software atendiendo a los principios en los que se basa su uso.

1. Herramientas para la adquisición y manipulación de datos

Dentro de esta categoría se incluyen ejemplos que van desde el uso de hojas de cálculo sencillas a las más avanzadas tecnologías MBL y las de análisis de vídeo.

La **tecnología MBL** (*Microcomputer Based Laboratory*) consta de experimentos en tiempo real que realizan los alumnos tomando datos mediante sensores conectados a un ordenador y que utilizan un software específico [1]. Algunos de los proveedores más importantes de esta tecnología son PASCO, Vernier, Fourier, Multilab, etc.

Las gente joven se interesa por temas relacionados con el mundo real que los rodea. Los estudiantes necesitan obtener éxito de manera inmediata en sus investigaciones, esto hace que mantengan una actitud positiva hacia la ciencia. Por lo tanto, las primeras experiencias deben hacer hincapié en la observación, recopilación de datos y la posibilidad de sacar conclusiones [2].

Es precisamente en estas primeras etapas que la tecnología MBL puede ser muy adecuada para ayudar a los estudiantes a realizar sus propias investigaciones. Los dispositivos MBL transforman una medida física en un tensión eléctrica, por lo que permiten a los estudiantes obtener una gran variedad de datos de los sensores MBL: posición, fuerza, presión, temperatura, pH, radicación, campo magnético, intensidad de luz, etc. El software de los equipos MBL permite ver simultáneamente, en pantalla, tablas de datos y gráficos que se van generando, el análisis de los datos, e incluso permite la grabación de vídeo de la experiencia. Esta tecnología resulta fácil y rápida de manejar [3].

El **análisis de vídeo** ofrece la oportunidad de estudiar los fenómenos físicos del mundo real en el que los estudiantes pueden estar interesados o involucrados, como el deporte. Se pueden recopilar y analizar datos experimentales de aplicación de la secuencia de un vídeo digitalizado. Esto les ayuda a darse cuenta de que los problemas reales son mucho más complejos que las aproximaciones que suponen los modelos teóricos, y también les ayuda a adquirir habilidades de análisis de laboratorio [4].

Ambos enfoques pueden ayudar a hacer la Física menos complicada, especialmente para los estudiantes con habilidades matemáticas limitadas. Además, la visualización gráfica en tiempo real de las mediciones facilita la obtención de representaciones simbólicas junto con el fenómeno físico a estudiar [5].

2. Software multimedia

Se basa en el concepto de *hipermedia*, que presenta la información de un modo estructurado, generalmente gráfico. Los controles interactivos de navegación permiten a los estudiantes seguir el camino deseado, no necesariamente secuencial, a través de gran cantidad de información, ya sea como texto, imágenes, animaciones, simulaciones o videoclips [5].

EL beneficio fundamental de este tipo de software es la interactividad, una característica clave para el aprendizaje [6], la flexibilidad y sobre todo la capacidad de la mente humana para procesar y recordar la información visual. Los defensores de la base multimedia proclaman su eficacia en el hecho de que el cerebro humano procesa la información por libre asociación de una manera intrínsecamente no lineal [5]. Otros distinguen los alumnos que presentan un tipo de pensamiento visual de aquellos con un tipo de pensamiento verbal. El primer grupo se beneficiará de la ilustración de los procesos dinámicos multimedia, mientras que el segundo grupo se beneficiará más de las partes textuales del entorno [7].

3. Micromundos y simulaciones

Estas herramientas consisten en programas de ordenador muy completos, creados generalmente por expertos, que ponen en práctica simulaciones de una amplia gama de fenómenos físicos y leyes. El software anima a los estudiantes a explorar e interactuar con el sistema mediante la inclusión de elementos mundanos, la posibilidad de cambiar parámetros y la observación del resultado de toda esta manipulación.

Las **simulaciones** son pequeños programas a gran escala que contiene un modelo de un cierto sistema o un proceso, y se centra en la visualización gráfica del mismo. A veces, la visualización puede ser muy simple, en otros casos será muy sofisticado incluyendo, por ejemplo, herramientas de realidad virtual.

La efectividad pedagógica de las simulaciones es destacable cuando se consigue constituir entornos de enseñanza abiertos que proporcionen a los estudiantes los siguientes aspectos [8]:

- Emplear una variedad de representaciones (imágenes, animaciones, gráficos, datos numéricos) que sean útiles para comprender los conceptos, relaciones y procesos subyacentes.
- Aislar y manipular parámetros, y así ayudar a los estudiantes a desarrollar una comprensión de las relaciones entre conceptos físicos, variables y fenómenos.
- Desarrollar su propia comprensión acerca de los fenómenos y leyes físicas presentadas, a través de un proceso de construcción de hipótesis y de prueba de ideas.
- Investigar fenómenos que no sería posible experimentar en un aula o laboratorio.

Las simulaciones no pueden caminar solitarias en el mecanismo de enseñanza, deben combinarse con métodos de instrucción adecuados para que puedan alcanzar los objetivos pedagógicos. Se pueden enumerar algunos métodos [8]:

1. medidas que proporcionen acceso directo a información del dominio y se presenten con la simulación, en el momento oportuno;
2. medidas que asignen tareas (cuestiones, ejercicios o juegos) a los estudiantes;
3. esquema progresivo en la dificultad de los modelos que permita un ritmo de aprendizaje más apropiado, sobre todo en el caso de simulaciones de modelos complejos.

Dentro del grupo de las simulaciones, una de las opciones más interesantes es, sin duda, *Fislets* [9]. *Fislets* es el denominación de una serie de pequeños y flexibles *applets* de *Java* que pueden ser utilizados para simular diferentes tipos de fenómenos físicos. *Fislets* también son controlables mediante *scripts*, que permite a los profesores personalizar y preparar sus propias simulaciones con un costo de aprendizaje muy bajo. Por este motivo, se puede llegar a convertir en una herramienta educativa muy potente [9 – 11].

Existen también multitud de colecciones de simulaciones que están disponibles en la *web*, ya sea formando una organización, tipo curso de Física, o simplemente mostrando buenos ejemplos de visualización.

Además, hay algunos entornos muy completos que reúnen simulaciones y herramientas cognitivas, y que proporcionan un apoyo adecuado a la instrucción. Un buen ejemplo es el galardonado *SimQuest* [12].

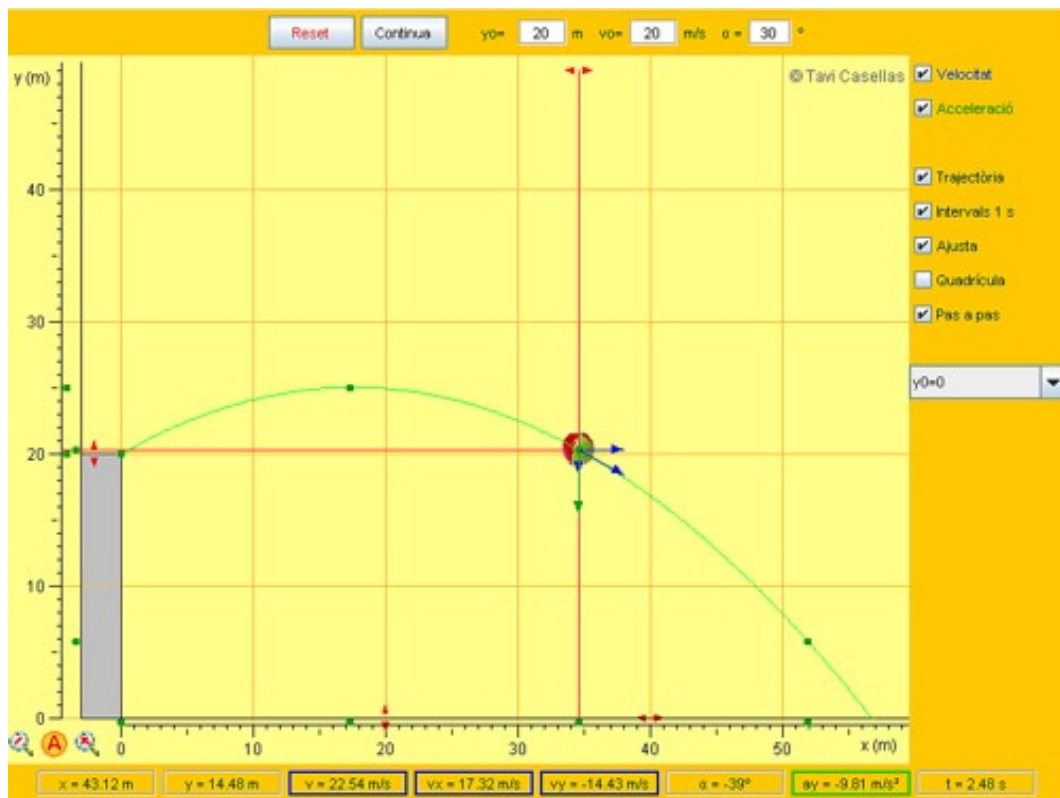


Figura 4.01.- Ejemplo de Fislet

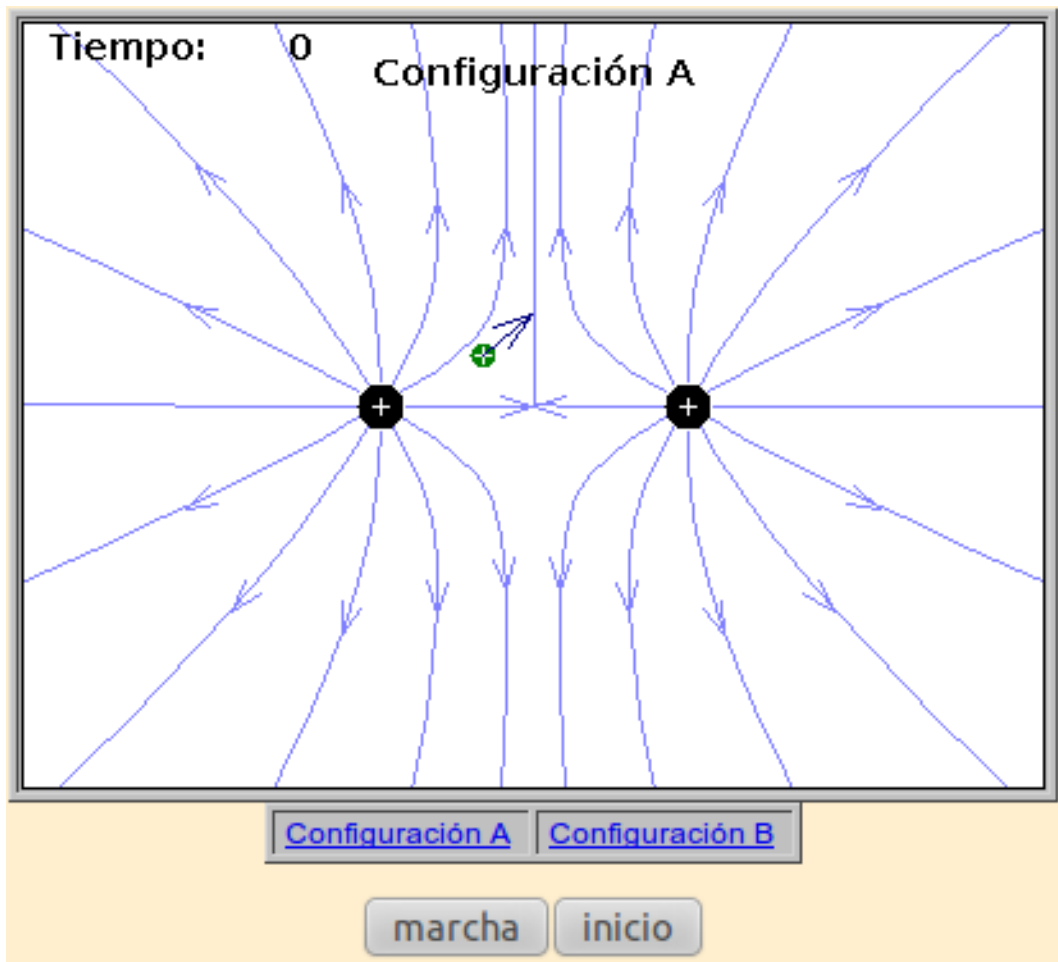


Figura 4.02.- Ejemplo de *Fislet*

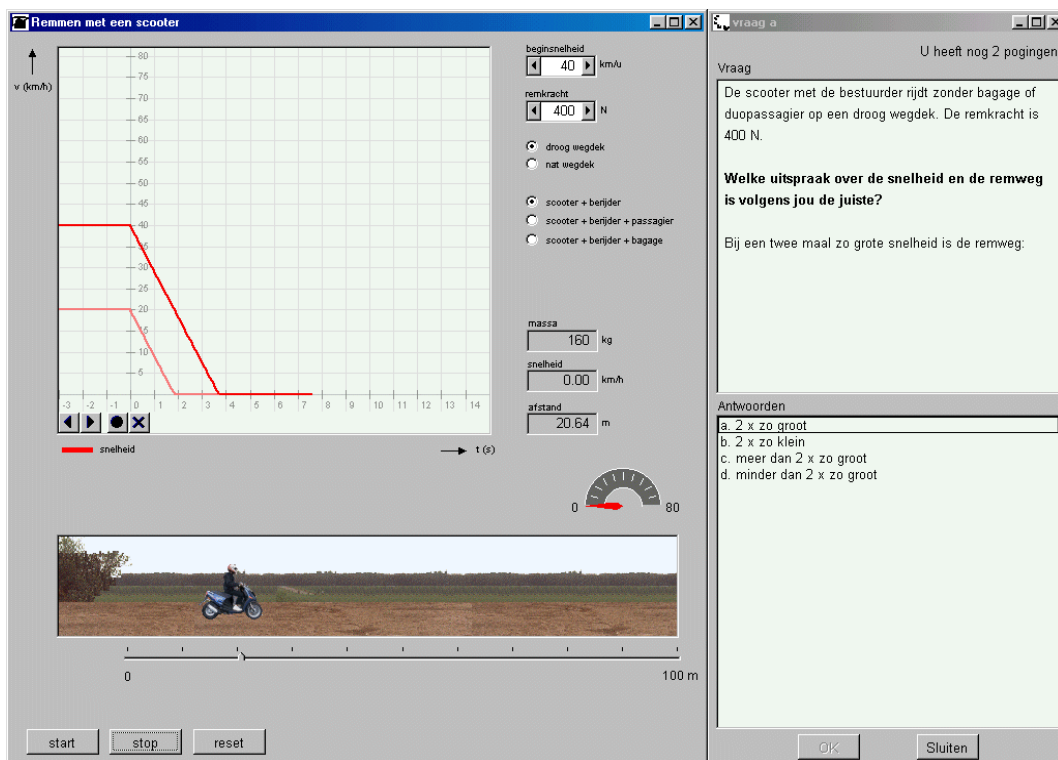


Figura 4.03.- Ejemplo de *SimQuest*

SimQuest fue creado especialmente para facilitar la creación de simulaciones para la enseñanza (ver figura 4.03). La idea básica de este software es la posibilidad de interactuar con los parámetros de simulación en un problema determinado. Esta característica puede parecer sencilla actualmente, pero fue totalmente innovadora cuando el programa fue lanzado por primera vez.

Las simulaciones de *SimQuest* pueden incluirse en las páginas *web* mediante un reproductor basado en *Java*.

4. Herramientas de modelado

Se denominan **herramientas de modelado** a los entornos de software que permiten a los estudiantes construir su propia simulación virtual. Esas herramientas se benefician de las mismas ventajas educativas de las simulaciones añadiendo la posibilidad de permitir a los estudiantes hacer sus concepciones explícitas en sus propias simulaciones.

El funcionamiento es el siguiente: el alumno recibe un conjunto de herramientas de diversa índole (programación pura, bloques de construcción de alto nivel, etc) que le permitirá describir relaciones entre conceptos, ejecutar los modelos resultantes y comparar sus resultados con el conocimiento aceptado o con experimentos realizados en el laboratorio. La confrontación de las simulaciones propias, habitualmente con errores conceptuales, con los modelos revisados/aceptados tiene como resultado la percepción por parte del estudiante de sus concepciones erróneas, facilitando así la transición.

Se observa pues, que las herramientas de modelado proveen al estudiante una primera experiencia con bastantes aspectos de la verdadera forma de hacer ciencia, algunos como planear, evaluar y comunicarse.

Un extra que tienen las herramientas de modelado es que pueden ayudar a los estudiantes a entender tanto las ecuaciones como las relaciones físicas entre magnitudes. Les proporcionan asimismo experiencias de aprendizaje activas, que les implican y que sirven como vehículos para explicar a sus compañeros, y a los docentes, su comprensión de los fenómenos que están siendo estudiados, lo que facilita la “visualización” del pensamiento de los alumnos.

Entre las herramientas de modelado existentes cabe destacar *Modellus* [13], que dispone de suficientes modelos simples, y sencillas simulaciones *Java* para el modelado avanzado. Mediante este software se tiene la oportunidad de simular en la computadora experimentos de física, o ecuaciones matemáticas, en función del tiempo o en cuanto a la variación de valores numéricos (variables) presentes en todo fenómeno a simular. Por

ejemplo: se puede simular diferentes tipos de "movimientos" en Física como el movimiento rectilíneo uniforme, el de caída libre, etc.

Modellus es una herramienta orientada a la simulación y modelización de sistemas, valida para el estudio de diversas materias dentro de los currículos de Educación Secundaria, Bachillerato, Formación Profesional y primeros cursos universitarios [14] [15].

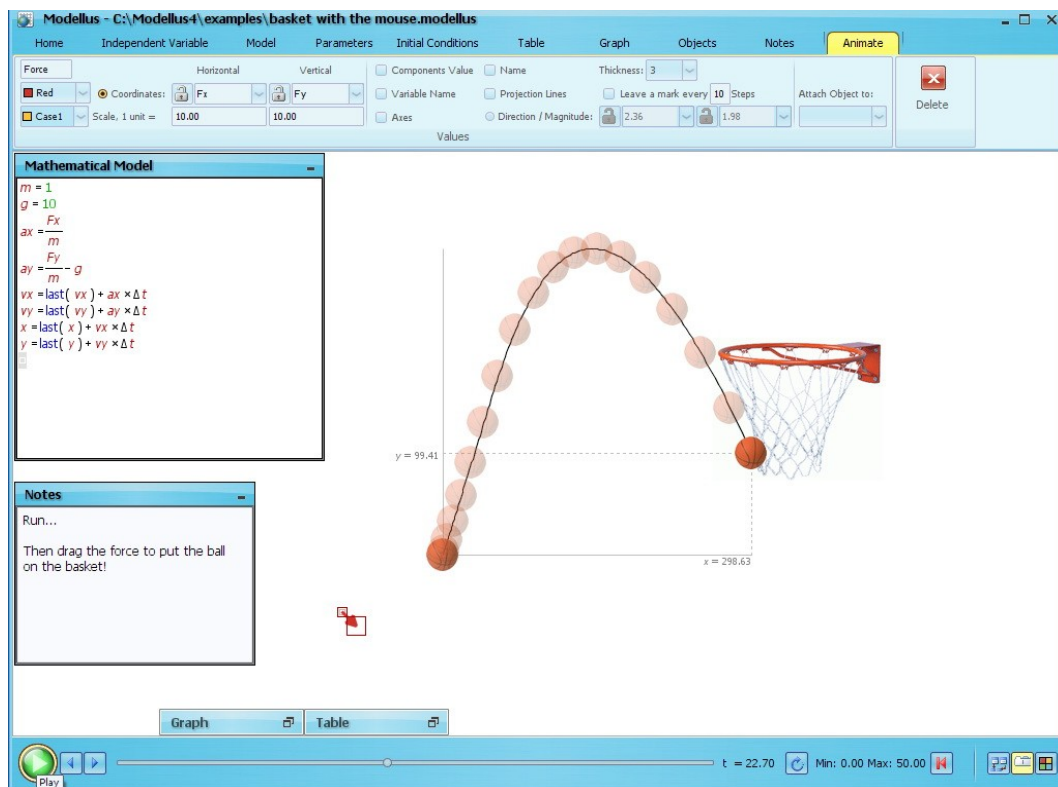


Figura 4.04.- Ejemplo de *Modellus*

Este software está concebido como instrumento de apoyo en el aula y con ese objetivo es con el que se explica su funcionamiento y uso, tanto para profesores como para alumnos.

Modellus está orientado a los modelos temporales de tal manera que con el se puede estudiar el comportamiento dinámico de los distintos sistemas. Este comportamiento se podrá estudiar mediante la simulación en distintos escenarios “casos”, en cada uno de los cuales cada uno de los parámetros o constantes del modelo pueden ser modificados [14]. Tal sería el caso del estudio de la caída de un cuerpo en distintos planetas del sistema solar con distintas fuerzas de gravedad, o el comportamiento de un muelle con distintas constantes de elasticidad.

La modelización de cualquier fenómeno o sistema se apoya en la observación de los fenómenos que lo caracterizan, razón por la cual, en la medida que se puedan reproducir esos fenómenos y experimentar con ellos se podrá comprender con mas claridad el modelo. El estudio del modelo se realizará siempre en orden creciente de complejidad de tal forma que, en una primera fase, se tendrán en cuenta los aspectos más relevantes para posteriormente derivar hacia un modelo mas perfecto a través de un método de “refinamiento”.

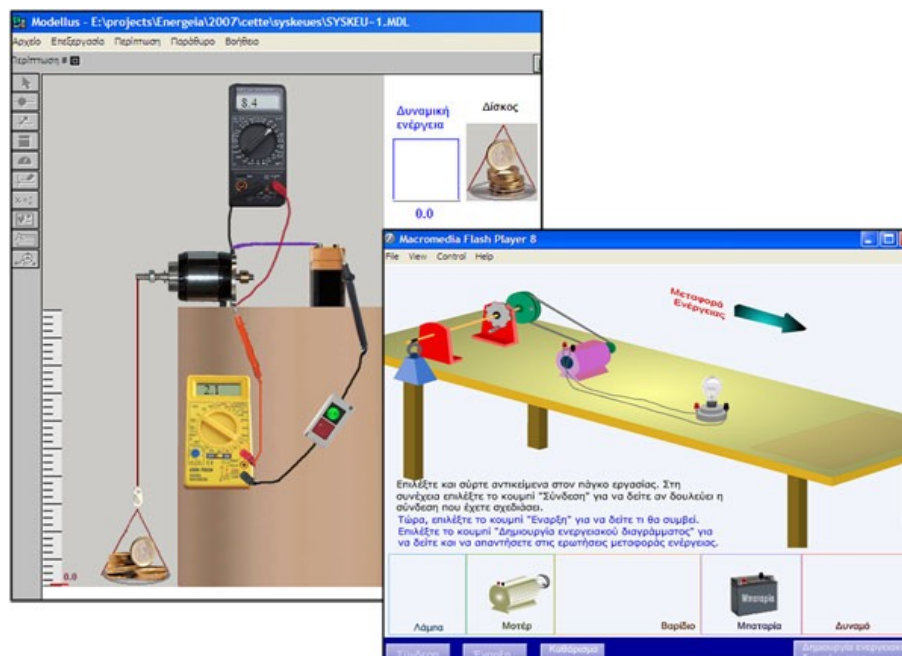


Figura 4.05.- Ejemplo de *Modellus*

5. Telemática y herramientas de Internet

Estas herramientas explotan la capacidad de comunicación de los ordenadores haciendo uso de todos los tipos de software anteriormente comentados. Sin duda es la tecnología más emergente, y permite que las instituciones más prestigiosas compartan en la *web* material educativo de primera calidad. La ventaja pedagógica de la utilización de herramientas telemáticas, no sólo debe residir en el fácil acceso a todo tipo de documentos y una gran cantidad de datos del mundo real.

Dado que el objetivo último de la educación es preparar a los estudiantes a convertirse en adultos competentes, tiene sentido vincular a los estudiantes no sólo con sus compañeros, sino también con las prácticas profesionales. Por lo tanto, un aumento en el número de este tipo de proyectos puede ser la creación de comunidades virtuales con intereses comunes, que incluyen al personal de las instituciones educativas y de investigación. Cualquier persona en la red puede compartir los datos a la comunidad, que ellos, los estudiantes e investigadores, analizan y publican sus conclusiones hacia la *web*. El resultado es un aumento tanto en el conocimiento como las habilidades, ya que los estudiantes tienen acceso a las mismas herramientas y procedimientos que utilizan los científicos [6].

Dentro de esta categoría son referencias de interés *WorldWatcher*, WISE, los proyectos GLOBE, etc [16] [17] [18].

GLOBE son la siglas de *Global Learning and Observations to Benefits the Environment*, es decir, Aprendizaje Global y Observaciones en Beneficio del Medio Ambiente. Es un programa de cooperación entre todos los países participantes, cuya finalidad es incrementar el conocimiento científico de la Tierra y mejorar el aprendizaje de los estudiantes en Ciencia y Matemática. GLOBE reúne a estudiantes, profesores y científicos para mejorar el conocimiento ambiental de los individuos en todo el mundo, contribuir a la comprensión científica de la Tierra, y mejorar los logros de los estudiantes en los conocimientos de las Ciencias.

Los estudiantes adheridos al programa GLOBE, en escuelas primarias y secundarias, alrededor del mundo realizan las siguientes actividades: toman medidas ambientales usando los protocolos científicos GLOBE, envían sus observaciones a la base de datos GLOBE a través del sitio *web* habilitado, hacen investigaciones estudiantiles sobre temas de ciencias terrestres utilizando mapas, gráficas y otros materiales educativos del programa.

Otro tipo de actividad interesante en Internet son los "Laboratorios Remotos". En este caso, en lugar de acceder a los datos recogidos por otros, los estudiantes tienen acceso vía

web a experimentos reales. El equipo está preparado para que los estudiantes tengan capacidad de configurar la experiencia. Se puede realizar el experimento, bien de forma remota o a través de las imágenes recogidas por una *webcam*, y a continuación acumular los resultados para el análisis local.

Finalmente, cabe destacar que las redes de ordenadores son cada vez más utilizadas para enlazar las tareas con las actividades del aula. Cuando se combina con material de clase, los profesores pueden asignar problemas o tareas antes de la clase inmediata, recoger las respuestas de los estudiantes y, de acuerdo con lo que los estudiantes presenten, ajustar y organizar las siguientes clases en el aula para resolver los problemas que muestran los alumnos en sus repuestas. Esta metodología, que se denomina *just-in-time*, es una estrategia de enseñanza que se ajusta lo más posible a las necesidades reales de los estudiantes [19].

6. Elección del software a usar

Dentro del amplio abanico disponible, tanto en el mercado comercial como en código abierto, quizás se pueden destacar por su repercusión sobre el alumnado las simulaciones y las herramientas de modelado.

Las **simulaciones**, como se acaba de mostrar, son programas de computador que contienen un modelo de un sistema, o proceso físico, que se centran en la visualización gráfica de éste. El programa invita a los estudiantes a explorar, y sobre todo interactuar, con el sistema modificando su estado, cambiando parámetros y observando el resultado de esta manipulación.

Las simulaciones parecen proporcionar mejores resultados cuando el objetivo de la instrucción es el dominio de las habilidades de descubrimiento [20]. Usadas con los entornos adecuados, se ha probado que las simulaciones proporcionan un conocimiento más intuitivo y más procesado que la enseñanza tradicional.

Las **herramientas de modelado** representan un término más avanzado que las simulaciones. Consisten en entornos de software avanzados que permiten a los propios estudiantes construir sus propias simulaciones por computador. Los items ya comentados de beneficio en la educación de las simulaciones son compartidos por las herramientas de modelado, junto con la posibilidad de permitir a los estudiantes hacer explícitas sus concepciones. Se hace especialmente necesario disponer de software educativo flexible y fácilmente adaptable, de modo que los profesores puedan ajustar el producto a sus intereses y puntos de vista particulares, combinando así un correcto enfoque pedagógico con la sensación de poder darle un toque personal al gusto de cada profesor.

Existe un gran potencial de profesores creativos que pueden contribuir a hacer más extendido el uso de los ordenadores en las aulas. Para ello, deben utilizarse herramientas abiertas, reconfigurables y de propósito múltiple que den apoyo tanto a la labor de estos profesores como a la de sus estudiantes [21]. En esta medida se deberían abordar los siguientes problemas :

- Hacer el software accesible en tamaño y esfuerzo.
- Rebajar el nivel técnico necesario para el uso del software.
- Aumentar las habilidades del profesor.
- Permitir un enfoque diferente del currículo.
- Permitir el intercambio activo de experiencias.

Partiendo del convencimiento de que la programación informática a través de los ordenadores constituye una de las más poderosas herramientas pedagógicas, el autor de esta Tesis se planteará el uso de una cierta herramienta de modelado denominada *Easy Java Simulations* (EJS) [22], que es de libre acceso, y que se utilizará para el desarrollo de una serie simulaciones virtuales que el alumno ejecutará como complemento de las prácticas llevadas a cabo en Laboratorio de Física de la E.T.S.E. de Camiños, Canais e Portos de la Universidade da Coruña (UDC).

En este software se confía la responsabilidad de la construcción del modelo enteramente al usuario. Este usuario puede ser bien el profesor como programador, controlando así con precisión lo que esta haciendo el ordenador, bien el estudiante como usuario final, obteniéndose los beneficios ya descritos con anterioridad.

Como se analizará en capítulos posteriores, esta herramienta se basa en la programación de algoritmos en un lenguaje de alto nivel (*Java*) que proporciona una flexibilidad enorme a la hora de enfocar los fenómenos físicos más habituales en simulaciones interactivas. Según el propio autor del software reflexiona con sabiduría [22]:

“... la auténtica madurez en la utilización de los computadores se alcanza solamente cuando se pasa del mero uso de éstos para actividades de "lectura" (es decir, jugando el papel de consumidor de programas creados por otros autores), a actividades de "escritura" (asumiendo el papel de creador de programas), de modo similar a cómo se alcanza la madurez en el uso del lenguaje escrito...”

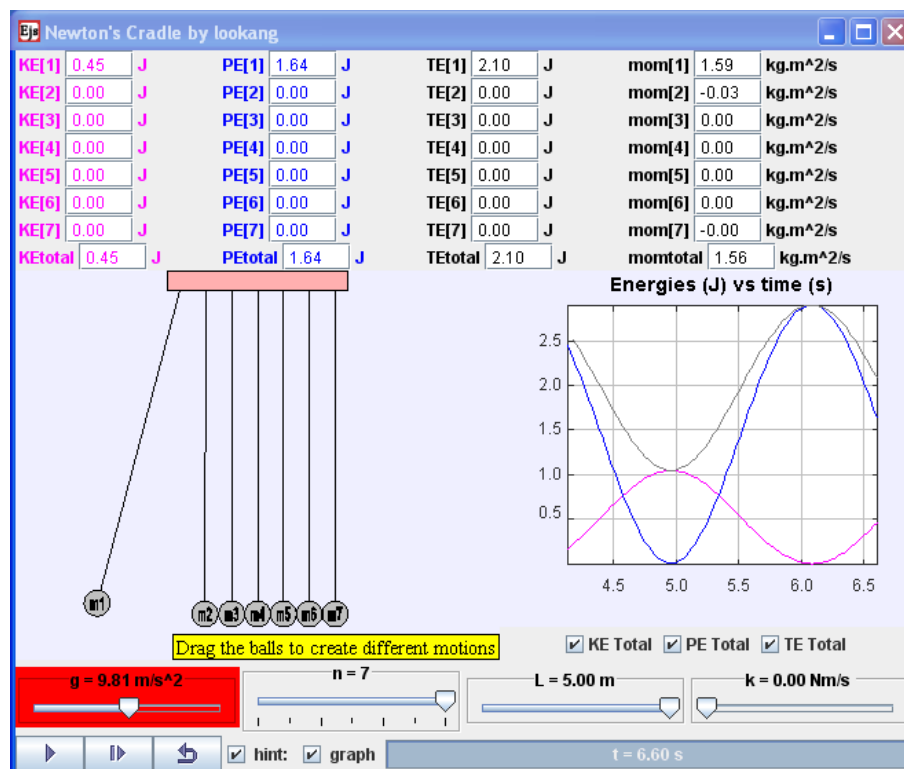


Figura 4.06.- Ejemplo de EJS

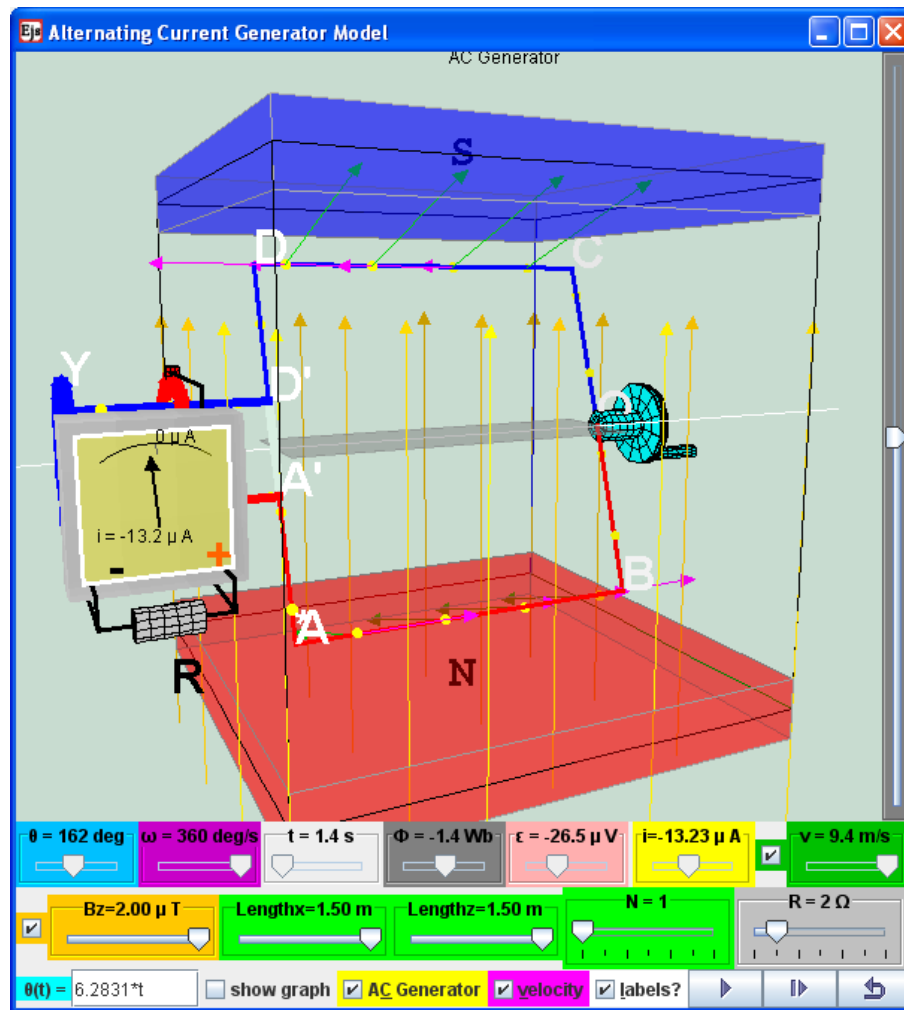


Figura 4.07.- Ejemplo de EJS

7. Bibliografía

- [1] López García, M. "Los laboratorios virtuales aplicados a la biología en la enseñanza secundaria. Una evaluación basada en el modelo CIPP". Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, **2009**.
- [2] Lederman, L. M. "ARISE: American Renaissance in Science Education?". FERMILAB-TM-2051. **1998**.
- [3] Tortosa Moreno, M.; Saez García, M.; Pintó Casulleras, R. "Experimentos en tiempo real para los cursos de Ciencias en secundaria". En **Mendiola, P.**; Franco García, A.; Jarabo Friedrich, F.; Elórtégui Escartí, N.; Gras Martí, A.; Cano Villalba, M.; Soler Selva, V.; Yuri Milachay, V.; Alonso Sánchez, M.; Torres Climent, A.; Llitjós Viza, A.; Colomer Busquets, M.; García Wehrle, P.; Jiménez Valverde, G.; Miró Clària, A.; Sanz López, M. C.; Puigcerver Oliván, M.; Sierra Fernández, J. L.; Perales Palacios, F. J.; Pontes Pedrajas, A.; Tortosa Moreno, M.; Saez García, M.; Pintó Casulleras, R. *Experiencias innovadoras de utilización de las NTIC en actividades prácticas de ciencias*, (capítulo 7, 145 – 163). Educación Editora. **2007**.
- [4] Christian, W.; Belloni, M. "Physlets: Teaching Physics with interactive curricular material". New York. Prentice–Hall, **2001**.
- [5] Fiolhais, C.; Trindade, J. A. "Use of Computers in Physics Education". Proceedings of the Euroconference'98 – New technologies of Higher Education. Aveiro, Portugal, Septiembre **1998**.
- [6] Bransford, J. D.; Brown, A. L.; Cocking, R. R. (ed.), "How people learn: Brain, Mind Experience and School". National Academy Press, **2000**.
- [7] Davier, M. V.; Urhahne, D.; Precht, H.; Schenzer, M.; Prenzel, M. "Self-regulation, motivation, learning-preferences, and animations in a computer-based learning environments". Research in Science Education - Past, Present, Future, IPN. Kiel, Alemania, **1999**.
- [8] Jimoyiannis, A.; Komis, V. "Computer simulations in physics teaching and learning". Computers & Education 36, 183 – 204, **2001**.
- [9] Esquembre, F.; Martín, E.; Christian, W.; Belloni, M. "Fislets: Enseñanza de la Física con material interactivo". Madrid. Editorial Pearson Education, **2004**.

- [10] Esquembre, F.; Martín, E.; Christian, W.; Belloni, M. Fislets: Enseñanza de la Física con material interactivo. <http://fem.um.es/Fislets/CD/index.html> . Acceso Mayo 2012.
- [11] Christian, W.; Belloni, M.; Esquembre, F.; Martín, E. "Enseñando Física con Fislets ". VIII Conferencia Inter–Americana sobre Educación en Física . La Habana, Cuba, Julio **2003**.
- [12] SimQuest. <http://www.simquest.com> . Acceso Mayo 2012.
- [13] Modellus. <http://modellus.fct.unl.pt> . Acceso Abril 2012.
- [14] Modellus en Física y Química. <http://modellusfq.blogspot.com.es> . Acceso Abril 2012.
- [15] Quispe, A. Breve tutorial de Modellus 4.01.
<http://www.slideshare.net/elprofetito/breve-tutorial-de-modellus-401> . Acceso Abril 2012.
- [16] WorldWatcher. <http://www.worldwatcher.northwestern.edu/softwareWW.htm> . Acceso Mayo 2012.
- [17] WISE of NASA. http://www.nasa.gov/mission_pages/WISE/main/index.html . Acceso Mayo 2012.
- [18] GLOBE programa. <http://globe.gov> . Acceso Mayo 2012.
- [19] Novak, G. M.; Patterson, G. M.; Gavrin, A.D.; Christian, W. "Just-in-time teaching". Prentice-Hall, **1999**.
- [20] de Jong, T.; Van Joolingen, W. R. "Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains". Review of Educational Research 68 (2), 179 – 201. **1998**.
- [21] diSessa, A. A. "Changing minds. Computers learning, and literacy". MIT press, **2000**.
- [22] Esquembre, F. Easy Java Simulations. <http://fem.um.es/Ejs/> . Acceso Mayo 2012.

PARTE EXPERIMENTAL

V. Software de desarrollo de las PV

1. Introducción

2. Simulaciones en las prácticas de Física

3. Elección del software de simulación

4. Descripción inicial del software

5. Modelo de la simulación

6. Vista de la simulación

7. Ejecutando la simulación

8. Bibliografía

V. Software de desarrollo de las PV

1. Introducción

Debido al extraordinario progreso realizado en las últimas décadas en la tecnología de los ordenadores, hoy en día es posible concebir herramientas informáticas con características destacables como:

1. Una mejor interacción hombre – máquina.
2. Unas interfaces gráficas de usuarios naturales e intuitivas.
3. Un alto grado de interactividad.

Existen dos aspectos esenciales en la simulación de sistemas dinámicos que los computadores actuales permiten y a las que no se les ha prestado mucha atención. Por una parte, la visualización dinámica y por otra la interactividad del usuario con el modelo dinámico a través de su propia visualización. Se trata de dotar a la simulación de mecanismos potentes para que el usuario pueda responder a cualquier pregunta del tipo ¿qué pasarías si...? o ¿se podría hacer ...?, simplemente actuando sobre los elementos que constituyen la interfaz gráfica [1].

La percepción que tiene el ser humano de la realidad es esencialmente visual y no es de extrañar que este soporte esté tan enraizado en nuestra forma de trabajo, en todos los ámbitos. A menudo se hace uso de multitud de herramientas visuales mediante las cuales se trata de adquirir una intuición de lo que en su aspecto más formal tiene un contenido mucho más abstracto. Estas herramientas pueden ser tratamientos simbólicos, diagramas visuales y otras formas de procesos imaginativos.

El ámbito de la ciencia no se escapa de este tipo de percepción. Tratar de descubrir y comprender nuevas relaciones entre objetos matemáticos se antoja del todo natural mediante la visualización, y también por supuesto en la transmisión y comunicación de nuestro conocimiento. Una de las tareas importantes que tienen los docentes es transmitir a sus estudiantes no solo la estructura lógica y formal de la propia disciplina, sino también, y con mucho más énfasis, las facetas más intuitivas y motivadoras del tema que se está abordando. Son precisamente estos aspectos mucho más difíciles de explicitar y de ser asimilados por los estudiantes, porque muy a menudo están en el sustrato menos consciente de la actividad como profesor. Es aquí precisamente donde tiene sentido disponer de entornos potentes y amigables que, utilizando el estado actual de la tecnología informática, permitan la creación de simulaciones dinámicas interactivas con un alto

contenido visual [1 – 3].

En el capítulo anterior se han mostrado diversas posibilidades, dentro del uso del ordenador, para la mejora de la enseñanza de la Física. En el trabajo que se presenta en esta memoria se ha optado por la creación de simulaciones dinámicas interactivas que permitan la mejora de los resultados académicos de los alumnos de los primeros cursos de Física en las titulaciones de Ingeniería, así como la mejor comprensión de los fenómenos físicos estudiados.

Para la creación de las simulaciones, en este caso, se ha escogido una herramienta informática denominada *Easy Java Simulations* (EJS), lo que significa sencillas simulaciones basadas en el lenguaje *Java*. Dentro de las categorías estudiadas en el capítulo precedente este software se puede considerar como generador de **simulaciones**, o bien como **herramienta de modelado**, según se quiera interpretar su uso.

Como **herramienta de modelado** este software permite a un alumno que no domine, ni prácticamente conozca, el lenguaje de programación *Java* a ser capaz de desarrollar y modificar sencillas simulaciones. La clave está en no confundir los medios (la herramienta) con los fines (realizar simulaciones dinámicas interactivas para explicar conceptos de Física). Esta sencillez conceptual que presenta EJS hace que su "curva de aprendizaje" sea muy suave, de forma que el recién llegado se encuentra enseguida agradecido por los resultados verdaderamente espectaculares que puede lograr en relativamente poco tiempo, a la hora de representar fenómenos sencillos de Física.

Otro uso será el desarrollo de **simulaciones** por parte del profesorado que permitan al estudiante comprender, analizar y probar distintos aspectos de algunos de los fenómenos físicos más interesantes y visuales. En este caso el propio docente deberá "controlar" las innumerables opciones que dispone el programa y que permite, desde representar sencillos movimientos de cuerpos hasta verdaderos objetos visuales donde multitud de leyes entran en juego y que confiere a la simulación un carácter más realista. En este último caso, el docente deberá controlar las opciones proporcionadas así como la creación de sus propios modelos, siempre utilizando como base el lenguaje de programación *Java*.

2. Simulaciones en las prácticas de Física

Las simulaciones visualizadas en un ordenador juegan un papel cada vez más importante en la forma en que hacemos o transmitimos Ciencia. En el campo de la enseñanza de Física es especialmente relevante ya que los ordenadores se usan con relativa asiduidad con el fin de hacer clases más atractivas a los estudiantes y que permitan facilitar una comprensión más profunda de aquello que se enseña.

Si bien no es cierto que las simulaciones por computador sean usadas por la mayoría de los profesores. En la mayoría de los casos, esto es debido a que los mismos docentes se resisten a utilizar una tecnología que no comprenden o controlan con cierta seguridad. En otros casos, puede ser debido a que no encuentren un producto que satisfaga completamente sus necesidades educativas.

Una manera de solucionar estos problemas es ayudar a que los profesores creen sus propias simulaciones. Parece ser que, al crear una simulación, muchos profesores obtienen una nueva perspectiva del fenómeno que están tratando de explicar, lo que casi siempre incrementa su entusiasmo por el uso de la TICs en sus estudiantes.

Otra idea podría ser que los profesores pidan a los alumnos que sean ellos los que creen las simulaciones, involucrándose así en el, llamado por algunos investigadores, *modelado constructivo*. Es decir, los alumnos se encuentran “haciendo Ciencia” de una manera exploratoria y constructivista, además de cumplirse parte de los requisitos relativo a las Prácticas de Laboratorio (PL).

Crear una simulación por uno mismo requiere un esfuerzo adicional. Como punto de partida está la comprensión correcta del fenómeno a simular. Es preciso poseer ciertos conocimientos técnicos para poder expresar el comportamiento del fenómeno en forma de programa computable.

La herramienta que se elija debe dar soporte a la preparación y realización de una serie de simulaciones referentes al temario de Física que se cursa en las carreras de Ingeniería. Estará concebida para permitir a una persona (profesor o alumno), que quiera crear una simulación, concentrar la mayor parte del tiempo en escribir y refinar los algoritmos del modelo científico de interés (que es de lo que realmente es experta) y dedicar el menor tiempo posible a las técnicas de programación. Y aún así, obtener un producto final independiente, de altas prestaciones e preparado para su uso en Internet.

Son diversos los lenguajes de programación que se pueden usar para concebir un simulación estimulante que se pueda usar como prácticas para los alumnos de Física. La elección de *Java* como lenguaje de desarrollo se justifica por su gran aceptación por la comunidad internacional de Internet, y por el hecho de que está soportado para diferentes plataformas de software. Las simulaciones creadas deben poder usarse como programas independientes en diferentes sistemas operativos, o poder ser distribuidas en Internet y ejecutadas en páginas *web* por los navegadores más populares (*Mozilla Firefox, Microsoft Internet Explorer, Google Chrome, Safari, Opera,...*)

3. Elección del software de simulación

Se ha elegido el software denominado *Easy Java Simulations*, con la siglas EJS, ya que éste mismo proporciona las características exigidas, comentadas previamente, al software de creación de simulaciones [4]. Además es de libre uso y está incluido en el magnífico proyecto *Open Source Physics* (OSP) [5] [6].

3.1. *Open Source Physics* (OSP)

Actualmente, las computadoras y las instrucciones basada en computerización abarcan las instituciones educativas, además gran parte de la Física teórica y experimental no se puede realizar sin la ayuda de las computadoras. A pesar de los avances en la enseñanza y la investigación, durante años la “física computacional” quedó relegada a menores instancias en los distintos programa de Física.

Los estudiantes son bombardeados con la realidad simulada por los docentes, los editores de libros de texto, o mismo en las películas, pero algunos alumnos están preparados para poder evaluar críticamente estas simulaciones. La ausencia de la computación y el modelado es uno de los ejemplos más notables de nuestra falta de actualización de los distintos planes de estudios. OSP trata de abordar este fracaso mediante una colección de software y simulaciones.

La premisa principal es que cuando los estudiantes no participan activamente en el cálculo y la modelización se provoca la pérdida de gran parte de lo que se puede llegar a aprender de las simulaciones por ordenador. Aunque el método de modelado puede ser utilizado sin computadoras, el uso de las mismas permite a los estudiantes estudiar los problemas de cierta dificultad ya que posibilita la visualización de sus resultados y permite la comunicación de éstos con los demás compañeros. Todo esto refuerza a los estudiantes en el diseño de modelos físicos para describir, explicar y predecir fenómenos. Según OSP [5], la combinación de la “física computacional” y el “modelado por ordenador” con la teoría y el experimento, concede un nuevo enfoque para el conocimiento y la comprensión de lo que no se puede lograr a través de una orientación única.

3.2. *Easy Java Simulations* (EJS)

Easy Java Simulations (EJS) es una herramienta de software diseñada para la creación de simulaciones discretas por ordenador [4].

Una Simulación Discreta por Computador (SDC), o simplemente una simulación por computador, es un programa informático intenta reproducir, con fines científicos, ingenieriles o pedagógicos, un fenómeno natural mediante la visualización de los diferente estados que

éste puede representar. Cada uno de estos estados queda descrito por un conjunto de variables que cambian con el tiempo, debido a la interacción de un algoritmo determinado.

Se puede decir que EJS es un programa que ayuda a crear otros programas, más concretamente, simulaciones por ordenador. Existen multitud de programas que permiten esta característica. Los más básicos se denominan compiladores; los más completos son las llamadas herramientas de programación visual. EJS puede englobarse en la categoría de “generadores de código”.

Este software está concebido para profesores de Ciencias y Tecnologías, que están más interesados en el contenido de la simulación, es decir, en el fenómeno que se simula en si mismo, que en los farragosos aspectos técnicos necesarios para construir dicha simulación. Por ello, EJS proporciona un estructura conceptual simplificada y herramientas visuales fáciles de usar que permiten concentrar la mayor parte del esfuerzo en la descripción del modelo del fenómeno que se desea simular.

De todas maneras, el resultado final, que EJS genera automáticamente a partir de su descripción, podría pasar, en términos de eficiencia y sofisticación, por el creado por un programador profesional. En concreto, el programa crea *applets* de *Java* que son independientes, multiplataforma, que pueden visualizarse usando los navegadores *web* más populares, leer datos a través de la red y ser controlados usando *scripts* desde páginas *web* [7] [8].

El valor añadido de este software es que existe un valor pedagógico en el proceso de creación de una simulación, por lo que EJS puede ser utilizado como herramienta pedagógica en si misma. Se puede pedir a los propios estudiantes que creen sus propias simulaciones, siempre a partir de unas directrices previamente proporcionadas por el profesor en este caso. De esta manera, el programa puede ayudar a los estudiantes a que hagan explícitas sus concepciones. Usado en grupos, puede también mejorar la capacidad de los alumnos para discutir y comunicarse sobre temas científicos y de ingeniería.

4. Descripción inicial del software

EJS se subtiende de la relación entre tres conceptos básicos "modelo – vista - control" que permite estructurar una simulación dinámica interactiva en tres partes: **Descripción**, **Modelo** y **Vista** [4].

- **Descripción**.- el autor puede incluir una explicación, a modo introductorio, del objetivo de la simulación desarrollada así como las instrucciones para su uso, en un formato que permitirá su exportación a código HTML.

- **Modelo.**- en el que se definen las ecuaciones de evolución dinámica del sistema que se desea simular.
- **Vista.**- es la que se encarga de crear la interfaz gráfica del usuario final mediante la construcción de una estructura de tipo árbol de elementos gráficos seleccionados de una paleta de objetos que ofrece EJS al programador.

Las características más destacables de esta herramienta son cuatro:

1. La forma que tiene de establecer una conexión bidireccional entre los elementos gráficos que constituyen la **Vista** y las variables que se definen en el **Modelo**, a través de sus propiedades.

Así, cuando las variables del **Modelo** cambian debido a su ejecución, también lo harán las propiedades del elemento asociado en la **Vista**. De esta manera tan efectiva se produce la actualización dinámica de los soportes visuales que constituyen la interfaz gráfica de la simulación.

2. La interactividad de la simulación frente a modificaciones que el usuario haga de algunas de las propiedades de los elementos de la **Vista** se reconoce automáticamente por las variables del **Modelo** con las cuales esté conectada. Este concepto de "conexión" entre variables del **Modelo** y variables de la **Vista** se convierte en un punto clave para producir simulaciones dinámicas interactivas.
3. El carácter abierto del programa, que permite que se pueda inspeccionar, modificar y ampliar la descripción matemática de cualquier modelo interactivo que previamente haya sido creado por otra persona.

De esta manera, es posible apreciar todas las implicaciones conceptuales de las simulaciones y además aprender buenos hábitos de programación de los demás. No hay mejor forma de aprender que inspeccionando los programas desarrollados por buenos programadores. La colección de simulaciones disponibles son realmente extensas y clarificadoras.

4. La flexibilidad que EJS proporciona para ejecutar sus simulaciones. En primer lugar, está lo que se puede denominar "modo nativo", que presenta la ventaja que el usuario final puede ver cómo el autor ha creado la simulación. Otra posibilidad es ejecutar la simulación como un *applet*, utilizando para ello cualquier navegador *web*. Y por último, es posible ejecutar la simulación como una aplicación *Java* independiente.

5. Es una herramienta multidisciplinar [9], EJS es una software de propósito general e independiente del campo de aplicación, no solo el campo de la Física.

5. Modelo de una simulación

A continuación se describirán las diferentes partes que componen el **Modelo** de una simulación y el soporte que ofrece EJS para poder generarlo y modificarlo.

5.1. Definición

Se crea un **Modelo** de un fenómeno cuando se decide cuales son las magnitudes relevantes, se fijan sus valores iniciales y se establecen las reglas, o leyes, que gobiernan el cambio de estas magnitudes.

Estas magnitudes pueden ser tanto variables de estado (los valores que describen el estado del fenómeno), como parámetros o cualesquiera otras cantidades de entrada (IN) o salida (OUT) del propio **Modelo** [8]. Para la simulación estas magnitudes se denominarán variables. Pero cuidado, esto no quiere decir que tengan que cambiar durante la ejecución de la simulación. Es decir, pueden representar una magnitud constante o variable. Además es posible que una magnitud considerada en principio constante, cambie posteriormente, bien porque se cambie el **Modelo** y el papel que esta variable juega en él, bien porque permitamos que el usuario interactúe con la simulación para modificar la magnitud.

Por tanto, el estado de un **Modelo** quedará determinado por el valor de sus variables en un instante dado. El estado de un sistema podrá cambiar por dos razones fundamentales.

- **Evolución:** es como se denomina a la dinámica interna de la simulación.
- **Agentes externos:** debido a la intervención del usuario de la simulación que cambia el valor de una o varias variables del **Modelo**.

El sistema cambiará de estado por los cambios causados directamente por alguna de estas razones y pueden desencadenar otros de manera indirecta. Acontece cuando las variables del **Modelo** cuyo valor depende explícitamente del valor de otras que fueron modificadas. En este caso diremos que existen **ligaduras** entre las variables afectadas.

Todos estos procesos son gobernados por ecuaciones, y describen las leyes bajo las cuales tiene lugar la **evolución**, también conocida como la interdependencia entre las variables. Estas ecuaciones se deben explicitar usando fórmulas matemáticas o, más

precisamente, algoritmos de computador.

En definitiva, si se quiere especificar el **Modelo** de una simulación, necesitamos establecer cuáles son sus **variables**, el **estado inicial**, las **ecuaciones de evolución** y las **ecuaciones fijas de ligadura**.

5.1.1. Variables del **Modelo**

El primer paso a seguir es declarar las variables del **Modelo**. Éste es un proceso crucial del cuál puede resultar una buena o mala simulación: hay que elegir el sistema de referencia adecuado, las magnitudes para las cuales las fórmulas resulten más sencillas, etc.

A partir de este punto se supondrá que las variables del **Modelo** son x_1, x_2, \dots, x_n . Obviamente, para que el **Modelo** resulte más fácilmente comprensible, se suele dar nombres significativos a las variables, tales como posición, aceleración, velocidad, "tiempo", etc., éstas se simplifican en abreviaturas fácilmente identificables, "x", "a", "v", etc. Con la posibilidad de utilizar guión medio y números.

5.1.2. Estado inicial

Como segundo paso, se debe establecer el estado inicial de las variables asignándoles el valor adecuado. Generalmente esto puede hacerse indicando directamente el valor deseado, en la mayoría de los casos. En otras ocasiones, el valor inicial de algunas variables debe obtenerse realizando algunos cálculos. La hecho de realizando todo este proceso se denomina "inicializar el **Modelo**".

5.1.3. Ecuaciones de evolución

Continuando la terminología usada, el sistema puede evolucionar de manera autónoma del estado actual x_1, x_2, \dots, x_n a un nuevo estado x'_1, x'_2, \dots, x'_n , simulando así el paso del tiempo (que se puede considerar una variable). Las ecuaciones de estado son aquellas expresiones que rigen estas transiciones, pueden escribirse usando una o más expresiones de la forma:

$$x'_i = f(x_1, x_2, \dots, x_n)$$

Existen dos posibilidades de ecuaciones de estado según el sistema estudiado:

- modelos discretos: estas leyes tienen una formulación matemática directa,
- modelos continuos: las ecuaciones derivan de la discretización de modelos

continuos descritos por ecuaciones diferenciales (por ejemplo, ordinarias EDO).

En muchos de los casos la formulación de estas ecuaciones requiere de una conjunción de técnicas y de decisiones lógicas que dan lugar a un elaborado algoritmo de computador. Simular la evolución del modelo en el tiempo consiste en calcular, a partir del estado actual del modelo x_1, x_2, \dots, x_n los nuevos valores x'_1, x'_2, \dots, x'_n , tomar éstos como nuevo estado del modelo, e iterar este proceso indefinidamente mientras se ejecute la simulación.

Éste es pues el tercer paso de la creación del **Modelo**: la gestación de las ecuaciones de evolución.

5.1.4. Relaciones fijas

Para acabar de definir el **Modelo** hay que escribir las ecuaciones de ligadura. Como se ha dicho con anterioridad los cambios en las variables causados de forma directa por las ecuaciones de evolución pueden tener efectos indirectos en otras variables. Estos cambios indirectos vienen determinados por las llamadas ecuaciones de ligadura, que podemos expresar mediante una o más expresiones de la forma:

$$x_i = g(x_1, x_2, \dots, x_i, x_{i+1}, \dots, x_n)$$

donde, como se aprecia, una variable sólo debe aparecer en un lado de la ecuación.

Estas expresiones indican que, si una o varias de las variables de la derecha cambian, la ecuación debe evaluarse para que la variable de la izquierda se modifique consecuentemente. Esta formulación teórica puede suponer en la práctica la necesidad de escribir un elaborado algoritmo matemático, parte lógico, parte numérico (lo mismo que en las ecuaciones de evolución).

Las ecuaciones de ligadura no deben considerarse como parte de la evolución. El motivo son los usuarios de la simulación que tiene intervención directa en la misma. Es decir, si las leyes de ligadura deben ser válidas siempre, entonces también deben mantenerse cuando el usuario cambia alguna de estas variables, incluso si la simulación está parada (la evolución no está teniendo lugar). Por ello, conviene identificar claramente y escribir de manera separada ambos tipos de ecuaciones. Esto permitirá al ordenador saber qué ecuaciones debe ejecutar en cada momento.

Un procedimiento de distinción bastante útil es examinar la expresión que se utiliza para calcular el valor de una variable en un instante dado y, si este valor depende del valor actual de la misma variable entonces se trata seguramente de una ecuación de evolución. Si, por el contrario, el valor de la variable se puede calcular a partir exclusivamente de los

valores de las restantes variables, entonces es una ligadura. De esta manera, no siempre válida, se pueden distinguir los dos tipos de ecuaciones.

En general, una variable que pueda calcularse a partir de otra no debe ser modificada por el usuario de la simulación. Si, no obstante, esto fuera necesario, se debe asegurar que la modificación alcance también a las variables originales.

5.1.5. Ejecutando el **Modelo**

Una vez que se hayan completado los cuatro pasos anteriores, el **Modelo** quedará definido. Al ejecutar la simulación en este momento, ocurrirá lo siguiente:

1. Las variables son creadas fijándose sus valores de acuerdo con lo establecido en la inicialización.
2. Se evalúan las ecuaciones de ligadura, ya que los valores de algunas variables pueden depender de los valores iniciales de otras variables. Este es el estado inicial del **Modelo**. La simulación quedará preparada para que se de un paso a la evolución o bien a la espera que el usuario interactúe con ella.
3. Las ecuaciones de evolución son evaluadas y a continuación, las de ligadura. Nuevo estado del **Modelo** en un nuevo instante de tiempo.
4. Si el usuario cambia una variable, se evalúan las ecuaciones de ligadura y obtenemos un nuevo estado del **Modelo** en el mismo instante de tiempo.

Es importante que entre las partes del modelo no existen contradicciones y así formar un modelo coherente. En particular, el valor otorgado a una variable durante la inicialización o solución no debería ser distinto del que resulta de alguna ligadura que afecte a dicha variable. En caso de contradicción el software da prioridad siempre a la ecuación de ligadura.

Hay que tener cuidado ya que es posible interactuar con la simulación en mitad de la ejecución de un paso de la evolución, lo que puede ocasionar efectos no deseados como el cambio de valor de un parámetro a mitad de un algoritmo. Para ello se le puede pedir al usuario que pare la simulación antes de interactuar con la misma.

De esta manera el software EJS crea el **Modelo** que luego utilizara para crear las simulaciones. En el siguiente apartado se describirá la estructura que proporciona EJS (tanto a nivel gráfico como conceptual) para llevar a cabo la tarea de generar un **Modelo** para una simulación como se ha descrito.

5.2. Interfaz de un **Modelo** en EJS

EJS proporciona una cierta estructura que permite llevar a cabo esta tarea. La creación del **Modelo** de la simulación presenta seis items, uno para cada uno de los cuatro pasos descritos en el apartado anterior: “**Variables**”, “**Inicialización**”, “**Evolución**”, “**Relaciones fijas**”, más un quinto y un sexto con los nombres de “**Propio**” y “**Elementos**”. El uso de estos últimos se comentará más adelante.

Con cada uno de los botones se visualiza un subpanel en la zona central de la ventana principal de EJS. El aspecto gráfico de estos subpaneles es similar, en cada uno de ellos se muestra un mensaje que invita a crear una nueva página, el sistema pedirá el nombre que se desea para la misma. Una vez creada, el aspecto de la nueva página dependerá del subpanel en que uno se encuentre.

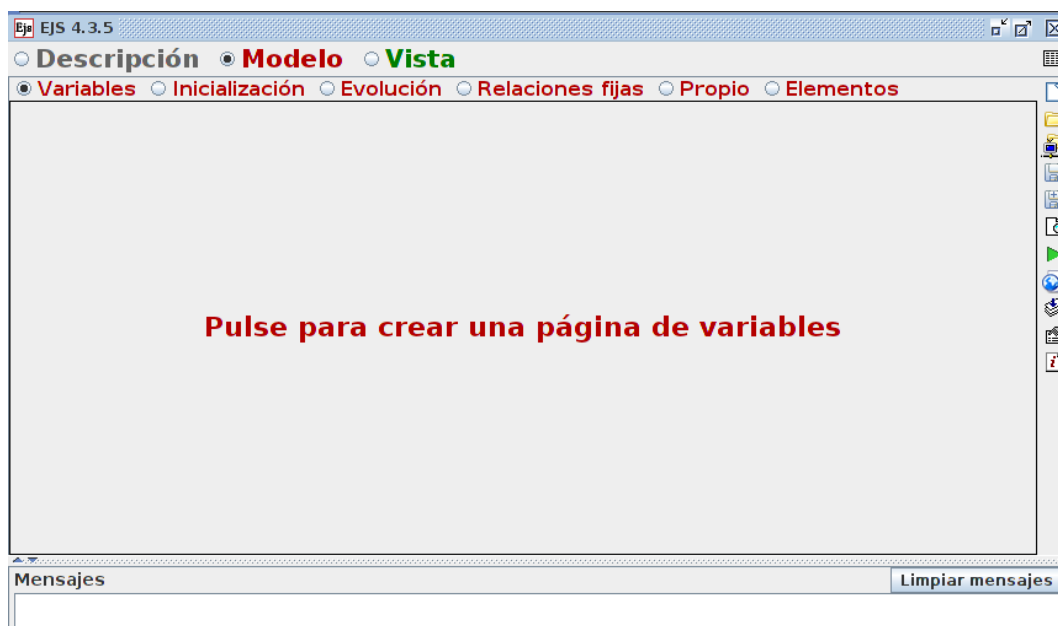


Figura 5.01.- Panel de *Easy Java Simulations* (EJS) para el **Modelo**

Cada página creada dispone de una cabecera en forma de pestaña con su nombre identificativo. Este sistema de pestañas es de utilidad para organizar las páginas cuando hay más de una en un mismo panel. La razón para la creación varias páginas en un mismo panel es únicamente el de agrupar variables o algoritmos con significados o propósitos similares en páginas separadas, lo cual mejora la estructura y claridad del modelo. EJS procesa las páginas creadas de izquierda a derecha.

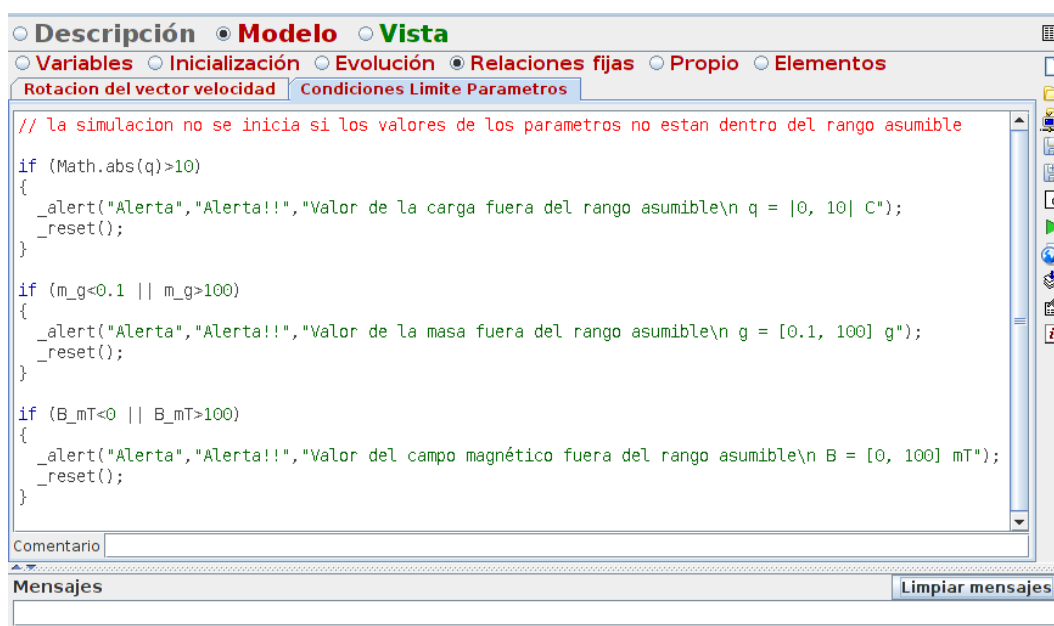


Figura 5.02.- Aspecto de las diversas páginas que se pueden crear en cada subpanel, en este caso un ejemplo de “Relaciones fijas”

Haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre una pestaña se ofrece un menú de opciones: renombrar página, copiar página, eliminar página, cambiar el orden en el subpanel, etc. Hay dos opciones que requieren una pequeña explicación:

- **ACTIVAR Y DESACTIVAR PÁGINA.**- se usa cuando se desea que EJS no utilice una página que se haya creado, sin necesidad de eliminarla. Puede ser de utilidad cuando se está probando diversos algoritmos en un mismo modelo, contenidos en páginas distintas, y se desea ver la comparación activando y desactivando los algoritmos de cada página.

- **MOSTRAR Y ESCONDER PÁGINA.**- es de utilidad cuando se desea ocultar páginas de algoritmos de difícil comprensión y no se quiere que los estudiantes tengan acceso en una primera instancia. En el icono de "Opciones" de la barra de tareas de EJS se permite que las páginas definidas como ocultas sean incluso invisibles.

El estado de la página se ve reflejado en el nombre de la propia pestaña: (D) para desactivada, (H) para oculta. Se recuerda que las páginas desactivadas son ignoradas por EJS a la hora de generar la simulación; pero las ocultas, tienen perfecta validez en la simulación.

En los apartados siguientes se describirán cada uno de los paneles disponibles con mayor profundidad.

5.3. Declaración de **variables** en EJS

El primero de los pasos a la hora de crear un **Modelo** de un simulación es la declaración de las variables en juego, este proceso se realiza en el panel denominado "**Variables**". Las variables son sencillas de declarar, es necesario darles un nombre válido, especificar el tipo de cada una de las variables y, en el caso de ser vectores o matrices, especificar además su dimensión. De manera opcional, se puede dar un valor inicial a cada variable.

5.3.1. Tipos de variables

Cuando se escribe un programa de ordenador es necesario distinguir entre los diversos tipos de variables, dependiendo del uso que se vaya a hacer de ellas y de la memoria del computador necesaria para almacenar sus posibles valores.

Por ejemplo, las variables que solamente contengan valores enteros necesitan considerablemente menos memoria y las operaciones que involucran únicamente a éstas se realizan con mayor rapidez debido a que la mayoría de los computadores actuales implementan rutinas de aritmética entera optimizadas.

EJS utiliza *Java* como base de programación, por lo que los tipos de variables posibles son las que el propio *Java* permite. Los tipos básicos de variables son:

- ***byte, short, int, long.***- cuando la variable toma valores numéricos enteros.
- ***float, double.***- cuando la variable toma valores numéricos reales, denominados números de "punto flotante" en informática.

- **boolean.-** cuando la variable toma valores de tipo verdadero (*true*) o falso (*false*), es decir, de tipo booleano.
- **char, string.-** cuando la variable es un carácter o un texto, respectivamente. El valor de una variable de este tipo debe ser escrita entre comillas (“texto”).

Además, *Java* permite introducir un nuevo tipo denominado **object** (objeto) como base de todo un extenso mundo de construcciones avanzadas denominadas **clases**.

Sin embargo, es suficiente utilizar únicamente los tipos estándar de cada categoría, excepto en los casos en que resulta absolutamente esencial realizar los cálculos con el menor tipo posible para optimizar la memoria de la computadora. Es común usar variables de tipo objeto para cambiar colores según el estado del **Modelo**, etc.

Es posible que algún problema requiera la utilización números complejos. Desgraciadamente, *Java* no proporciona soporte nativo para éstos, así que cualquier cálculo con números complejos debe realizarse explícitamente a partir de sus partes real e imaginaria.

5.3.2. Creación de variables

El panel de variables muestra un editor de variables, que adopta la forma de una tabla. En él se añadirá una variable escribiendo su nombre en la primera columna de la fila de edición, se seleccionará su tipo mediante la lista desplegable de la tercera columna. En caso de se desee dar un valor inicial a la variable solo habrá que escribirlo en la columna correspondiente. En la parte inferior del editor existe, además, un campo de texto opcional en el que se puede incluir una corta descripción del papel que la variable representa en el **Modelo**, lo que puede resultar muy útil para facilitar la comprensión del mismo.

En el caso de variables tipo matriz, o vector, se debe indicar además la dimensión de la misma entre corchetes. En el caso de dejar en blanco el campo de la columna "Dimensión", se creará una una única variable del tipo indicado y nada mas. En EJS se utiliza el término matriz tanto para vectores como para matrices de cualquier número de dimensiones.

Por ejemplo, en el caso de escribir 10 entre corchetes en este campo, EJS creará una matriz unidimensional de 10 coordenadas, reservando espacio de memoria para 50 variables individuales del tipo indicado. Si escribimos 5 y 10, entre corchetes, creara una matriz bidimensional de 5 filas, cada una de ellas con 10 elementos.

Nombre	Valor inicial	Tipo	Dimensión
B_mT	3	double	
B	B_mT * 0.001	double	
r		double	
numFrechas	3	int	
xcampo	0.0	double	[numFrechas*numFrechas*numFrechas]
ycampo	0.0	double	[numFrechas*numFrechas*numFrechas]
zcampo	0.0	double	[numFrechas*numFrechas*numFrechas]
tamFrechas	0.0	double	
inversionPolos	false	boolean	
ensinarCampo		boolean	
		boolean	
poloSup	"polo Norte"	String	
poloInf	"polo Sur"	String	
		boolean	

Figura 5.03.- Tabla de edición de variables: nombre, valor inicial, tipo de variable, dimensión

El editor de variables permite: crear una nueva variable, insertar una variable entre las ya existentes, mover la variable, etc. Todo ello al hacer clic con el botón derecho sobre la variable en cuestión.

5.3.3. Valor inicial de una variable

No es obligatorio inicializar el valor de un variable por lo que este campo puede dejarse en blanco. De todas maneras se puede escribir un valor constante o una expresión sencilla en el campo correspondiente. En el caso de las matrices con un valor inicial en este campo, todos los elementos de la misma se inicializarán con ese mismo valor.

Es posible usar las clases de *Java* a las que igualar el valor de las variables definidas. Por ejemplo, para que un objeto tenga un color aleatorio se puede definir una variable `unColor` de tipo objeto que se puede inicializar al valor de de rojo,

```
unColor | inicializacion: java.awt.color.RED | tipo: Object
```

de tal manera que `unColor` pueda tomar el valor del color que se desee mediante una sentencia como ésta:

```
unColor = new java.awt.color(0,255,0);
```

donde los parámetros de esta invocación a la clase `java.awt.color` deben ser

números tres enteros entre 0 y 255 que indican los niveles RGB del color deseado: rojo (R), verde (G) y azul (B). En el ejemplo, el color que se crea es el verde.

Existen decenas de clases *Java* muy útiles a la hora de diseñar un **Modelo** con EJS.

5.3.4. Uso de las variables

Durante el **Modelo** se puede utilizar el valor una variable simple, sólo tenemos que escribir su nombre. Si la variable es una matriz se debe indicar a qué elemento de la misma se refiere. Se escribirá el nombre de la matriz y, entre corchetes, un número entero que indica la posición del elemento dentro de la matriz unidimensional n (0 para el primer elemento y $n - 1$ para el último).

Los errores a la hora de definir o usar un variable incorrectamente causa lo que se denomina una excepción, es decir, un error de la Máquina Virtual de *Java*. Las excepciones se detectan cuando se compila la simulación lo que hace que sea más bastante engorroso descubrir estos errores.

Por ejemplo, sería correcto

```
unColor = new java.awt.color(3,200,100); (ejemplo anterior)
```

```
indice = 2; (siendo indice una variable int)
```

```
esCierto = true; (siendo esCierto una variable boolean)
```

```
Texto = "hola"; (siendo Texto una variable string)
```

Mientras que los siguientes ejemplos resultan incorrectos:

```
unColor = verde; (ejemplo anterior)
```

```
indice = 2.3; (siendo indice una variable int)
```

```
escierto = "falso"; (siendo esCierto una variable boolean)
```

```
Texto = 4; (siendo Texto una variable string)
```

5.3.5. Convenios en la nomenclatura de EJS

En todo el proceso de la creación de una simulación se debe nombrar elementos muy diversos: páginas de paneles, variables, métodos propios del **Modelo** y elementos de la **Vista**. El nombre de las páginas no tienen ninguna restricción, ya que se usan a efectos organizativos, por lo que se pueden usar acentos, nombre iguales, etc. Pero la

denominación de ciertos elementos deben seguir ciertas reglas con el fin de evitar conflictos entre ellos. De esta manera se presentan las siguientes convenciones:

1. El nombre de cada variable debe ser único en el **Modelo**.
2. El nombre de cada método propio debe ser único en el **Modelo**.
3. El nombre de los elementos de la **Vista** debe ser único en la misma, pudiendo coincidir con alguno de los usados en el **Modelo**.
4. Los nombres están formados por una conjunción de caracteres alfanuméricos: de la "a" a la "z" (mayúsculas y/o minúsculas) y del "0" al "9"). Se admite el guión normal "-", pero el primer carácter debe ser siempre alfabético.
5. Es conveniente que el primer carácter de los nombres (variables y métodos del **Modelo**) se escribirá en minúsculas. Por el contrario, para elementos de la **Vista** el primer carácter se escribirá en mayúsculas. (opcional)
6. No se pueden usar acentos ni dejar espacios en blanco en el nombre, por lo que habrá de unirse la palabra o bien usar el guión, por ejemplo, *CentroMasa*, *Veloc-Particula*, *masa-2*, *velocidad3*, etc.
7. Finalmente, existen una serie de palabras que no pueden usarse como nombres al estar reservadas por *Java*, o por EJS, como son: *float*, *continue*, *step*, *while*, *int*, etc.

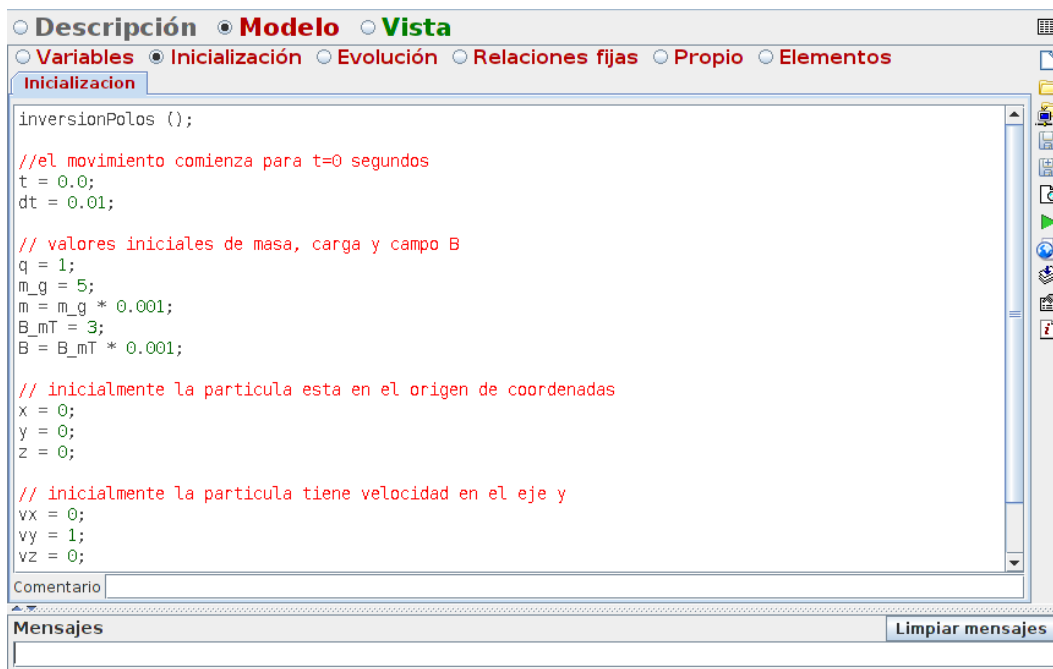
5.4. Inicialización del **Modelo** en EJS

Las variables del **Modelo** pueden tomar valores iniciales constantes o expresiones sencillas, utilizando la tabla de creación de variables comentada en el apartado anterior.

En ocasiones, las variables requieren expresiones más complejas que el editor de variables no permite mostrar con claridad. Para este fin, se dispone del segundo de los paneles denominado "**Inicialización**". Este panel permite crear página(s) donde se puede escribir el código *Java* que realice los cálculos requeridos para inicializar las variables definidas con anterioridad. El sistema ejecutará este código cuando se inicie la simulación. Debe contener únicamente las expresiones y sentencias *Java* que su algoritmo necesite, junto con los comentarios oportunos pero simplificando el código a escribir. En caso de generar varias páginas de inicialización, EJS las procesará de izquierda a derecha. Si fuera necesario se pueden reordenar las mismas con las opciones del menú emergente de cada página del panel.

Haciendo clic con el botón derecho del ratón en el editor de código, de fondo blanco, se mostrará un menú emergente que contiene las opciones típicas de edición, ofreciendo además, un sencillo asistente que ayuda a introducir construcciones estándar de *Java*, como bucles y condicionales, y métodos predefinidos del código *Java*.

Existe la posibilidad de escribir un breve comentario sobre el contenido de la página de “**Inicialización**” mediante un campo de texto situado en la parte inferior del editor.



```

○ Descripción ● Modelo ○ Vista
○ Variables ● Inicialización ○ Evolución ○ Relaciones fijas ○ Propio ○ Elementos
Inicialización
inversionPolos ();

//el movimiento comienza para t=0 segundos
t = 0.0;
dt = 0.01;

// valores iniciales de masa, carga y campo B
q = 1;
m_g = 5;
m = m_g * 0.001;
B_mT = 3;
B = B_mT * 0.001;

// inicialmente la particula esta en el origen de coordenadas
x = 0;
y = 0;
z = 0;

// inicialmente la particula tiene velocidad en el eje y
vx = 0;
vy = 1;
vz = 0;

Comentario
Mensajes Limpia mensajes
```

Figura 5.04.- Ejemplo de código de “**Inicialización**”

5.5. Ecuaciones de **evolución** en EJS

A continuación se comentará el funcionamiento de la opción “**Evolución**” dentro del panel del **Modelo**.

5.5.1 Codificación de la evolución

Lo primero que se puede observar a la izquierda del panel es un deslizador, el cual permitirá modificar un valor denominado “imágenes por segundo” (IPS) que además se muestra en el cuadro inmediatamente inferior. Este parámetro indica a EJS cuántas veces por segundo debe ejecutar las ecuaciones de evolución definidas por el programador.

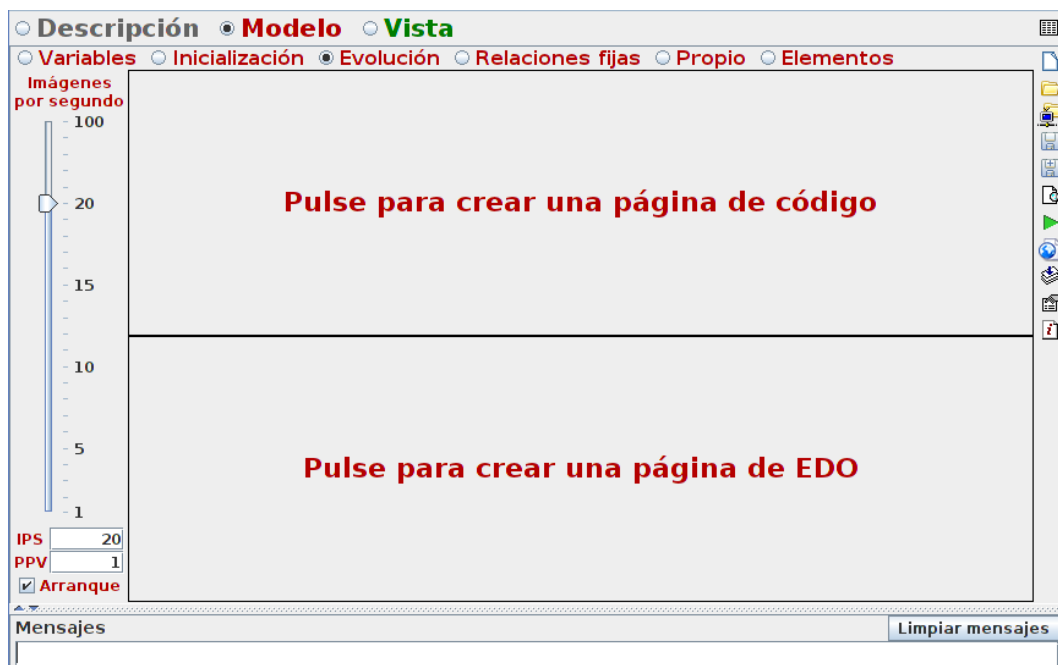


Figura 5.05.- Panel inicial para la “**Evolución**” del **Modelo**

El valor simbólico máximo (MAX) indica a EJS que debe ejecutar la evolución tan rápidamente como le sea posible. Sin embargo, en muchas ocasiones no es lo más aconsejable debido a que la evolución visual del **Modelo** puede que no se aprecie cómodamente (con fluidez realista), por lo que el IPS se debe reducir. Valores típicos para procesos sencillos son de 10 de IPS, junto con un paso para la variable de tiempo de 0.1 segundos; estos valores representarán una ejecución aproximadamente en tiempo real.

La opción "Arranque", situada más abajo, indica a EJS que la evolución se debe poner en marcha automáticamente cuando se ejecute la simulación. En el caso de que los usuarios manipulan la interfaz, estableciendo condiciones iniciales, se deberá dejar desmarcada esta opción, por lo tanto, se deberá incluir en el **Vista** de la simulación un botón donde el usuario inicie la misma.

EJS permite diseñar la evolución de la simulación mediante dos opciones complementarias. La parte central del panel aparece dividida en dos:

- La superior nos invita a crear una página donde editar código *Java*. El editor para la escritura directa de código *Java* es idéntico al descrito en "Inicialización".
- La inferior nos permite crear una página con un editor de ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO).

En el caso de modelos discretos la primera de las opciones es la más simple, en los que las variables cambian a través de pasos en el tiempo de longitud perfectamente establecida. El programador deberá transcribir a código *Java* las ecuaciones de evolución deseadas del estudio físico del problema (cinemática, dinámica).

En cambio, existen muchos procesos basados en modelos continuos, en los que se supone que el tiempo es una magnitud continua. Las ecuaciones de evolución derivarán, al menos en parte, de la resolución numérica (lo que implica la discretización) de sistemas de ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO). Esto es debido a que los computadores digitales son esencialmente máquinas discretas. Esto implicará escribir código siguiendo unas reglas determinadas de acuerdo a un editor de EDO que dispone el EJS.

A la hora de programar el código de una simulación se comenzará eligiendo cuál de estos editores quiere utilizar, si el de código *Java* o el de ED. El menú emergente para estas páginas permite crear páginas adicionales, cada una en la opción que se precise.

5.5.2. Editor de EDO

El editor de EDO, que dispone EJS para diseñar la evolución de un simulación, permite generar ecuaciones diferenciales ordinarias explícitas de primer orden. Esto es, ecuaciones en las que se expresa la primera derivada de una o más variables del **Modelo** como una función explícita de ellas mismas y de las demás sin derivar.

El editor permite resolver una gran variedad de problemas diferenciales, además las variables que se deriven pueden ser tanto simples como matrices unidimensionales.

Puede parecer que el hecho de que deban ser ecuaciones de primer orden suponga una restricción, nada más lejos de la realidad pues cualquier sistema de ecuaciones de orden superior puede reescribirse como otro de primer orden introduciendo las variables auxiliares necesarias.

Es importante resaltar que las expresiones deben ser explícitas lo que requiere elaborar las ecuaciones disponibles de la física del problema simulado además de elegir cuidadosamente las variables utilizadas.

Los pasos a seguir para generar correctamente la evolución del **Modelo** de un simulación con el editor de EDO son los siguientes:

1. Declaración de una EDO.-

Para incluir estas ecuaciones en el editor de EJS se debe indicar, en primer lugar, cuál es la variable independiente del sistema, generalmente el tiempo (t). Se puede escribir este valor directamente en dicho campo o utilizar el icono que aparece a su derecha para seleccionarla de la lista de variables de tipo **double** definidas previamente.

A continuación, se debe indicar el paso de integración que se desea que utilice el editor para resolver la EDO, mediante una constante o una variable de tipo **double**. Este parámetro indica el incremento que debe experimentar la variable independiente (t) al final del proceso de resolución numérica, en cada paso de la evolución. Por ejemplo, si este incremento es el valor constante 0.3 EJS resolverá la ecuación, en cada paso de la evolución, avanzando del estado actual t a un estado posterior ($t + 0.3$). Debido a esto, la variable utilizada como independiente se verá aumentada en el incremento dado. Este es el motivo de que todas las EDO que utilicen la misma variable independiente deben escribirse en la misma página.

Una vez introducidos estos datos, la variable independiente (t) aparecerá en el denominador de la expresión de derivación de la primera fila de la tabla.

Finalmente, se comenzará a introducir cada una de las EDO del sistema en cada fila de la tabla.

Al hacer doble clic sobre la celda de la izquierda de cada fila se escribirá la variable simple (no matriz) que se quiere derivar, seguidamente se hará doble clic en la celda de la derecha y se escribirá la expresión que corresponde a esa derivada mediante expresiones algebraicas como + (suma), - (resta), * (multiplicación), / (división), ^ (potencia), etc. de las variables definidas con

antelación. Un menú emergente permitirá seleccionar las variables que se quieren introducir, además de otras opciones.

En el caso de que la variable derivada sea un vector, se debe indicar el índice (por ejemplo i o j) de la matriz, tanto en el lado izquierdo como derecho de la expresión de la EDO. Si se utiliza el menú de la celda para elegir la variable a derivar y ésta es vectorial, el sistema añadirá automáticamente este índice.

2. Métodos propios en una EDO.-

Además de expresiones algebraicas sencillas se pueden utilizar algoritmos más complejos, por lo que quizá resulta más apropiado definir un método *Java* propio (se verá más adelante) que realice los cálculos de manera separada y hacer una llamada al mismo en la celda de la derecha de la ecuación.

3. Elección del algoritmo numérico de resolución.-

En la parte inferior del panel de definición de las EDO existe una lista desplegable que permite elegir el algoritmo numérico que resolverá las EDO definidas. Algunos de los algoritmos que EJS ofrece son los siguientes:

- EULER: método de orden 1 y, por tanto, de escasa precisión. Este método se incluye únicamente por razones pedagógicas, ya que resulta de fácil comprensión para los estudiantes.
- EULER — RICHARDSON: método de orden 2 con una relación velocidad / precisión adecuada para problemas sencillos. Esquembre [4] recomienda este método para comenzar a programar.
- RUNGE—KUTTA: método de orden 4. Es un método numérico de resultados con precisión más que aceptable.

EJS permite generar eventos para las EDO generadas. En el apartado siguiente se analizará su utilidad.

4. Comentarios de la página.-

Cada una de las páginas creadas para la evolución del **Modelo** dispone de un campo de texto para albergar un corto comentario sobre la misma.

Las figuras 5.06 y 5.07 muestran ejemplos de codificación de la evolución de una simulación por medio de código *Java*, y utilizando el editor de EDO.

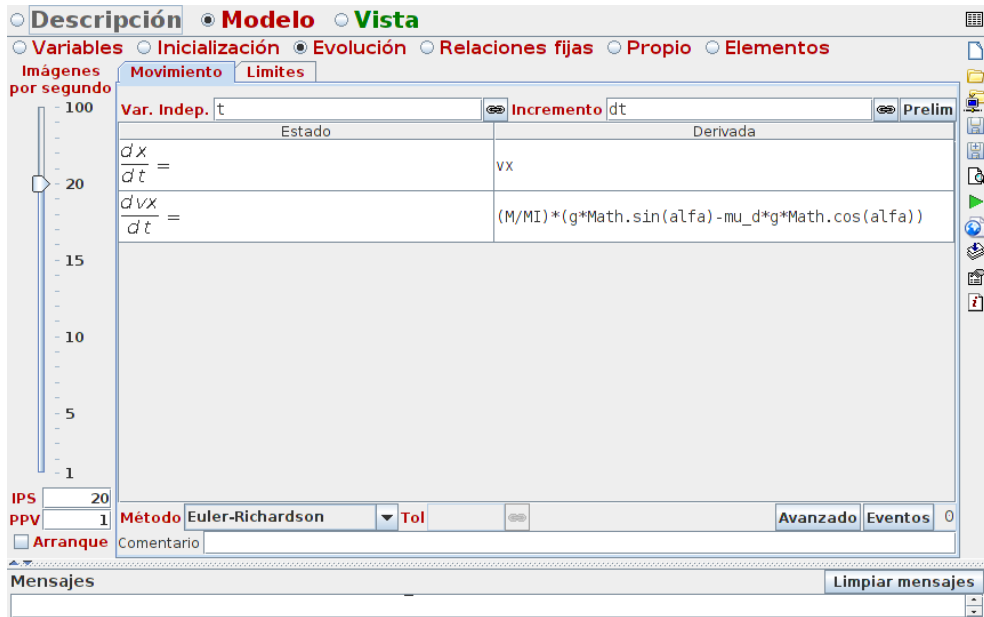


Figura 5.06.- Editor para EDO, con ejemplo práctico: velocidad y aceleración de un objeto en caída libre sobre un plano inclinado



Figura 5.07.- Código Java para la "Evolución", con ejemplo práctico: velocidad y aceleración de un objeto en caída libre sobre un plano inclinado

5.5.3. Eventos de una EDO

En el caso de utilizar un sistema de EDO para la evolución de una simulación, puede ser necesario que si el sistema detecta cierta condición, dependiente de las variables del mismo, realice en ese punto algunas correcciones con la finalidad de ajustar la simulación. Su utilización es totalmente opcional, de hecho se pueden sustituir por páginas de código *Java* con los límites de la evolución, como se observará cuando se expongan las simulaciones propuestas en la presente Tesis en capítulos posteriores.

De manera más precisa, se puede definir un evento como el cambio de signo de una función continua real de las variables de estado (las variables que se derivan) y de la variable independiente de una EDO (generalmente t). Concretamente, los eventos causados únicamente por la variable independiente se suelen llamar eventos temporales, por contraposición a los causados por las demás variables, que se denominan eventos de estado.

Debido a que en el presente trabajo no se han usado eventos en la programación de la evolución de los **Modelos** de las cuatro simulaciones propuestas, y que se analizarán en capítulos posteriores, se considera innecesario debatir sobre estos elementos del **Modelo** de las simulaciones.

5.6. **Relaciones fijas** en EJS

El cuarto de los paneles disponibles para crear el **Modelo** de una simulación ("**Relaciones fijas**") es de naturaleza similar al panel destinado a la inicialización de las variables ("**Inicialización**"), aunque la función que realizan estas páginas es totalmente distinta.

En ocasiones, la modificación de una variable produce cambios en otras variables, entonces se dice que existen relaciones fijas o de ligadura entre las variables.

Ya se comentó previamente, al definir las ecuaciones de ligadura, como distinguirlas de las ecuaciones de evolución. Examinando la expresión matemática que determina el valor de una variable en un momento dado. Si este valor depende del valor actual de esa misma variable, en tal caso es probable que se trate de una ecuación de evolución. Por el contrario, si el nuevo valor de la variable se calcula sólo a partir de los valores de otras variables será una relación fija.

Estas relaciones deben ser siempre válidas, independientemente de que el usuario interaccionen o no con la simulación, o si ésta se encuentra parada. Es por ello que no se deben incluir estas relaciones con las ecuaciones de evolución.

Se dispone de este panel para escribir las expresiones, en sentencias de lenguaje *Java*, consideradas como relaciones fijas entre las variables, definidas previamente, del **Modelo** de la simulación.

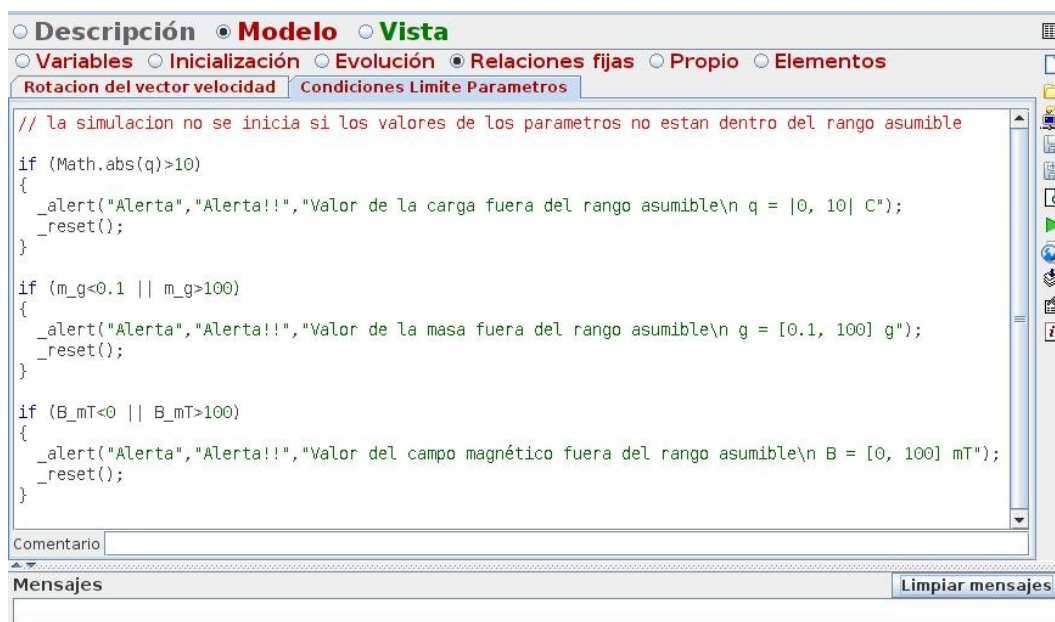


Figura 5.08.- Ejemplo de página de creación de “**Relaciones fijas**” o ecuaciones de ligadura

5.7. **Métodos propios** para un **Modelo** en EJS

El propósito del panel “**Propio**” es el de permitir definir métodos propios de *Java*, es decir, funciones o subrutina, que se puedan necesitar en distintas partes de la simulación.

Los métodos propios suelen utilizarse para agrupar porciones de código de forma que se facilite la escritura de otras partes del **Modelo**, bien porque sea así más sencillo de comprender, bien porque se reutilice código que aparece en diversas partes de dicho **Modelo**. Otra de las utilidades de los métodos propios es la de preparar acciones para que sean invocadas como respuesta a la interacción del usuario con la interfaz de la simulación (elementos de la **Vista**).

El funcionamiento del panel de métodos propios es similar a otros como “**Inicialización**” o “**Relaciones fijas**”, con la salvedad de que los métodos que se diseñen en este panel no se utilizarán, a menos que se invoquen explícitamente desde otro lugar de

la simulación. Además se dispone de mayor libertad de programación para escribir código *Java*, el único requisito es que se trate de métodos *Java* válidos.

5.7.1. Creación de métodos propios

Una de las particularidades más destacables de EJS es que cuando se crea una nueva página de este panel, el sistema ofrece ayuda incluyendo en la página un esqueleto inicial para el método. En cada hoja generada en esta opción se pueden crear el número de métodos que se necesiten.

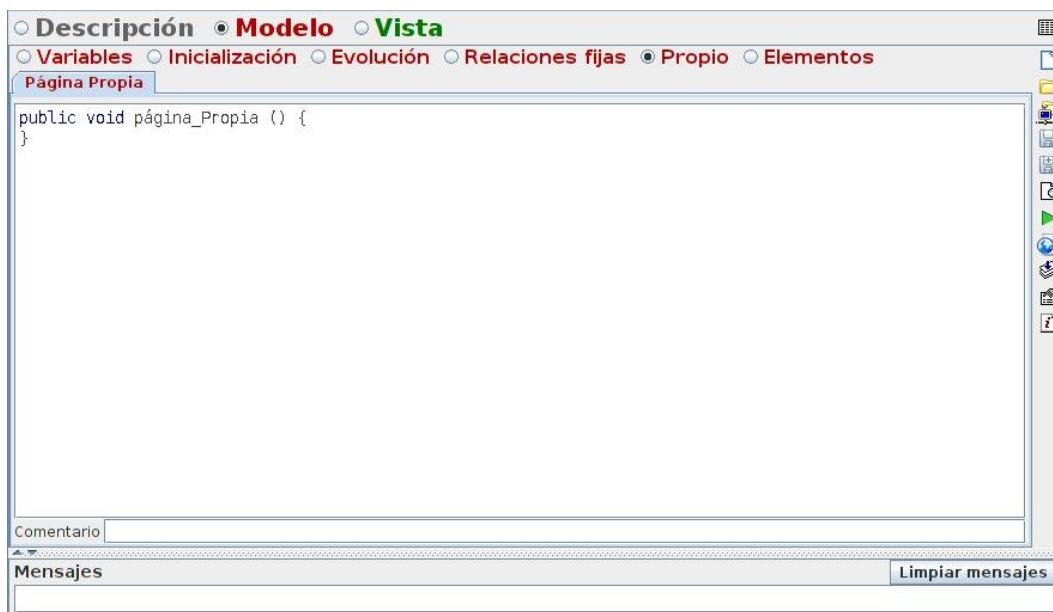


Figura 5.09.- Página inicial para la creación de “Propio”

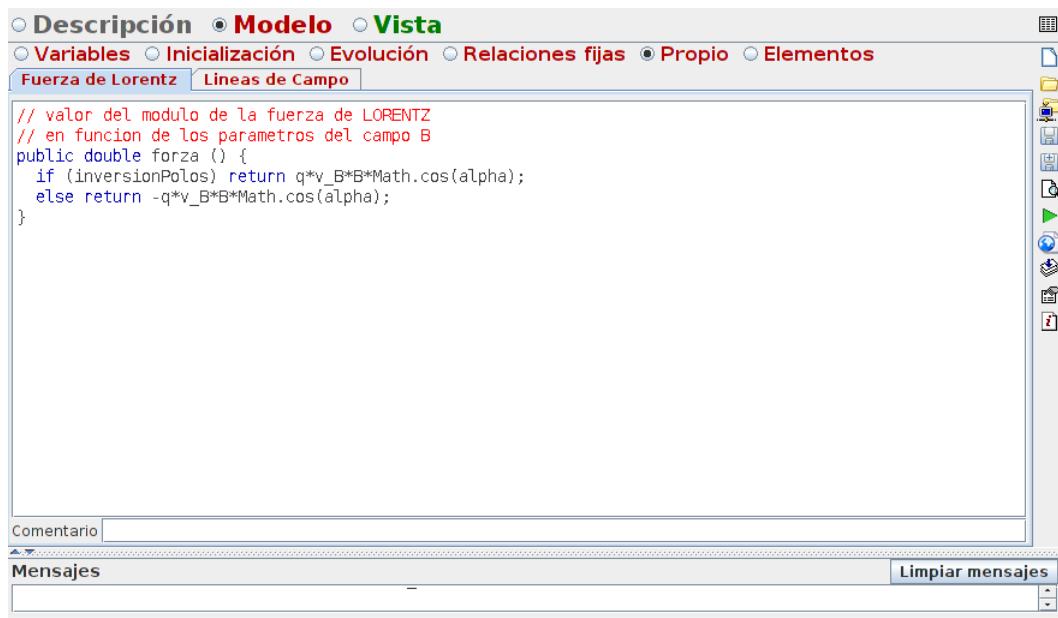
Para crear un método en *Java* hay considerar cuatro aspectos: escribir el código en si, indicar su nombre, el “tipo del valor de retorno” (si fuese necesario) y especificar la accesibilidad del método. Será fundamental indicar si el método acepta o no parámetros, indicando el tipo de los mismos.

Es necesario conocer como trabaja *Java* para poder diseñar un método efectivo, además de dominar las instrucciones básicas de este lenguaje de programación.

En cuanto al nombre, se puede elegir el que el programador desee respetando las convenciones establecidas para nombres que se establecieron en apartados anteriores de este capítulo.

La denominación “tipo de valor de retorno” se refiere a si el método devuelve algún valor o no, por tanto el método hace el trabajo de una función o una subrutina, respectivamente.

- método como función.- si devuelve un valor, debe indicarse el tipo de éste, que puede ser cualquiera de los denominados con anterioridad (lenguaje *Java*). En este caso, siempre debe concluirse la ejecución del método con una sentencia **return**, que indique el valor devuelto por el método.
- método como subrutina.- si no devuelve ningún valor, debe indicarse el tipo especial **void**.



The screenshot shows a software development environment with a code editor. The editor is titled "Descripción" and "Modelo" is selected. The code in the editor is as follows:

```
// valor del modulo de la fuerza de LORENTZ
// en funcion de los parametros del campo B
public double fuerza () {
    if (inversionPolos) return q*v_B*Math.cos(alpha);
    else return -q*v_B*Math.cos(alpha);
}
```

Below the code editor, there is a "Comentario" field and a "Mensajes" section with a "Limpiar mensajes" button.

Figura 5.10.- Ejemplo de creación de métodos propios

Respecto a la accesibilidad se refiere a qué otras partes de la simulación modelada pueden servirse del método propio en cuestión:

- **private**.- el método no se declara público (también al no usar palabra ninguna) entonces el método sólo se puede usar desde el **Modelo**.
- **public**.- el método se declara como público y resulta universalmente visible, por lo tanto, puede usarse desde cualquier parte del **Modelo** y desde la **Vista**. Pudiendo resultar visible desde fuera de la simulación a través de *JavaScript*.

Por regla general, los métodos se definen como públicos salvo quizá reducir la oferta a usuarios externos que no sepan qué hace cada método y para los cuales resulte incluso confuso disponer de demasiados métodos.

En cuanto al uso de parámetros notar que se indican mediante una lista separada por comas con el siguiente formato: `tipo nombre`, de esta manera se declaran variables locales que pueden ser usadas en el método. La lista de parámetros debe escribirse entre los paréntesis que continúan al nombre del método. De aceptar parámetros, entonces debe proporcionarse, en la creación del método, exactamente el mismo número y tipo de variables cuando se quiera invocar al mismo. Si un método no requiere parámetros, la lista de parámetros puede dejarse vacía.

5.7.2. Utilización de métodos predefinidos de *Java*

EJS dispone de métodos que abarcan tipos especial de acciones que se pueden necesitar, como las que controlan la ejecución de la propia simulación: parar, poner en marcha, pausar la evolución, etc. Estas acciones pueden ser requeridas por sí mismas o ser parte de otras actuaciones.

Es por todo esto que EJS ofrece un conjunto de métodos *Java* predefinidos que pueden usarse directamente o invocarse en el cuerpo de sus propios métodos. Se pueden clasificar atendiendo su naturaleza:

- Métodos para permiten controlar la ejecución de la simulación, por ejemplo:
 - `void _play()` – pone en marcha la evolución de la simulación.
 - `void _pause()` – detiene la evolución de la simulación.
 - `void _reset()` – inicializa todas las variables del **Modelo** al valor establecido en las tablas de variables del panel “**Variables**” del **Modelo**. Esto devuelve a la simulación a su estado inicial.
 - `void _initialize()` – este método es de inicialización blanda. Ejecuta todas las páginas de “**Inicialización**” junto con las de “**Relaciones fijas**”, pero no devuelve a las variables al valor inicial que tenían en “**Variables**”.
 - Etc.
- Métodos para controlar la **Vista** de la simulación, por ejemplo:
 - `void __resetView()` – devuelve todos los elementos de la **Vista** a su

estado original.

- `void _clear.View()` – Limpia todos los elementos de la **Vista**. En general, puede considerarse como una versión suavizada del método anterior.
- Etc.
- Métodos para guardar y leer el estado del **Modelo**, por ejemplo:
 - `boolean _saveState (String fichero)` – guarda el estado de todas las variables del **Modelo** en el fichero especificado. De tener éxito devuelve un booleano cierto; si encuentra algún problema, devuelve un booleano falso.
 - `boolean _readState(String fichero)` – lee el valor de todas las variables del **Modelo** desde el archivo fichero creado con una llamada al método `_saveState`. Devuelve un booleano cierto si tiene éxito y falso si no lo tiene.
 - Etc.
- Métodos para imprimir mensajes en la **Vista**, por ejemplo:
 - `void _alert (String elemento, String titulo, String mensaje)` – muestra una ventana de dialogo sobre el elemento del panel de la **Vista** indicado con el título y el mensaje proporcionados. La simulación se detiene hasta que el usuario acepta haber leído el mensaje haciendo clic sobre un botón de aceptación de la ventana emergente. Resulta muy útil para mostrar mensajes de error o avisos que el usuario no pueda ignorar.
 - `void _print (String texto)` – imprime el texto indicado en un elemento de tipo "AreaTexto de la **Vista** de la simulación".
 - Etc.
- Métodos para acceder a variables usando *JavaScript*, por ejemplo:
 - `boolean _setVariables(String Comando)` – se utiliza para fijar el valor de una o más variables del **Modelo**.
 - Etc.

5.7.3. Métodos de la librería matemática de *Java*

Además de los métodos predefinidos ya comentados, se encuentran a disposición del programador los pertenecientes a la librería matemática de *Java*. Los nombres de los métodos comienzan todos por el prefijo “*Math.*” El resultados de la gran mayoría de ellos es una variable ***double***. Se muestran algunos ejemplos que pueden ser útiles:

`Math.sin(double X)` – devuelve el seno de X;

`Math.cos(double X)` – devuelve el coseno de X;

`Math.abs(double X)` – devuelve el valor absoluto de X;

`Math.exp(double X)` – devuelve el valor de “e” elevado a X;

`double random()` – devuelve un número aleatorio entre 0.0 y 1.0 (excluido el 0.0).

6. Vista de una simulación

La parte de la simulación que precisa de un mayor conocimiento de técnicas avanzadas de programación es la creación de la **Vista**, o lo que es lo mismo, la interfaz gráfica de simulación. Las herramientas gráficas que proporcionan los lenguaje de programación de alto nivel son de amplia aplicabilidad y, por lo cual, no se especializan en tareas concretas. Este hecho provoca que el esfuerzo técnico para adecuar dichas herramientas a un uso tan específico como el crear un la interfaz gráfica de un simulación de un fenómeno físico, que es uno de los problemas que atañe a esta Tesis, sea considerable.

La finalidad última del uso de EJS para desarrollar simulaciones es totalmente pedagógica por lo que el grado de interactividad debe ser elevado, además el creciente avance en los procesadores de las computadoras, tipo PC, hace que la visualización gráfica pueda ser realmente avanzada.

Estas dos razones hacen que el software EJS precise de una librería propia, muy potente, especializada en la visualización de datos y procesos científicos, el autor de EJS [4] ha intentando simplificar su uso tanto como fue posible. Las fuentes de las que se nutre esta librería de EJS son:

- el paquete estándar de *Java* denominado *Swing*,
- herramientas del ya comentado *Open Source Physics* (OPS) creado por Wolfgang Christian [6] en el Davidson College,

- y contribuciones propias del autor del software.

Todos estos conjuntos de clases de *Java* pueden ser visualizados por los principales navegadores *web*: *Microsoft Internet Explorer*, *Mozilla FireFox*, *Opera*, *Google Chrome*..., instalando previamente el *plugin* de *Java* asociado a cada uno de ellos.

6.1. Introducción a la **Vista**

EJS dispone, para la creación de la interfaz gráfica de la simulación de fenómenos físicos, de un panel denominado **Vista**, en el cual se construye una estructura en forma de árbol de elementos gráficos seleccionados. Éstos se denominarán simplemente “elementos” o, en tal caso, “elementos gráficos”, y cada uno será pieza de la interfaz que ocupará una zona de la pantalla del ordenador y, que además, realiza una tarea específica en la que este elemento está especializado.

Existen diversos tipos de elementos: paneles, botones, etiquetas, partículas, flechas, etc. El programador de la simulación deberá aprender que tipos de elementos existen y cómo usarlos en todas sus posibilidades.

Cada tipo de elemento determina, en buena medida, el apesto gráfico del elemento. Para que el elemento se visualice de acuerdo con las necesidades de la simulación cada uno de éstos dispone de una serie de características llamadas “propiedades”. Éstas suelen establecerse mediante valores constantes, pero pueden también modificarse dinámicamente a través de las variables definidas en el **Modelo**, en función de las animaciones que se deseen diseñar. Ciertos elementos poseen propiedades de tipo especial, que se denominan “acciones”, que permiten definir la respuesta de la interfaz a la interacción del usuario con estos elementos. Todo esto confiere a la simulación un alto grado de interactividad que, como ya se analizó, es fundamental y necesaria.

A continuación, de un manera esquemática se mostrarán los principios comunes de uso de estos elementos, en general, para construir sofisticadas interfaces de usuario. A través del propio nombre del elemento se puede describir el uso general del mismo.

En primera aproximación, se puede analizar los elementos más comunes a partir de una gran clasificación de los elementos en tres grupos: contenedores, elementos básicos y elementos de dibujo:

1. **CONTENEDORES.**- elemento gráfico que albergará (padre) a otros elementos (hijos) en la zona de la pantalla. Un contenedor hijo puede ser padre de otro en un nivel inferior. Es por esto que se generará un estructura jerárquica de elementos gráficos en forma de árbol.

La raíz inicial se denomina “**Vista** de la simulación” y no es un elemento como tal, su primer hijo será habitualmente un ventana principal, que es la ventana que se observará con la simulación.

Se dispone de un grupo especial de contenedores que poseen los elementos que deben interaccionar con el resto de ventanas del sistema, son: las ventanas y las ventanas de diálogo.

Dependiendo de que elementos sean englobados en el contenedor, se pueden establecer dos familias principales: los contenedores para elementos básicos, y los contenedores para elementos de dibujo. Serán analizados por independiente.

El primer grupo de contenedores, junto con los elementos básicos, se utilizan para configurar el esqueleto de la **Vista** de la simulación, proporcionando al usuario elementos para controlar la misma y para la modificación del valor de las variables del **Modelo**. A este grupo de contenedores pertenecen, además de las ventanas, los paneles estándar, los paneles divididos y los paneles con separadores.

El segundo grupo es usado, junto con los elementos de dibujo, para crear animaciones o visualizar gráficamente el fenómeno simulado.

Cuando se añade un hijo a un contenedor, el padre le proporciona una posición y un tamaño adecuados de acuerdo con el espacio de que dispone, de los requerimientos del hijo y de, por así llamarla, su propia política de distribución de espacios.

Algunas distribuciones permiten al hijo elegir su posición relativa dentro del padre, mientras que en la mayoría de ellas, la posición es una consecuencia del "orden de nacimiento" del hijo. Los contenedores de elementos de dibujo disponen de un sistema de coordenadas particular que permite la posición de sus hijos en coordenadas relativas.

Usar políticas de distribución en los contenedores de la **Vista** instruye a éstos acerca de cómo deben redistribuir, en las ocasiones en las que se cambie el tamaño de la misma después de que se acabe de diseñar, el espacio disponible de modo que el resultado sea consecuente con la distribución primogénita.

Se muestran a continuación algunas de las políticas más usadas, heredadas de *Java*, de distribución de elementos dentro de un contenedor:

- Flujo: los hijos son distribuidos en fila, de izquierda a derecha, de manera muy similar a la colocación de las palabras en un párrafo de texto. Cabe la posibilidad de justificar el hijos dentro de la fila (izquierda, derecha o centrado).
- Márgenes: los hijos son distribuidos en cinco posiciones posibles: arriba, abajo, izquierda, derecha y centro, además cada hijo debe elegir una distinta. Es la opción más usada.
- Rejilla: los hijos son distribuidos en una tabla rectangular del número de filas y columnas deseado. Todos los hijos poseerán el mismo tamaño.
- Caja horizontal: la distribución es la de una rejilla (tabla) pero de una sola fila. En este caso, los hijos no tienen porque tener el mismo tamaño.
- Caja vertical: la distribución es la de una rejilla (tabla) pero de una sola columna. Nuevamente, los hijos no tienen porque tener el mismo tamaño.

Una vez se escoja la distribución deseada para los hijos de un elemento contenedor será posible indicar, mediante dos parámetros adicionales, cuánto deben separarse los hijos entre sí, tanto horizontal como verticalmente.

2. **ELEMENTOS BÁSICOS.**- este grupo es un conjunto de elementos de la interfaz que se pueden usar para decorar la **Vista**, para visualizar y editar variables del **Modelo**, y también para invocar acciones que manipulen el **Modelo** (acciones de control).

Dentro de este grupo se incluyen etiquetas, botones, deslizadores, campos de edición, etc. Estos elementos básicos no son contenedores (no albergan otros elementos), en cambio, serán hijos de los contenedores del primer grupo comentado con anterioridad.

3. **ELEMENTOS DE DIBUJO.**- estos elementos no son contenedores (no albergan otros elementos), en cambio, serán hijos de los contenedores del segundo grupo comentado con anterioridad. Permitirán crear gráficos animados que visualicen los estados del **Modelo**.

Dentro de este grupos se incluyen partículas, flechas, muelles, imágenes animadas, polígonos, campos de vectores, mapas de curvas de nivel, etc. Algunas de estas animaciones se podrán mostrar tanto bidimensional, como tridimensionalmente, de hecho la interfaz gráfica de la **Vista** en EJS distingue entre “elementos de dibujo 2D” y “elementos de dibujo en 3D”.

Una vez analizados los elementos y contenedores integrantes de la **Vista** de una simulación, diseñada en EJS, se puede concluir que, la creación de la **Vista** consiste en la generación de una estructura, o árbol, de elementos que sirva a los propósitos del programador (el profesor, en este caso). Este árbol debe incluir elementos que visualicen el estado del **Modelo**, elementos para la interacción del usuario con la simulación, y contenedores que alojen a todos los demás elementos.

6.2. Asociar variables con propiedades

Los elementos gráficos (los de la **Vista**) poseen determinadas propiedades que pueden modificarse para hacer que el elemento se comporte de una manera particular, según el interés del programador.

Una de las finalidades principales en las simulaciones de fenómenos físicos es la de visualizar dinámicamente el estado de los modelos diseñados, según el fenómeno; otro de los objetivos es dotar de la necesaria interactividad a las simulaciones creadas.

Lo que se busca es usar las variables del **Modelo** como valor para algunas de estas propiedades y como argumentos de las acciones de los elementos de la **Vista**. Se dice: “asociar o enlazar objetos del **Modelo** con propiedades de la **Vista**”. Esta asociación convertirá a la simulación en una aplicación dinámica e interactiva.

A través de métodos predefinidos de los componentes gráficos se crean estos enlaces en la programación estándar. Este proceso requiere profundos conocimientos técnicos del programador. Afortunadamente EJS simplifica este problema.

Los elementos gráficos que ofrece EJS son adecuados para el uso que se espera de ellos y permiten establecer las asociaciones requeridas mediante un sencillo proceso de edición de las propiedades de cada uno de los elementos, a través del denominado “Panel de propiedades” del elemento se indicará qué objeto del **Modelo** debe asociarse a qué propiedad del elemento de la **Vista**. Con esta información, EJS generará el código *Java* necesario para que, posteriormente, cuando se ejecute la simulación, la relación entre la **Vista** y el **Modelo** funcione correctamente.

Es muy importante tener en cuenta que esta asociación es un proceso de doble dirección y dinámico:

- dinámico.- la propiedad del elemento contendrá el valor de la variable del **Modelo** a la que ha sido asociada en cualquier instante de la ejecución de la simulación, por lo que, si la evolución del **Modelo** cambia este valor, el elemento de la **Vista** reflejará el cambio;

- doble dirección.- si una propiedad cambia como resultado de la interacción del usuario con la **Vista** (introduciendo un valor, moviendo un deslizador, ...), la variable del **Modelo** recibirá inmediatamente el nuevo valor resultante.

Ciertas propiedades (de acción) de los elementos permiten el control, por parte del usuario final, de la ejecución de la simulación usando variables y métodos del **Modelo**. Gracias a esto, cuando el usuario (el alumno, en este caso) pulsa un botón que ejecuta una acción se invoca automáticamente el código correspondiente, que afectará al **Modelo** en la forma que se deseaba.

6.3. Interfaz de la **Vista** en EJS

En el siguiente apartado se pretende mostrar como es la interfaz para la creación de un **Vista** de un simulación en EJS. Se comentarán y mostrarán las partes de este panel.

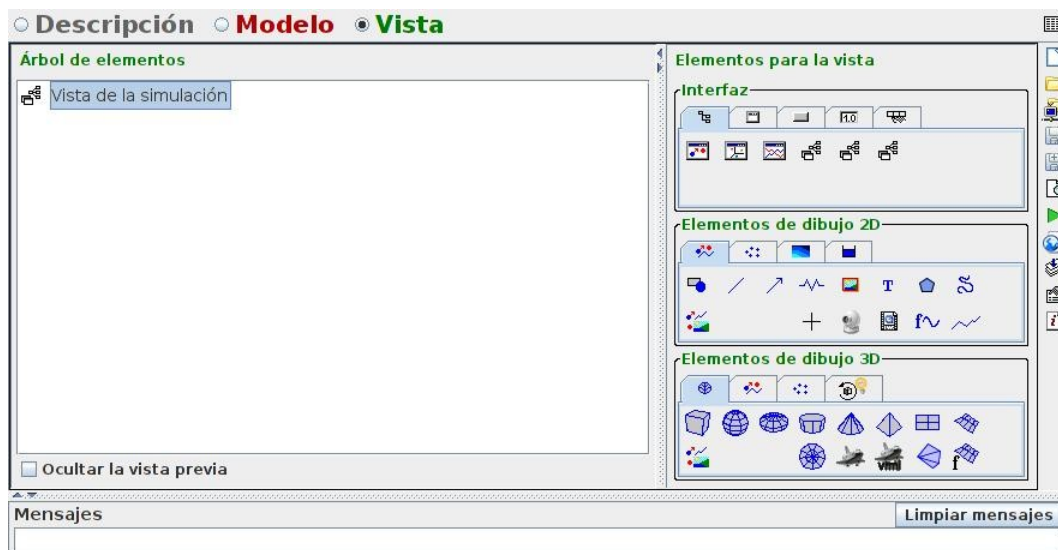


Figura 5.11.- Interfaz del panel de la **Vista** en EJS

El lado izquierdo del panel está ocupado por un subpanel que muestra el “**Árbol de elementos**” que forman la **Vista** y que inicialmente está vacío de objetos. La raíz del árbol jerárquico se denominada “**Vista de la simulación**” en el cual se irán añadiendo elementos a la **Vista**. La finalidad de este panel es ir mostrando los elementos elegidos reflejando la estructura en forma de árbol.

En el lado derecho del área de trabajo se muestra un subpanel denominado “**Elementos para la Vista**” que contiene a su vez tres secciones dispuestas en vertical. Cada una de las secciones contiene un conjunto de iconos que están agrupados siguiendo la clasificación expuestas en el apartado precedentes del capítulo (apartado 6.1). Cada uno de los iconos representa a cada uno los tipos de elementos que se pueden utilizar para crear la **Vista** mediante EJS.

La primera sección agrupa a contenedores y a elementos básicos bajo el nombre “Interfaz”. La segunda y la tercera sección engloba a elementos de dibujo bidimensionales y tridimensionales, respectivamente como “Elementos de dibujo 2D” y “Elementos de dibujo 3D”.

Para conocer el nombre así como una breve indicación de cada icono, se debe situar el ratón sobre cada uno de ellos y, sin pulsar, esperar un instante hasta que aparezca un pequeño rótulo con esta información.

6.3.1. Tipos de elementos de la **Vista**

El nombre de los elementos se crea a partir de palabras unidas y sin acentuar por motivos de compatibilidad con *Java*. Se muestran algunos de los principales elementos ofrecidos por EJS, según la clasificación de elementos comentada con anterioridad.

1. CONTENEDORES

Ventana: la característica principal es que saben como relacionarse con el entorno de ventanas del Sistema Operativo del usuario de la simulación. Destacar que cada **Vista** debe tener al menos un primer elemento de este tipo en el cual colocar otros elementos y que se denomina ventana principal.

VentanaDialogo: a diferencia de las anteriores, no pueden minimizarse. Pueden mantenerse visibles por encima de la ventana que le precede en el árbol de elementos, resultando muy útil en simulaciones con varias ventanas.

Panel: es el tipo de contenedor más básico, y es el primer candidato a utilizar para simplemente agrupar otros elementos. Se utilizan como hijos de contenedores tipo Ventana. Existen diversos tipo de Panel atendiendo a las necesidades de la simulación.

2. ELEMENTOS BÁSICOS

Boton: elemento en forma de botón, usado para invocar acciones. Existen diversos tipo de Boton atendiendo a las necesidades de la simulación, como Selector que permite seleccionar uno de dos estados posibles: verdadero o falso.

Lista: elemento en forma de lista desplegable que permite seleccionar una de las varias opciones ofertadas.

Deslizador: permite visualizar y modificar un valor numérico de manera gráfica dentro de un rango dado.

CampoNumerico: permite visualizar y modificar un valor numérico mediante teclado.

EJS ofrece otra serie de elementos básicos como: Etiqueta, CampoTexto, etc.

3. ELEMENTOS DE DIBUJO

Particula: dibuja un elemento interactivo (elipse o rectángulo) en una posición y con un tamaño, dados en sus propiedades.

Flecha: dibuja un elemento interactivo (flecha o segmento) en una posición y con un tamaño, dados en sus propiedades.

Muelle: dibuja un elemento interactivo (muelle) en una posición y con un tamaño, dados en sus propiedades.

Imagen: dibuja una imagen GIF (animada o no) interactiva en una posición y con un tamaño, dados en sus propiedades.

Existen además diversos elementos básicos de dibujo: Poligono, Superficie, Texto, etc.

A continuación se muestra el agrupamiento de todos los elementos (contenedores, básicos y de dibujo) que dispone EJS para crear la **Vista** de la simulación (figuras 5.12, 5.13, 5.14).

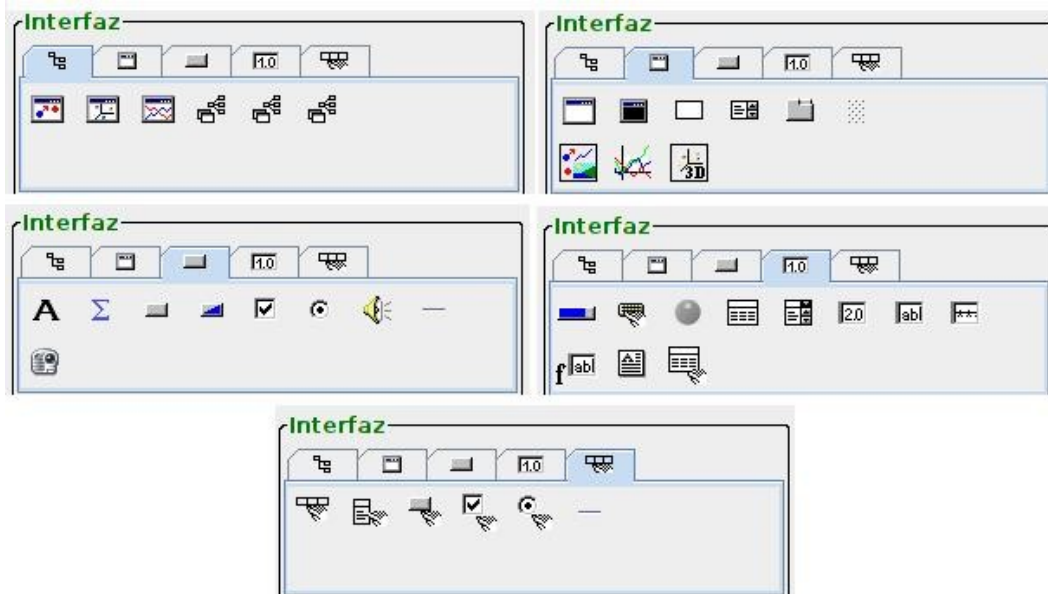


Figura 5.12.- Elementos disponibles en la sección denominada “Interfaz” en la **Vista** de la simulación

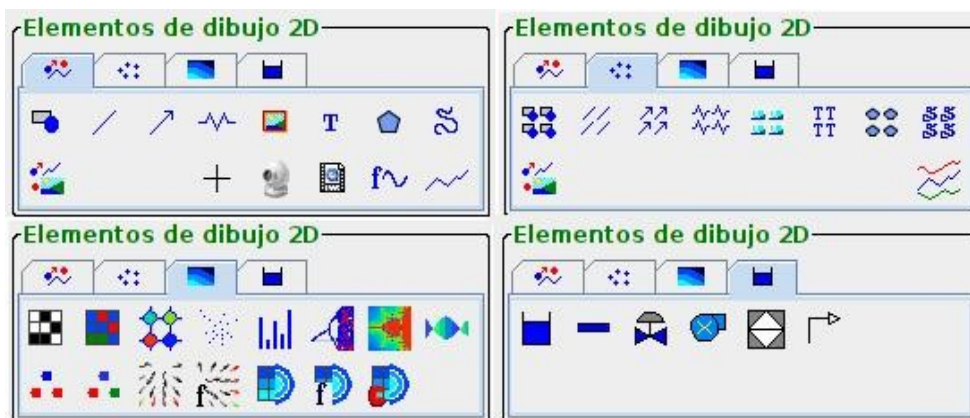


Figura 5.13.- Elementos de dibujo 2D en la **Vista** de EJS

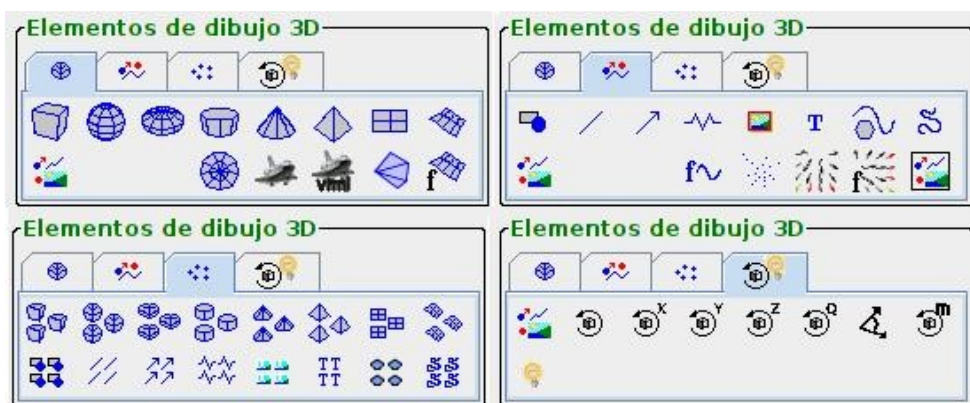


Figura 5.14.- Elementos de dibujo 3D en la **Vista** de EJS

6.3.2. Añadir elementos a la **Vista**

Para crear nuevos elementos de la **Vista**, a partir de los que dispone EJS, se ha de seguir los siguientes cuatro pasos:

1. Elección del tipo de elemento a crear.- resulta tan sencillo como hacer clic con el cursor puntero del ratón sobre el icono del tipo de elemento que se desea crear. De esta manera el icono se activará, por lo que su fondo cambiará de color.

Cuando se visualiza la **Vista** de la simulación el puntero del ratón puede ser: una flecha (cuando no se realiza acción ninguna), una mano (cuando se encuentra encima de un icono de un elemento), o bien una varita mágica (cuando un icono es seleccionado y el sistema espera el siguiente paso).

2. Elección del padre del nuevo elemento.- una vez seleccionado el icono habrá que decidir en que contenedor se albergará el nuevo elemento. Para ello, mientras, el puntero es una varita mágica, se hace clic en un elemento de tipo contenedor que previamente se haya creado con anterioridad y que se muestra en el “Árbol de elementos” (panel izquierdo).

Si el nuevo elemento creado (paso 1) es un contenedor tipo ventana no se precisa padre, por lo que se hará clic directamente sobre el nodo raíz del árbol (**Vista** de la simulación).

3. Elección del nombre del nuevo elemento.- cada elemento necesita un nombre por eso el sistema propone uno en función al tipo del elemento. Procurando seguir la convenciones tomadas para los nombres se dará un nombre representativo al nuevo elemento en la interfaz.
4. Elección de la posición del nuevo elemento.- esto es necesario solamente cuando el padre escogido utiliza la política de distribución de márgenes que se explicó en el apartado 6.1, donde las posibilidades son: arriba, abajo, izquierda, derecha y centro. Una vez escogida la deseada se acepta la elección.

Siguiendo estos pasos se incluye un nuevo elemento en la estructura de la **Vista**.

6.3.3. Modificando el árbol de elementos

Una vez creado el “Árbol de elementos” de la **Vista** (o mientras se está construyendo), se puede modificar la estructura del mismo, sobre todo si se quiere corregir cualquier error cometido o, quizás, para mejorar la configuración inicial incluyendo nuevas funcionalidades.

Cada elemento del árbol, añadido por el programador, posee un menú emergente que puede invocarse haciendo clic con el botón derecho del ratón sobre cada elemento. El menú puede diferir según el elemento en concreto que se seleccione. En la figura siguiente (figura 5.15) se muestra un ejemplo de menú emergente.

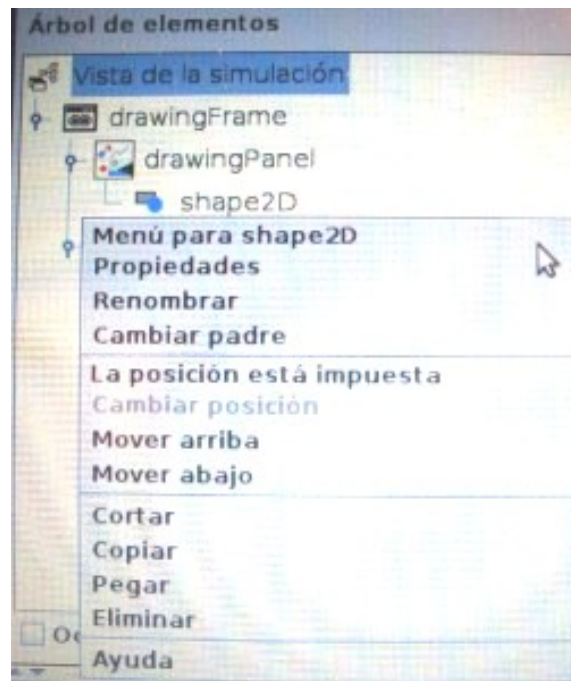


Figura 5.15.- Menú emergente de un elemento de la **Vista**

El menú emergente de un elemento de la **Vista** permite las siguientes acciones:

- Modificar las propiedades del elemento.
- Cambiar el nombre del elemento.
- Cambiar el padre del elemento.
- Cambiar la posición del elemento dentro de su padre.
- Copiar, cortar y pegar el elemento.
- Eliminar el elemento.

En el caso de que el elemento sea del tipo Ventana existe una opción que permite marcar la misma como “principal”. Esta característica es muy importante cuando la simulación se ejecuta dentro de una página HTML (como *applet*). Una de las ventanas de la **Vista** aparecerá dentro de la página *web*, mientras que el resto de ventanas aparecen de manera independiente. A esta ventana incrustada en la página se denomina “principal”. En caso de que a simulación se ejecute como una aplicación independiente, al cerrar la ventana marcada como “principal” se finaliza la simulación.

6.4. Editar las propiedades de los elementos en EJS

Los elementos creados para la **Vista** contienen una serie de propiedades con valores de serie, éstas determinan la apariencia y el comportamiento del elemento. Es posible modificar dichas propiedades usando los paneles de edición de propiedades de cada elemento. Para visualizar este panel de edición se debe seleccionar la primera de las opciones del menú emergente de cada elemento (apartado 6.3.3), denominada “Propiedades”.

Para modificar una propiedad se debe hacer clic en la casilla correspondiente y escribir el valor deseado para la propiedad. Se puede tener problemas a la hora de transcribir los valores deseados de las propiedades: debido al formato que se debe cumplir para alguna de éstas, y sobre todo si se trata de una propiedad de tipo técnico (color, distribución, tipo de fuente, por ejemplo), o mismamente si hay una serie de opciones posibles (por ejemplo, *true*, *false*). Es por esto que a la derecha de los campos de edición (caja blanca) de cada propiedad se dispone de un botón que ayuda a elegir el valor deseado correctamente. Dependiendo del tipo de propiedad el icono del botón y su funcionalidad cambiará.

A continuación del botón de edición comentado se dispone de otro. Como se comentó con anterioridad, las propiedades pueden también modificarse mediante su asociación con las variables del **Modelo** o, en el caso de propiedades de acción, mediante su configuración con sentencias *Java* que usan las variables y los métodos del mismo. En estas asociaciones está la esencia de la interactividad de una interfaz. Este botón facilita precisamente esta tarea, y dependiendo del tipo de propiedad el icono y su funcionalidad cambiará.

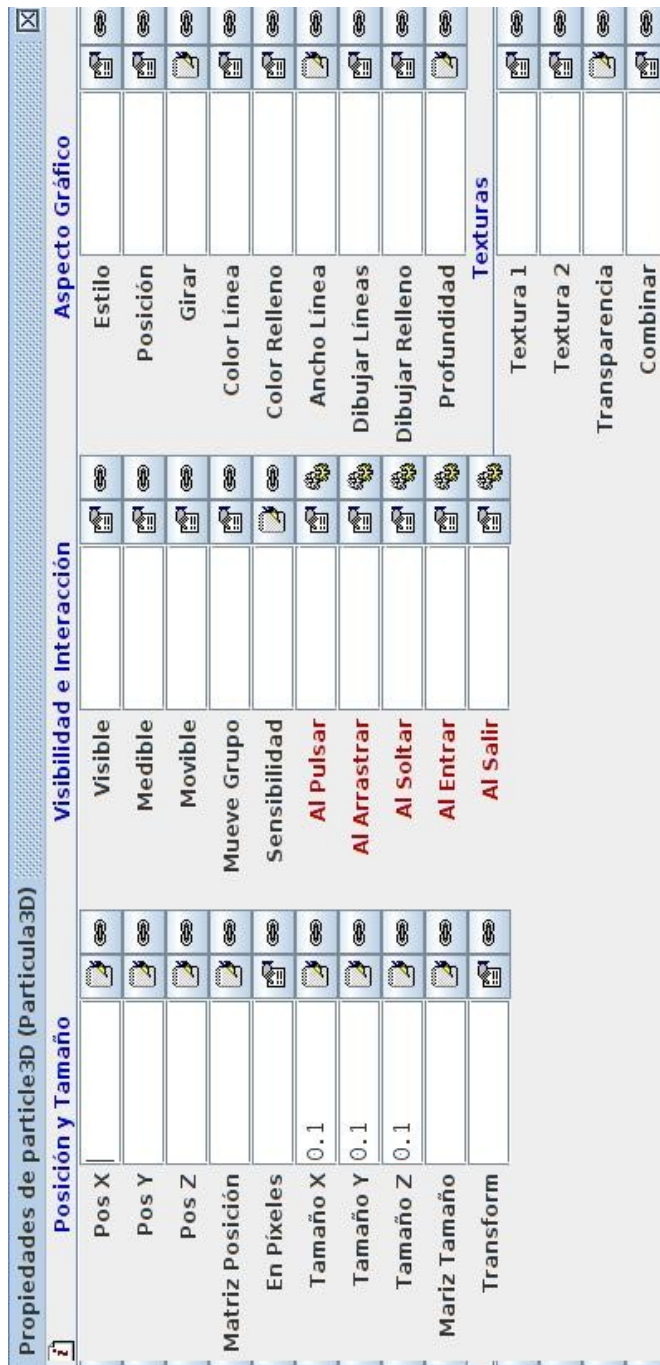


Figura 5.16.- Panel de propiedades del elemento Partícula3D

En la siguiente figura se puede apreciar los distintos iconos que pueden acompañar a cada una de las propiedades de un elemento de la **Vista**.



Figura 5.17.- Ejemplos de propiedades de diversa índole

Para poder comprender como trabaja el sistema (EJS) con cada tipo de propiedades lo más recomendable es utilizar los dos botones de ayuda comentados. Probando entre los valores permitidos, ya sean: constantes, funciones, booleanos, métodos *Java*, se conseguirán los resultados visuales buscados en la simulación.

6.5. Ejecución de la **Vista**

Una vez generado el código del Modelo, creados los elementos de la Vista, y establecido las asociaciones que se consideren necesarias entre un y otro, la simulación estará lista para ser generada. Con la información de estos pasos, EJS genera el código necesario para el correcto funcionamiento de la futura simulación. Es el momento de repasar y completar la **Descripción** de la simulación generada por EJS, parte de la simulación ya comentada en apartados precedentes.

El software EJS sigue una serie de pasos a la hora de ejecutar una simulación:

PASO 1: se crean las variables, según el panel "**Variab**les", y se fijan sus valores de acuerdo con lo establecido en la "**Inicialización**" del **Modelo**.

PASO 2: se evalúan las "**Relaciones fijas**", ya que los valores de algunas variables pueden depender de los valores iniciales de otras variables.

PASO 3: se crea y se muestra en la pantalla la **Vista** de la simulación, para ello se utilizan todas las asociaciones que se hayan establecido para instruir a los

elementos de la **Vista** sobre cómo visualizar correctamente el estado del **Modelo**, así como para que respondan de manera adecuada a la interacción del usuario final de la simulación.

En este momento, el **Modelo** se encuentra en su estado inicial, la **Vista** refleja dicho estado, y la simulación esta a la espera de...

OPCIÓN A - se dé un paso de la “**Evolución**”,

OPCIÓN B – que el usuario interactúe con ella.

PASO 4 (CONTINUANDO OPCIÓN A): se evalúan las ecuaciones de “**Evolución**” e inmediatamente después, las “**Relaciones fijas**”, alcanzando un nuevo estado del **Modelo** en un nuevo instante de tiempo. La **Vista** es actualizada en este momento a través de los enlaces con el **Modelo**.

PASO 5 (CONTINUANDO OPCIÓN B): la acción del usuario se evalúa inmediatamente después las “**Relaciones fijas**”, obteniendo un nuevo estado del **Modelo** en el mismo instante de tiempo y se actualiza la **Vista** usando los enlaces con el **Modelo**. La interacción del usuario puede acontecer cuando éste cambia una propiedad de la **Vista** asociada con una variable del **Modelo**, por lo que es modificada en consecuencia, o al invocar una acción se ejecuta el código correspondiente de la misma.

7. Ejecutando la simulación

Una vez creado el **Modelo**, la **Vista** y presentada un **Descripción** del fenómeno estudiado en la simulación, el último paso es compilar la simulación, lo que generará una serie de archivos que permitirán distribuir la simulación a otros usuarios, en este caso los alumnos.

Cuando se opta por finalizar la programación de la simulación el sistema EJS genera un código *Java* con toda la información contenida en cada una de las partes analizadas de la simulación: **Descripción**, **Modelo** y **Vista**. En un siguiente paso, este código se compila según la opción escogida, como se verá a continuación, y se crearán un serie de ficheros, según dicha elección, que contenga la simulación en sí y que permitan su ejecución y por tanto su visualización e interacción.

Las simulaciones creadas con *Easy Java Simulations* pueden ejecutarse de tres modos diferentes. El primero es usando el propio EJS (un archivo *xml* o *js*). El segundo modo consiste en ejecutar la simulación en forma de *applet*, incrustada en una página *web* (un

archivo *html*) necesitando un navegador *web* para la ejecución. Y el tercer modo consiste en ejecutar la simulación como una aplicación *Java* independiente (un archivo *jar*).

7.1. Ejecución de la simulación por parte del programador

EJS permite ejecutar la simulación en su consola principal mientras se está preparando, por lo que no es necesario esperar a acabar completamente todo el proceso de creación para probar los resultados visuales. Esto se hace en un botón en forma de triángulo verde que se encuentra en la parte derecha de la ventana principal de EJS.

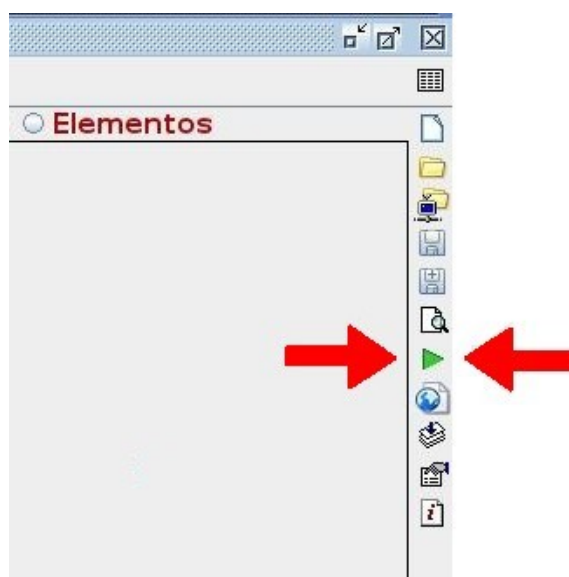


Figura 5.18.- Inicializar la simulación

Una vez presionado el botón la parte inferior de la ventana principal de EJS se mostrará toda la información relativa a los pasos de compilación de la simulación, indicando en cada caso la posibilidad e existencia de errores en cada uno de los pasos que sigue el programa.

Por ejemplo, si no se encuentran errores:

```
Archivo leído correctamente: ForzaLorentz_4.1.xml
Archivo grabado correctamente : ForzaLorentz_4.1.xml
Generando el archivo de la simulación ForzaLorentz_4.1...
Compilación terminada con éxito
¡Felicidades! La simulación se generó correctamente.
Intentando ejecutar la simulación ForzaLorentz_4.1...
```

O en el caso de que sí los halla:

```
Generando el archivo de la simulación ForzaLorentz_4.1...
/output/ForzaLorentz_4_1_pkg/ForzaLorentz_4_1.java:331: cannot find
symbol
symbol : variable t
location: class ForzaLorentz_4_1_pkg.ForzaLorentz_4_1
    t = 0.0; // > Inicialización.Inicializacion:3
    ^
/output/ForzaLorentz_4_1_pkg/ForzaLorentz_4_1.java:353: cannot find
symbol
symbol : variable t
location: class ForzaLorentz_4_1_pkg.ForzaLorentz_4_1
    x = -r + r*Math.cos(omega*t); // > Evolución.Evolucion del
movimiento:2
    ^
/output/ForzaLorentz_4_1_pkg/ForzaLorentz_4_1.java:354: cannot find
symbol
symbol : variable t
location: class ForzaLorentz_4_1_pkg.ForzaLorentz_4_1
    y = 0.0 + r*Math.sin(omega*t); // > Evolución.Evolucion del
movimiento:3

3 errors
!La compilación generó un error!
```

En tal caso, los errores pueden ser por fallos en el **Modelo** a la hora de programar el lenguaje *Java*, o bien en la **Vista** debido a incorrecciones en las propiedades de los elementos (formato, valores imposibles, etc.).

Otra de las fuentes de error más comunes es disponer en la computadora una versión demasiado antigua del JRE de *Java*, este problema se soluciona conectándose a la *web* de *Sun Microsystems* y descargando e instalando este software gratuito.

La opción de ejecución de la simulación mediante la consola de EJS presenta una importante ventaja pedagógica: el usuario puede ver cómo se ha creado la simulación, aprendiendo del conocimiento que se ha puesto en la misma. Lo que presenta un gran valor añadido. El principal inconveniente es que el usuario debe tener instalado EJS en su computador y debe saber cómo utilizarlo, al menos de manera básica.

7.2. Ejecución de la simulación por parte de un usuario final

En el caso de que las simulaciones sean diseñadas con el fin de mostrar e interactuar con fenómenos de diversa índole, sin atender a como se han programado, el rol del usuario de la simulación cambia por completo. El usuario final pasa a ser un espectador de la simulación en la cual podrá interactuar modificando los parámetros de la misma pero no el diseño de su **Modelo y Vista**.

En estos casos es interesante distribuir las simulaciones en formatos los más universales posibles para que los alumnos, como usuarios, puedan trabajar con las mismas sin problemas logísticos y conceptuales de envergadura. En ninguno de los casos que se mostrará a continuación será necesario instalar el software EJS, por lo que tampoco es necesario saber utilizarlo.

A tal efecto EJS dispone de dos opciones de posibilidad de ejecución de una simulación: a través de un *applet* incrustado en una página *web* HTML, o bien por medio de un archivo independiente tipo *jar*.

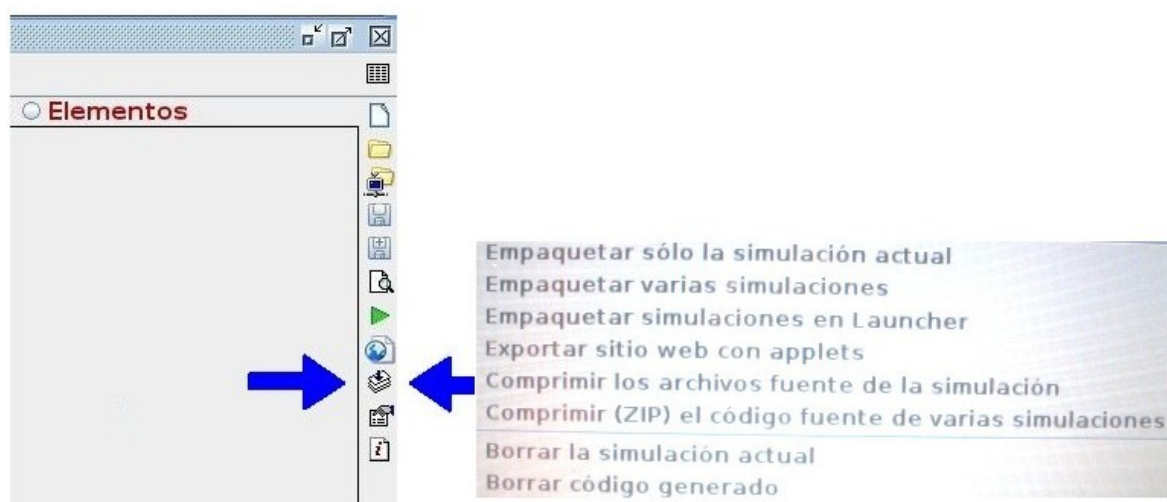


Figura 5.19.- Opción de exportar o empaquetar una simulación

7.2.1. A través de un *applet*

Un *applet* de *Java* es un tipo especial de aplicación que ha sido diseñada para ser ejecutada en un navegador *web*. El navegador carga un fichero HTML (*Hypertext Markup Language*), que indica al mismo que debe ejecutar el *applet* requerido dentro de su propia ventana. El fichero HTML y el *applet* correspondiente pueden encontrarse en un disco local o en una localización de Internet, y ser proporcionado a través de la red por un servidor *web*.

Una de las ventajas principales de esta opción de distribución de la simulación es que el fichero HTML de carga del *applet*, creado por EJS, puede ser modificado en cualquier instante, para así poder completar lo escrito en la **Descripción** de la simulación, del modo deseado. Un valor añadido es la posibilidad de incluir controles *JavaScript* (sencillo lenguaje de comandos) en dicha página *web* [10].

Para exportar la simulación de EJS a un elemento de *applet* se debe elegir, la ventana principal de EJS: “Exportar sitio *web* con *applets*”, y se generarán los archivos necesarios para crear la página *web* (ver figura 5.19).

Para su correcto funcionamiento, la computadora que se utilice para navegar en la página *web* de la simulación debe tener instalado la JRE, de *Sun Microsystems*, del sistema operativo en cuestión, así como el *plugin* de *Java* del navegador *web* usado para tal fin: *Mozilla FireFox*, *Microsoft Internet Explorer*, *Opera*, *Google Chrome*, etc. Todos ellos suelen traer instalado por defecto dicho *plugin*.

7.2.2. A través de un archivo **jar**

La tercera forma de ejecución, como aplicación *Java* independiente, también resulta posible sin necesidad de instalar EJS.

Esta opción es interesante cuando se precisa que una simulación que grabe datos en el disco duro, opción disponible en EJS independiente del modo en que se estén ejecutando. Por razones de seguridad incluidas en los navegadores *web*, sólo es posible esta opción ejecutando la simulación desde el propio EJS o como aplicación independiente.

En este caso, cuando en la ventana principal de EJS se escoge: “Empaquetar solo la simulación actual” el sistema generará un archivo tipo **jar**, con el nombre elegido, de la simulación en uso (ver figura 5.19). Cabe destacar que existe la posibilidad de empaquetar varias simulaciones en único archivo en “Empaquetar varias simulaciones”. Además hay otra alternativa, “Empaquetar simulaciones en *Launcher*”, dentro de esta opción de ejecución se genera un fichero ejecutable **jar** que incluye un pequeño navegador con las simulaciones empaquetadas y que funciona como lanzador de las mismas, denominado *Launcher*. De esta manera se crea un entorno gráfico que sirve como introducción a las simulaciones.

Es muy importante recordar que para poder ejecutar ficheros tipo **jar**, la computadora donde se ejecute la simulación debe tener instalado la JRE, de *Sun Microsystems*, del sistema operativo en cuestión. En los equipos más actuales suele venir instalado por defecto.

8. Bibliografía

- [1] Bork, A. "Learning with computers". Digital Press Bedford Mass, **1981**.
- [2] Gould, H.; Tobochnik, J.; Christian, W. "An Introduction to Computer Simulation Methods". Boston. Addison Wesley, **2006**.
- [3] Esquembre, F. "Computers in Physics Education". Computers Physics Communication 147, 13 – 18 . **2002**.
- [4] Esquembre, F. "Creación de Simulaciones Interactivas en Java. Aplicación a la Enseñanza de la Física". Madrid. Prentice-Hall, **2005**.
- [5] Open Source Physics. <http://www.opensourcephysics.org/>. Acceso Marzo 2012.
- [6] Christian, W.; Esquembre, F., Barbato, "Open Source Physics". Science Magazine 334 (6059), 1077 – 1078. **2011**.
- [7] Christian, W.; Esquembre, F. "Modeling Physics with Easy Java Simulations". The Physics Teacher 45 (8), 475 – 480. **2007**.
- [8] Wiki page for Easy Java Simulation. <http://www.um.es/fem/EjsWiki/>. Acceso Marzo 2012.
- [9] EJS in the comPADRE digital library.
<http://www.compadre.org/osp/search/categories.cfm?t=Overview>. Acceso Abril 2012.
- [10] EJS – JavaScript Templates. <http://embeddedjs.com/> . Acceso Abril 2012.

**VI. Caracterización de las Prácticas de Laboratorio (PL)
propuestas**

- 1. Introducción**
- 2. Fuerza de LORENTZ sobre partícula cargada (PV)**
- 3. Rotación de masas fluidas (PV)**
- 4. Ciclo de CARNOT (PV)**
- 5. Móvil en un plano inclinado (PV)**
- 6. Medidas Directas e Indirectas (PR)**
- 7. Medidas Eléctricas Básicas (PR)**
- 8. Bibliografía**

VI. Caracterización de las Prácticas de Laboratorio (PL) propuestas

1. Introducción

En la introducción de esta memoria se ha planteado la motivación de este trabajo de investigación: la necesidad de crear mecanismos / herramientas, a través de la mejora de las Prácticas de Laboratorio, que permitan enriquecer los conocimientos respecto a algunos fenómenos físicos donde los alumnos tuviesen malas puntuaciones y, de esta manera, mejorar los resultados de las cuestiones referidas a dichos fenómenos en las pruebas de calificación de las materias de Física. El objetivo pues ha sido conseguir que los alumnos acrecienten sus resultados académicos en las preguntas sobre la temática referida.

Como se acaba de comentar una de los estímulos más importantes del presente trabajo es la mejora del proceso de enseñanza – aprendizaje que tiene lugar durante el año académico en las materias que el profesor, implicado en esta Tesis, imparte en la E.T.S de Enxeñaría de Camiños, Canais e Portos de la Universidade da Coruña (UDC). En este caso las materias analizadas fueron:

- “Física Aplicada”, asignatura anual del primer curso de la ya extinta Titulación de Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos de la UDC, de siglas FA_CAM.
- “Física”, asignatura cuatrimestral del primer curso del actual Grado en Ingeniería de Obras Públicas de la UDC, de siglas F_IOP.
- “Ampliación de Física”, asignatura cuatrimestral del primer curso del actual Grado en Ingeniería de Obras Públicas de la UDC, de siglas AF_IOP.
- “Física Aplicada 1”, asignatura cuatrimestral del primer curso del actual Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil de la UDC, de siglas FA1_TECIC.
- “Física Aplicada 2”, asignatura cuatrimestral del primer curso del actual Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil de la UDC, de siglas FA2_TECIC.

Todas estas materias tienen en su currículo una serie de horas reservadas a las prácticas de laboratorio que se llevan a cabo en el Laboratorio de Física Aplicada de la Escuela de Ingeniería de Caminos [1] [2]. El temario de las mismas es relativamente similar, con la salvedad de que cada una dispone de un número de horas distintas a la semana con lo que el contenido trabajado difiere sensiblemente:

- “Física” se asemeja a “Física Aplicada 1”, que a su vez se corresponde con una parte del temario de la extinta “Física Aplicada”.
- “Ampliación de Física” se asemeja a “Física Aplicada 2”, que a su vez se corresponde con la parte restante del temario de la extinta “Física Aplicada”.

Las prácticas llevadas a cabo los últimos años en cada grupo de materias es de naturaleza similar, por lo que cualquier cambio de mejora en las Prácticas del Laboratorio, denominadas en adelante PL, deberían afectar en positivo a las asignaturas mencionadas.

La primera medida de mejora llevada a cabo ha sido la de renovar las Prácticas Reales (PR) clásicas, disponibles a través de distribuidores varios, de tal manera que aprovechando el diverso material a disposición del Laboratorio (instrumentos, aparatos de medición, piezas de materiales diversos, prácticas obsoletas, etc) y completando el mismo adquiriendo, en tienda o vía Internet, elementos nuevos se procedió a diseñar nuevos bancos de Laboratorio.

La principal ventaja y motivación para llevar a cabo esta renovación fue la de permitir trabajar una serie de conceptos como las cifras significativas, el uso de los Sistemas de Unidades, los tipos de medidas, el cálculo de errores, el funcionamiento de fuentes de alimentación, el uso del multímetro, y otros aspectos de diversa índole que ninguna de las PR de las que se disponían abarcaban con suficiencia. A esto hay que vincular el presupuesto del Laboratorio que solo permite mantener las PL ya existentes, lo que supone esperar varios cursos para poder comprar alguna nueva práctica “completa”, con un número suficiente de unidades para cubrir las necesidades de los alumnos.

Las nuevas PR que se decidieron “montar” fueron dos:

- **MEDIDAS DIRECTAS E INDIRECTAS:** se pretende familiarizar al alumno con el análisis de errores de medidas directas e indirectas. Para esto, se usan distintos aparatos y técnicas como un calibre, un micrómetro y una balanza. Además se pretende que el alumno aprenda a trabajar con los distintos Sistemas de Unidades disponibles.
- **MEDIDAS ELÉCTRICAS BÁSICAS:** los objetivos fundamentales de la siguiente práctica, también original, es la de familiarizar al alumno con las magnitudes eléctricas fundamentales como son la intensidad de corriente (I), la tensión (V), la resistencia (R) y la potencia eléctrica; conocer los elementos electrónicos básicos; familiarizarse con el uso del polímetro; y comprobar de forma experimental la ley de OHM en Corriente Continua (CC).

La segunda medida tomada ha sido la paulatina introducción de Prácticas Virtuales (PV) por medio de una serie de simulaciones interactivas que se ejecutarán en ordenador. La respuesta fue del todo positiva como se analizará más adelante. Parte del software utilizado es de carácter comercial, desarrollado en la Universidad de las Illes Balears, y permite la realización de siete prácticas distintas que engloban en gran medida distintos temas asociados al estudio de la Física Básica en cualquier estudio universitario tanto a nivel de Ciencias, como Tecnológico y de Ingeniería [3].

Este procedimiento presenta la ventaja de permitir el estudio de distintos fenómenos físicos de diversa índole en un formato sencillo e intuitivo, que anteriormente requerían material excesivamente caro para los presupuestos anuales del Laboratorio de Física Aplicada de la Escuela.

Teniendo en cuenta que el uso de estas animaciones facilitó y mejoró, como se verá más adelante, la comprensión y análisis de distintos fenómenos de la Física, se procuró ir un poco más allá y se propuso desarrollar animaciones, argumentándose en los buenos resultados de las PV comerciales, específicas para las materias mencionadas con anterioridad. De esta manera, no sería necesario “buscar” animaciones cuyas características se ajusten a los conceptos que el profesor quiere conseguir transmitir para ciertos fenómenos físicos considerados de vital importancia según el currículo de las distintas asignaturas.

En este caso, y como primera piedra de toque los fenómenos que se “eligieron” fueron cuatro:

- **PLANO INCLINADO:** simulación que mostrará la cinemática y dinámica del movimiento de un objeto situado en un plano con inclinación variable en función de la existencia de rozamiento entre el propio objeto y el suelo.
- **FUERZA DE LORENTZ:** se estudiará el efecto producido en cargas puntuales cuando se mueven a una cierta velocidad en el seno de un campo magnético uniforme.
- **ROTACIÓN DE MASA FLUIDAS:** se analizará la forma de la superficie libre de un fluido contenido en un recipiente cilíndrico que es sometido a un rotación, cuyo eje de giro coincide con el de simetría del propio recipiente cilíndrico.
- **CICLO DE CARNOT:** en este caso, se comprobará los estados referencia del ciclo teórico de CARNOT en una máquina térmica de un cilindro de un motor teórico.

La programación de las animaciones fue llevada a cabo por medio del software de código libre *Easy Java Simulations* (denominado EJS) [4]. De sus características, metodología y la motivación de la elección del mismo ya se comentó extensamente en capítulos anteriores.

A continuación, se documentarán las prácticas propuestas: la base teórica del hecho (¿qué tiene que saber el alumno?) fundamentada en la extensa bibliografía disponible sobre cursos de Física [5 – 12], y la parte experimental del mismo [4] [13]. Además, en el caso de las PV se documentará totalmente los pasos seguidos para la implementación y programación de cada una de las experiencias. En capítulos posteriores se analizarán los resultados obtenidos a la hora de implementar las mejoras en las Prácticas de Laboratorio.

2. Fuerza de LORENTZ sobre partícula cargada (PV)

2.1. Base teórica

Uno de los fenómenos más importantes a la hora de estudiar el campo magnético es el análisis de la fuerza magnética, ya que es a través de las fuerzas asociadas a los distintos campos como se pueden “observar”, o mejor dicho apreciar, los mismos.

Los efectos del campo magnético se pueden estudiar de una manera relativamente sencilla cuando se dispone de una partícula con cierta carga, considerada puntual, que se desplaza en el espacio con una cierta velocidad inicial. En el momento que ésta “entra” en una zona del espacio donde hay un cierto campo magnético preexistente puede verse sometida a una fuerza de origen eléctrico y magnético que dependa tanto de la carga, la velocidad y el campo magnético existente [12].

Se denomina **fuerza de LORENTZ** a la fuerza a la que está sometida la partícula móvil cuando lleva una velocidad determinada en el seno de un campo magnético. Su magnitud depende tanto del valor de la carga q (que puede ser positiva o negativa), el vector velocidad con la que se desplaza la partícula \mathbf{v} , y el vector campo magnético existente en dicha zona del espacio \mathbf{B} .

$$\underline{\vec{F}^m = q \cdot \vec{v} \times \vec{B}} \quad \left[\begin{array}{l} \text{SI} \quad [F]_{\text{SI}} = N \\ \text{CGS} \quad [F]_{\text{CGS}} = \text{dyn} \end{array} \right.$$

Tal cual indica la fórmula, para que la fuerza de LORENTZ actúe sobre la partícula debe estar cargada (q) y además debe estar en movimiento (v).

La trayectoria con la que se mueve la partícula ha de ser consecuente con la fuerza a la que está siendo sometida en cada instante, por lo que en cada situación habrá que evaluar el producto vectorial entre la velocidad instantánea y el campo inducción, sin olvidarse de que el hecho de que la carga de la partícula sea negativa cambiará el sentido al vector resultado de dicho producto.

Por ejemplo, para una carga positiva:

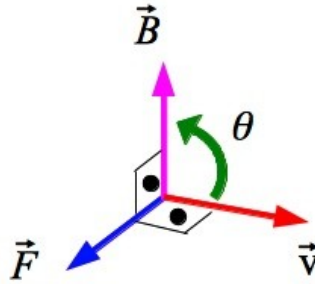


Figura 6.001.- Fuerza de LORENTZ. Producto vectorial

2.1.1. Movimiento Circular

Si el vector velocidad forma un ángulo de 90° con el vector campo magnético, la partícula se moverá según un Movimiento Circular Uniforme (MCU) de radio determinado por el valor de la fuerza de LORENTZ.

Supóngase una zona del espacio con un campo magnético uniforme (\mathbf{B}), en este caso vertical. En su seno se coloca una partícula cargada positivamente (q) que se mueve en este caso hacia la derecha según una trayectoria recta:

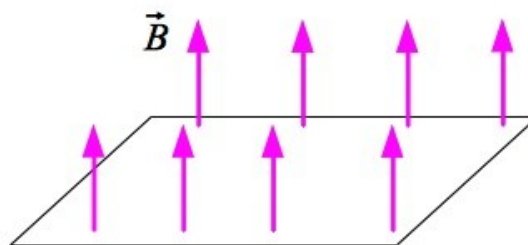


Figura 6.002.- MCU. Campo B

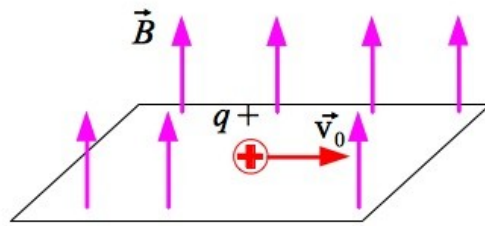


Figura 6.003.- MCU. Velocidad inicial

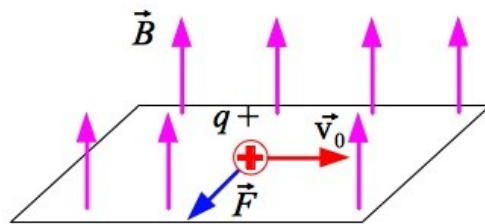


Figura 6.004.- MCU. Fuerza sobre carga

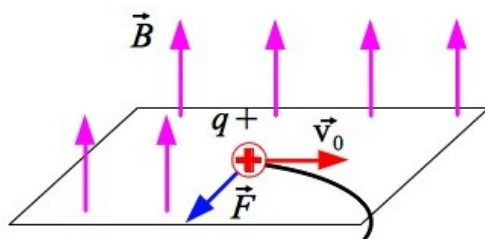


Figura 6.005.- MCU. Trayectoria inicial

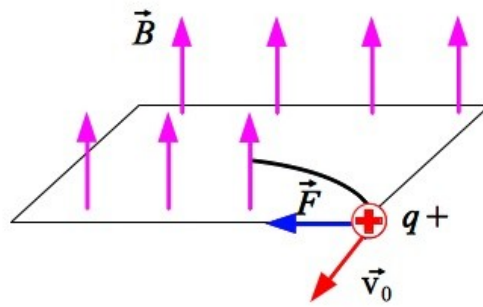


Figura 6.006.- MCU. Trayectoria curva

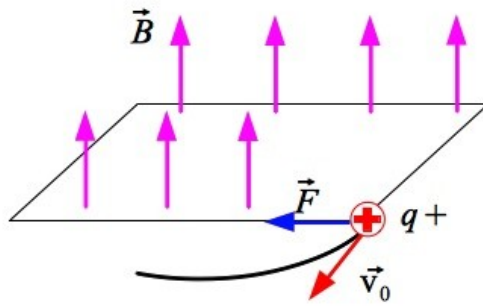


Figura 6.007.- MCU. Trayectoria curva

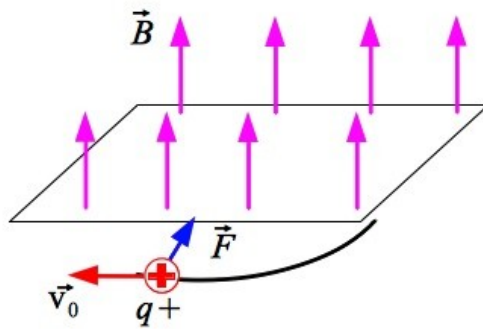


Figura 6.008.- MCU. Trayectoria curva

Consecuentemente, las fuerzas en cada instante se dirigen hacia un mismo punto (fuerza central) que implica que el movimiento de la partícula, en este caso, es circular en el sentido de las agujas del reloj.

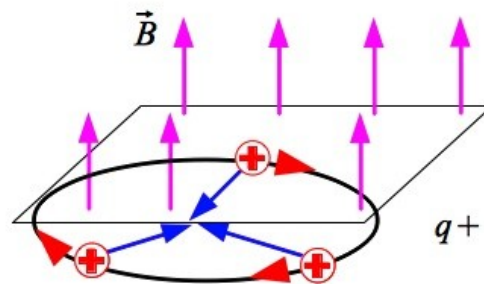


Figura 6.009.- MCU. Trayectoria circular

El giro del Movimiento Circular dependerá del producto vectorial del campo \mathbf{B} con la velocidad \mathbf{v} , además del signo de la carga q . Por ejemplo, para campo \mathbf{B} entrante o saliente al papel y una carga positiva:

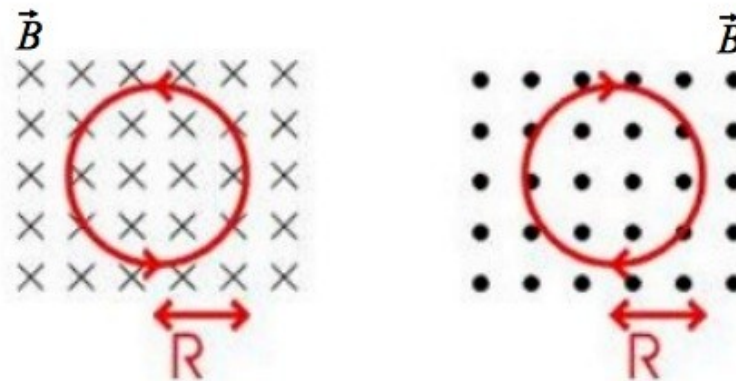


Figura 6.010.- MCU. Sentido de giro

Para calcular el valor del radio de curvatura del Movimiento Circular de la partícula cargada, primero se muestra como la fuerza magnética, al ser siempre perpendicular a la trayectoria, no efectúa ningún trabajo y, por lo tanto, la partícula no sufre variación de energía (cinética y potencial) lo que implica que el movimiento es uniforme en velocidad:

$$\vec{F} = q \cdot \vec{v} \times \vec{B} \quad \vec{F} \perp \vec{v} \quad \rightarrow \quad W = \int \vec{F} \cdot d\vec{r} = 0$$

$$W = 0 \Rightarrow \Delta E = 0 \rightarrow v = cte = v_0$$

$$\rightarrow F = qvB = cte = qv_0B \Rightarrow a = cte$$

$$\vec{a} = \frac{dv}{dt} \cdot \hat{t} + \frac{v_0^2}{\rho} \hat{n} = \frac{v_0^2}{\rho} \hat{n} = \frac{\vec{F}}{m} \Rightarrow \frac{v_0^2}{\rho} = \frac{qv_0B}{m}$$

Por lo tanto, el radio de curvatura del movimiento de la partícula queda en función de la relación masa – carga de la partícula, de la velocidad de la misma y del campo magnético existente:

$$\rho = \frac{mv}{qB} = cte = \frac{mv_0}{qB} \Rightarrow \rho = R = \frac{m}{q} \cdot \frac{v_0}{B}$$

2.1.2. Movimiento Helicoidal

Si el vector velocidad forma un ángulo diferente a 90° con el vector campo magnético, la partícula se moverá según un Movimiento Helicoidal Uniforme (MHU) de radio determinado por el valor de la fuerza de LORENTZ y de "ascenso" o "descenso" según el valor del ángulo.

Supóngase una zona del espacio con un campo magnético uniforme (\mathbf{B}), en este caso vertical. En su seno se coloca una partícula cargada positivamente (q) que se mueve, en este caso, hacia la derecha según una trayectoria recta con cierta inclinación sobre el plano perpendicular al campo \mathbf{B} :

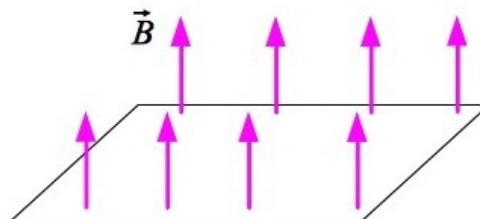


Figura 6.011.- MHU. Campo B

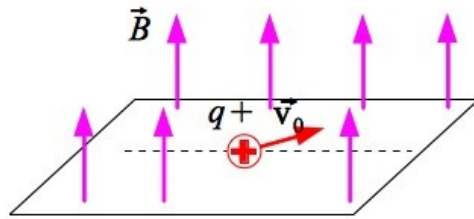


Figura 6.012.- MHU. Velocidad inicial

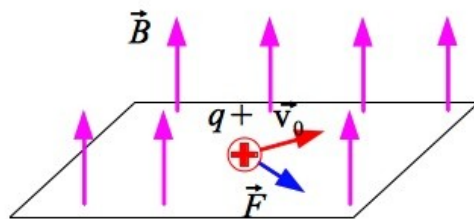


Figura 6.013.- MHU. Fuerza sobre carga

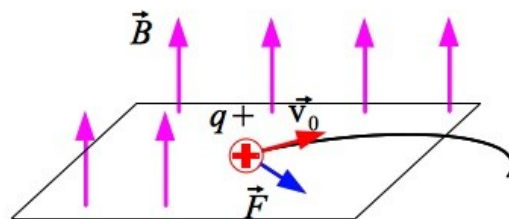


Figura 6.014.- MHU. Trayectoria inicial

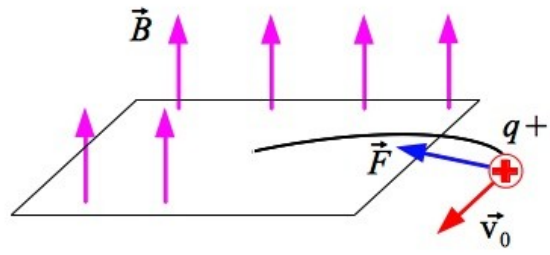


Figura 6.015.- MHU. Trayectoria curva

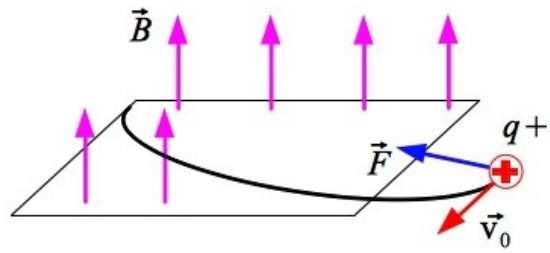


Figura 6.016.- MHU. Trayectoria curva

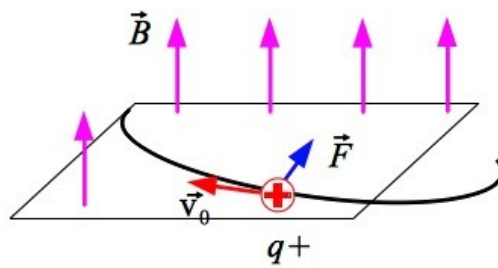


Figura 6.017.- MHU. Trayectoria curva

En definitiva, las fuerzas en cada instante se dirigen hacia un mismo eje que implica que el movimiento de la partícula, en este ejemplo, es helicoidal en el sentido de las agujas del reloj y en ascensión:

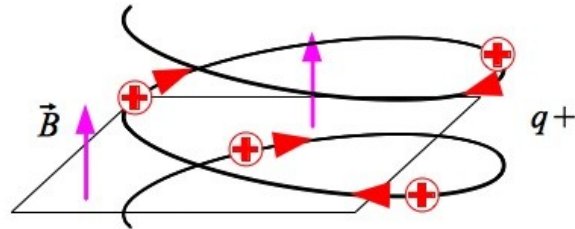


Figura 6.018.- MHU. Trayectoria de ascenso helicoidal, carga positiva

El avance del Movimiento Helicoidal dependerá del ángulo entre el plano perpendicular al campo \mathbf{B} y la velocidad de la partícula \mathbf{v} . El giro del Movimiento Helicoidal dependerá del producto vectorial del campo \mathbf{B} con la componente de la velocidad perpendicular al campo \mathbf{B} , además del signo de la carga q . Por ejemplo, para un campo \mathbf{B} vertical y una carga negativa $q < 0$:

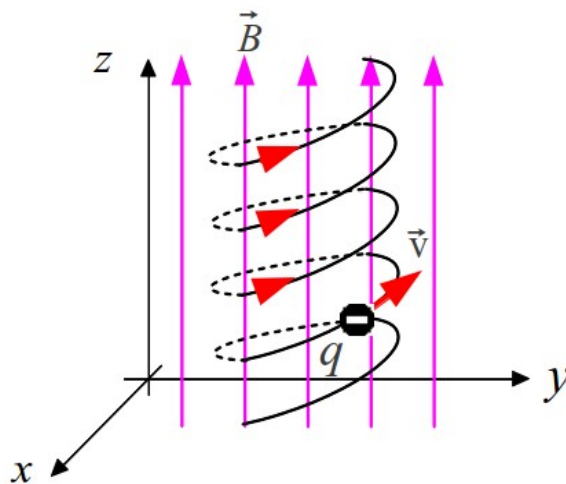


Figura 6.019.- MHU. Trayectoria de ascenso helicoidal, carga negativa.

2.1.3. Movimiento Rectilíneo

Si el vector velocidad forma un ángulo de 0° o 180° con el vector campo magnético, la partícula se moverá según un Movimiento Rectilíneo Uniforme (MRU) debido a que el valor de la fuerza de LORENTZ es nulo.

Supóngase una zona del espacio con un campo magnético uniforme (\vec{B}), en este caso vertical. En su seno se coloca una partícula cargada positivamente (q) que se mueve, en este caso, hacia arriba según una trayectoria recta según el sentido de avance del campo \vec{B} :

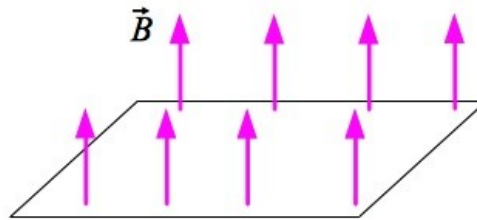


Figura 6.020.- MRU. Campo B

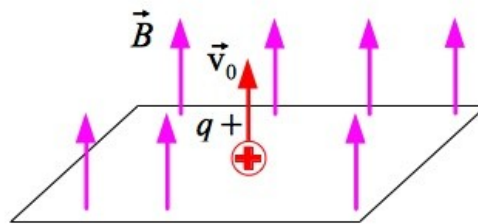


Figura 6.021.- MRU. Velocidad inicial

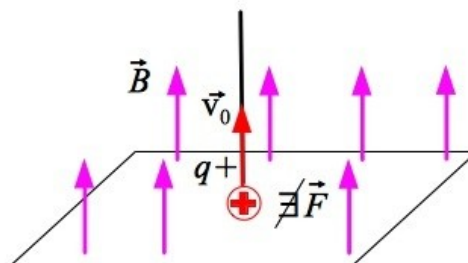


Figura 6.022.- MRU. No existe fuerza sobre carga

En ausencia de fuerzas la partícula continua la trayectoria iniciada por la velocidad inicial, es decir, una línea recta:

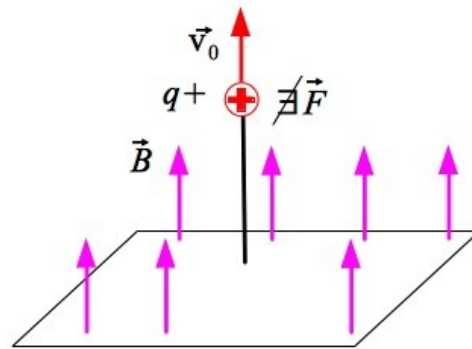


Figura 6.023.- MRU. Trayectoria rectilínea

El avance del Movimiento Rectilíneo dependerá del ángulo entre el campo \mathbf{B} y la velocidad de la partícula \mathbf{v} .

2.2. Documentación de la programación

La finalidad de la simulación es observar el movimiento que sufre una partícula puntual cargada eléctricamente q cuando entra con una velocidad v en una zona del espacio donde existe un cierto campo magnético uniforme B .

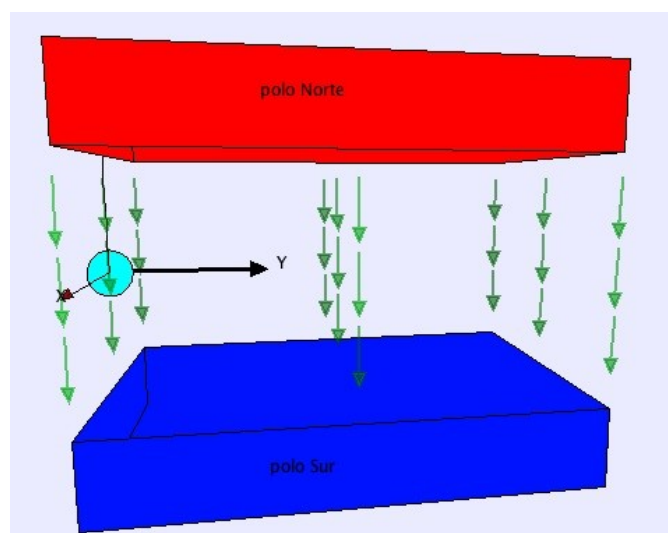


Figura 6.024.- PV LORENTZ. Simulación

A la hora de desarrollar simulaciones dinámicas interactivas con EJS se debe estructurar el trabajo en tres partes relacionadas: **Descripción**; **Modelo**; **Vista**.

- **Descripción o Introducción.**- en esta parte se incluyó una explicación del objetivo de la simulación, en este caso la fuerza de LORENTZ. Se pasó a enunciar la base teórica desarrollada en el apartado 2.1 de este capítulo, además se indica una serie de instrucciones de uso para el alumno. El software muestra un sencillo editor de HTML, en el que se incluye un título de la página, lo que permitirá exportar el contenido de una manera sencilla, por ejemplo, a una página *web*. En este caso:

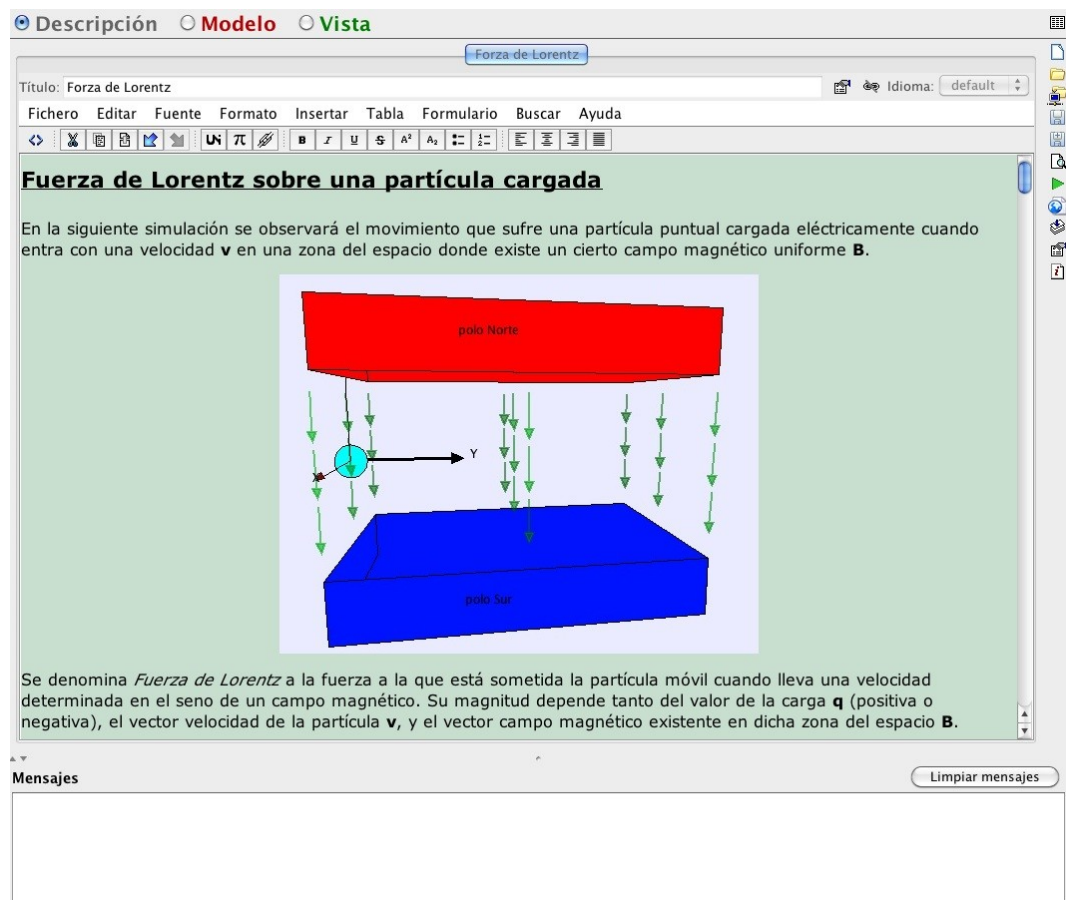


Figura 6.025.- PV LORENTZ. Descripción

- **Modelo.**- en esta parte se definieron las ecuaciones de evolución dinámica del sistema formado por la partícula cargada moviéndose en el seno del campo magnético. El modelo se divide en seis apartados que son variables, inicialización, evolución, relaciones fijas, propio y elementos
 - En primer lugar se declararon las variables utilizadas. Se dividieron según su naturaleza en las siguientes categorías: Cinemáticas. Angulares. Eléctricas. Magnéticas. Límites del Campo, que se utilizaron para delimitar la zona del espacio donde existe campo magnético, además de

esta manera la simulación llega a su fin cuando la partícula no se ve influenciada por dicho campo, por lo que sirvieron como condiciones límites de la ejecución de la simulación.

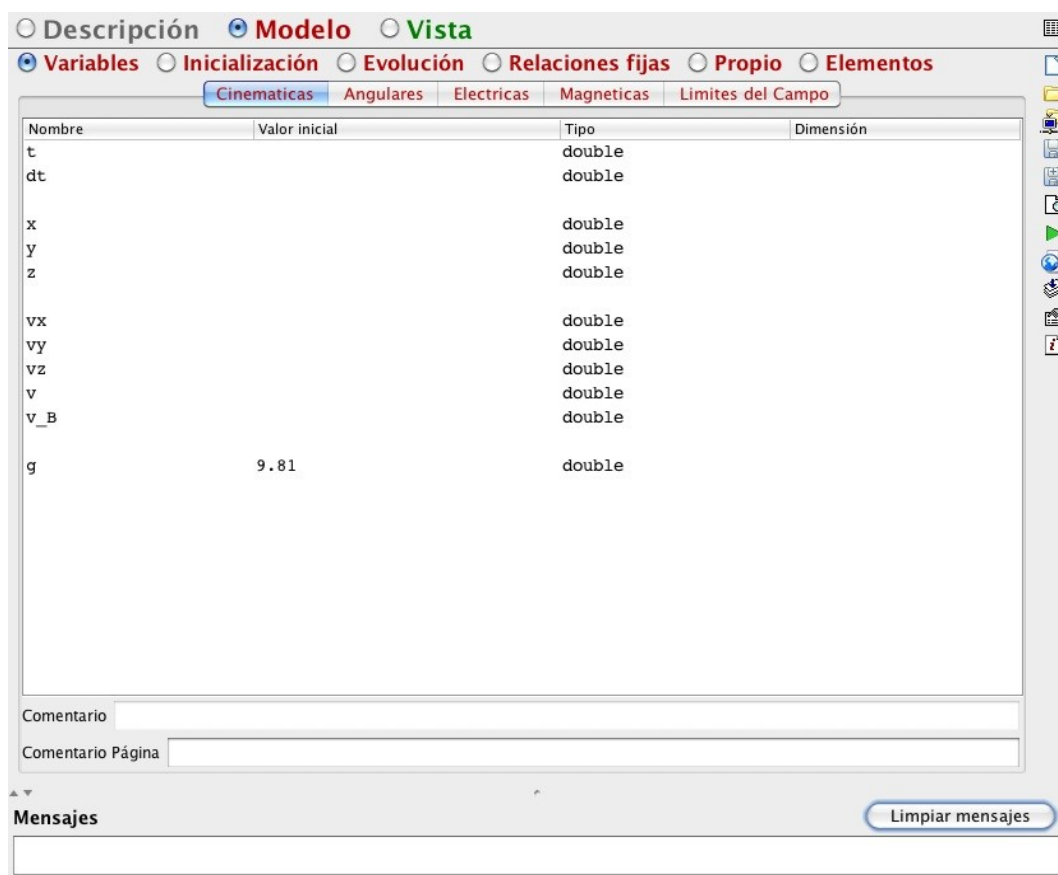


Figura 6.026.- PV LORENTZ. Modelo. Variables Cinemáticas

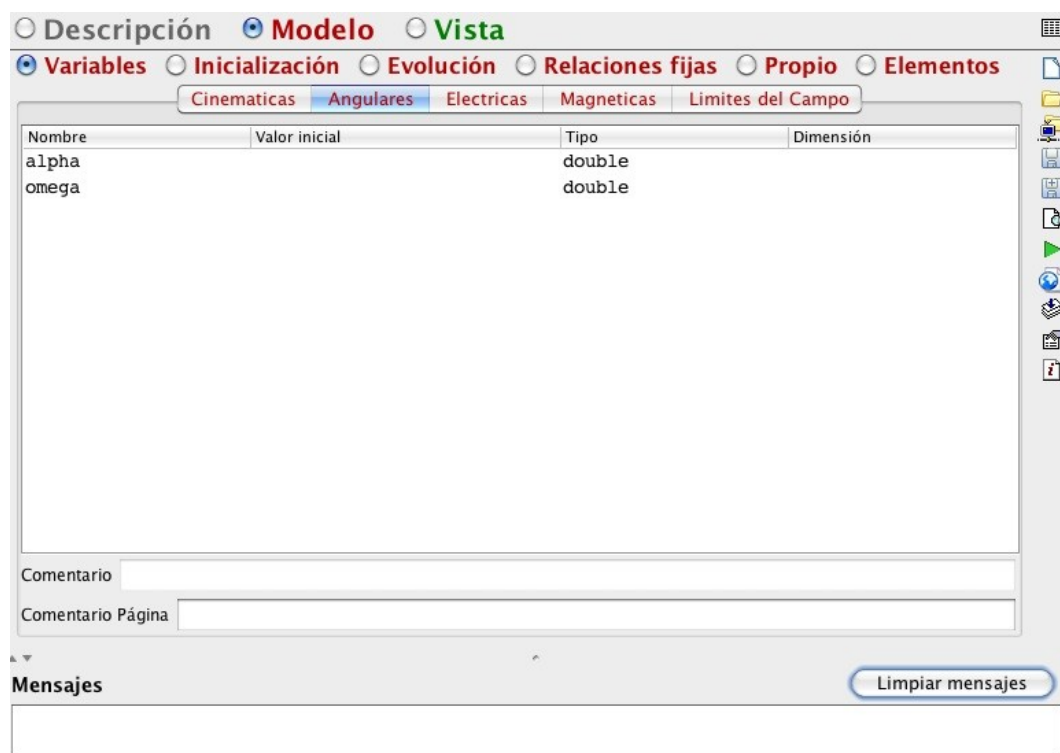


Figura 6.027.- PV LORENTZ. Modelo. Variables Angulares

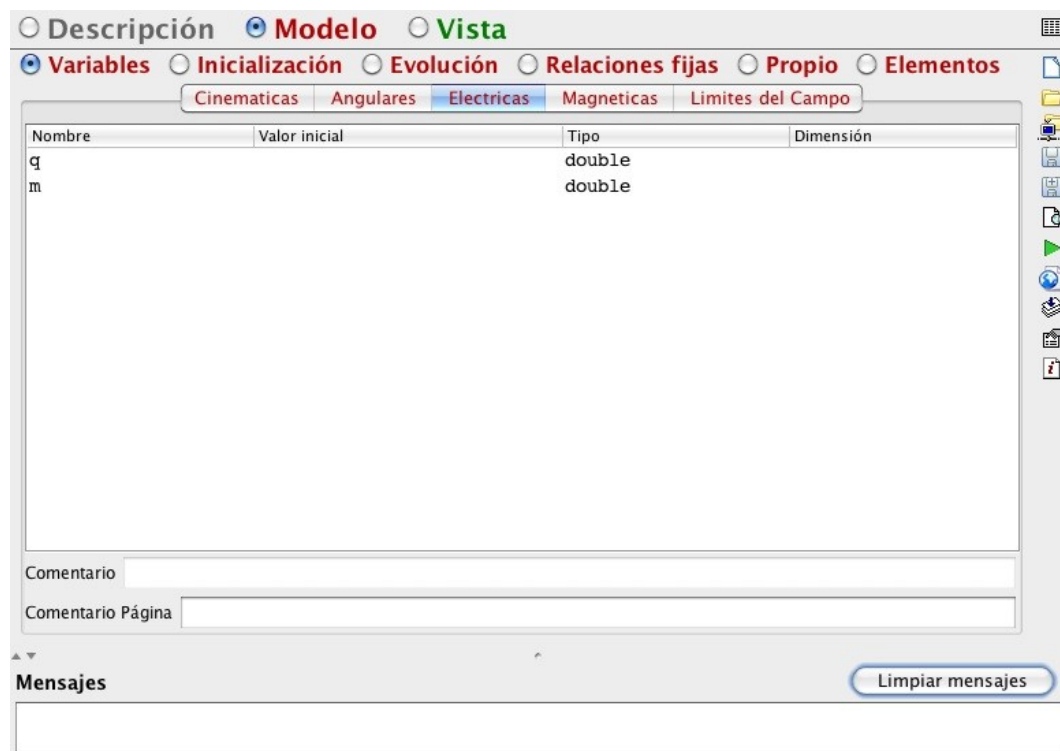


Figura 6.028.- PV LORENTZ. Modelo. Variables Eléctricas

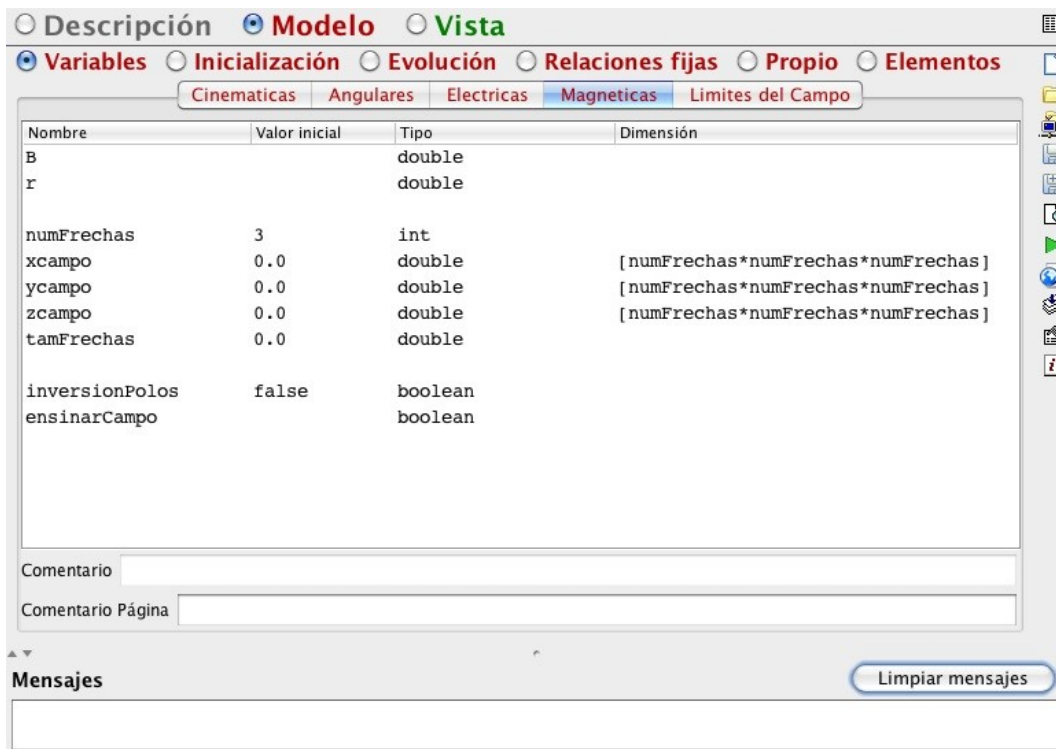


Figura 6.029.- PV LORENTZ. Modelo. Variables Magnéticas

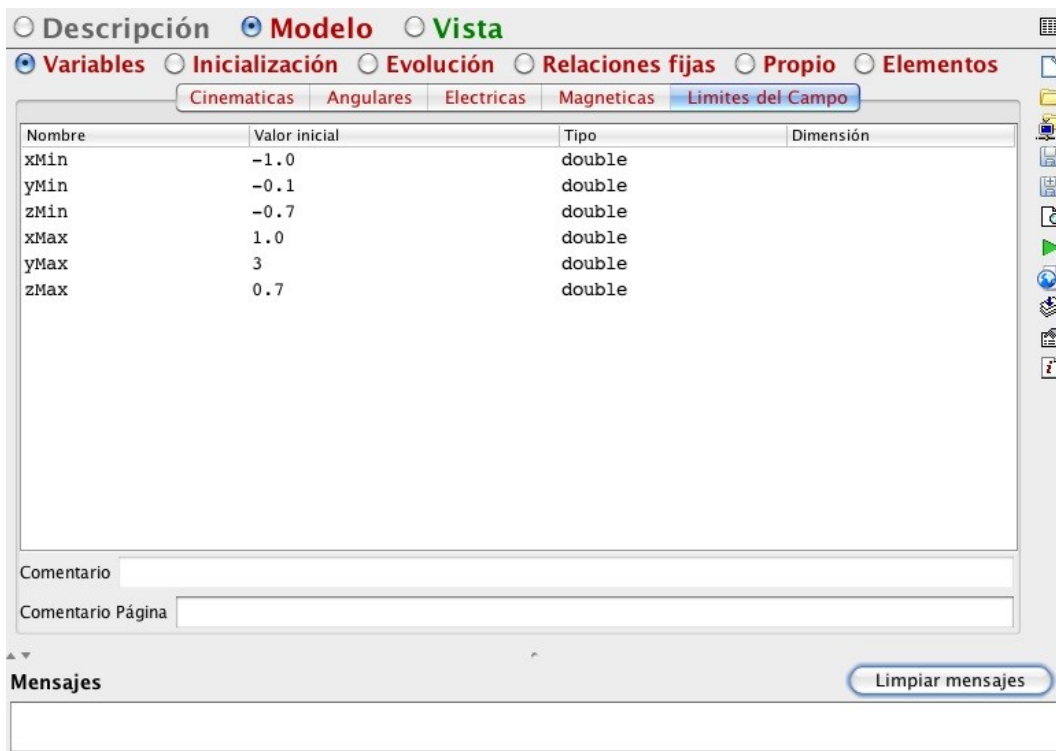


Figura 6.030.- PV LORENTZ. Modelo. Límites del Campo

- A continuación, se definieron las condiciones de inicio de la mayoría de las variables así como la puesta a punto de alguna de las funciones definidas más adelante, todo ello en inicialización.

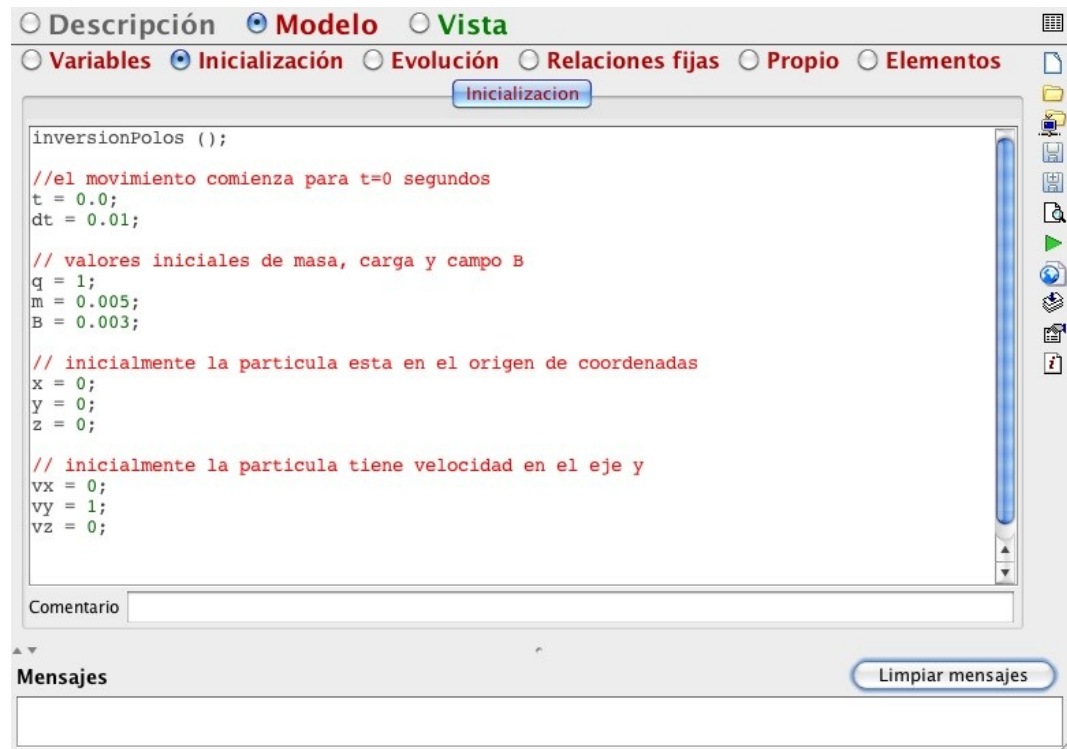


Figura 6.031.- PV LORENTZ. Modelo. Inicialización

- El siguiente paso en la implementación de la simulación es definir las reglas de evolución de la partícula, según las condiciones del problema.

Para ello se crearon dos etapas, una que muestra las ecuaciones del movimiento de la partícula en función de la carga, la velocidad y el campo magnético existente, y otra donde se imponen las condiciones límite del campo, definidas en las variables, para que la simulación llegue a su fin.

Existen dos métodos para poder exponer las ecuaciones del movimiento: en derivadas parciales respecto del tiempo, o bien, exponiendo una a una las ecuaciones horarias tanto del vector posición como del vector velocidad de la partícula móvil, ambas en cartesianas, en función del tiempo. Se optó por esta segunda opción.

○ Descripción ● **Modelo** ○ Vista

○ Variables ○ Inicialización ● **Evolución** ○ Relaciones fijas ○ Propio ○ Elementos

Imágenes por segundo

Evolution del movimiento Condiciones Limite

```

if (forza()<0) {
  x = -r + r*Math.cos(omega*t);
  y = 0.0 + r*Math.sin(omega*t);
  z = v*Math.sin(alpha)*t;
  vx = -r*omega*Math.sin(omega*t);
  vy = r*omega*Math.cos(omega*t);
  vz = vz;
}
else if (forza()>0) {
  x = r + r*Math.sin(omega*t+3*Math.PI/2);
  y = 0.0 + r*Math.cos(omega*t+3*Math.PI/2);
  z = v*Math.sin(alpha)*t;
  vx = r*omega*Math.cos(omega*t+3*Math.PI/2);
  vy = -r*omega*Math.sin(omega*t+3*Math.PI/2);
  vz = vz;
}
else if (forza()==0) {
  x = 0;
  y = v*Math.cos(alpha)*t;
  z = v*Math.sin(alpha)*t;
  vx = 0;
  vy = vy;
  vz = vz;
}

if (alpha==Math.PI/2 || alpha==Math.PI/2) {
  x = 0;
  y = 0;
  z = v*Math.sin(alpha)*t;
  vx = 0;
  vy = v;
  vz = 0;
}

t = t + dt;

```

IPS

PPV

Arranque

Comentario

Mensajes Limpia mensajes

Figura 6.032.- PV LORENTZ. Modelo. Evolución. Evolución del movimiento

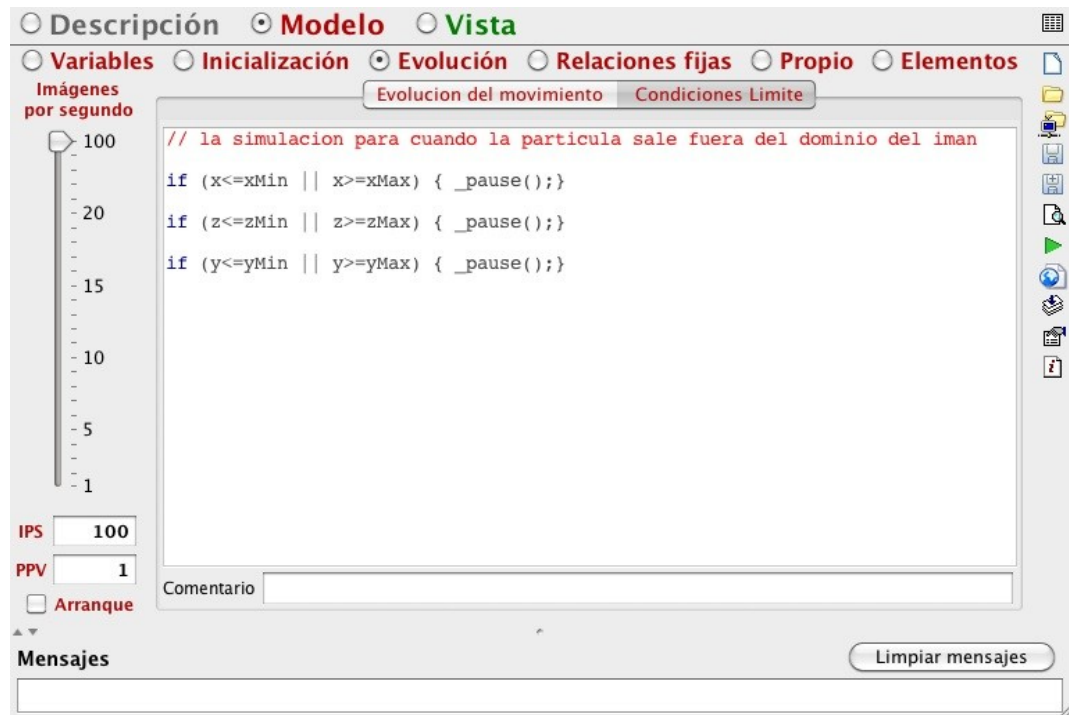


Figura 6.033.- PV LORENTZ. Modelo. Evolución. Condiciones Límite

- EL software EJS reserva un apartado del modelo para aquellas funciones, variables o condiciones que se mantendrán fijas durante el desarrollo de la animación, este apartado se denomina relaciones fijas.

En este departamento se definieron varios aspectos,

- definición de la rotación del vector velocidad cuando se cambia el ángulo **alpha** en el panel de simulaciones;
- el calculo del módulo de la velocidad total y las componentes de la misma respecto al campo magnético;
- el cálculo de la velocidad de rotación de la partícula cargada también llamada frecuencia ciclotrónica;
- el valor del radio de curvatura del movimiento de la partícula en cada instante;
- el hecho de no dibujar las líneas de campo en el caso particular de que el campo magnético sea nulo;

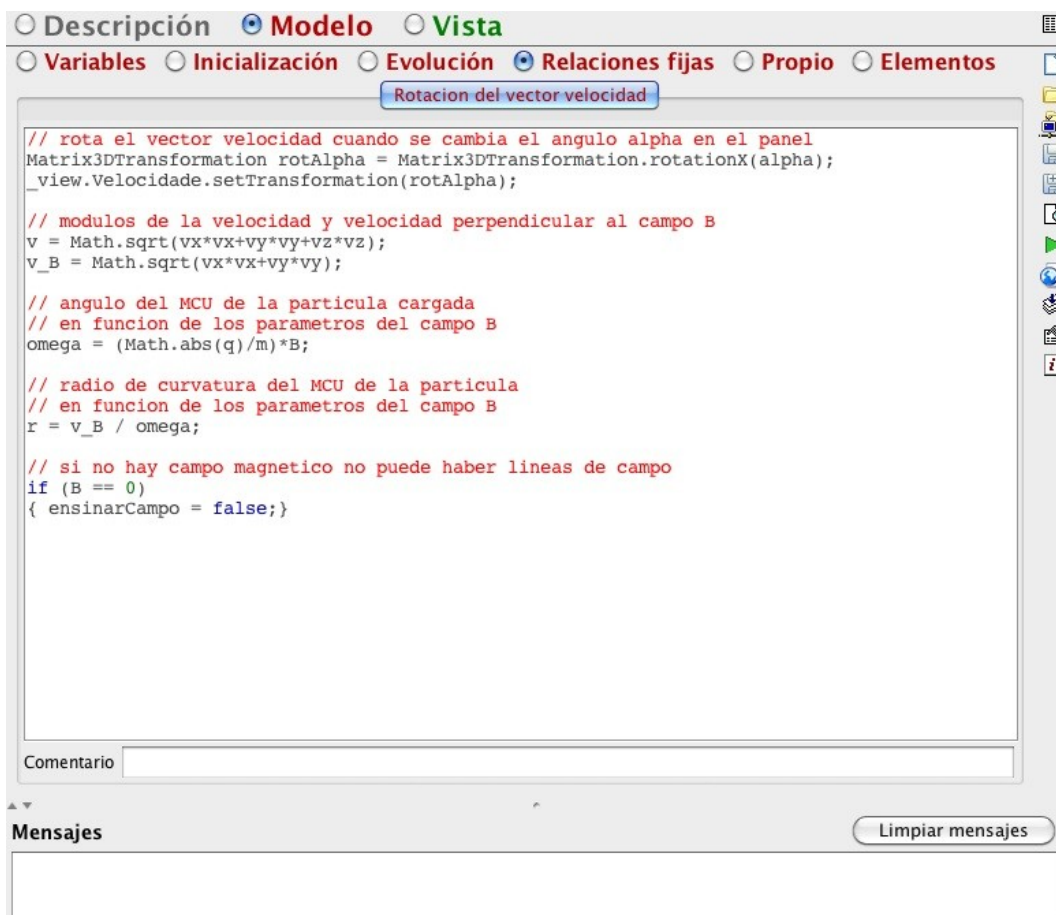


Figura 6.034.- PV LORENTZ. Modelo. Relaciones Fijas

- Finalmente se utilizó el apartado denominado propio para implementar dos funciones propias.

Una de ellas define la fuerza magnética a la que es sometida la partícula en función de los datos del problema: el campo magnético creado por el imán, la carga y la velocidad inicial de la partícula.

Otra de ellas implementa el dibujo de las líneas de campo, de polo Norte hacia el polo Sur. Así como la posibilidad de invertir los polos mostrados en el imán de la simulación, con el consecuente cambio de sentido de las líneas de campo.



Figura 6.035.- PV LORENTZ. Modelo. Propio. Fuerza de Lorentz

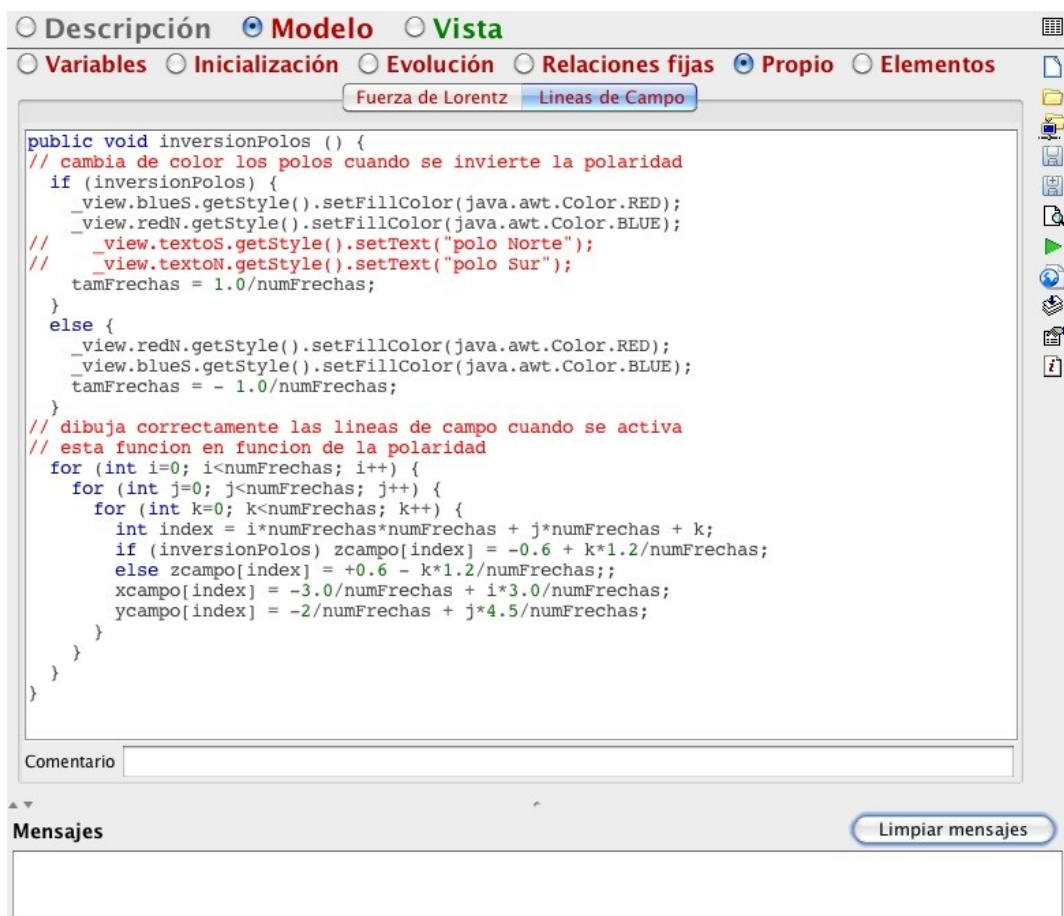


Figura 6.036.- PV LORENTZ. Modelo. Propio. Lineas de campo

- En esta simulación no se han utilizados elementos externos a EJS en el apartado elementos.
- **Vista.**- es en esta parte donde se le indica al software como debe de crear la interfaz de usuario gráfica de la simulación. Mediante la construcción de una estructura de tipo árbol se muestran, a continuación, los elementos gráficos definidos, todos ellos seleccionados de la paleta de objetos que ofrece EJS al usuario, para el correcto visualización e interacción con la animación.

La vista de la animación se muestra en una única ventana interactiva que permitirá al usuario final (el alumno) observar el movimiento de un partícula cargada en el seno de un campo magnético en función de los parámetros que el propio alumno introducirá convenientemente: el campo generado por un imán \mathbf{B} , la carga q y la masa m de la partícula móvil, la dirección del vector velocidad inicial \mathbf{v} (con el ángulo respecto a la horizontal). Para permitir un mayor realismo en el fenómeno estudiado se optó por dotar al experimento de carácter tridimensional, en el cual, se puede variar la perspectiva moviendo el ratón en todas las direcciones a la vez que se mantiene pulsado el botón izquierdo del mismo, siempre en el zona principal de la simulación.

La simulación se dividió en tres paneles dentro de una única ventana:

- **panelSimulacion:** es la *frame* principal de la simulación que se sitúa en la parte central de la ventana de la simulación. En él se mostrará el imán generador de campo magnético, la partícula móvil, el vector velocidad, un sistema de ejes cartesianos centrados en la posición inicial de partícula, las líneas de campo magnético generado entre los polos del imán, y finalmente el movimiento de la partícula. Todos los elementos son tridimensionales lo que permite observar el fenómeno de una manera bastante realista.

El sistema de ejes proporcionará al alumno una referencia de la horizontalidad / verticalidad del movimiento de la partícula.

- **panelInteractivo:** en la parte inferior de la ventana se mostrarán los botones que ejecutan, pausan y reinician la aplicación; dos recuadros para marcar/desmarcar, uno que activa las líneas de campo, y otro que invierte los polos del imán; y por último, una barra deslizadora donde se permitirá al usuario variar el ángulo inicial que forma el vector velocidad con la horizontal, y por lo tanto, el ángulo entre la velocidad y el campo

magnético existente.

- **parametrosMagneticos:** en la zona superior de la ventana que muestra la simulación se mostrarán tres campos de interacción, en el que el usuario indicará el valor de algunos de los parámetros fundamentales de esta experiencia: la carga de la partícula, la masa de la partícula, y el campo magnético generado por el imán, todo ello en unidades del Sistema Internacional.

Las instrucciones de uso de la simulación se presenta en una ventana independiente , *ventainstruc*, en la que se enumeran los pasos a seguir.

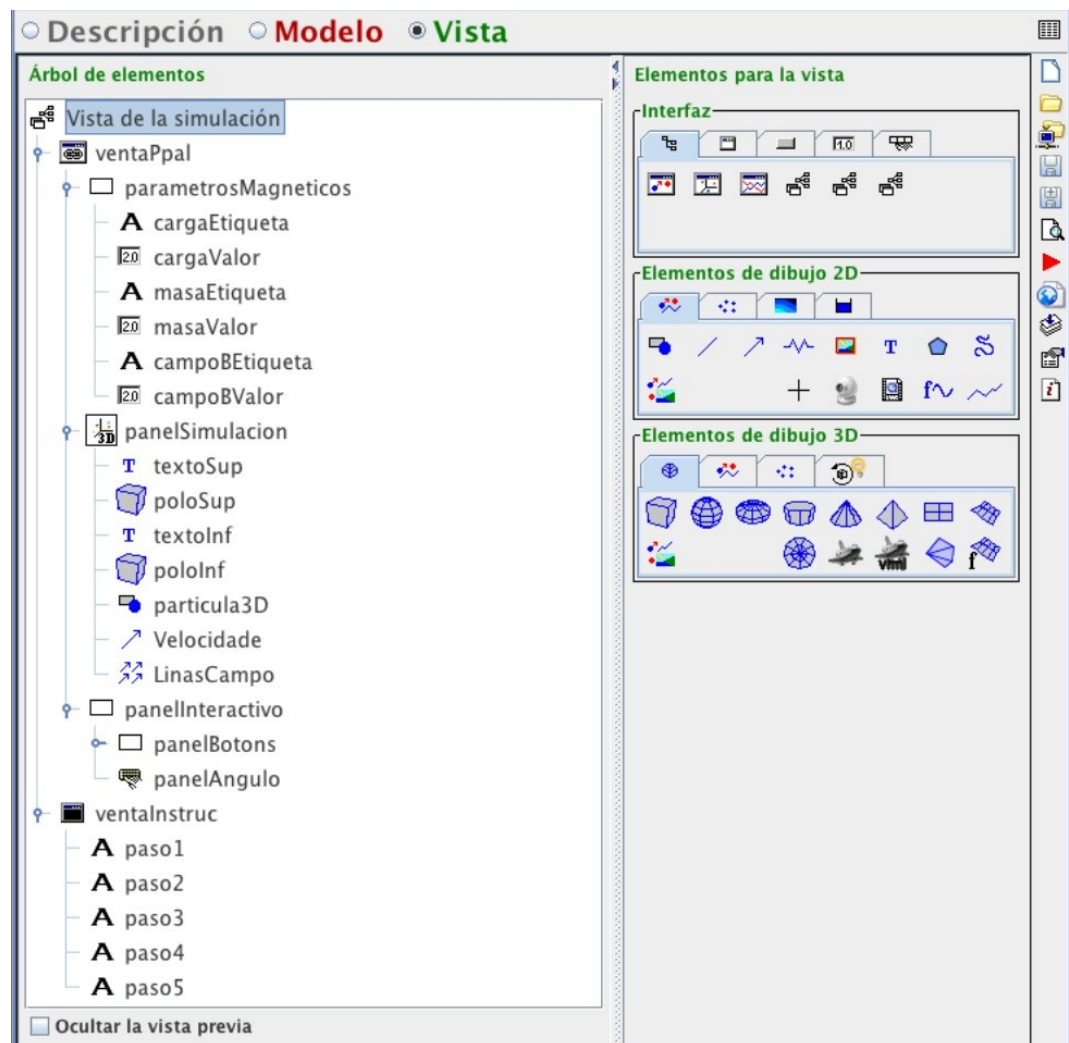


Figura 6.037.- PV LORENTZ. Vista. Vistas de la simulación en forma de árbol

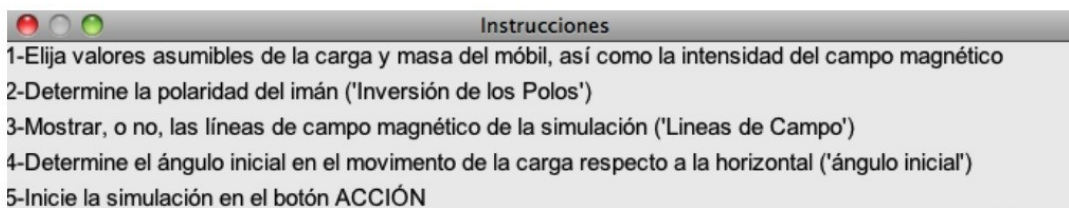
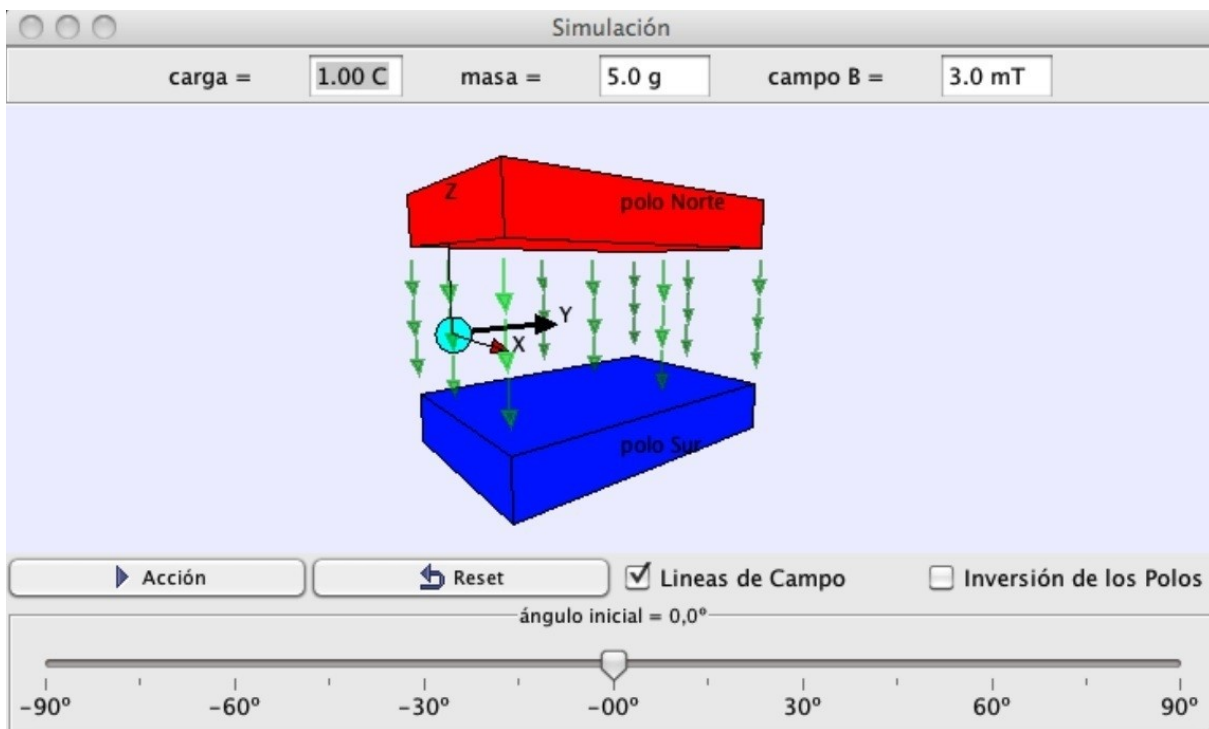


Figura 6.038.- PV LORENTZ. Ensayando la simulación

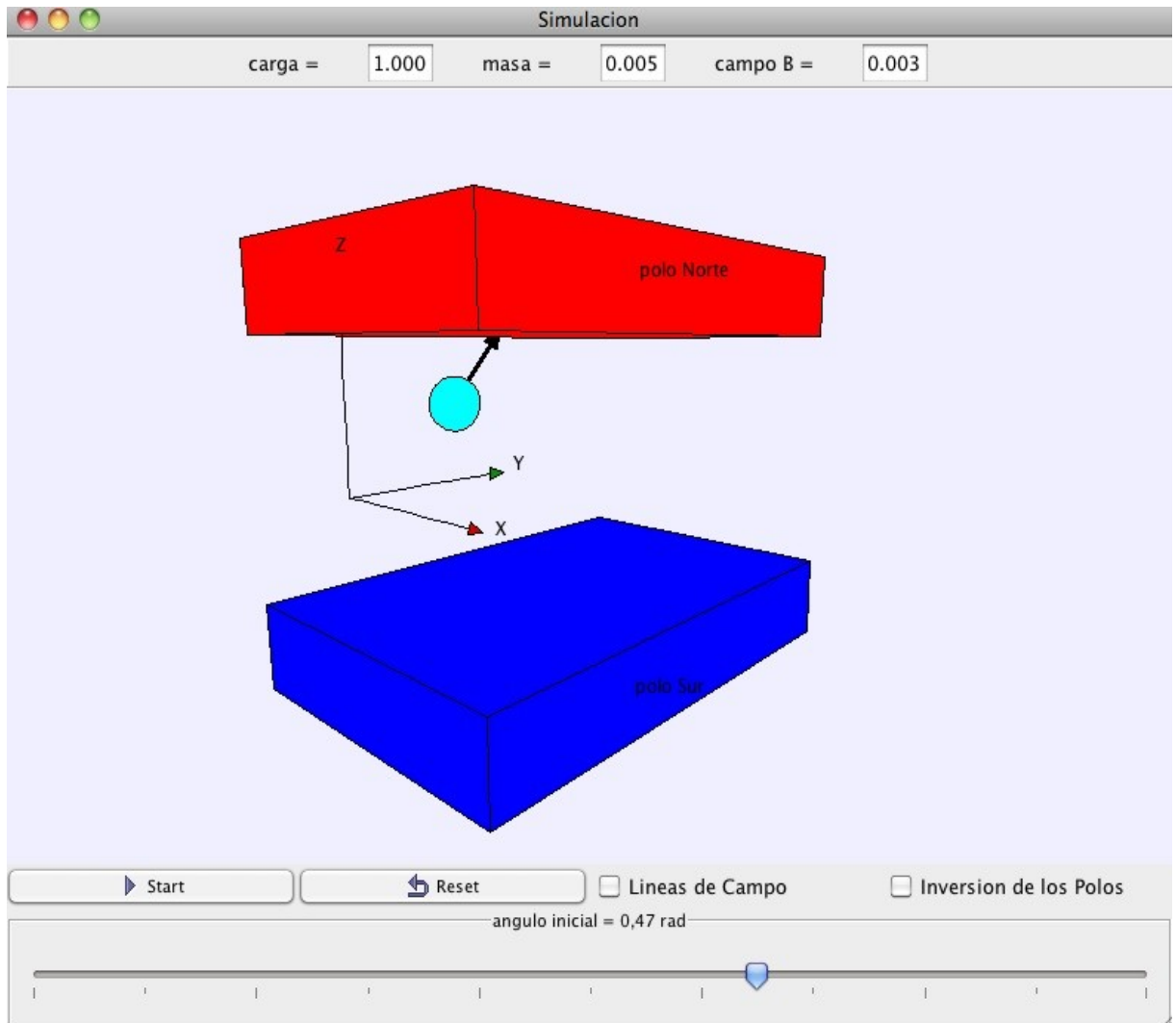


Figura 6.039.- PV LORENTZ. Ensayando la simulación

2.3. Interactuando con la simulación

Una vez explicada la base teórica de la “Fuerza de LORENTZ sobre partícula cargada” y mostrado como se desarrolló la simulación basada en *Java*, bajo el entorno de programación *Easy Java Simulations*, la parte más importante de la metodología virtual debe ser su aprovechamiento.

En primer lugar, como ya se comentó en capítulos anteriores, cabe destacar la importancia de desarrollar simulaciones que sean interactivas, en las que el alumno pueda modificar parámetros y así observar que sucede cuando éstos son modificados. Las animaciones sin esta posibilidad son puramente informativas y pueden llegar a aclarar conceptos que el estudiante no tiene claro. Pero es la interactividad alumno – simulación la que permite a éste adquirir un plus en el aprendizaje del fenómeno a estudiar.

En este caso, la Práctica Virtual de la fuerza de LORENTZ (PV LORENTZ) se diseñó de tal manera que se pudiesen modificar los valores escalares de la carga y masa de la partícula, el campo magnético creado por el imán; y además, cabe la posibilidad de modificar el vector velocidad, no en su módulo, pero si en su dirección y sentido, circunstancia más interesante ya que modifica el tipo de trayectoria que sigue la partícula. Este último parámetro se modifica a través del ángulo formado por el vector velocidad inicial con la horizontal. El usuario tiene la posibilidad de mostrar, o no, las líneas de campo entre el polo N y S magnético. Por tanto los parámetros modificables por el alumno son:

- Carga de la partícula, **q**. Mediante un campo numérico.
- Masa de la partícula, **m**. Mediante un campo numérico.
- Módulo y sentido del campo magnético existente entre los polos de un imán, **B**. Mediante un campo numérico además de una opción para invertir los polos del imán, y por tanto, el sentido del campo magnético.
- Ángulo formado por el vector velocidad inicial y el plano perpendicular al campo magnético (plano horizontal), **alpha**. Explícitamente se modifican las componentes cartesianas del vector velocidad, v_x y v_y . Mediante una barra que permite desplazar el valor escogido para ángulos positivos o negativos.

Analizando las magnitudes con las que el usuario final puede trabajar, se ideó una serie de cuestiones posibles en las que se le pidiese al alumno no solo la observación del movimiento sino la comprobación mediante toma de datos de que lo que observa es concordante con el fundamento teórico que se ha estudiado.

A continuación, se pasa a enumerar alguna de las posibles cuestiones relativas a PV LORENTZ que se fueron recopilando, el subrayado muestra los parámetros modificables por el alumno:

1. A partir de valores determinados de masa y carga de una cierta partícula sometida un cierto campo magnético uniforme, determinar el radio de curvatura que tendrá dicho objeto cuando posee una cierta velocidad inicial perpendicular a las líneas de campo magnético.
2. A partir de valores determinados de masa y carga de una cierta partícula sometida un cierto campo magnético uniforme, explicar el movimiento que sufre dicho objeto cuando posee una cierta velocidad inicial que forma un cierto ángulo con las líneas de campo magnético. Determinar el radio de curvatura para distintos ángulos.
3. ¿Cómo es el movimiento que sufre una partícula, con masa y carga, cuando se mueve en el seno de un campo magnético, si su velocidad tiene la misma dirección que las líneas de campo?: a) En el mismo sentido; b) Con sentido contrario. ¿Afectado el cambio de masa y/o carga al tipo de movimiento?
4. Cómo sería el movimiento de una partícula, con masa y carga, que sale de una zona del espacio donde hay un campo magnético uniforme.
5. Explicar, observando el fenómeno mostrado en la simulación, cómo funciona un ciclotrón y un espectrómetro de masas. Cambiar los valores iniciales de las magnitudes fundamentales (masa, carga, campo) y comentar que cambios sufre el móvil.
6. Etc.

Como se puede comprobar son muchas las cuestiones que se pueden abordar entorno a este fenómeno magnético, y todas estas preguntas surgen gracias a la posibilidad de cambiar la gran mayoría de magnitudes, escalares y vectoriales, que entran en juego en el mismo. En el caso de este trabajo, cada grupo de alumnos que realizó la Práctica Virtual tuvo que responder a 10 preguntas de una batería de cuestiones que se generó para esta práctica (ver anexos del capítulo 8), siguiendo un orden totalmente arbitrario para cada grupo. En capítulos posteriores se analizará el procedimiento de calificación de esta PV.

Existe tres posibilidades respecto al entorno de trabajo: los ordenadores del Laboratorio, el Aula de Informática de la Escuela, o bien en los propios hogares de los estudiantes.

3. Rotación de masas fluidas

3.1. Base teórica

Se habrá observado que cuando un recipiente cilíndrico, que contiene un líquido, se pone en rotación alrededor de su eje la superficie del líquido adquiere la forma de un paraboloides.

Se llevará a cabo una “experiencia” diseñada para establecer una relación entre la forma de la superficie de un líquido contenido en un recipiente en rotación y su velocidad angular, bajo los efectos del campo gravitatorio y de la fuerza centrífuga debido a la rotación.

En la experiencia simulada, se estudiará una lámina de líquido contenida en un recipiente de forma cilíndrica que gira alrededor del eje de simetría del propio cilindro. Se considerarán despreciables los efectos debidos a tensión superficial [11].

Se demostrará que la forma de la superficie libre de un líquido que gira con el recipiente que lo contiene es un “paraboloides de revolución”. Para llevar a cabo la demostración se dispone de un fluido cualquiera que está contenido en un recipiente cilíndrico, como muestra la figura:

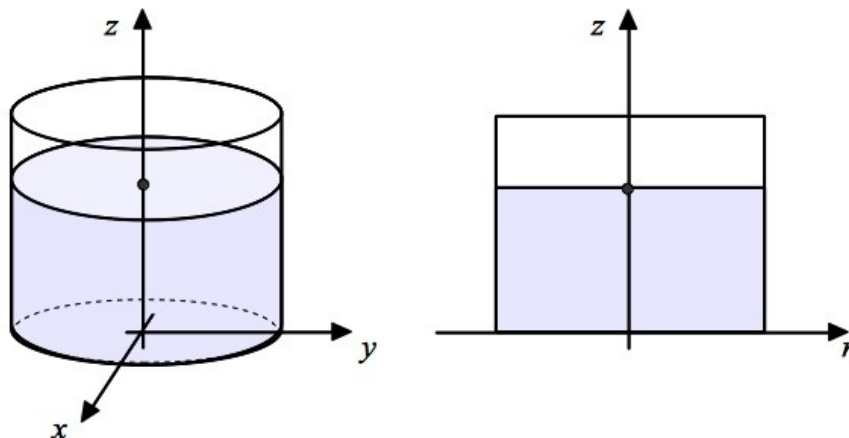


Figura 6.040.- Fluido en un recipiente cilíndrico

3.1.1 Explicación gráfica

A continuación, se hace rotar el recipiente de tal manera que el eje de giro coincida con el eje de simetría del recipiente, es decir, el eje del cilindro:

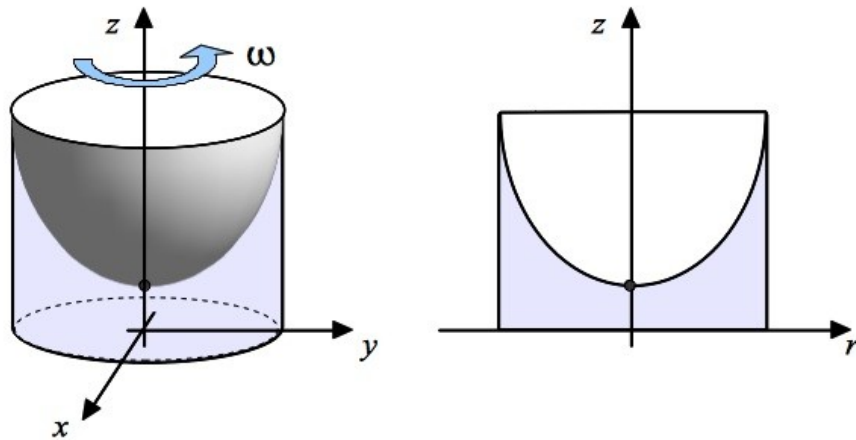


Figura 6.041.- Fluido rotando en un recipiente cilíndrico

Se puede apreciar gráficamente que cualquier plano vertical que pasa por el eje de revolución del cilindro corta a la superficie libre según una parábola. Para determinar la ecuación algebraica del paraboloides se hará un estudio estático de las fuerzas actuantes en una partícula que se sitúe en la superficie libre del fluido.

3.1.2. Fuerzas en juego

Analizando la situación de una partícula cualquiera de la superficie libre del fluido, ésta se encuentra sometida a dos fuerzas: la fuerza centrípeta debida a la rotación que surge de la aceleración normal del movimiento de rotación de la partícula, y la fuerza de la gravedad debida al peso del propio punto. Analizando las fuerzas por unidad de masa se obtienen las expresiones algebraicas de los esfuerzos:

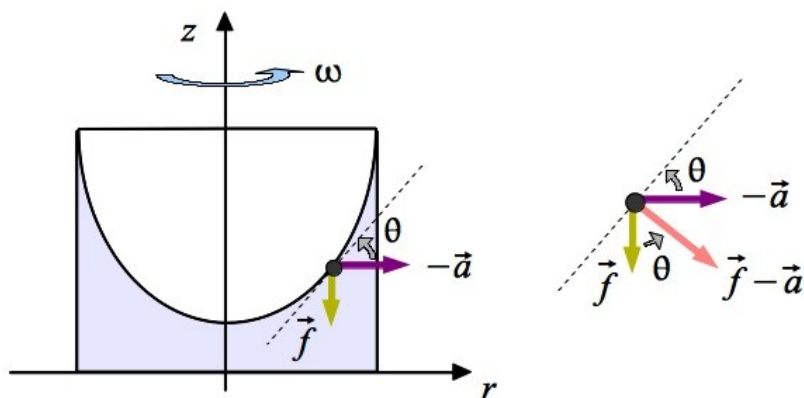


Figura 6.042.- Fluido rotando en un recipiente cilíndrico. Fuerzas sobre una partícula

$$\vec{a} : \text{aceleración centrípeta} \quad -\vec{a} = \frac{v^2}{r} \hat{r} = \omega^2 r \hat{r}$$

$$\vec{f} : \text{fuerza externa (por ej. la gravedad)} \quad \vec{f} = -g \hat{k}$$

La forma que toma la superficie libre del fluido en revolución va a depender del ángulo θ o, visto de otra manera, del vector resultante de las fuerzas en juego.

3.1.3. Expresión del paraboloides de revolución

El ángulo de la figura anterior se puede resolver de dos maneras distintas:

1. a partir del triángulo rectángulo formado por las componentes de las fuerzas que intervienen sobre la partícula de la superficie libre del fluido;

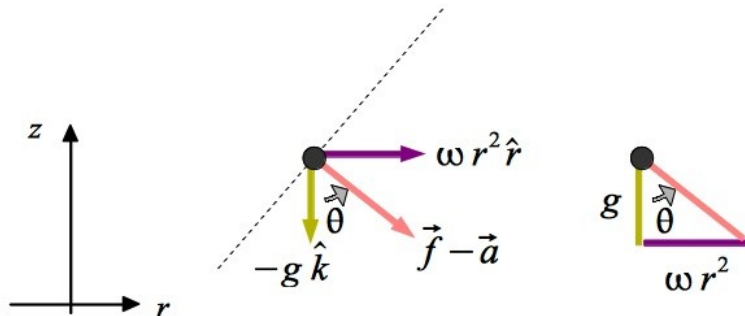


Figura 6.043.- Relación entre las fuerzas gravitatoria y centrífuga sobre una partícula

2. también se puede determinar a través de la pendiente de la parábola de revolución en dicho punto de la superficie libre.

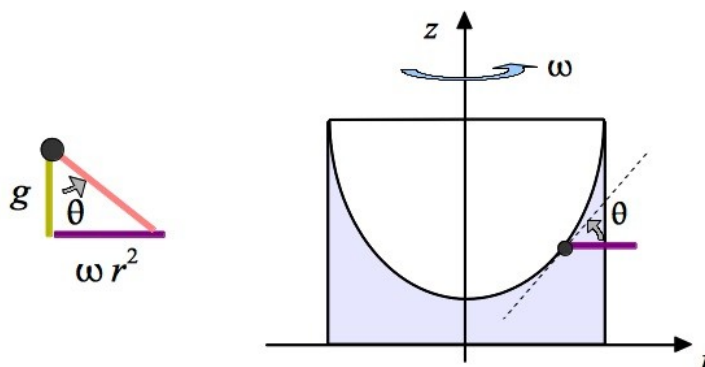


Figura 6.044.- Relación entre las fuerzas y la pendiente en un punto de la superficie libre

Igualando estas opciones se obtiene la expresión de la función $z(r)$ formada por las partículas de la superficie libre que rota según su eje de simetría. Se comprueba que es una parábola con simetría radial esférica, es decir, un paraboloides de revolución:

$$\text{pendiente parábola: } \frac{dz}{dr} \rightarrow \frac{dz}{dr} = \tan \theta$$

$$\text{triángulo: } \rightarrow \tan \theta = \frac{\omega^2 r}{g}$$

$$\frac{dz}{dr} = \frac{\omega^2 r}{g} \quad , , \quad dz = \frac{\omega^2 r}{g} dr \quad \rightarrow \quad \underline{z = z_0 + \frac{1}{2} \frac{\omega^2 r^2}{g}}$$

Se puede apreciar que la forma parabólica que forma la superficie libre de un fluido que rota en su recipiente cilíndrico depende de: la velocidad de rotación, la gravedad terrestre, y un parámetro z_0 que es la posición del vértice del paraboloides. El valor de este parámetro depende de la cantidad de fluido inicial (altura o volumen) antes de rotar.

3.1.4. Casos del paraboloides de revolución. Vértice

A continuación se mostrarán los tres casos posibles de paraboloides de revolución, en función del signo de la posición de su vértice: vértice positivo, negativo e igual a cero. Por simplicidad se mostrarán figuras bidimensionales de la rotación.

De esta manera, una rotación determinada (ω) de un recipiente cilíndrico (altura H , radio R) con una cantidad de fluido, inicialmente en reposo, implica un valor del vértice del paraboloides z_0 .

- Cuando z_0 es positivo, el vértice del paraboloides está dentro del recipiente por lo que toda la base interior del mismo queda cubierta de líquido en todo instante (figura 6.045).
- Cuando z_0 es cero, el vértice del paraboloides se sitúa en el centro geométrico de la base del recipiente, ese punto de la base interior del mismo queda al descubierto, el resto queda cubierto por el líquido (figura 6.046).
- Cuando z_0 es negativo, el vértice del paraboloides está por fuera del recipiente, en concreto por debajo, por lo que parte de la base interior del mismo queda al descubierto y otra parte queda cubierta por el líquido (figura 6.047).

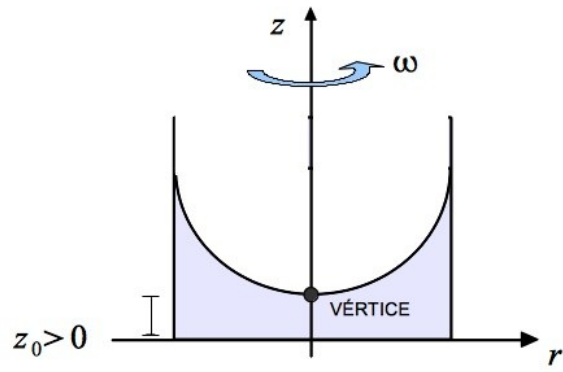


Figura 6.045.- Vértice positivo del paraboloido

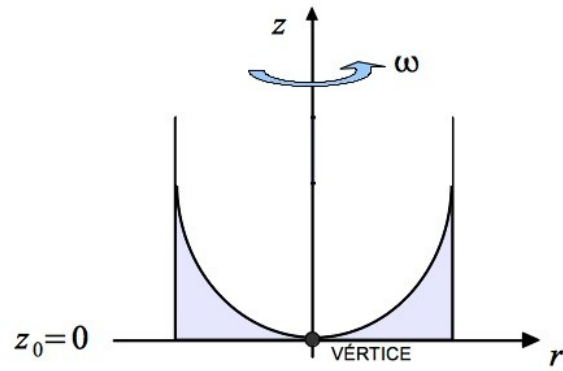


Figura 6.046.- Vértice nulo del paraboloido

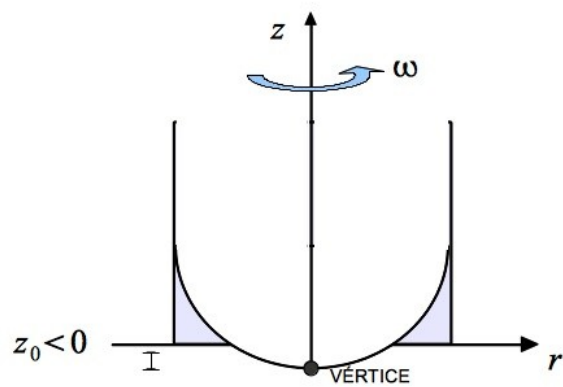


Figura 6.047.- Vértice negativo del paraboloido

3.1.5. Casos del paraboloides de revolución. Derrame

El valor de la cantidad de líquido inicial antes de la rotación es fundamental para determinar la velocidad de rotación límite, a partir de la cual el fluido derrama hacia el exterior del recipiente, independientemente del signo del vértice. Es decir, para los tres casos de vértices que se acaban de mostrar el fluido puede derramar o no, todo dependerá del valor de fluido inicial.

El parámetro que se utiliza para caracterizar la cantidad de fluido, en este tipo de recipiente, puede ser la altura inicial h , o bien el volumen inicial de fluido, esto es debido a que se considera el mismo radio para el recipiente que para líquido contenido en él. Considerando las dimensiones del recipiente: radio R , altura H ; cuando el punto más elevado del paraboloides coincide con la altura del recipiente se produce el derrame de fluido, esto hecho tendrá lugar a una velocidad de rotación límite o máxima:

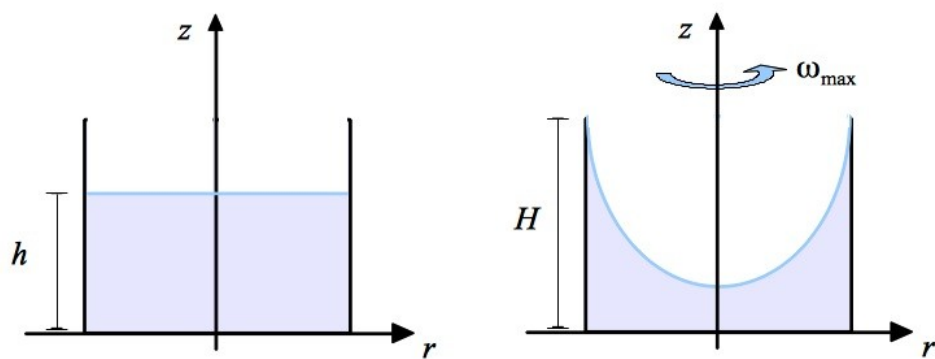


Figura 6.048.- Rotación máxima del fluido

3.2. Documentación de la programación

En la siguiente simulación se analizará la forma que toma la superficie libre de un fluido contenido en un recipiente cilíndrico que rota, y cuyo eje de giro coincide con el propio cilindro. De esta manera se evaluarán los casos posibles y las velocidades máximas de rotación que hagan que el fluido derrame fuera del vaso contenedor.

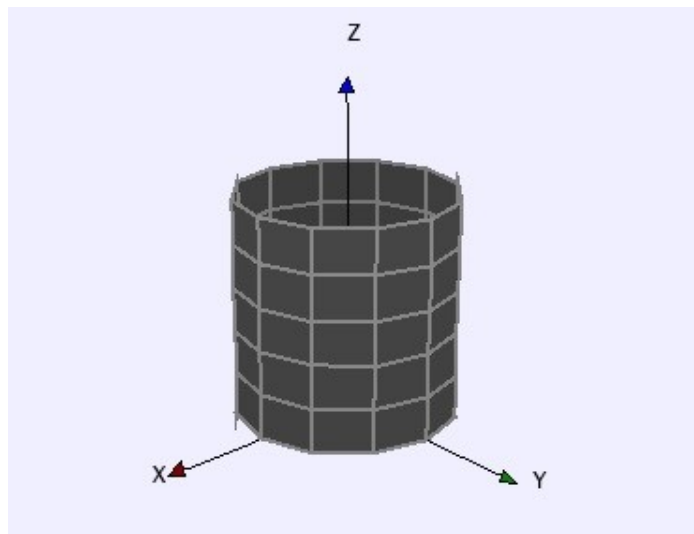


Figura 6.049.- PV ROTACIÓN. Simulación

Como ya se comentó en la anterior simulación (PV LORENTZ) EJS estructura el trabajo de implementación en tres partes relacionadas: **Descripción; Modelo; Vista.**

- **Descripción o Introducción.**- se incluyó una explicación del objetivo de la simulación, en este caso sobre rotación de masas fluidas.

En primer lugar, se pasó a enunciar la base teórica desarrollada en apartados precedentes de este capítulo (apartado 3.1), seguidamente se realizó una serie de indicaciones de uso para el alumno ejecute la simulación correctamente. Como ya se comentó, la introducción se realiza a través de un sencillo editor de HTML, incluyendo título de la página, permitiendo la posible exportación del contenido, por ejemplo, a una página *web*.

Se muestra, en la figura siguiente, parte de la **Descripción** desarrollada para esta práctica:

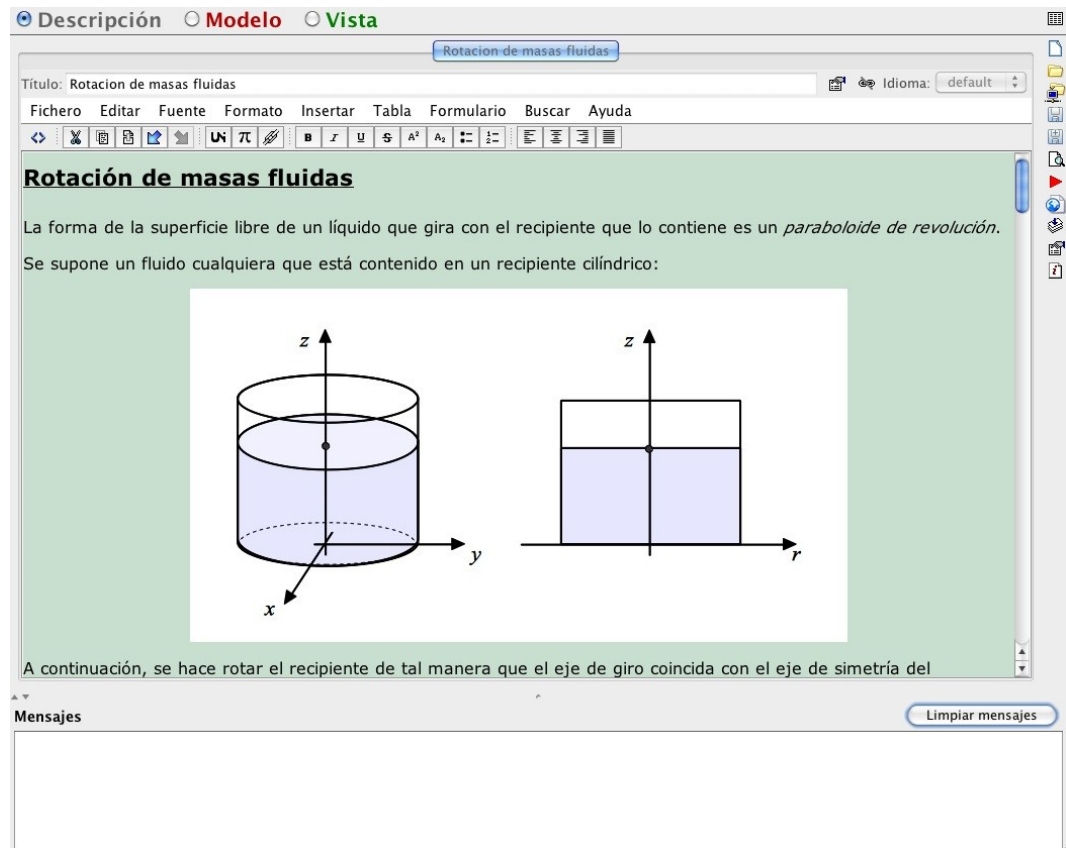


Figura 6.050.- PV ROTACIÓN. Descripción

- **Modelo.-** en esta parte se definieron las ecuaciones de evolución dinámica del sistema formado por el recipiente rotando con el fluido en su interior. Como es habitual, el modelo se divide en seis apartados: variables, inicialización, evolución, relaciones fijas, propio y elementos.
 - En primer lugar, se declararon las variables utilizadas. Se dividieron según su naturaleza en las siguientes categorías: Angulares. Cinemáticas. Dinámicas. Cilindro, que se refieren a las dimensiones del recipiente cilíndrico y que delimitan el derrame o no del fluido en rotación, por lo que sirven como condiciones límites de la ejecución de la simulación.



Figura 6.051.- PV ROTACIÓN. Modelo. Variables Angulares

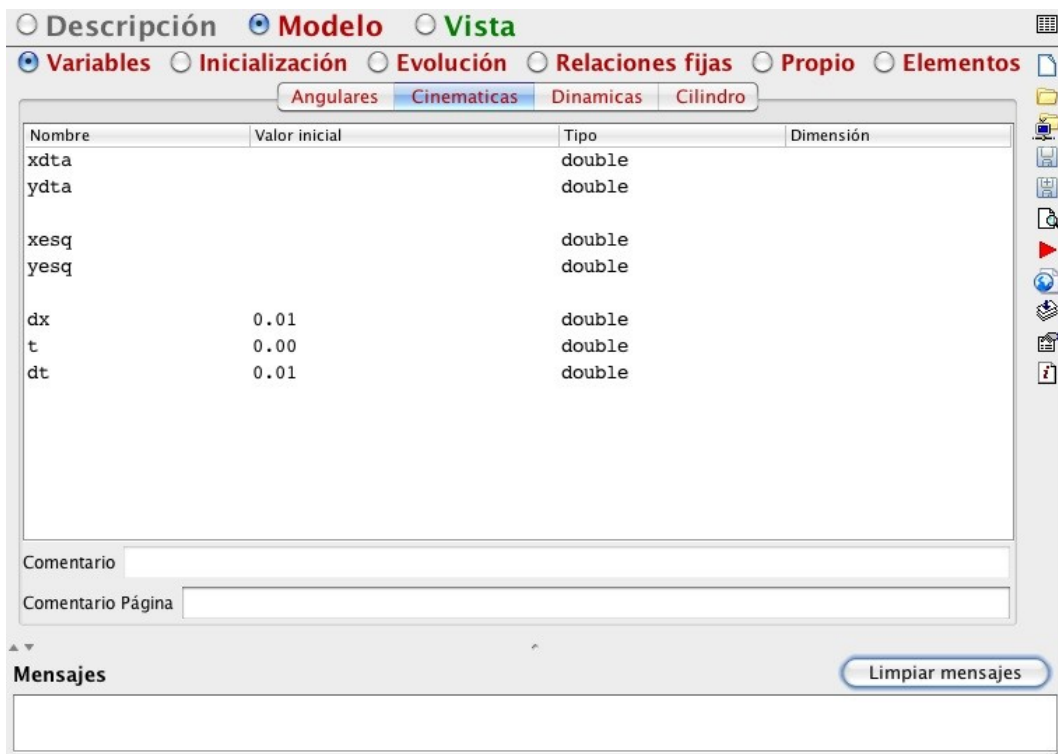


Figura 6.052.- PV ROTACIÓN. Modelo. Variables Cinemáticas

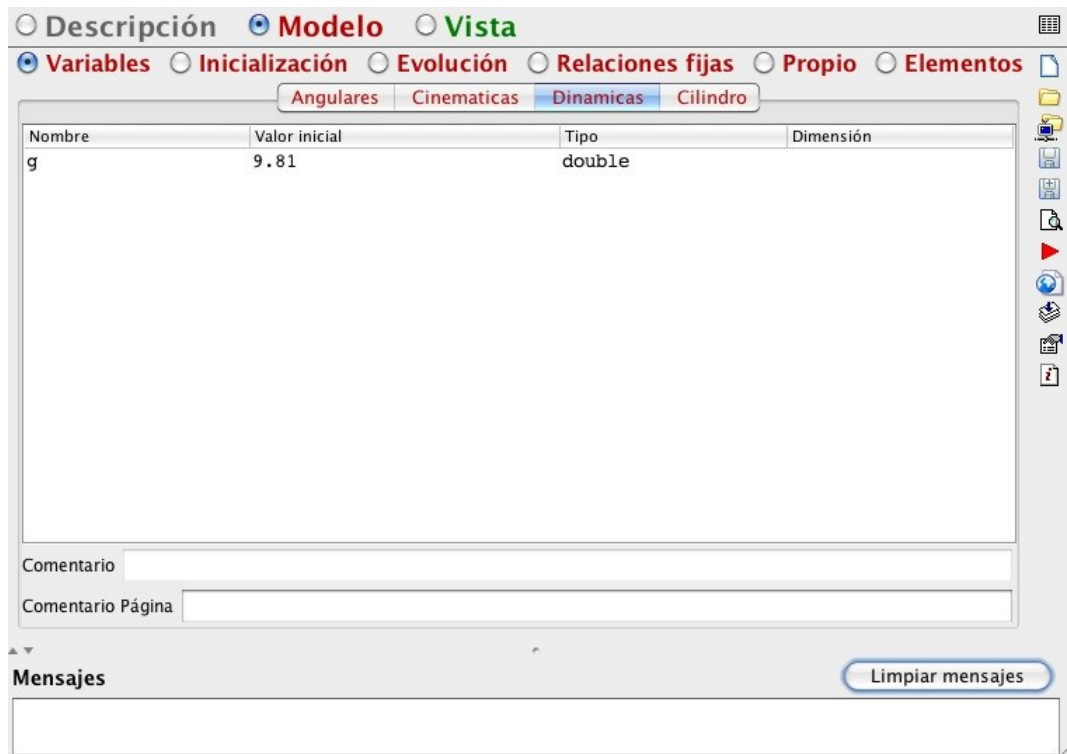


Figura 6.053.- PV ROTACIÓN. Modelo. Variables Dinámicas

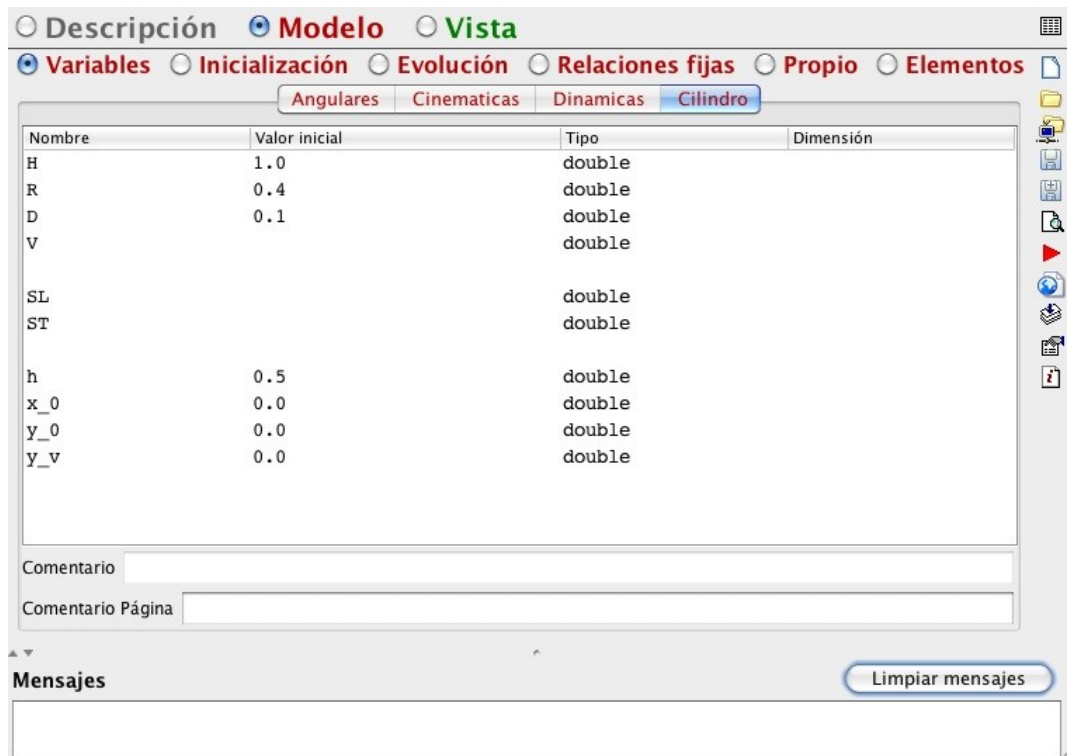


Figura 6.054.- PV ROTACIÓN. Modelo. Variables Cilindro

- Posteriormente se definieron las condiciones de inicio de la mayoría de las variables, así como la puesta a punto de alguna de las funciones definidas más adelante, todo ello en inicialización, en especial la variable temporal.

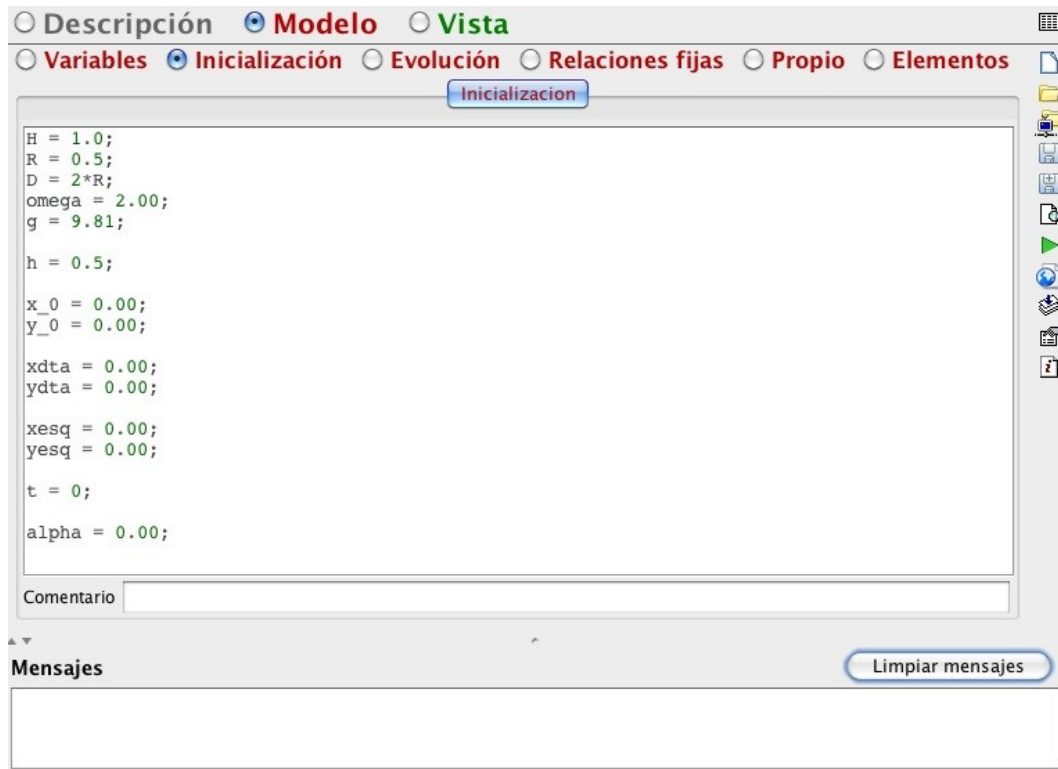


Figura 6.055.- PV ROTACIÓN. Modelo. Inicialización

- El paso fundamental para que la simulación se ejecute correctamente es la implementación de las reglas de evolución de la rotación del fluido según las condiciones del problema.

Para ello se crearon dos etapas. Una de ellas muestra las ecuaciones de representación gráfica de la parábola debida a la rotación respecto del eje. La otra impone las condiciones límite de la animación, como es en este caso las dimensiones finitas del recipiente cilíndrico, en tal caso, se mostrará una ventana informativa de alerta que indica que “el fluido sale del recipiente” bajo esas circunstancias y por lo tanto la simulación llega a su fin.

Como es habitual en EJS, existen dos métodos para poder exponer las ecuaciones del movimiento: en ecuaciones diferenciales ordinarias (EDO) respecto del tiempo, o bien, exponiendo una a una las ecuaciones

cinemáticas de la posición, en cartesianas, en función del tiempo. Al igual que en PV LORENTZ se ha optado por la segunda opción.

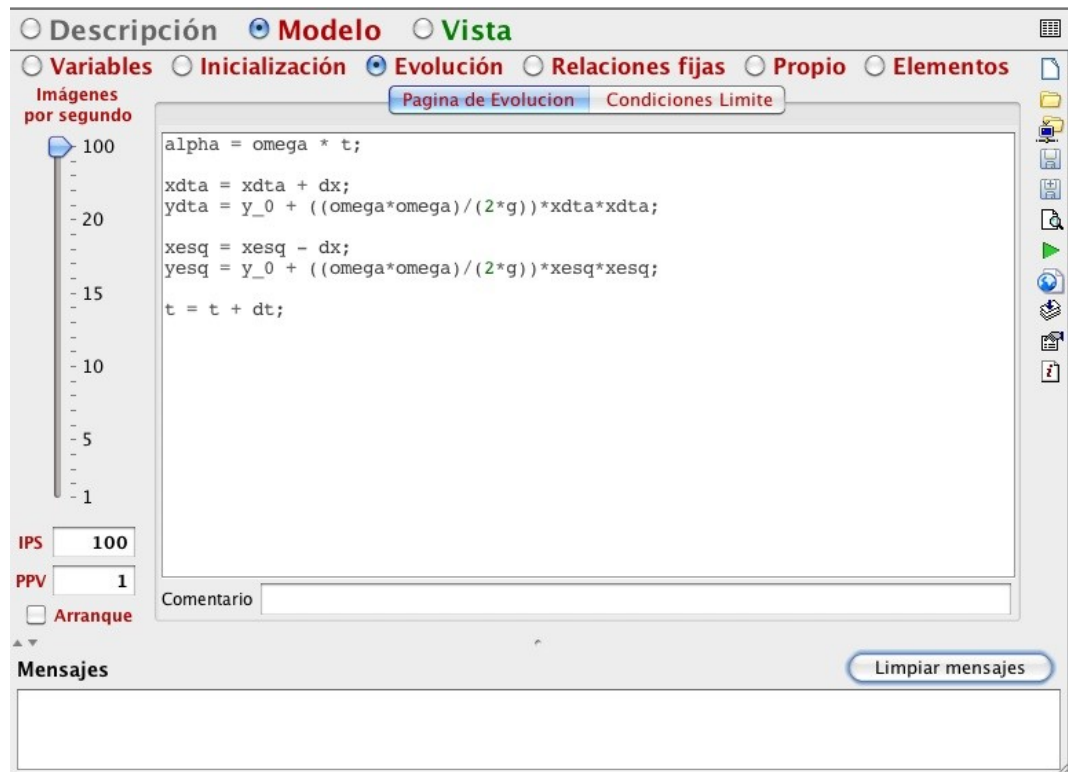


Figura 6.056.- PV ROTACIÓN. Modelo. Evolución

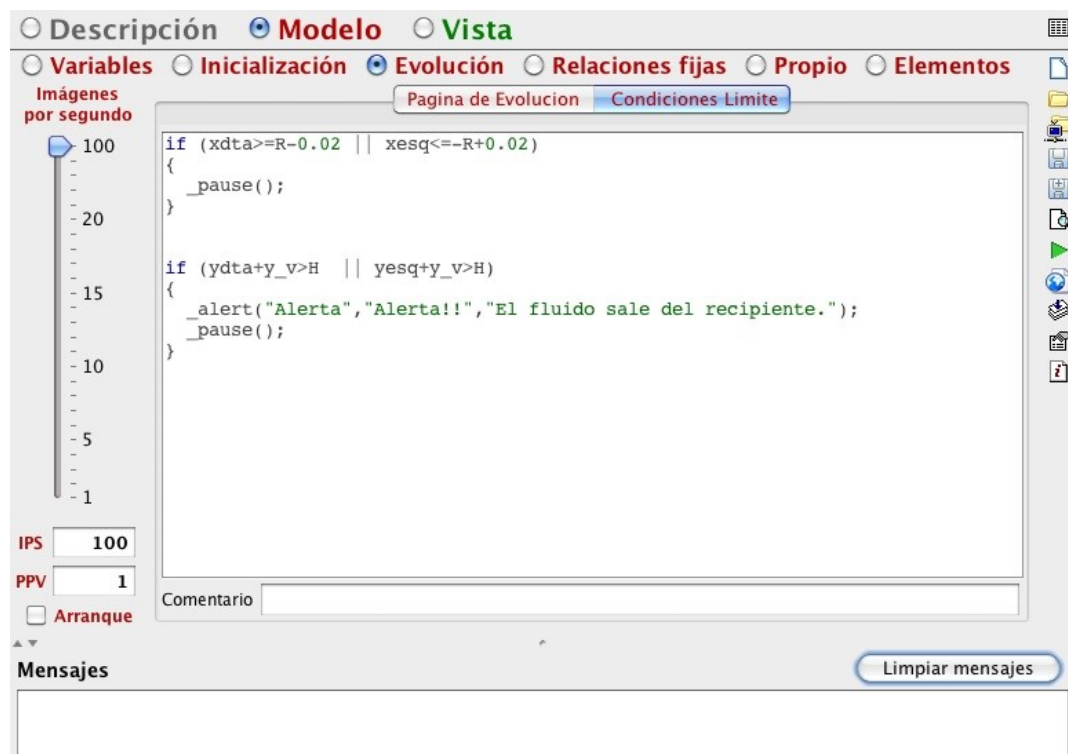


Figura 6.057.- PV ROTACIÓN. Modelo. Evolución. Condiciones Límite

- Resulta de utilidad usar el apartado del modelo relaciones fijas para determinar aquellas funciones, variables o condiciones que se mantendrán fijas durante el desarrollo de la animación.

En este departamento se definieron varios aspectos,

- dimensiones del cilindro a partir del radio (se considera la medida de la altura como la unidad, en cualquier caso) definido por el usuario: diámetro, volumen, superficie de la base, superficie lateral;
- según las proporcionalidades entre la altura y el radio del recipiente que permitiesen una correcta visualización de la simulación, se impusieron unas condiciones máximas / mínimas al radio del cilindro R (0.1, 1);
- el cálculo del vértice del paraboloides en función de la velocidad de rotación, la gravedad terrestre y el radio del recipiente tipo cilindro;

```

// dimensiones, superficies y volumen del cilindro
D = 2*R;
SL = 2*Math.PI*R*H;
ST = Math.PI*R*R;
V = Math.PI*R*R*H;

// condiciones limites del cilindro
//if (H>1.5 || H<0.5) {
//_alert("Alerta","Alerta!!","La altura del recipiente (H) no es asumible \n H = (0.5 , 1.5)");
//_reset();
//}
if (R>1.0 || R<0.1) {
  _alert("Alerta","Alerta!!","El radio del recipiente (R) no es asumible \n R = (0.1 , 1)");
  _reset();
}

// vertice do paraboloides
y_v = h - ((omega*omega)/(4*g))*R*R;

```

Figura 6.058.- PV ROTACIÓN. Modelo. Relaciones Fijas Constantes

- Para esta simulación no se usaron funciones, ni métodos propios, en el apartado propio.

- Tampoco se han utilizados elementos externos a EJS en el apartado elementos.
- **Vista.**- la interfaz gráfica del usuario en la simulación se determina en este apartado mediante elementos estructurados tipo árbol que han sido seleccionados de la paleta de objetos que ofrece EJS al usuario, pensando en la correcta visualización e interacción con la animación por parte del alumno.

La vista de la animación se muestra en tres ventanas todas ellas interactivas, que permitirá al usuario final (el alumno) observar el movimiento de rotación del fluido en un recipiente cilíndrico en función de los parámetros que el propio alumno introducirá convenientemente: el radio del recipiente R , la cantidad de fluido en el recipiente antes de la rotación, la velocidad de rotación constante del recipiente ω . La cantidad de fluido se determina con suficiencia a través de la altura inicial del fluido en el cilindro h .

Para permitir un mayor realismo en el fenómeno estudiado se optó por dotar al experimento de carácter tridimensional (3D), en el cual, se puede variar la perspectiva moviendo el ratón en todas las direcciones a la vez que se mantiene pulsado el botón derecho del mismo siempre en el zona principal de la simulación. Además, para poder observar el resultado de la rotación con mayor nitidez también se muestra la representación bidimensional (2D) del perfil de la superficie libre del fluido en rotación.

La simulación se dividió en varias ventanas con distintos *frames* cada una de ellas:

- ventanaPpal: es la ventana principal de la simulación donde se muestra el fenómeno en 3D. Este hecho infiere un carácter bastante realista al ensayo.

Dentro de esta ventana, a parte de la animación en si, y en su parte inferior se muestran los botones que ejecutan, pausan y reinician la aplicación; un campo donde se muestra el ángulo girado por el recipiente; y otro en el que se permite al usuario variar el valor inicial de la velocidad de rotación del recipiente, todo ello en Sistema Internacional.

Un sistema de ejes centrados en la base del cilindro proporcionará al alumno una referencia de la horizontalidad / verticalidad del movimiento de giro.

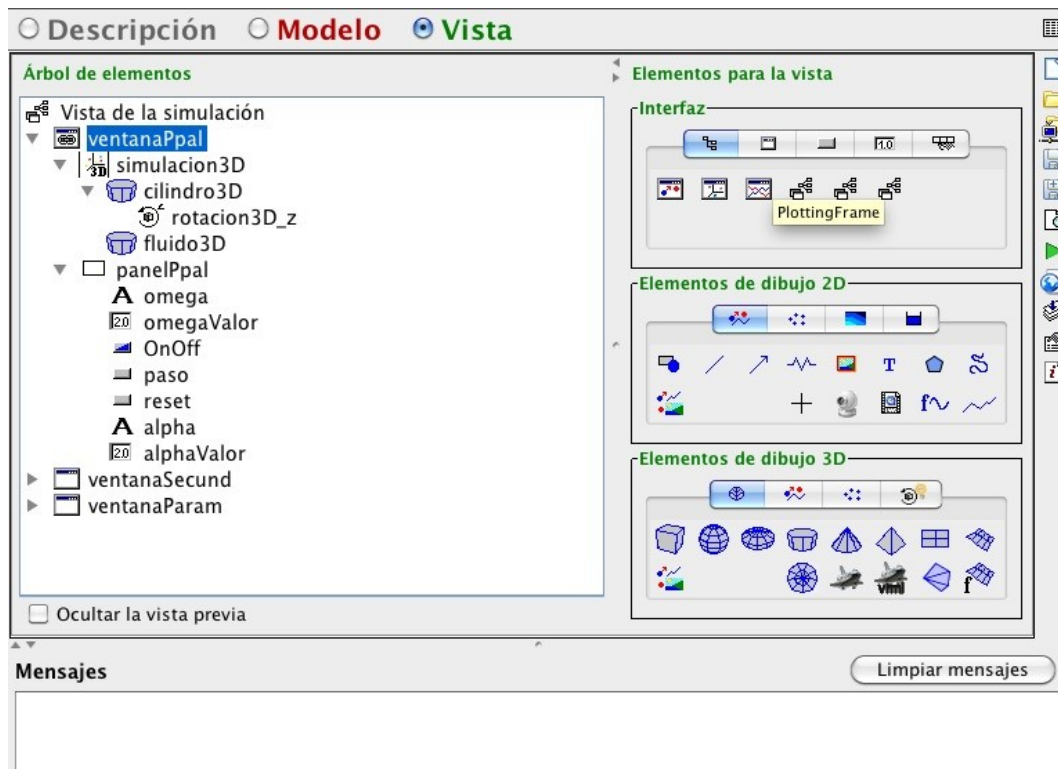


Figura 6.059.- PV ROTACIÓN. Vista de la ventana principal en forma de árbol

- ventanaSecund: es la ventana que complementa la principal en la simulación y es donde se muestra el fenómeno en 2D. Se marcará sobremanera la parábola debida a la rotación, que variará según las condiciones impuestas en cada caso por el usuario final.

En la parte inferior de esta ventana se muestran un campo donde se muestra el valor del vértice del paraboloides según las condiciones impuestas en cada caso por el usuario final; y en otro se permitirá al usuario variar el valor de la altura inicial del fluido sin rotación en términos de porcentaje y de esta manera variar las condiciones del problema. Todo ello en Sistema Internacional.

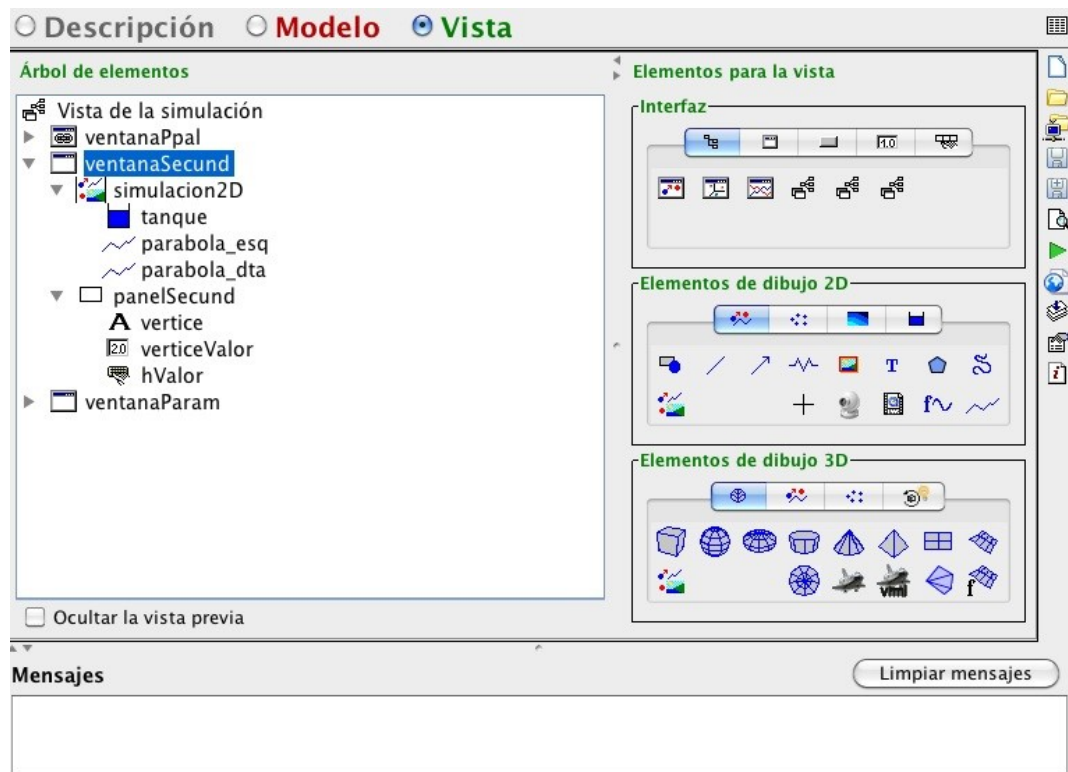


Figura 6.060.- PV ROTACIÓN. Vista de la ventana secundaria en forma de árbol

- ventanaParam: finalmente se implementó una tercera ventana de tipo informativa / interactiva, donde la simulación muestra tres campos. Todos ellos en Sistema Internacional:
 - En primer término, se indica al usuario que el valor de la altura del recipiente (**H**) no se puede modificar y se mantendrá constante en cualquier caso, con valor la unidad. También se permitirá al alumno ajustar el valor del radio del recipiente entre unos valores máximos / mínimos, **R**.
 - A continuación, se muestran dos valores informativos pero representativos en el experimento: el valor del volumen y el valor que va tomando la parábola de rotación en su rama derecha.
 - Por último, se indica al usuario de la simulación los pasos a seguir para el correcto funcionamiento de la experiencia, y en el orden lógico de ejecución.

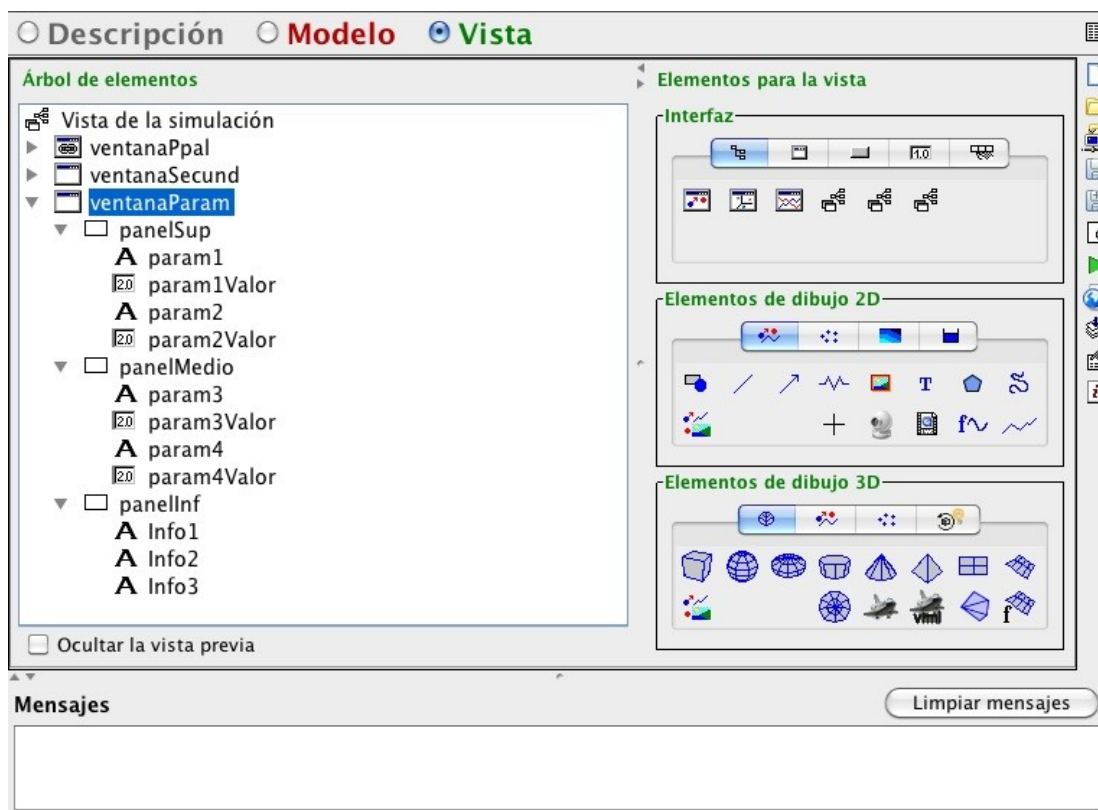


Figura 6.061.- PV ROTACIÓN. Vista de la ventana de los parámetros en forma de árbol

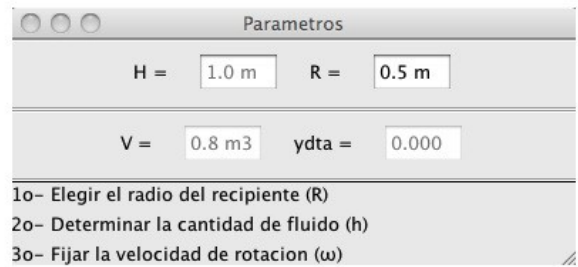
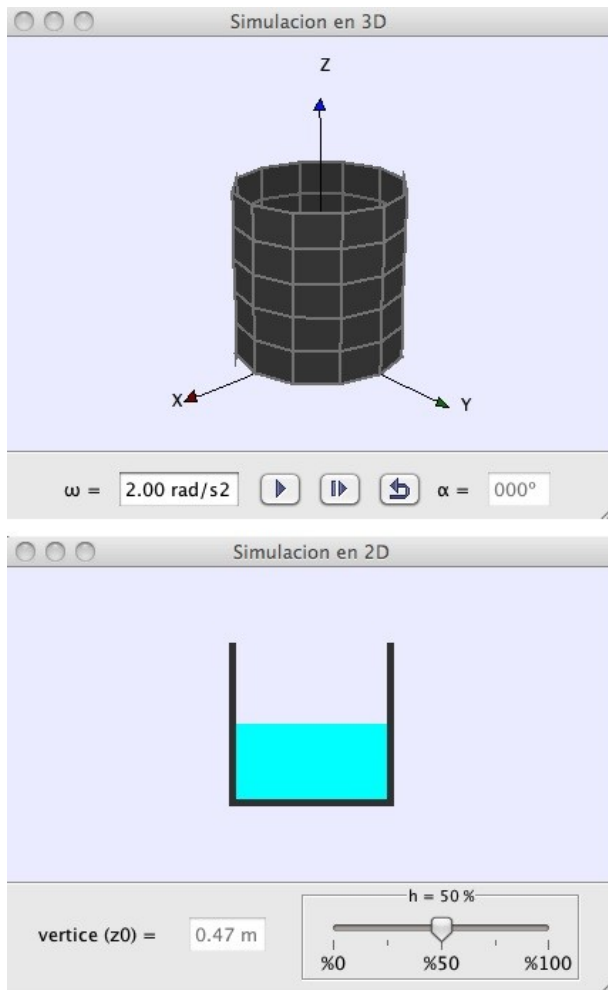


Figura 6.062.- PV ROTACIÓN. Ensayando la simulación

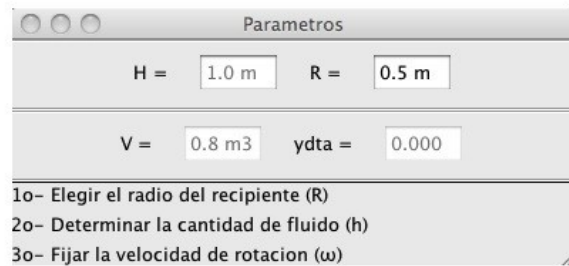
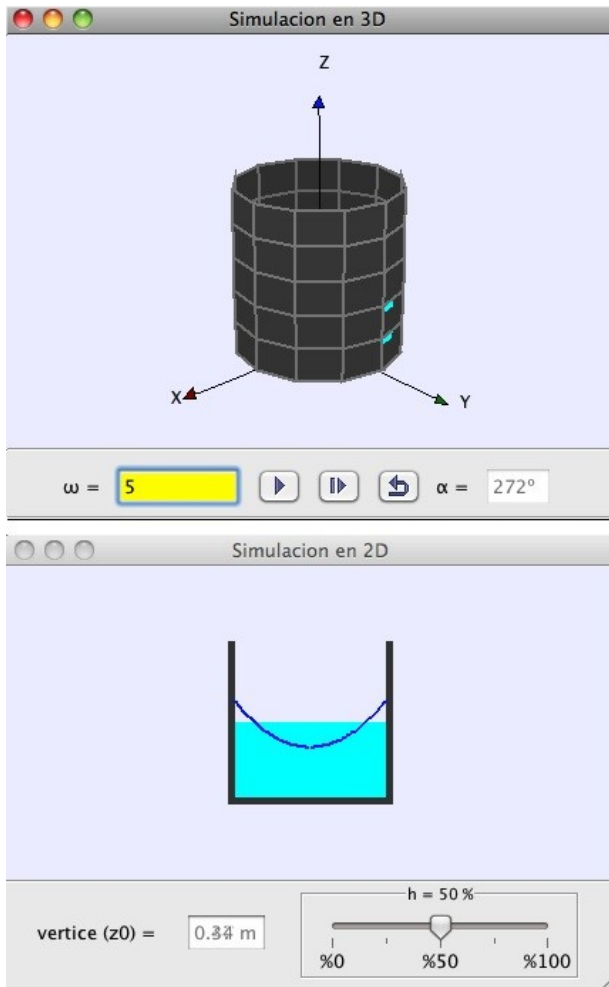


Figura 6.063.- PV ROTACIÓN. Ensayando la simulación

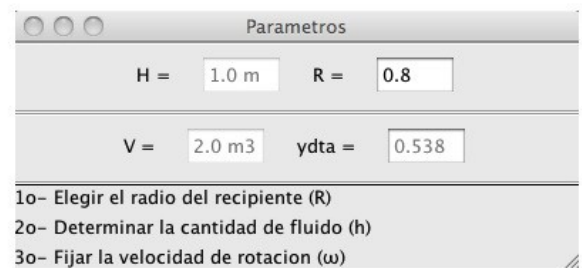
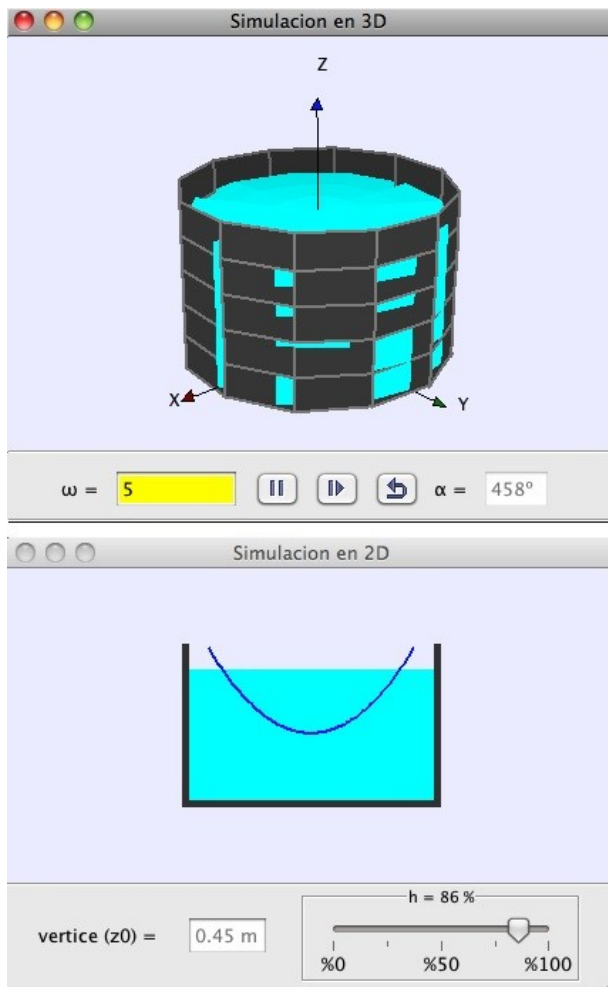


Figura 6.064.- PV ROTACIÓN. Ensayando la simulación

3.3. Interactuando con la simulación

Después de la explicación de los fundamentos teóricos de la “Rotación de masa fluidas” y una vez argumentado el desarrollo de la programación de la simulación, como todas las PV, utilizando el entorno *Java* a través de EJS, se expondrá una de las cuestiones más importante en la metodología virtual escogida: el aprovechamiento de la PV por parte del alumno.

Nuevamente, en esta PV, se remarca la enorme importancia de desarrollar simulaciones totalmente interactivas con el usuario final, ya que si el alumno no puede modificar parámetros o condiciones en las mismas no podrá valorar las repercusiones que tienen la elección en las magnitudes dependientes del fenómeno estudiado. Este hecho hace que el alumno pase de ser un mero observador a un “científico” que experimenta las consecuencias de sus actos, de esta manera conceptos contradictorios o erróneos son sacados a la luz para su correcta comprensión.

La Práctica Virtual (PV) de rotación de un fluidos (PV ROTACION) fue diseñada con el propósito de que el estudiante pudiese modificar ciertos valores fundamentales a la hora de estudiar la superficie libre que toma fluido cuando rota según el eje de simetría del recipiente contenedor. Este es el caso del radio del recipiente cilíndrico; la altura inicial de fluido (sin rotación) contenido en el recipiente de altura fija; y quizá la magnitud más influyente, la velocidad de rotación del fluido. A continuación se pasan a enumerar los parámetros modificables por el alumno:

- Radio del recipiente cilindro que contendrá al fluido, **R**. Mediante un campo numérico que permite valores entre mayores de 0.1 y menores que 1.
- Altura del fluido inicialmente en reposo, **h**. Mediante un barra deslizadora que permite mostrar la altura en términos de porcentaje respecto a la altura total del cilindro, **H**.
- Módulo del vector velocidad de rotación del recipiente y, por tanto, del fluido contenido en él, **ω** . Mediante un campo numérico.

Además de todas estas magnitudes existen otras de vital importancia que no se permiten modificar, en unos casos porque son dependientes de otras, por lo que su valor se modifican automáticamente, y en otros porque se consideró que por sencillez gráfica era mejor considerar constante en cualquier caso:

- Altura del recipiente cilindro que contendrá al fluido, **H**. Se decidió mantener su valor como la unidad y constante en cualquier caso. Esto fue debido a que gráficamente la ventana contenedora del cilindro 3D se distorsionaba claramente para algunos valores elevados de la altura, lo mismo acontecía en valores pequeños.
- Volumen del cilindro, **V**. Esta magnitud es función dependiente del radio y la altura por lo que se consideró que según los valores de estos últimos se mostraría el resultado del volumen pero no se permitiría su modificación directa.
- Altura del vértice del paraboloides, **z₀**. Como en el caso del volumen, su valor depende de los datos de velocidad y radio del cilindro, además de la gravedad terrestre. Por tanto, se consideró que según los valores de estos últimos se mostraría el resultado del vértice pero no se permitiría su modificación directa.
- Ángulo de giro, **α**. Se corresponde con el ángulo girado por el recipiente desde el inicio en reposo hasta que se forman las paredes del paraboloides (ramas de las parábola, en la simulación). Nuevamente es un dato simplemente indicativo y refleja el número de vueltas que da el recipiente, por lo que no tiene sentido su modificación directa.
- Gravedad terrestre, **g**. Se considerará de valor constante en cada caso debido a que la altura del recipiente es de valor un metro.

Se optó por mostrar, a través de ventanas de alertas, las situaciones que ocasionaban que el fluido desalojase el recipiente debido a las condiciones impuestas en el ensayo. Además también se indica de la misma manera el hecho de que el radio del recipiente no puede tener cualquier valor.

Como en el caso de PV LORENTZ, en PV ROTACIÓN se evaluaron las magnitudes con las que el usuario final puede interactuar directamente, como consecuencia de esto se recopilaron una serie de cuestiones posibles en las que alumno no solo debía observar la rotación en si, sino la comprobación mediante toma de datos de que lo observa es concordante con el fundamento teórico estudiado.

Se muestra a continuación alguna de los posibles ejercicios relativos a la PV ROTACIÓN, el texto subrayado muestra los parámetros modificables por el alumno:

1. Determinar la velocidad de rotación máxima para que un fluido contenido en un recipiente cilíndrico, de una altura y radio determinado, no desborde al exterior.
2. Dibujar las formas del paraboloides de revolución de un fluido contenido en un recipiente cilíndrico, de una altura y radio, que rota con una velocidad determinada.
3. Suponer un fluido contenido en un recipiente cilíndrico, de una altura y radio determinado. ¿Qué forma toma la superficie libre del mismo cuando este entra en rotación sobre le eje de simetría del recipiente?
4. ¿A qué fuerzas está sometida una partícula perteneciente a la superficie libre de un fluido contenido en un recipiente cilíndrico si este está abierto al exterior en su parte superior? ¿Y en el caso de que comience a rotar?
5. Suponer un fluido contenido en un recipiente cilíndrico, de una altura y radio determinado y constantes, que se pone a rotar respecto al eje del cilindro. ¿Qué puntos del paraboloides de revolución se mantienen a la misma altura independiente de la velocidad de rotación que se aplique al recipiente?
6. ¿Qué variable/s influye/n a la hora de determinar en que situación un recipiente cilíndrico derrama su contenido variable fluido cuando rota a distintas velocidades? Cómo se calcularía la posición del vértice del paraboloides que se forma.
7. Etc.

Todas estas cuestiones, y otras más, surgen gracias a la posibilidad de cambiar la mayoría de magnitudes que entran en juego la simulación. Cada grupo de alumnos que realizó la PV tuvo que responder a un 10 preguntas de una lista de cuestiones recopiladas para la práctica, siguiendo un orden totalmente arbitrario para cada grupo. Como en el caso de PV LORENTZ, se analizará el procedimiento de calificación de esta PV en capítulos posteriores.

Como en la simulación anterior, cada grupo de alumnos pudo realizar la PV en los ordenadores del Laboratorio, en el Aula de Informática de la Escuela, o en el propio hogar del estudiante.

Cabe destacar que, al igual que en todas las simulaciones, para el correcto desarrollo de las mismas se recomendó a los estudiantes que hubiesen estudiado y repasado los fundamentos teóricos de cada una de las experiencias con las que trabajar.

4. Ciclo de CARNOT

4.1. Base teórica

El estado de un gas ideal (p , V , T) queda determinado por su conocida Ecuación de Estado de los Gases Reales. Para cambiar de estado, los gases se pueden someter a procesos conocidos: isothermas, adiabáticas, isocoras, isóbaras, politrópicas. La construcción de procesos cíclicos, combinación de proceso conocidos, permite al investigador poder conocer de anticipado condiciones del gas en cuestión, aprovechar las energías en juego (trabajo o calor) ya que la variación de energía interna es nula, determinar el rendimiento del ciclo, etc.

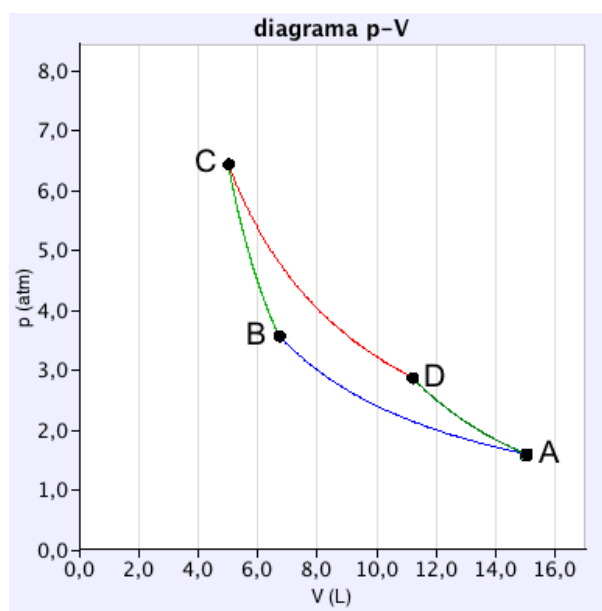


Figura 6.065.- Diagrama $p - V$ de un ciclo termodinámico

4.1.1. Hipótesis del Gas Ideal

Un gas ideal es aquel en el que, hipotéticamente, las moléculas no se perturban entre sí. Se postula para los gases perfectos la siguiente ecuación de estado:

$$pV = nRT$$

R : Constante Universal ($\approx 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

v : volumen molar = $\frac{V}{n}$

De esta manera, para un cierto estado (p, T, V) una vez fijada dos de las variables la tercera queda definida unívocamente.

Los gases que más se aproximan al comportamiento de gas ideal o perfecto son los monoatómicos a presión menor de 10 atm y a temperaturas mayores de 250 K.

Cuando un gas se considera como ideal su energía interna solo depende de la temperatura.

4.1.2. Máquinas Termodinámicas

Se denomina **máquina termodinámica** a un sistema que trabaja, de un modo cíclico, ente dos fuentes de calor a distinta temperatura (foco frío y foco caliente), produciendo o consumiendo, según el caso, trabajo y / o calor. Atendiendo a este aspecto se pueden distinguir dos tipos de máquinas termodinámicas:

- **MÁQUINAS TÉRMICAS:** son aquellas que siguen un ciclo "directo" o activo, por lo tanto su único objetivo es producir trabajo consumiendo calor.

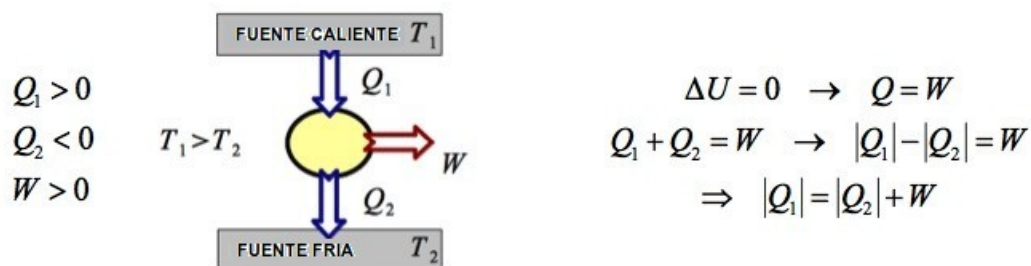


Figura 6.066.- Máquina térmica. Energías en juego

El rendimiento de una máquina térmica es el cociente entre la energía que se desea obtener (W) y la energía que cuesta obtenerla (Q_1). Otra forma de enunciar el 2º Principio de la Termodinámica es a través de este concepto: "el rendimiento de una máquina térmica es siempre menor que 1",

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1} = \frac{|Q_1| - |Q_2|}{|Q_1|} = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|} \Rightarrow \eta < 1$$

El 1º Principio de la Termodinámica permite $\eta = 1$. El 2º Principio demuestra que esto ($\eta = 1$) no es posible.

- MÁQUINA FRIGORÍFICA O BOMBA DE CALOR: son aquellas máquinas termodinámicas que siguen un ciclo "inverso" o pasivo en su desarrollo, por lo que tiene dos objetivos posibles: reducir la temperatura del foco frío (T_2) o bien aumentar la temperatura del foco caliente (T_1):

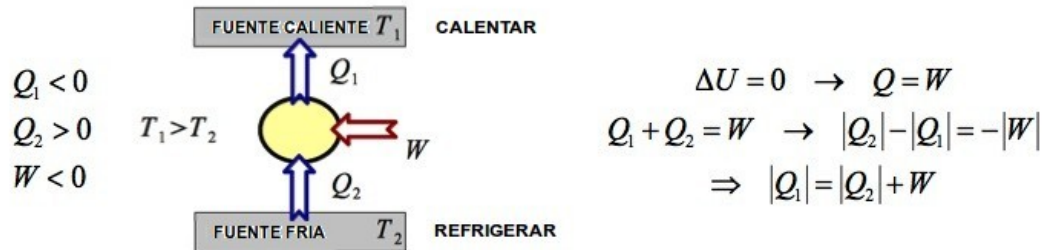


Figura 6.067.- Máquina frigorífica y bomba de calor. Energías en juego

Debido a la doble funcionalidad de las máquinas termodinámicas inversas no poseen un único rendimiento, se habla de coeficientes de operación. Se denomina eficiencia calorífica (η_{CAL}) al rendimiento del ciclo inverso entendido como máquina calefactora (bomba de calor), y eficiencia frigorífica (η_{FRIG}) al rendimiento del ciclo inverso entendido como máquina frigorífica:

$$\eta_{CAL} = \frac{|Q_1|}{|W|} = \frac{|Q_1|}{|Q_1| - |Q_2|} = \frac{1}{\eta} \quad \Rightarrow \quad \underline{\eta_{CAL} > 1}$$

$$\eta_{FRIG} = \frac{|Q_2|}{|W|} = \frac{|Q_1| - |W|}{|W|} = \frac{|Q_1|}{|W|} - 1 = \frac{|Q_1|}{|Q_1| - |Q_2|} - 1 = \frac{1}{\eta} - 1 \quad \Rightarrow \quad \underline{\eta_{FRIG} > 0}$$

Según el 1º Principio de la Termodinámica estas eficiencias podrían ser infinitas ya que el trabajo podría ser nula ($W = 0$).

4.1.3. Ciclo de CARNOT

El ciclo de CARNOT es un tipo de ciclo ideal para gases perfectos que produce el rendimiento máximo posible entre dos fuentes de temperatura distintas. Se puede demostrar que el rendimiento de esta máquina solo depende de las temperaturas de las fuentes de calor y no de las sustancias en juego. CARNOT trabaja entre dos isothermas y dos adiabáticas, y puede operar tanto en sentido directo como inverso.

El esquema del ciclo en un diagrama $p - V$ en sentido directo sería:

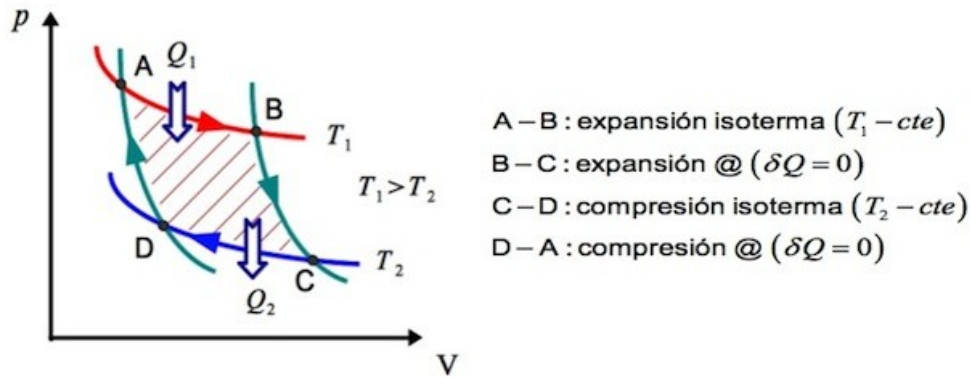


Figura 6.068.- Diagrama $p - V$ de un ciclo de CARNOT directo

Su rendimiento por definición , y en función de las temperaturas de operación:

$$\eta = \frac{W}{Q_1} = \frac{Q_1 + Q_2}{Q_1} = 1 + \frac{Q_2}{Q_1} \quad \Rightarrow \quad \eta = 1 - \frac{T_2}{T_1} = 1 - \frac{T^{frio}}{T^{caliente}}$$

El esquema del ciclo en un diagrama $p - V$ en sentido inverso sería:

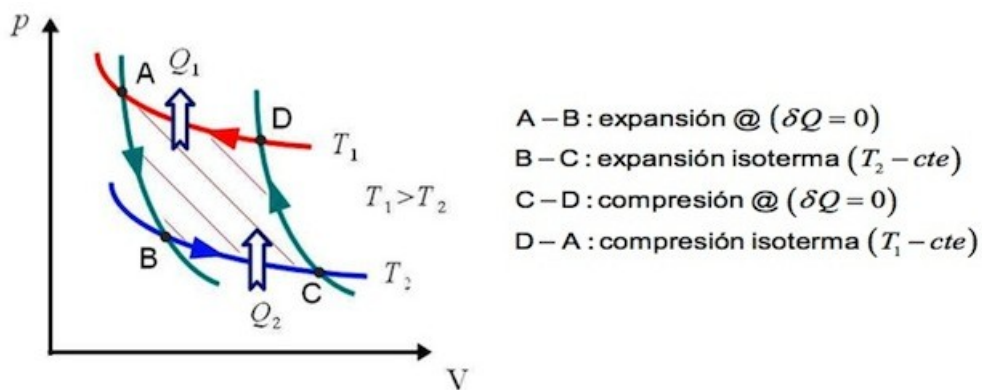


Figura 6.069.- Diagrama $p - V$ de un ciclo de CARNOT inverso

Bomba térmica:

$$\eta_{CAL} = \frac{|Q_1|}{|W|} = \frac{|Q_1|}{|Q_1| - |Q_2|} = \frac{T_1}{T_1 - T_2} = \frac{T^{caliente}}{T^{caliente} - T^{frio}} > 1$$

Máquina frigorífica:

$$\eta_{FRIG} = \frac{|Q_2|}{|W|} = \frac{|Q_2|}{|Q_1| - |Q_2|} = \frac{T_2}{T_1 - T_2} = \frac{T^{frio}}{T^{caliente} - T^{frio}} > 0$$

4.1.4. Motor de cuatro tiempos

Se denomina motor de cuatro tiempos al motor de combustión interna alternativo, tanto de ciclo de OTTO como del ciclo de DIESEL, que precisa cuatro carreras del pistón o émbolo, es decir, dos vueltas completas del cigüeñal, para completar el ciclo termodinámico de combustión: admisión, compresión, expansión y escape.

El recipiente se puede considera cilíndrico y sus partes son diversas:

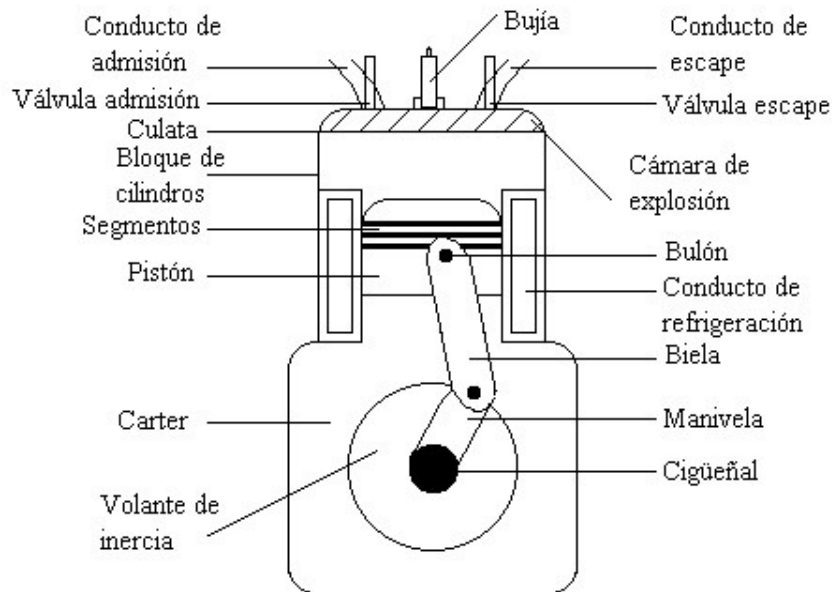


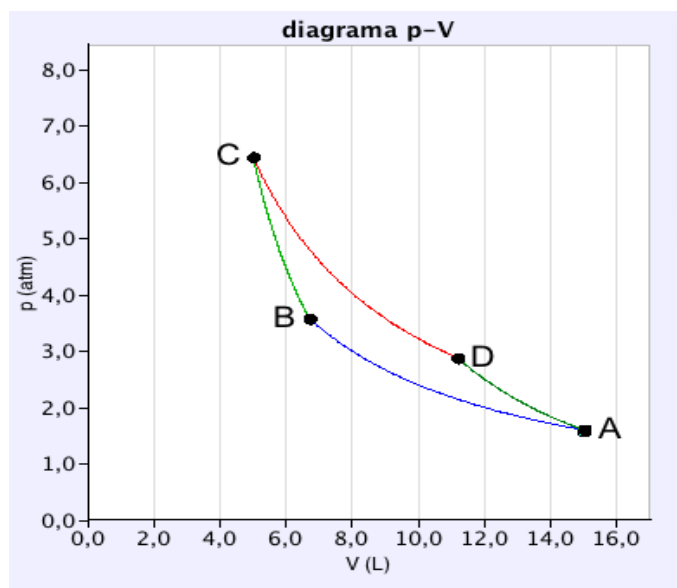
Figura 6.070.- Esquema de las partes de un motor de cuatro tiempos

Los tiempos del motor se pueden representar mediante procesos en un diagrama $p - V$, y así determinar los estados que sufre el gas dentro del cilindro en cada instante del movimiento del émbolo y cigüeñal.

En un caso ideal se podría representar el esquema de un ciclo de CARNOT en un motor de cuatro tiempos para poder calcular el rendimiento teórico máximo posible. En este caso no se considera la admisión y expulsión de gases en el estudio del ciclo ya que a nivel energético se anulan. De esta manera el movimiento del émbolo en compresión se traduce en dos procesos: uno isoterma en el foco frío y otro adiabático de compresión; y en el movimiento de expansión otros dos procesos: uno isoterma en el foco caliente y otro adiabático en expansión. Por tanto se completa el ciclo en una vuelta completa del volante de inercia. Todo esto es lo que se intentará reflejar en esta simulación.

4.2. Documentación de la programación

Se llevará a cabo una simulación en la que se mostrarán los distintos estados / procesos a los que se ve sometido un cierto gas ideal en un ciclo teórico de CARNOT, y se procurará mostrar la condición de cada proceso en un motor ideal. Se utilizarán los estados de referencia A, B, C y D, como los característicos del propio ciclo (figura 6.071). Será necesario determinar los focos entre los que trabaja el ciclo (denominados temperatura “fría” y “caliente”), así como el tipo de gas a partir de su coeficiente adiabático.



motor ideal



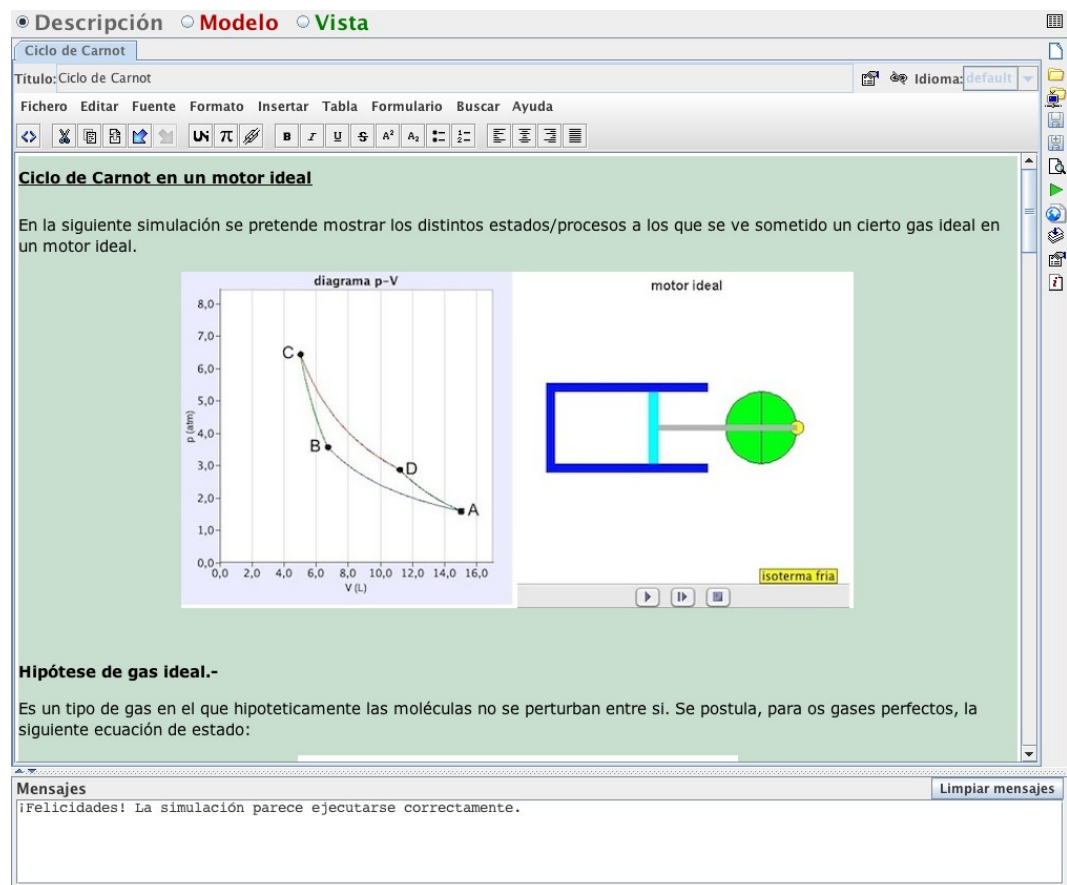
isoterma fría



Figura 6.071.- PV CARNOT. Simulación

El trabajo de implementación se dividirá en tres partes perfectamente relacionadas: **Descripción; Modelo; Vista.**

- **Descripción o Introducción.**- explicación introductoria de la teoría necesaria para el desarrollo de la simulación, en este caso sobre el ciclo de CARNOT. La base teórica ha sido desarrollada en el apartado 4.1 de este capítulo. Con el editor HTML, se incluirá un título de la página, permitiendo la posible exportación del contenido, por ejemplo, a una página *web*. En este caso:



Ciclo de Carnot en un motor ideal

En la siguiente simulación se pretende mostrar los distintos estados/procesos a los que se ve sometido un cierto gas ideal en un motor ideal.

diagrama p-V

motor ideal

Hipótesis de gas ideal.-

Es un tipo de gas en el que hipotéticamente las moléculas no se perturban entre si. Se postula, para os gases perfectos, la siguiente ecuación de estado:

Mensajes
¡Felicidades! La simulación parece ejecutarse correctamente.

Figura 6.072.- PV CARNOT. Descripción

- **Modelo.**- se definieron las ecuaciones de evolución dinámica del sistema formado por una parte por el **motor** en movimiento, y por otra por el **diagrama $p - V$** que muestra el ciclo de CARNOT. A continuación se expondrán los seis apartados del modelo: variables, inicialización, evolución, relaciones fijas, propio y elementos
 - Las variables definidas se dividieron según las siguientes categorías: Cilindro CTE. Termodinámicas. Cinemáticas. Cilindro. Mas. Instrucciones.

Por una parte se refieren a las dimensiones del motor (cilindro), a las variables termodinámicas (presión, volumen, temperatura, mol, rendimiento, constantes, etc.), a las magnitudes cinemáticas tanto del movimiento del motor con el del punto en el diagrama $p - V$, a los datos del cilindro del motor (longitud, superficie, volumen), también a algunas variables como el color de los procesos, y, por último, las instrucciones pautadas que debe seguir el usuario final de la simulación.

The screenshot shows a software interface with the following structure:

- Top navigation: **Descripción** (selected), **Modelo**, **Vista**
- Sub-navigation: **Variables** (selected), **Inicialización**, **Evolución**, **Relaciones fijas**, **Propio**, **Elementos**
- Tabbed interface: **Cilindro CTE** (selected), **Termodinamicas**, **Cinematicas**, **Cilindro**, **mas**, **Instrucciones**
- Table with 4 columns: Nombre, Valor inicial, Tipo, Dimensión
- Bottom section: Comentario, Comentario Página, Mensajes, and a button 'Limpiar mensajes'

Nombre	Valor inicial	Tipo	Dimensión
r	40	double	
Hm	5	double	
Lm	155	double	
He	$2*r$	double	
Le	10	double	
Hc	$2*r+20$	double	
Lc	180	double	
Gc	10	double	
xvc	80	double	
yvc	0	double	

Figura 6.073.- PV CARNOT. Modelo. Variables Cilindro CTE

Descripción
 Modelo
 Vista

Variables
 Inicialización
 Evolución
 Relaciones fijas
 Propio
 Elementos

Cilindro CTE
 Termodinámicas
 Cinematicas
 Cilindro
 mas
 Instrucciones

Nombre	Valor inicial	Tipo	Dimensión
n	1	int	
R_atmL	0.08205746	double	
R_J	8.314472	double	
R_cal	1.987207	double	
Tf_C	20	double	
Tf	Tf_C+273	double	
DT	100	double	
Tq_C	Tf_C+DT	double	
Tq	Tf+273	double	
		double	
rend	$1 - (Tf / Tq)$	double	
		double	
gamma	2	double	
cteTf	$n * R_atmL * Tf$	double	
cteTq	$n * R_atmL * Tq$	double	
		double	
VA	15	double	
VC	5	double	
		double	
pA	$cteTf / VA$	double	
pC	$cteTq / VC$	double	
		double	
ctead1	$pC * Math.pow(VC, gamma)$	double	
ctead2	$pA * Math.pow(VA, gamma)$	double	
		double	
VB	$Math.pow(ctead1 / cteTf, 1 / (gamma - 1))$	double	
pB	$cteTf / VB$	double	
		double	
VD	$Math.pow(ctead2 / cteTq, 1 / (gamma - 1))$	double	
pD	$cteTq / VD$	double	
		double	
cal_J	4.1868	double	
J_cal	0.239	double	

Comentario

Comentario Página

Mensajes Limpia mensajes

Figura 6.074.- PV CARNOT. Modelo. Variables Termodinámicas

Descripción
 Modelo
 Vista

Variables
 Inicialización
 Evolución
 Relaciones fijas
 Propio
 Elementos

Cilindro CTE
 Termodinamicas
 Cinematicas
 Cilindro
 mas
 Instrucciones

Nombre	Valor inicial	Tipo	Dimensión
t	0	double	
		double	
rpm	1	double	
rps	rpm/60	double	
alfa	0	double	
d_alfa	2*Math.PI*rps	double	
		double	
tT	1/rps	double	
		double	
beta	0	double	
		double	
pos	{xvc+r,0}	double	[2]
		boolean	
ptop	pA	double	
ptov	VA	double	
d_ptov		double	
velptov		double	

Comentario

Comentario Página

Mensajes Limpiar mensajes

Figura 6.075.- PV CARNOT. Modelo. Variables Cinemáticas

Descripción
 Modelo
 Vista

Variables
 Inicialización
 Evolución
 Relaciones fijas
 Propio
 Elementos

Cilindro CTE
 Termodinamicas
 Cinematicas
 Cilindro
 mas
 Instrucciones

Nombre	Valor inicial	Tipo	Dimensión
L_c		double	
H_c		double	
V_c		double	
		double	
V_g	VA	double	

Comentario

Comentario Página

Mensajes Limpiar mensajes

Figura 6.076.- PV CARNOT. Modelo. Variables Cilindro

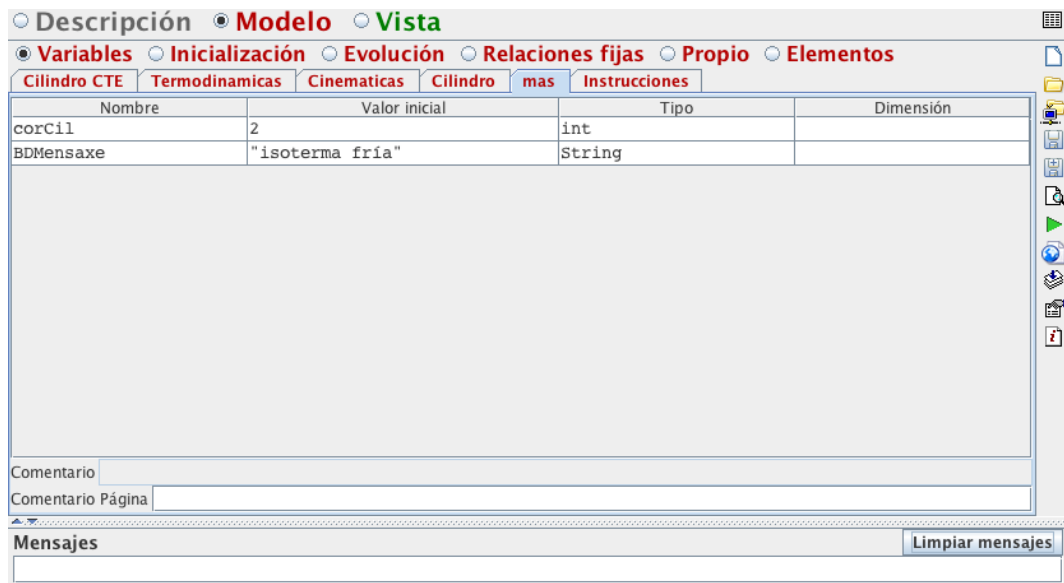


Figura 6.077.- PV CARNOT. Modelo. Otras variables a considerar

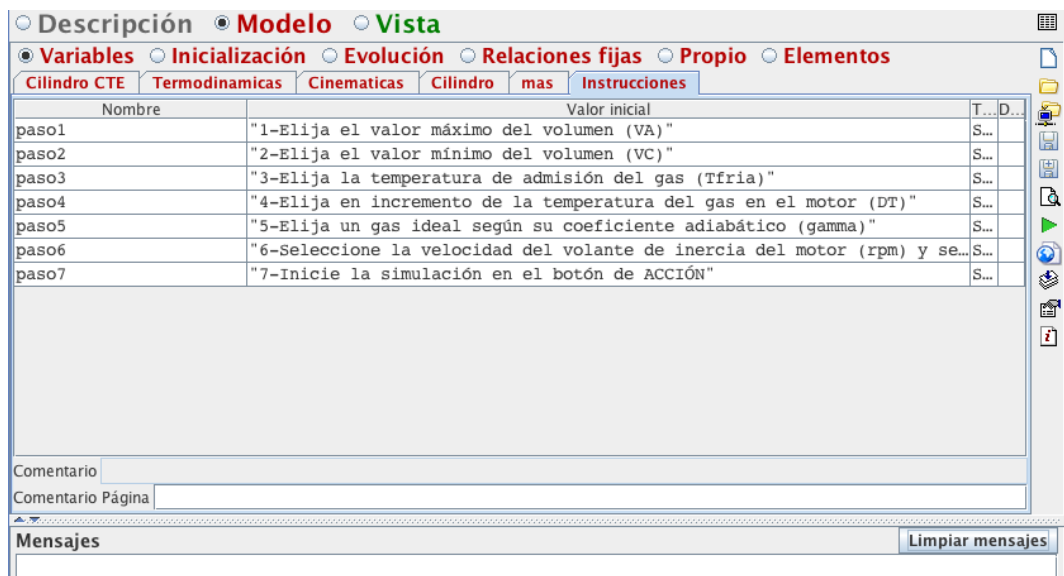


Figura 6.078.- PV CARNOT. Modelo. Variables Instrucciones (a seguir por el usuario)

- Se definieron las condiciones de inicio de las variables termodinámicas, en inicialización.

```

// numero de moles constante
n = 1;

// valores de R segun unidades
R_atmL = 0.08205746;
R_J = 8.314472;
R_cal = 1.987207;

// temperaturas "fria" y "caliente" en el motor
Tf_C = 20;
Tf = Tf_C + 273;
DT = 100;
Tq_C = 20 + DT;
Tq = Tq_C + 273;;

```

Figura 6.079.- PV CARNOT. Modelo. Inicialización

- En evolución se implementaron las ecuaciones fundamentales del movimiento del motor y de la generación del ciclo de CARNOT, según las condiciones del problema.

Para ello se crearon dos páginas:

Una de ellas muestra las ecuaciones del movimiento de giro del motor. Ver figura 6.080.

La otra impone las condiciones para relacionar el movimiento del motor con el punto (p, V) en cuestión, representado en el diagrama $p - V$. Se mostrará dicho punto ($p_{top}V$) recorriendo el ciclo de CARNOT que se “dibujará” en función de los datos de entrada del problema. Ver figura 6.081.

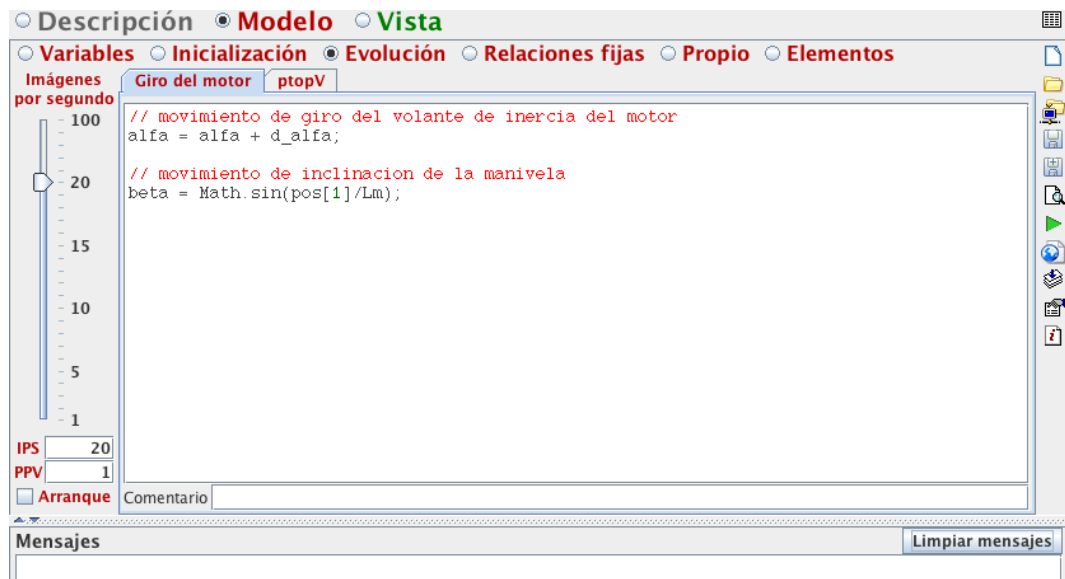


Figura 6.080.- PV CARNOT. Modelo. Evolución del giro del motor

- A continuación se definieron las funciones y magnitudes que se mantendrán fijas durante el desarrollo de la animación.

Se crearon 5 páginas de relaciones fijas:

- Rotación motor: determinación del giro del elemento Volante + Biela, es decir, la rotación del grupo Manivela; la posición asociada del **ptopV** en el diagrama **p – V** del ciclo de CARNOT; el cálculo de las revoluciones por segundo (**rps**); el incremento del ángulo de giro en cada segundo (**dalfa**); el tiempo que le lleva al motor girar un ciclo en función de las revoluciones por minuto del motor (**tT**) (figura 6.082).

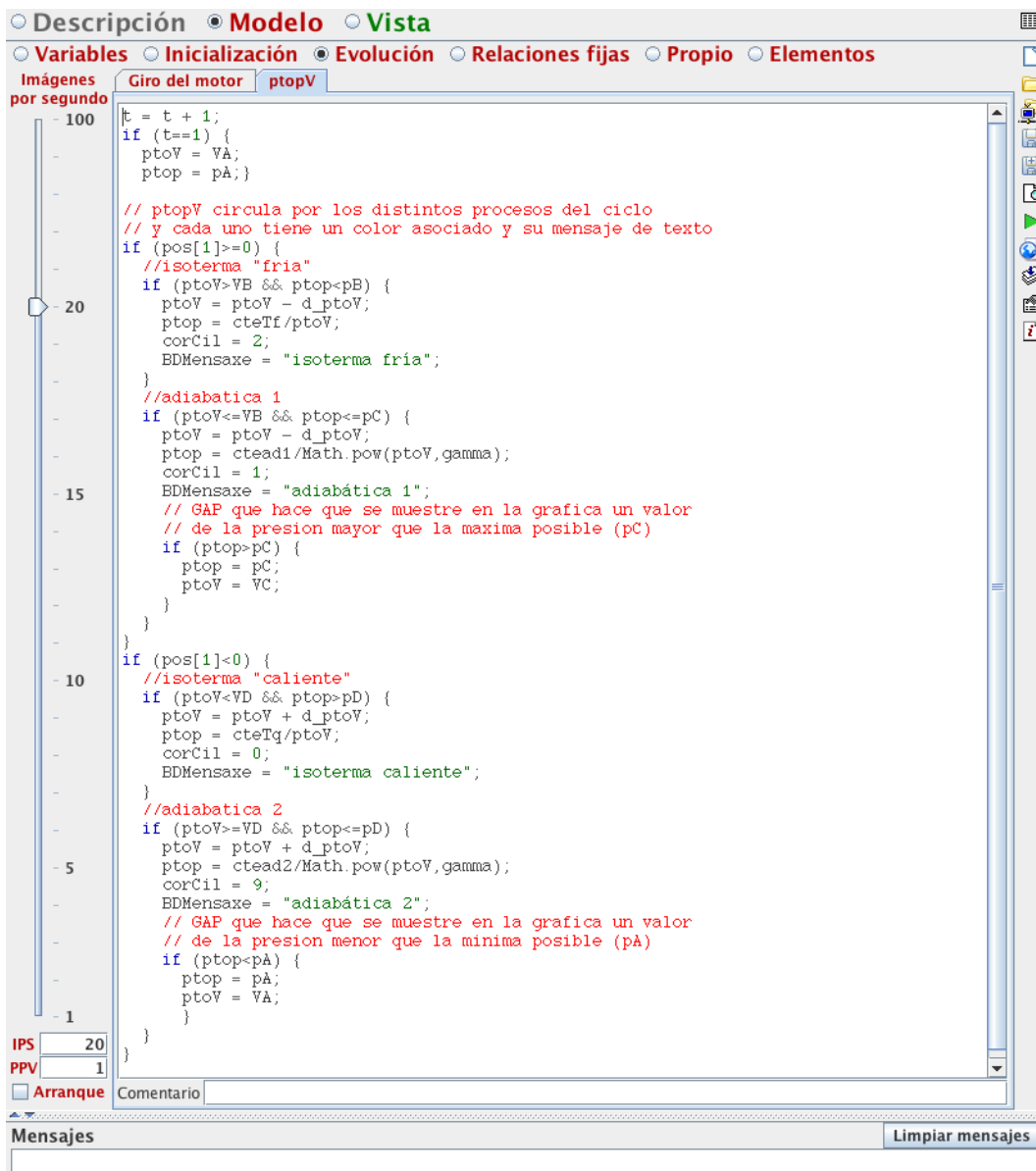


Figura 6.081.- PV CARNOT. Modelo. Evolución del punto móvil del diagrama $p - V$

```

Descripción ● Modelo ○ Vista
○ Variables ○ Inicialización ○ Evolución ● Relaciones fijas ○ Propio ○ Elementos
Rotacion Motor Relaciones Motor Termodinamica ptopV Condiciones Limite

// rotacion del grupo VoanteUnion
java.awt.geom.AffineTransform rot1 =
  java.awt.geom.AffineTransform.getRotateInstance(alfa);
_view.VoanteUnion.setTransformation(rot1);

// la posicion de ptopV esta asociada al movimiento de
// la union "amarilla" (manivela-biela) (x,y)
pos = _view.VoanteUnion.toSpaceFrame(new double[] {r,0});

// rotacion del grupo Manivela
java.awt.geom.AffineTransform rot2 =
  java.awt.geom.AffineTransform.getRotateInstance(beta);
_view.Manivela.setTransformation(rot2);

// calculo de:
// rps : revoluciones por segundo
// dalfa : incremento del angulo de giro en cada segundo
// tT : tiempo total que le lleva al motor girar un ciclo
// en funcion de las revoluciones por minuto del motor
rps = rpm / 60;
d_alfa = 2*Math.PI*rps;
tT = 1/rps;

Comentario
Mensajes Limpiar mensajes

```

Figura 6.082.- PV CARNOT. Modelo. Relaciones fijas. Rotación del motor

- Relaciones motor: cálculo de las dimensiones efectivas del émbolo y cilindro del motor cuando se varían los parámetros del mismo.

```

Descripción ● Modelo ○ Vista
○ Variables ○ Inicialización ○ Evolución ● Relaciones fijas ○ Propio ○ Elementos
Rotacion Motor Relaciones Motor Termodinamica ptopV Condiciones Limite

// dimensiones del embolo y cilindro (efectivas) cuando se varia
// los parametros del motor
He = 2 * r;
Hc = 2 * r + 20;

L_c = Math.abs(-150-(pos[0]-Lm-Le));
H_c = 2 * r;
V_c = (Math.PI/4)*L_c*H_c*H_c;

Comentario
Mensajes Limpiar mensajes

```

Figura 6.083.- PV CARNOT. Modelo. Relaciones fijas. Relaciones del motor

- Termodinámica: relación de las variables de estado a través de la ecuación de estado y de las ecuaciones de los procesos isotermos y adiabáticos. Además, se calcula el rendimiento del ciclo propuesto y el volumen instantáneo del gas en el cilindro del motor.

```

// Relacion de las variables de estado  a traves de la ecuacion de estado

// A - estado inicial e admision de gases no motor, Vmax pmin
// B - estado intermedio e inicio da compresion adiabatica
// C - estado intermedio no final do percorrido do motor, volume minimo, Vmin pmax
// D - estado intermedio e inicio da expansion adiabatica
// A'- estado final e expulsion de gases no motor, Vmax pmin

// p : dependiente de V
// n : cte (1 mol)
// R: cte

// Vmax, Vmin, Tinical, DT : introducidas por el usuario

Tq_C = Tf_C + DT;
Tf = Tf_C + 273;
Tq = Tq_C + 273;

cteTf = n*R_atmL*Tf;
cteTq = n*R_atmL*Tq;

pA = cteTf/VA;
pC = cteTq/VC;

ctead1 = pC*Math.pow(VC,gamma);
ctead2 = pA*Math.pow(VA,gamma);

VB = Math.pow(ctead1/cteTf,1/(gamma-1));
pB = cteTf/VB;

VD = Math.pow(ctead2/cteTq,1/(gamma-1));
pD = cteTq/VD;

//valor do rendimento
rend = 1 - (Tf / Tq);

// calculo del volumen instantaneo del gas en el cilindro
if (t==0){V_g = cteTf/pA;}
else {V_g = ptoV;}

```

Figura 6.084.- PV CARNOT. Modelo. Relaciones fijas. Termodinámica

- ptopV: estimación de la velocidad del punto móvil sobre el diagrama de CARNOT (**ptopV**) en función de la rapidez del movimiento de giro del motor; el incremento de la coordenada x de dicho punto en función de los valores límites del volumen (máximo y mínimo) y la velocidad de giro del motor.

```

// velocidad del ptopV en funcion de la rapidez del movimiento
//de giro del motor
velptoV = Math.abs(VC-VA) / tT;

// incremento de V del ptopV en funcion de los valores limites del
//volumen (VA y VC)y la velocidad de giro del motor
d_ptoV = Math.abs(VC-VA)* d_alfa / Math.PI;

```

Figura 6.085.- PV CARNOT. Modelo. Relaciones fijas. Punto ptopV

- Condiciones límite: valores límite de la simulación que no permitan iniciar la misma bien por las dimensiones del cilindro, por la velocidad de giro del motor, por los volúmenes y/o temperaturas introducidas por el usuario, o en el caso de que los valores de los estados referencia (A, B, C y D) y el coeficiente adiabático del gas no permitan la generación de un ciclo de CARNOT.

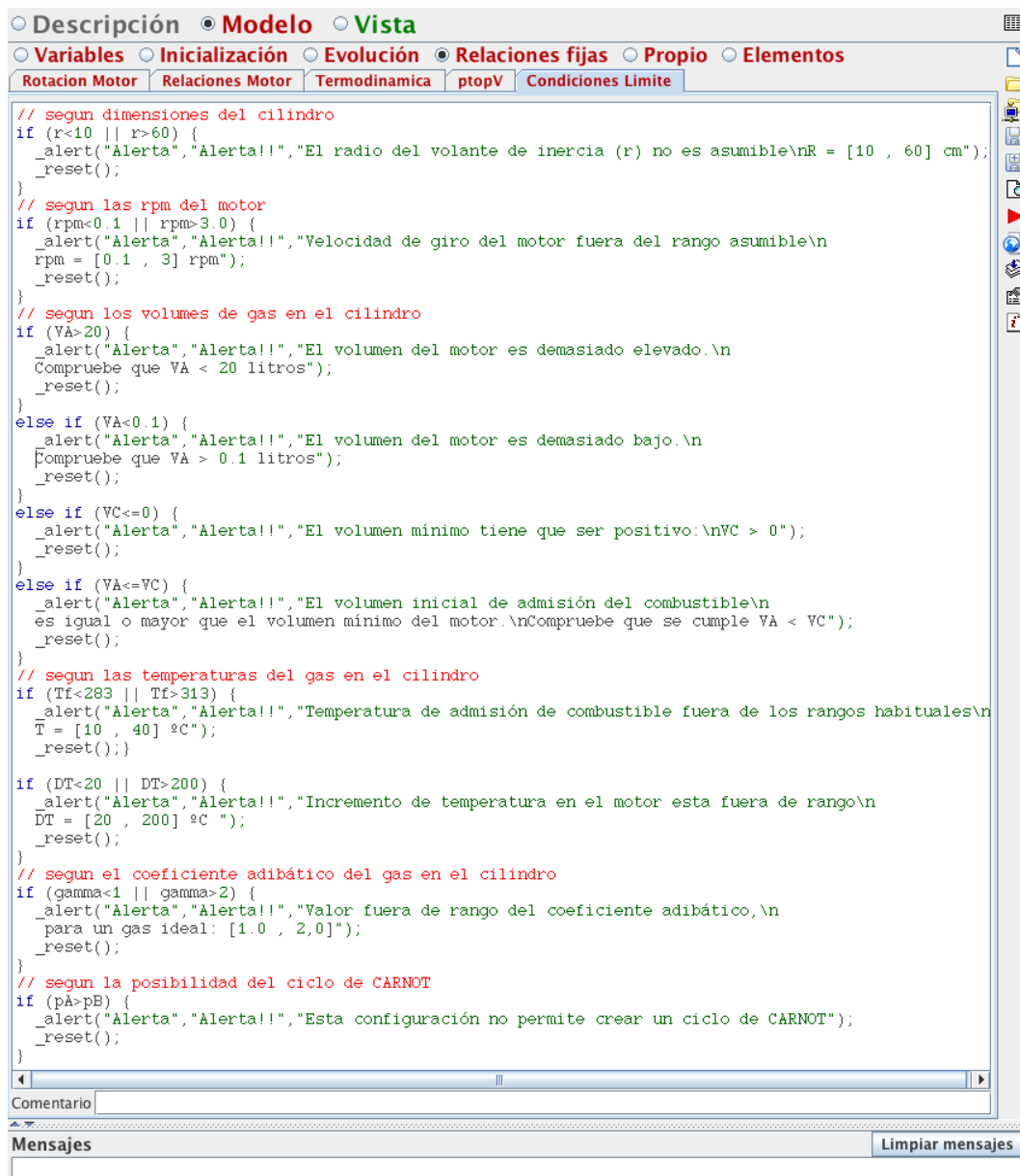


Figura 6.086.- PV CARNOT. Modelo. Relaciones fijas. Condiciones límite

- Para esta simulación no se usaron funciones, ni métodos propios, en el apartado propio.
 - Tampoco se han utilizado elementos externos a EJS en el apartado elementos.
- **Vista.**- se generó la interfaz gráfica, en estructura jerárquica tipo árbol, con la que el usuario interactúa con la simulación.

La vista de la animación se muestra en cuatro ventanas: tres ellas interactivas y una simplemente informativa. El alumno podrá generar un ciclo de CARNOT en función de una serie de parámetros introducidos por el mismo, éstos son: el volumen máximo (**VA**) y el mínimo (**VC**) que tendrá el gas durante todo el ciclo; la temperatura mínima (**Tfria**) y el incremento de temperatura a la que se someterá el gas en el propio ciclo / motor (**ΔT**); el coeficiente adiabático del gas introducido en el motor (**γ**); y la velocidad de giro del motor en revoluciones por minuto (**rpm**). El resto de magnitudes de presión, volumen, temperatura de los estados referencia, el rendimiento del ciclo y el volumen instantáneo del gas se determinarán a partir de las cantidades introducidas manualmente por el usuario que se acaban de enumerar.

- ventanaPpal: la primera de las ventanas muestra tanto el motor en acción (movimiento) y la consecuente representación en un diagrama $p - V$ de los distintos estados que sufre el gas dentro del cilindro. Dos *frames* constituyen la ventana principal.

Dentro de esta ventana, a parte de la animación en si (panelSimulacion), en su parte inferior se muestran los botones que ejecutan, pausan y reinician la aplicación (panelBoton); en el panel de la simulación se divide en vertical la simulación del diagrama $p - V$ y la simulación del movimiento del motor.

Destacar que en el diagrama aparecerá un punto (**ptopV**) que se moverá al unísono que el motor recorriendo los estados / procesos a los que se somete el gas en el ciclo de CARNOT. Consecuente con estos procesos el panel del motor indicará en su esquina inferior – izquierda el proceso en el que se encuentra el ciclo textualmente. Los colores del cilindro del motor también cambiarán según el proceso en el que se encuentre el gas.

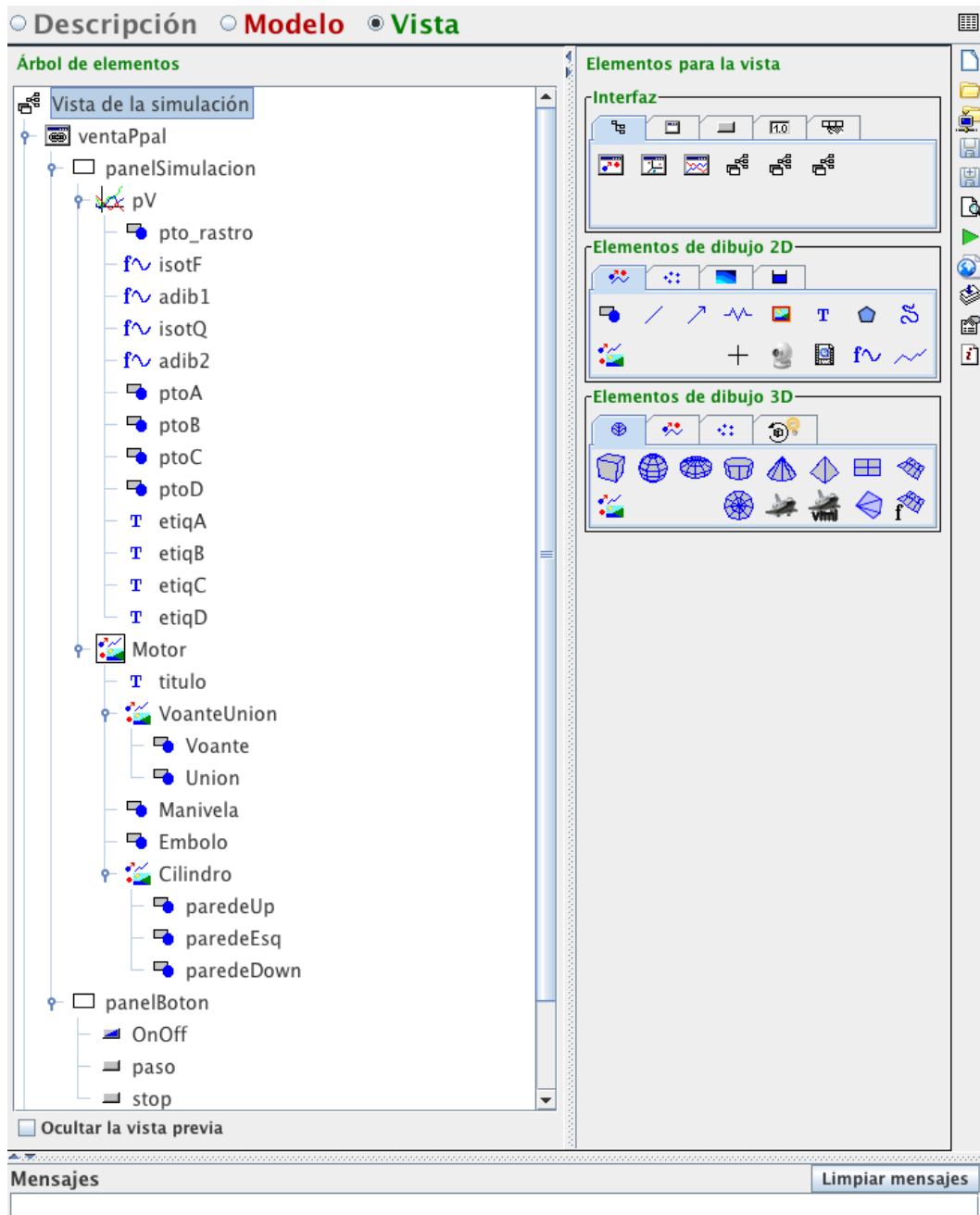


Figura 6.087.- PV CARNOT. Vistas de la ventana principal en forma de árbol

- VentanaParamMotor: ventana informativa / interactiva en la que se puede introducir el valor de la velocidad de giro del motor (**rpm**). Además se muestra, a partir de los datos termodinámicos del problema, el valor del rendimiento del motor y el valor instantáneo del volumen del gas en el cilindro.

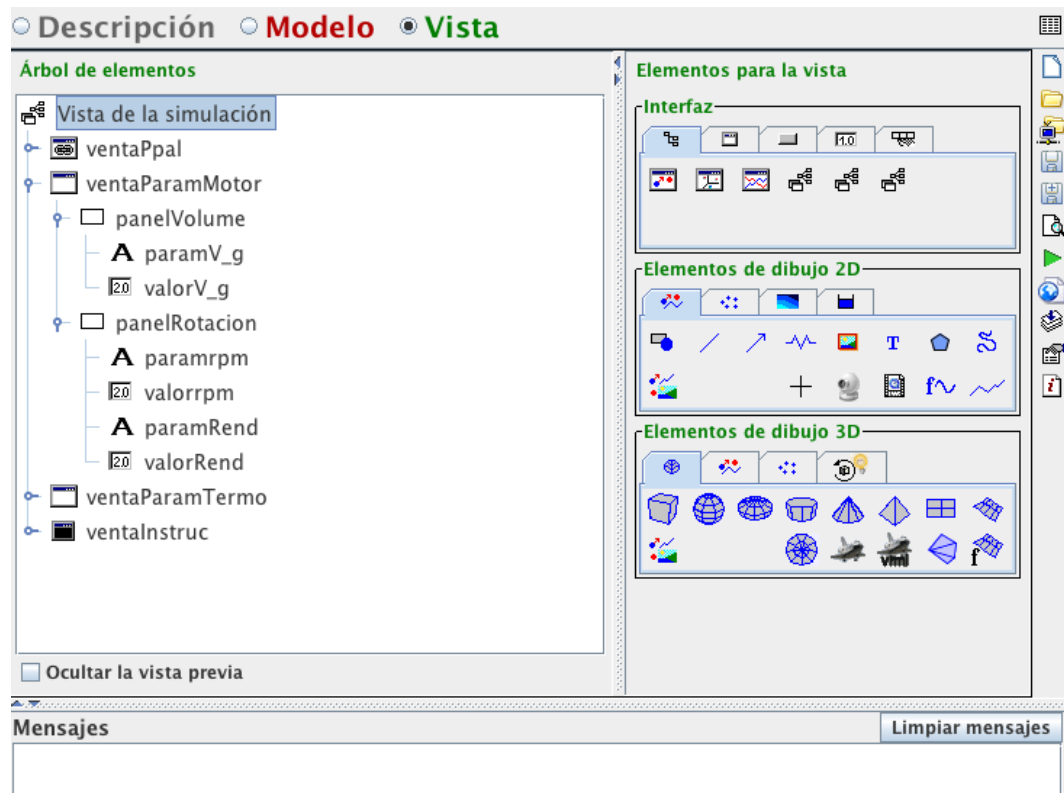


Figura 6.088.- PV CARNOT. Vistas de la ventana de parámetros del motor en forma de árbol

- ventanaParamTermo: se implementó una tercera ventana de tipo informativa / interactiva, donde se introducen los parámetros termodinámicos escogidos por el usuario, en unidades respectivas (ver figura 6.090):
 - panelEstados: etiquetas de los estados vértice, o referencia, del ciclo de CARNOT generado (A, B, C, D).

- panelp, panelV: valores de presión y volumen de los estados referencia del ciclo. El usuario introducirá los valores máximo y mínimo del volumen del gas (**VA**, **VC**), a partir de estos se mostrarán los valores restantes.
 - panelT: muestra los valores de las temperaturas de los focos del ciclo de CARNOT: temperatura mayor (**Tcaliente**), incremento de la temperatura el ciclo (**ΔT**) y temperatura menor (**Tfria**), las dos últimas introducidas por el propio usuario.
 - Paneladiab: por último, se pide al usuario que introduzca un valor para el coeficiente adiabático que caracteriza el gas ideal introducido en el motor.
- ventanalInstruc: ventana totalmente informativa que indica al usuario los pasos a seguir a la hora de ejecutar las simulación.

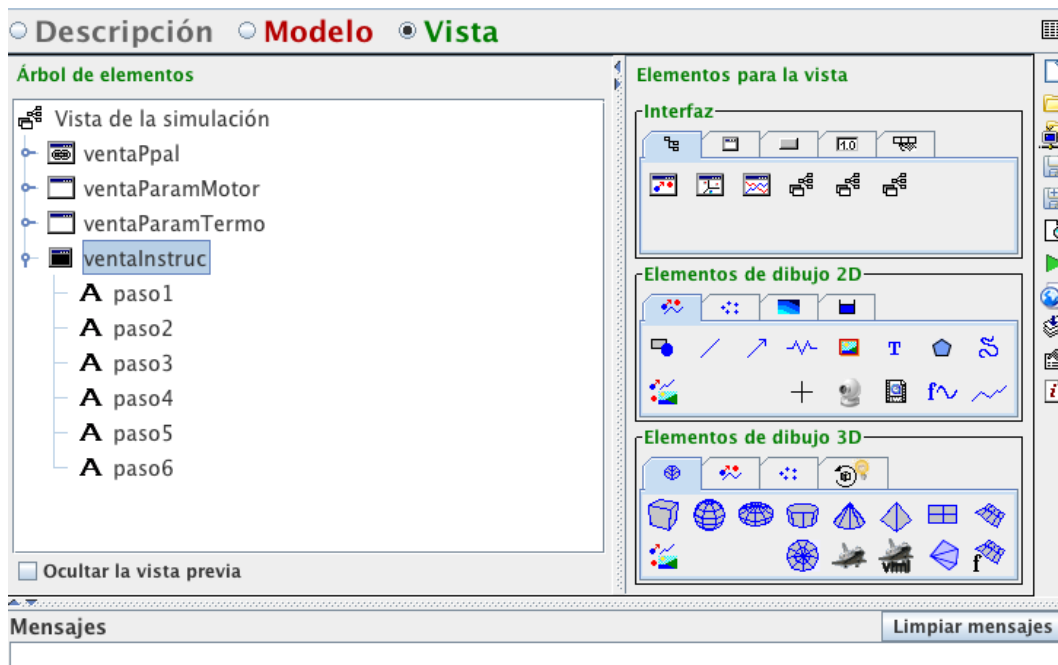


Figura 6.089.- PV CARNOT. Vistas de la ventana de las instrucciones de funcionamiento de la simulación en forma de árbol

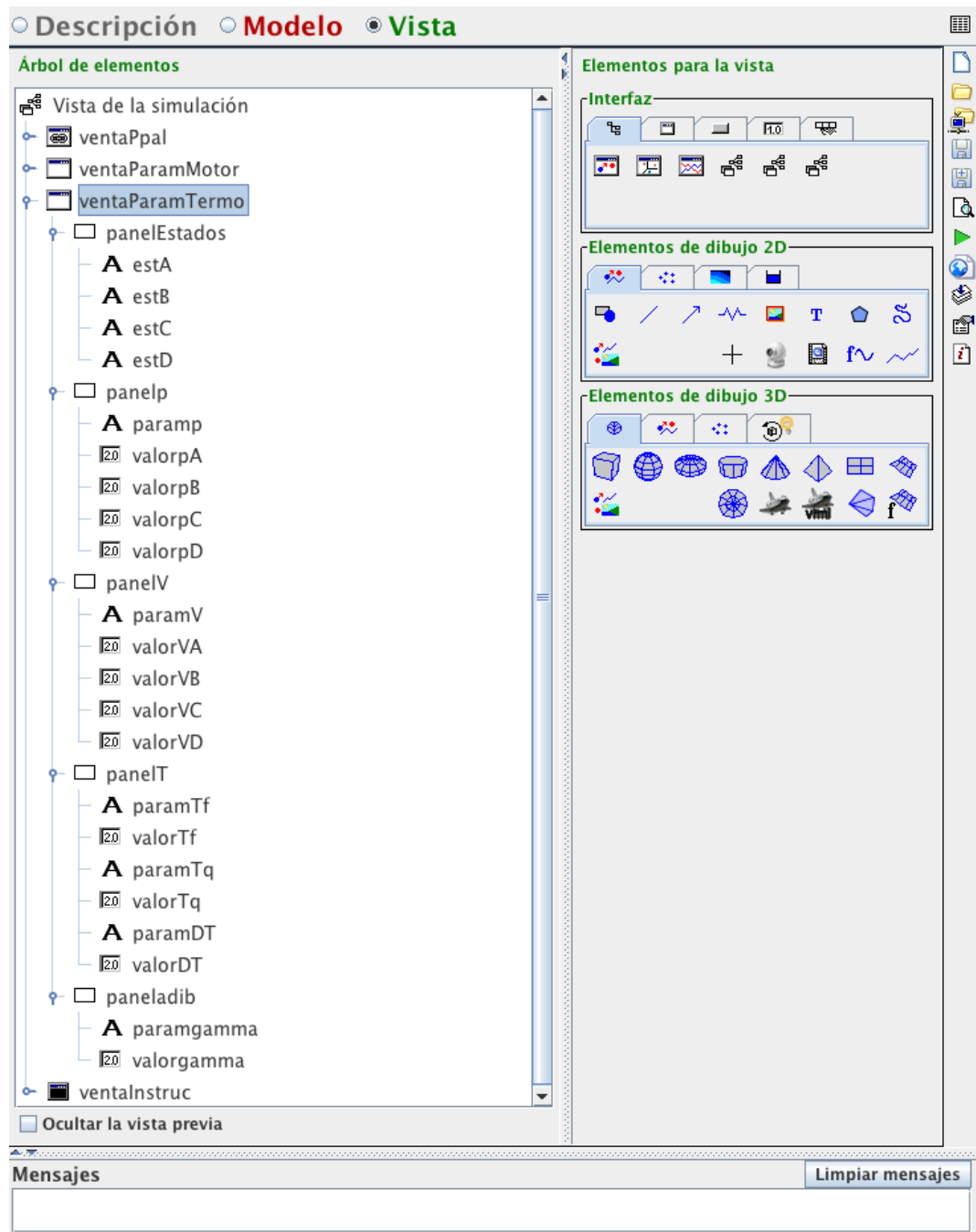


Figura 6.090.- PV CARNOT. Vistas de la ventana de parámetros termodinámicos en forma de árbol

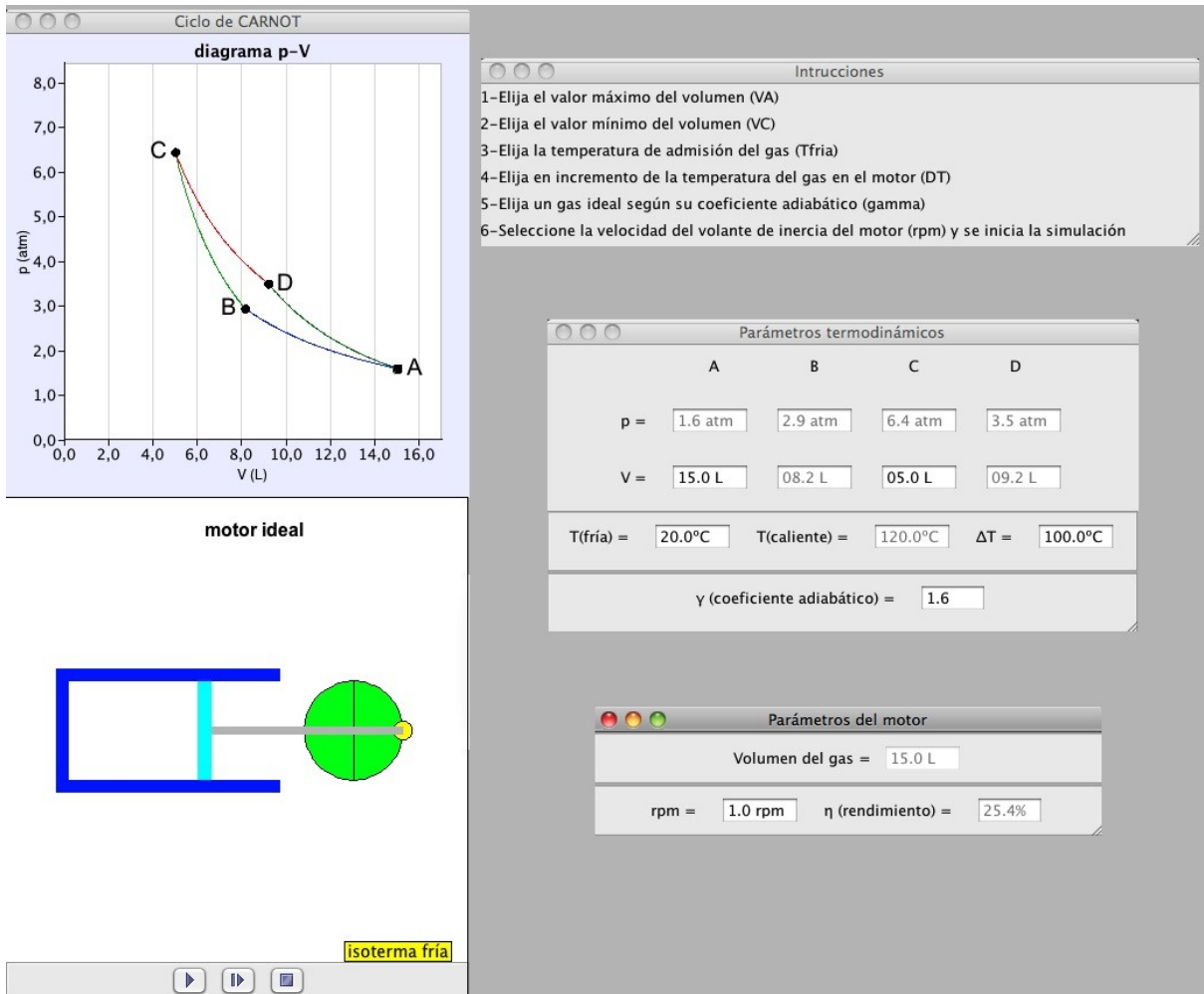


Figura 6.091.- PV CARNOT. Ensayando la simulación

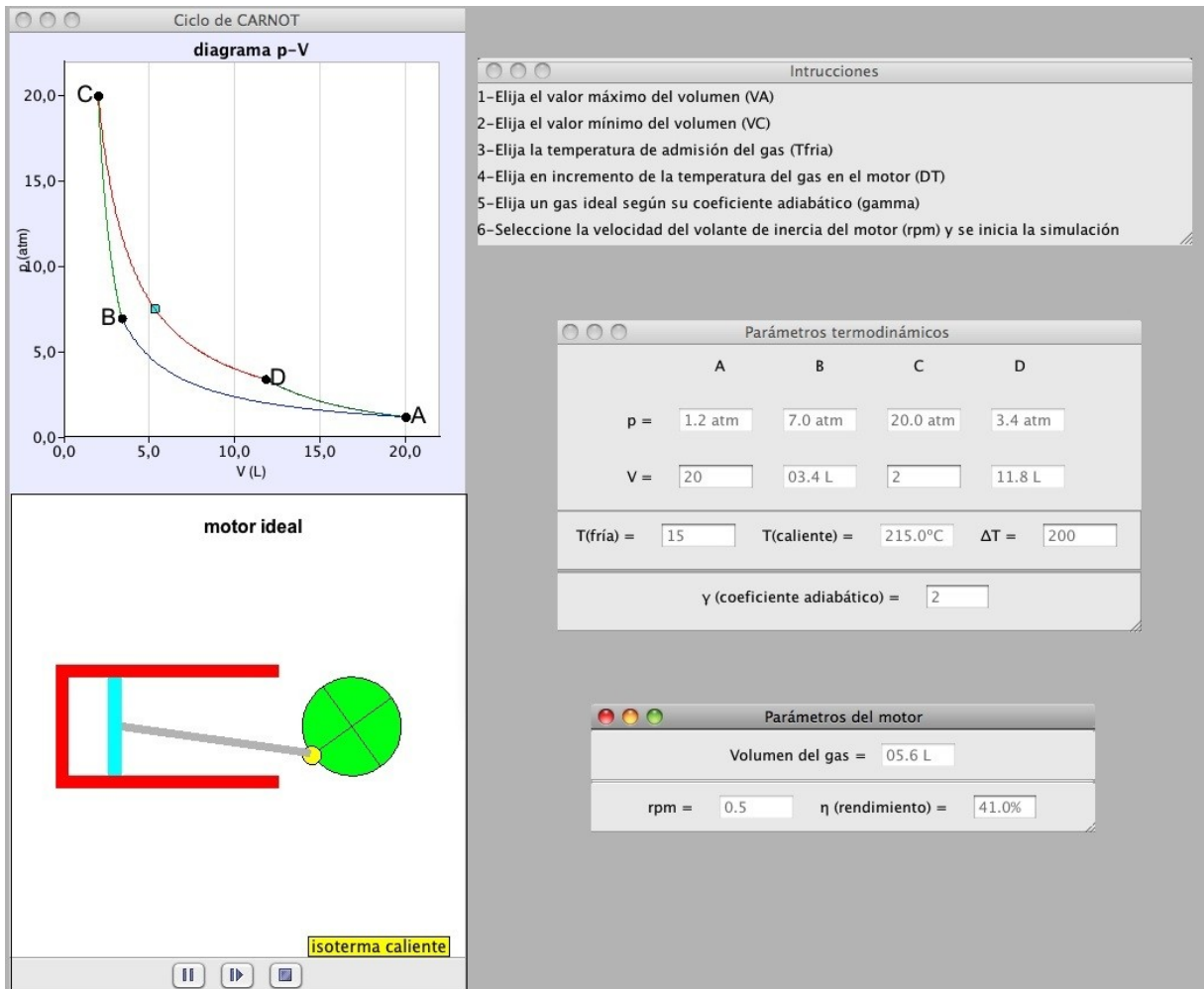


Figura 6.092.- PV CARNOT. Ensayando la simulación

4.3. Interactuando con la simulación

Una vez expuestos los fundamentos teóricos que se van a trabajar en la simulación “Ciclo de CARNOT en un motor ideal” y después de mostrar el desarrollo de la programación de propia simulación, como las anteriores simulaciones a través de *Easy Java Simulations*, se procurará crear un guión de trabajo para que el estudiante pueda aprovechar la simulación en toda su extensión.

A la hora de introducir los parámetros mencionados con anterioridad el estudiante experimenta todas las consecuencias posibles, de esta manera se encontrará limitaciones en forma de mensajes de alerta que indica la imposibilidad de generar un ciclo de CARNOT, rangos no asumibles de temperaturas, coeficiente adiabáticos no realistas, etc. Este hecho hará que el alumno le de importancia a la valor de las magnitudes en juego y no se transforme la simulación en un “todo vale”.

Analizando la teoría del ciclo ideal de CARNOT se observa que las magnitudes más fácilmente identificables por el alumno deben ser los volúmenes máximos y mínimos que el gas sufre, y las temperaturas máximas y mínimas del propio gas. Por este motivo, estas variables son independientes en la simulación y el resto de variables las calculará internamente el programa mostrando, como no, el resultado final pero sin posibilidad de modificación directa.

Debido a la insuficiencia de número de variables independientes, otro de los parámetros que se considera importante y que, de alguna manera, determina el tipo de gas es el coeficiente adiabático, con ésta son cinco las variables independientes totales: dos volúmenes, dos temperaturas y un coeficiente del gas.

A estas variables subjetivas por parte del usuario se le debe unir una referida al motor en cuestión y que fuese lo más visual posible. Se eligió la velocidad de rotación del volante de inercia del motor.

Por tanto los parámetros modificables por el alumno con sus límites, son:

- Volúmenes máximo y mínimos del gas en el ciclo, (**VA** y **VC**). Campos numéricos en los parámetros termodinámicos que permite valores mayores de 0.1 y menores que 20. En unidades de atmósferas.
- Temperatura inicial del ciclo e incremento de la misma, (**Tfria** y **DT**). Campos numéricos en los parámetros termodinámicos que permite valores de la **Tfria** entre 10 y 40, con un incremento de la temperatura de entre 20 y 200. En centígrados.

- Coeficiente adiabático del gas ideal, (γ). Campo numérico en los parámetros termodinámicos que permite valores entre 1.0 y 2.0.
- Velocidad de actuación del motor (**rpm**). Campo numérico en los parámetros del motor que permite valores mínimos de 0.1 y máximo de 3.0. En unidades de revoluciones por minuto.

Además de estas magnitudes están otras que no se permiten modificar, en unos casos porque son dependientes de las primeras, por lo que su valor se modifican automáticamente, y en otros porque se consideró que para simplificar el problema era recomendable mantenerlas constantes en cualquier caso:

- Número de moles del gas, (**n**). Se considera constante en toda la simulación y de valor la unidad, para que no fueran demasiados los parámetros a introducir.
- Presiones y Volúmenes de los estados referencias del ciclo de CARNOT (**pA, pB, pC, PD, VB, VD**). Sus valores quedan condicionados por los introducidos por el usuario de la simulación, ya analizados.
- Temperatura del foco caliente del ciclo, (**Tcaliente**). Se calcula a partir de la temperatura del foco frío más el incremento de temperatura introducido.
- Volumen del gas en cada instante del movimiento del motor, (**V_g**). Expresión numérica de cada uno de los estados por los que el gas va cambiando, incluidos los valores en los estados referencia del ciclo.
- Rendimiento, (**η**). Por ser ciclo de CARNOT depende exclusivamente de la temperatura en los focos frío y caliente del motor.

Cuando las condiciones del problema imposibilitaban la creación de un ciclo de CARNOT, o bien los valores introducidos estaban fuera de los límites marcados de antemano por el programador (el profesor en este caso), se optó por mostrar esta circunstancia a través de ventanas de alerta. En estos casos la simulación no se puede ejecutar y se advierte del motivo al usuario para modifique los valores que ocasionan este percance.

Analizando las magnitudes con las que el usuario final puede interactuar directamente, el profesor debe tener como objetivo elaborar posibles guiones de trabajo para que el alumno aproveche la simulación, no solo como observación del acontecimiento, sino en la comprobación, mediante toma de datos, de que lo se observa se ajusta a las condiciones teóricas estudiadas previamente en el aula.

Seguidamente se enumeran algunas cuestiones que se pueden realizar al alumno como método de trabajo en PV CARNOT:

1. Cálculo del rendimiento teórico de un motor que trabaja entre dos temperaturas determinadas, en el caso de seguir un ciclo de CARNOT. Comprobar que es el máximo posible.
2. Cálculo del área que forma un ciclo de CARNOT que funciona entre dos valores límites de volumen y temperatura. ¿Qué unidades tiene esta área?
3. ¿Depende la velocidad del motor de cuatro tiempos con el posible ciclo teórico formado?
4. Identificar en un motor teórico cada uno de los procesos que tienen lugar en el ciclo de CARNOT generado a partir de los datos de presión, volumen y temperatura del gas introducido en el pistón del motor.
5. Dependencia del coeficiente adiabático de un gas ideal en la formación de un posible ciclo de CARNOT teórico. ¿Cambia la forma “dibujada” por el ciclo? ¿Cambian los estados referencia del ciclo?
6. Análisis del ciclo de CARNOT de un motor teórico de un volumen muy pequeño. ¿Resulta sencillo identificar los procesos en cada movimiento del motor? ¿Por qué?
7. Análisis del ciclo de CARNOT de un motor teórico de volumen muy grande. ¿Resulta sencillo identificar los procesos en cada movimiento del motor? ¿Por qué?
8. Etc.

PV CARNOT permite generar multitud de preguntas y cuestiones, tanto teóricas como prácticas. Cada grupo de alumnos que realizó la PV tuvo que responder a 10 preguntas respecto de la simulación, pero se analizará el procedimiento de calificación de esta PV en capítulos posteriores.

Nuevamente la simulación se pudo realizar tanto en los ordenadores del Laboratorio, en el Aula de Informática de la Escuela, o en el propio hogar del estudiante.

Como en las PV precedentes, el correcto desarrollo implica que los estudiantes hayan repasado el fundamento teórico del experimento con el que van a trabajar, en este caso el ciclo de CARNOT y los motores ideales.

5. Móvil en un plano inclinado

5.1. Base teórica

Considérese una superficie plana que forma un cierto ángulo agudo con el suelo horizontal, sobre el mismo se sitúa un cierto cuerpo (puntual) con velocidad inicial nula. Este dispositivo se puede utilizar para elevar cuerpos a cierta altura ya que tiene como ventaja la necesidad de una fuerza menor que la que se emplearía levantando el mismo cuerpo verticalmente; como desventaja principal será la de vencer la posible fuerza de rozamiento.

Fue el matemático Simon STEVIN (siglo XVI) quién enunció por primera vez las leyes que rigen el comportamiento de los cuerpos en un plano inclinado, a través del análisis de las **fuerzas** existentes sobre el cuerpo en dicha situación debido a que existen varios orígenes en las mismas (gravedad, normal, rozamiento) [8].

El análisis de las fuerzas en juego permiten exponer las ecuaciones del movimiento de descenso libre (en ausencia de fuerzas aplicadas externas) del bloque puntual en el plano. En función del posible rozamiento se encontrarán valores de inclinación en los cuales la fuerza de rozamiento vence a las fuerzas de peso y, por tanto, mantendrán el móvil en reposo sobre el suelo.

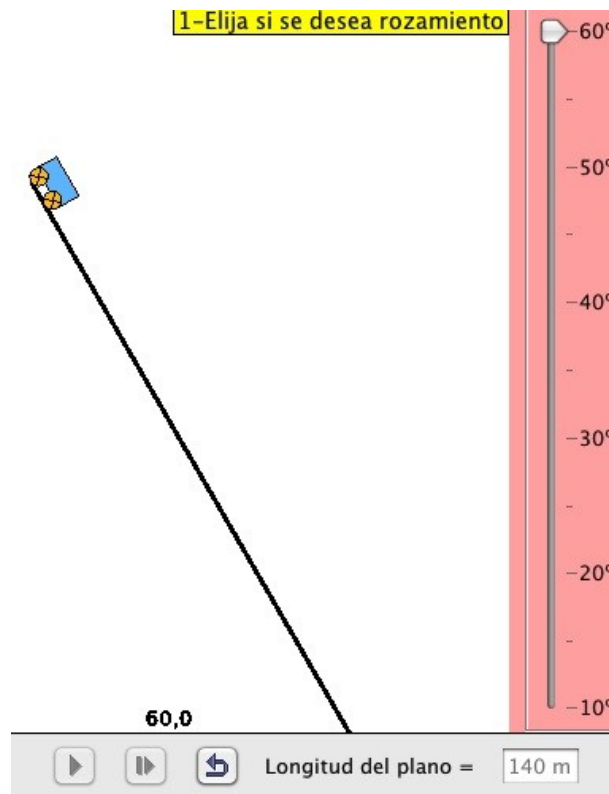


Figura 6.093.- Móvil sobre plano inclinado

5.1.1. Fuerzas

Un objeto que parte en reposo desde una altura determinada está sometido a la fuerza de atracción terrestre. Si dicho objeto se sitúa sobre un plano, que presenta una cierta inclinación respecto a la horizontal terrestre, comenzará a desplazarse o no, según las condiciones estáticas que implica la existencia de rozamiento entre los materiales en contacto (objeto – suelo).

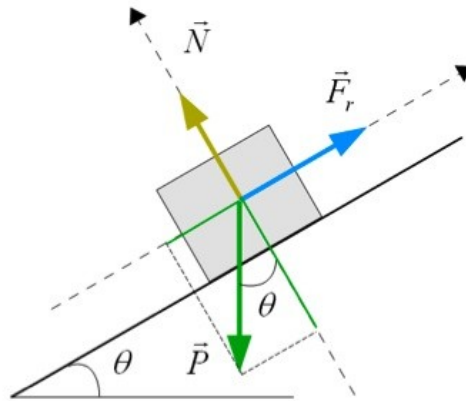


Figura 6.094.- Fuerzas sobre un móvil situado en un plano inclinado

La naturaleza de la Fuerza de Atracción Terrestre es debida a la presencia de la relación entre las masas del objeto y de la Tierra, en concreto depende de las masas y la distancia, y se puede expresar en forma del peso del objeto en sí. Considerando constante la gravedad terrestre para bajas alturas (varios metros):

Fuerza de atracción entre dos objetos 1,2

$$\vec{F}_{12} = -G \frac{m_1 m_2}{d_{12}^2} \hat{u}_{12} \quad \text{con} \quad G = 6.674 \times 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$$

Peso de un objeto cerca de la superficie de la Tierra

$$P = W = G \frac{M_T}{d^2} m \approx g \cdot m \Rightarrow P = m g \quad g \approx 9.81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

La naturaleza de la Fuerza de Rozamiento se debe a la puesta en contacto de las partículas de dos objetos que se tocan, dependiendo el material de fabricación de ambos implicará que el rozamiento será uno u otro. El parámetro que determina la intensidad de dicha fuerza, en función de los materiales en juego, es el llamado coeficiente de rozamiento. Curiosamente este valor difiere si el material móvil está en reposo o en movimiento:

coeficiente de rozamiento estático (μ_e) y coeficiente de rozamiento dinámico (μ_d). En general el μ_e es mayor que el μ_d . A continuación se muestran algunos valores experimentales que pueden servir de referencia:

Superficies en contacto	μ_e	μ_d
Cobre sobre acero	0.53	0.36
Acero sobre acero	0.74	0.57
Aluminio sobre acero	0.61	0.47
Caucho sobre concreto	1.0	0.8
Madera sobre madera	0.25-0.5	0.2
Madera encerada sobre nieve húmeda	0.14	0.1
Teflón sobre teflón	0.04	0.04
Articulaciones sinoviales en humanos	0.01	0.003

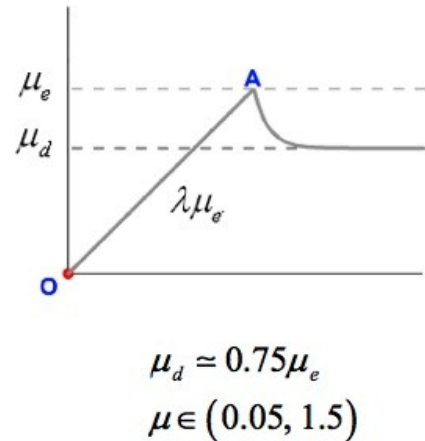


Figura 6.095.- Valores de los coeficientes de rozamiento estático y dinámico

El valor analítico de la fuerza de rozamiento depende del valor tanto de los coeficientes, como del valor de una fuerza perpendicular al plano del movimiento del objeto, llamada Normal, y que coincide en módulo con la componente normal al plano del vector Peso del objeto, pero de sentido contrario. La Normal tiene como origen el contacto entre el objeto y el suelo, y su naturaleza es de acción – reacción. Este hecho se ve reflejado a la hora de mostrar el diagrama de sólido libre (tanto del suelo como del objeto) y no cuando se analiza el objeto junto con el plano como sistema. De tal manera que se puede expresar:

$$F_r \leq \mu N$$

5.1.2. Rodamiento / Deslizamiento

Si el objeto móvil es un sólido rígido, y no una partícula, y posee estructura de tipo carro (chasis con ruedas), al existir contacto entre el material de las ruedas y el suelo se debería indicar si los rodamientos RUEDAN o RESBALAN.

Un objeto RUEDA sobre otro cuando la fuerza de rozamiento se puede calcular a partir de la Normal a la superficie de contacto entre objetos. Un objeto RESBALA o DESLIZA sobre otro cuando el cálculo de la fuerza de rozamiento supera a dicha Normal multiplicada por el coeficiente de rozamiento. Debido a este hecho se deben reescribir las ecuaciones del movimiento:

$$F_r \leq \mu N \quad \text{RODADURA}$$

$$F_r > \mu N \quad \text{DESLIZAMIENTO}$$

Por lo tanto, las fuerzas del sólido libre móvil serán: el peso (vertical), la fuerza de rozamiento (paralela a la superficie de contacto y contraria al movimiento) y la normal a la superficie de contacto (plano).

El estudio dinámico del sólido – rígido que rueda sobre una superficie difiere considerablemente de si este mismo resbala sobre el suelo. En el primer caso, habrá que considerar que un objeto homogéneo, tipo rueda, gira entorno a su CDG (centro de gravedad) generando la rotación del rodamiento, o bien considerando el punto de contacto con el suelo un CIR (centro instantáneo de rotación). En el segundo caso, y para un tipo de objeto, éste se moverá según lo hace su CDG en un movimiento rectilíneo y paralelo al plano. Obsérvese en las figuras siguientes:

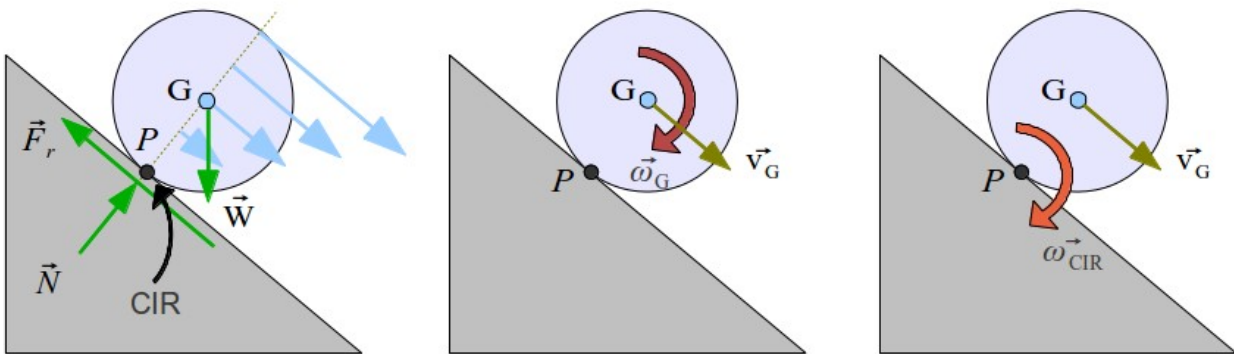


Figura 6.096.- Rodadura de un sólido – rígido en un plano

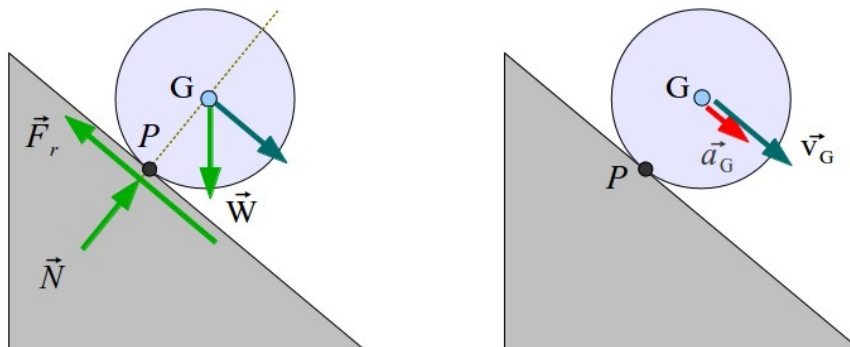
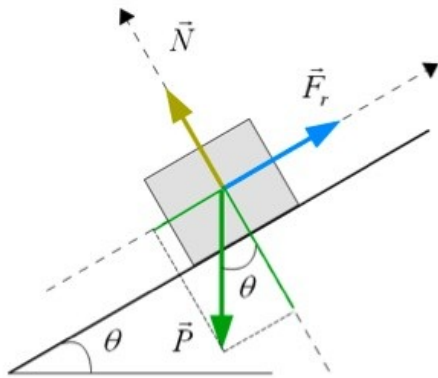


Figura 6.097.- Deslizamiento de un sólido – rígido en un plano

5.1.3. Ecuaciones del movimiento

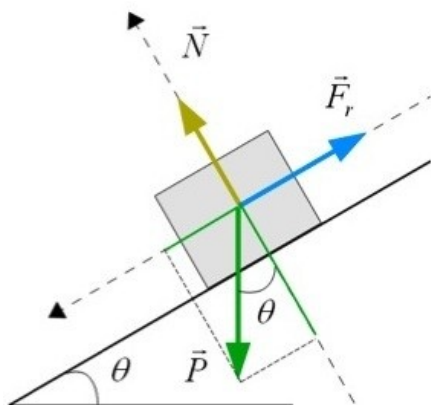
Realizando el estudio estático de un objeto sobre un plano inclinado, sobre la horizontal terrestre, se puede obtener la relación límite entre el coeficiente de rozamiento estático y el ángulo de inclinación, que se debe cumplir para que el objeto comience a desplazarse en descenso sin velocidad inicial:



$$\begin{aligned} \sum \vec{F} = m\vec{a} = 0 \quad & F_r = \mu_e N \\ \sum F_x = F_r - P_x = F_r - mg \operatorname{sen} \theta = 0 \\ \sum F_y = N - P_y = N - mg \operatorname{cos} \theta = 0 \\ \Rightarrow \mu_e = \frac{\operatorname{sen} \theta}{\operatorname{cos} \theta} = \tan \theta \end{aligned}$$

Figura 6.098.- Cálculo del coeficiente de rozamiento estático

Superado el valor de dicho ángulo comenzará el movimiento. El objeto descenderá con una cierta velocidad y aceleración, según las condiciones cinemáticas y dinámicas del mismo. Se muestran en la siguiente figura las ecuaciones del movimiento del objeto en descenso.



$$\begin{aligned} \sum \vec{F} = m\vec{a} \quad & F_r = \mu_d N \\ \sum F_x = -F_r + P_x = -F_r + mg \operatorname{sen} \theta = ma \\ \sum F_y = N - P_y = N - mg \operatorname{cos} \theta = 0 \\ \Rightarrow \mu_d = \frac{g \operatorname{sen} \theta - a}{g \operatorname{cos} \theta} \end{aligned}$$

Figura 6.099.- Cálculo del coeficiente de rozamiento dinámico

Se observa que existe una relación directa entre el ángulo de inclinación del plano sobre la horizontal, la aceleración instantánea del móvil y el coeficiente de rozamiento dinámico de los materiales objeto – plano.

5.2. Documentación de la programación

Se propuso una simulación que permitiese analizar el movimiento que sufre un carro (chasis con ruedas pero considerado puntual respecto a las fuerzas), con posición relativa en un plano inclinado respecto a la horizontal terrestre de ángulo variable, debido a la acción de la fuerza de la gravedad (opción sin rozamiento), o ésta misma junto con la fuerza de rozamiento entre el material de las ruedas y el suelo (opción con rozamiento).

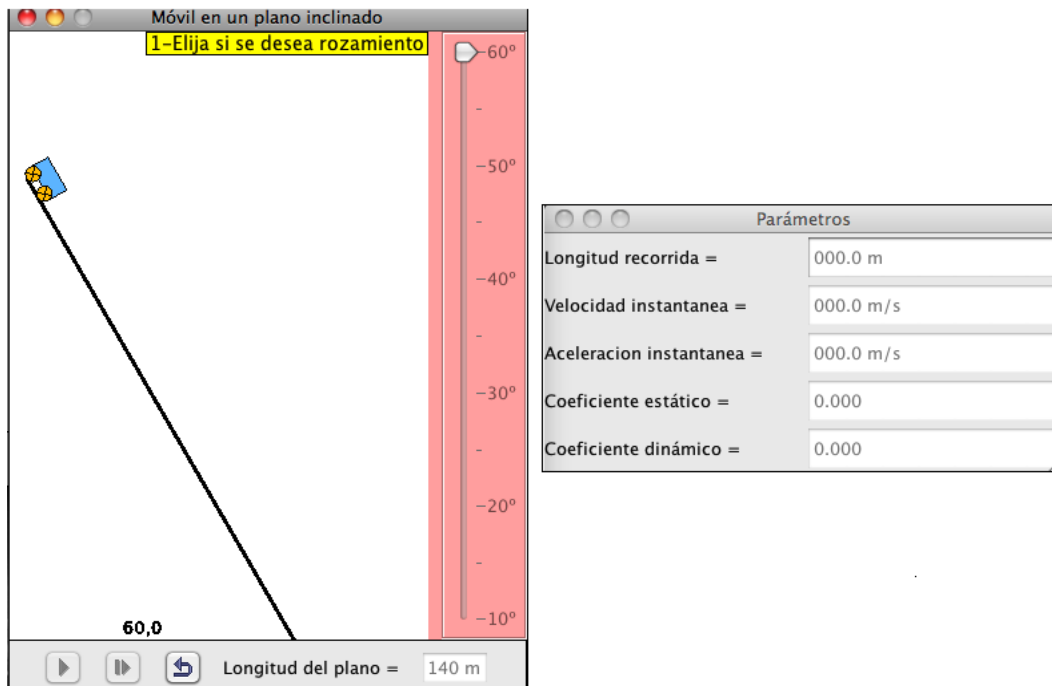


Figura 6.100.- PV PLANO. Simulación

El trabajo de implementación se estructuró en tres partes perfectamente relacionadas:

Descripción; Modelo; Vista.

- **Descripción o Introducción.-** explicación introductoria de la teoría necesaria para el desarrollo de la simulación, en este caso sobre el movimiento de un móvil puntual en un plano inclinado. La base teórica ha sido desarrollada en el apartado 5.1 de este capítulo. La descripción teórica se realiza con el editor HTML básico que dispone el software EJS lo que permite la posible exportación del contenido a una página web. En este caso:

Descripción
 Modelo
 Vista

Plano Inclinado

Título: Plano Inclinado Idioma: default

Fichero Editar Fuente Formato Insertar Tabla Formulario Buscar Ayuda

Móvil en un plano inclinado

La presente simulación permite analizar el movimiento que sufre un carro debido a su posición relativa en un plano inclinado de ángulo variable, debido a la acción de la fuerza de la gravedad (opción sin rozamiento) o esta misma junto con la fuerza de rozamiento entre el material de las ruedas y el suelo (opción con rozamiento).

1-Elija si se desea rozamiento

Fuerzas.-

Un objeto que parte en reposo desde una altura determinada está sometido a la fuerza de atracción terrestre. Si dicho objeto se sitúa sobre un plano, que presenta una cierta inclinación respecto a la horizontal terrestre, comenzará a desplazarse o no segundo las condiciones estáticas que implica la existencia de rozamiento entre los materiales en contacto (rueda - suelo).

La naturaleza de la *Fuerza de Atracción Terrestre* es debida a la presencia de la relación entre las masas del objeto y de la Tierra (depende de las masas y la distancia) y se puede expresar en forma del peso del objeto en sí. Considerando constante la gravedad terrestre para bajas alturas (metros):

Mensajes Limpiar mensajes

Figura 6.101.- PV PLANO. Descripción

- **Modelo.**- se definieron las variables en juego, las ecuaciones evolutivas del sistema y los límites de trabajo de la simulación. Los distintos apartados del modelo son: variables, inicialización, evolución, relaciones fijas, propio y elementos
 - Las variables usadas se dividieron según las siguientes categorías: Móvil. Dinámicas. Rozamiento. Fallo. Instrucciones. Se refieren a las dimensiones del móvil (chasis, ruedas), la posición del mismo (giro de las ruedas, las variables que limiten el inicio y paro del movimiento), las variables dinámicas (posición, velocidad, tiempo, espacio recorrido, etc.), las variables relativas al posible rozamiento del móvil con el plano, una serie de variables booleanas y enteras que permiten evaluar el posible fallo de la simulación, y por último las instrucciones pautadas que el usuario debe seguir.

○ Descripción ● **Modelo** ○ Vista

● Variables ○ Inicialización ○ Evolución ○ Relaciones fijas ○ Propio ○ Elementos

Móvil Dinámicas Rozamiento Fallo Instrucciones

Nombre	Valor inicial	Tipo	Dimensión
ptoX	70	double	
ptoY	0	double	
		double	
alfa_grad	60.0	double	
alfa	$(\text{Math.PI} * \text{alfa_grad}) / 180$	double	
		double	
L	$\text{ptoX} / \text{Math.cos(alfa)}$	double	
		double	
tamMobil	5	double	
Mchasis	10	double	
RrodaDian	0.2	double	
MrodaDian	0.2	double	
RrodaTra	0.2	double	
MrodaTra	0.2	double	
		double	
x0	$-L + \text{tamMobil} / 2$	double	
xmax	$-\text{tamMobil}$	double	

Comentario pto de rotacion del plano

Comentario Página

Mensajes Limpiar mensajes

Figura 6.102.- PV PLANO. Variables del móvil

Descripción
 Modelo
 Vista

Variables
 Inicialización
 Evolución
 Relaciones fijas
 Propio
 Elementos

Mobil
 Dinámicas
 Rozamiento
 Fallo
 Instrucciones

Nombre	Valor inicial	Tipo	Dimensión
t	0	double	
dt	0.05	double	
g	9.81	double	
		double	
M	$Mchasis+2*MrodaTra+2*MrodaDian$	double	
MI	$M+MrodaTra+MrodaDian$	double	
		double	
x	x0	double	
y	0	double	
vx	0	double	
vy	0	double	
ax	0	double	
		double	
s	0	double	
s0		double	

Comentario

Comentario Página

Mensajes Limpiar mensajes

Figura 6.103.- PV PLANO. Variables Dinámicas

Descripción
 Modelo
 Vista

Variables
 Inicialización
 Evolución
 Relaciones fijas
 Propio
 Elementos

Mobil
 Dinámicas
 Rozamiento
 Fallo
 Instrucciones

Nombre	Valor inicial	Tipo	Dimensión
matRoda	1	int	
matChan	1	int	
		double	
mu_e		double	
mu_d		double	
		boolean	
Roz	0	int	
Fr_visible	false	boolean	
Fr	1	double	

Comentario

Comentario Página

Mensajes Limpiar mensajes

Figura 6.104.- PV PLANO. Variables de rozamiento

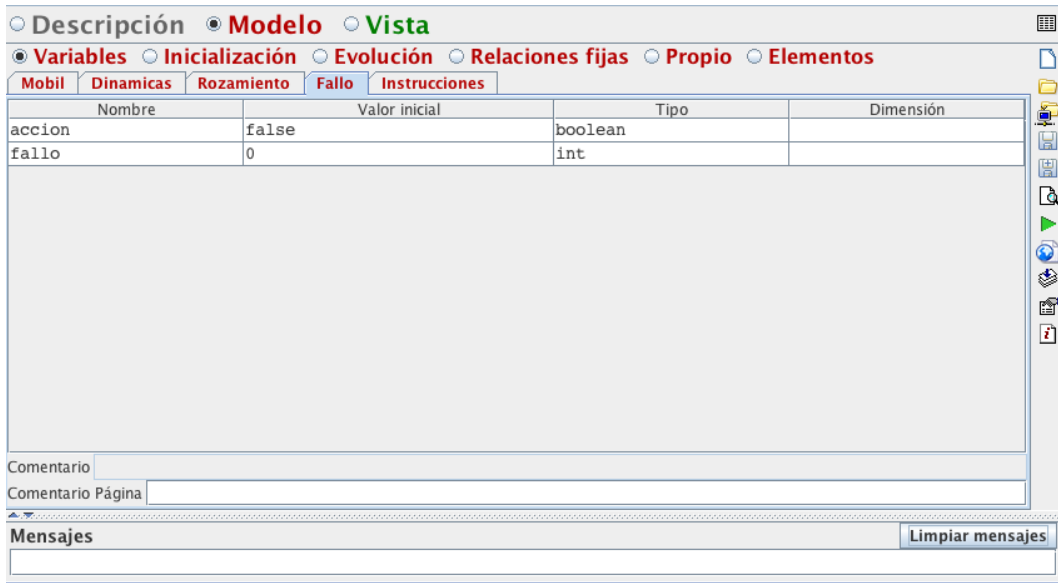


Figura 6.105- PV PLANO. Variables de fallo

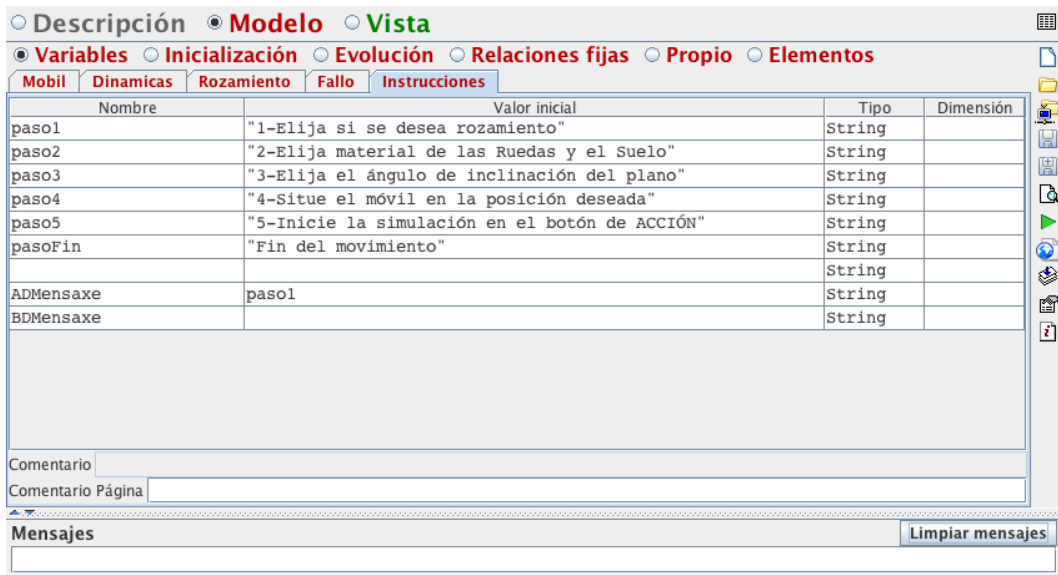


Figura 6.106.- PV PLANO. Variables con las instrucciones de la simulación

- No se definieron las condiciones de inicio de las variables, en inicialización.
- En evolución se generaron las ecuaciones fundamentales del movimiento del móvil, así como las condiciones límite de la simulación según los parámetros del problema.

Es por ello que se crearon dos páginas. La primera muestra las ecuaciones diferenciales del movimiento. La otra impone el fin del movimiento cuando el carro llega al final del plano.

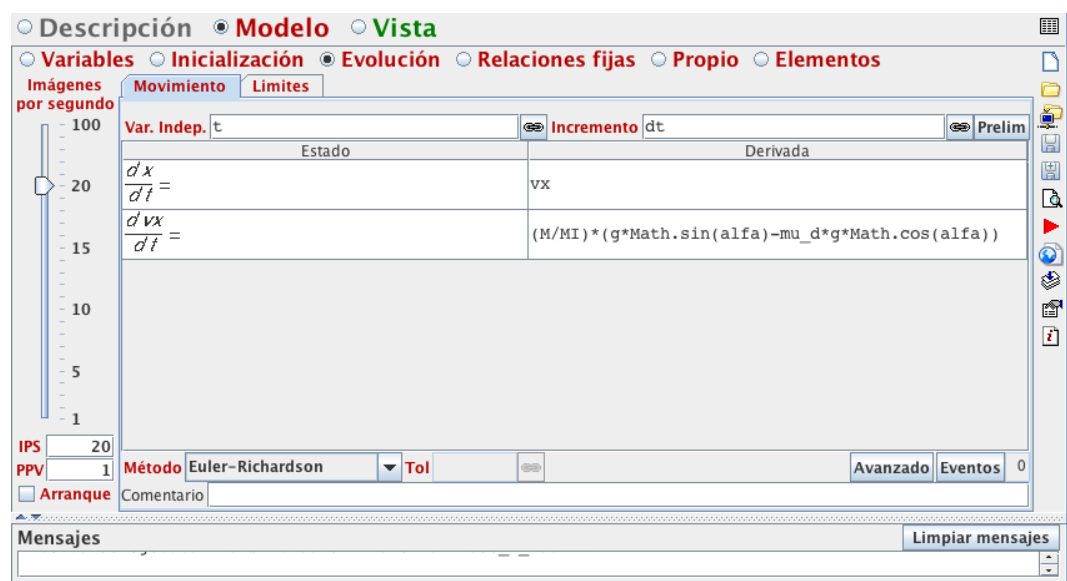


Figura 6.107.- PV PLANO. Modelo. Ecuaciones del movimiento

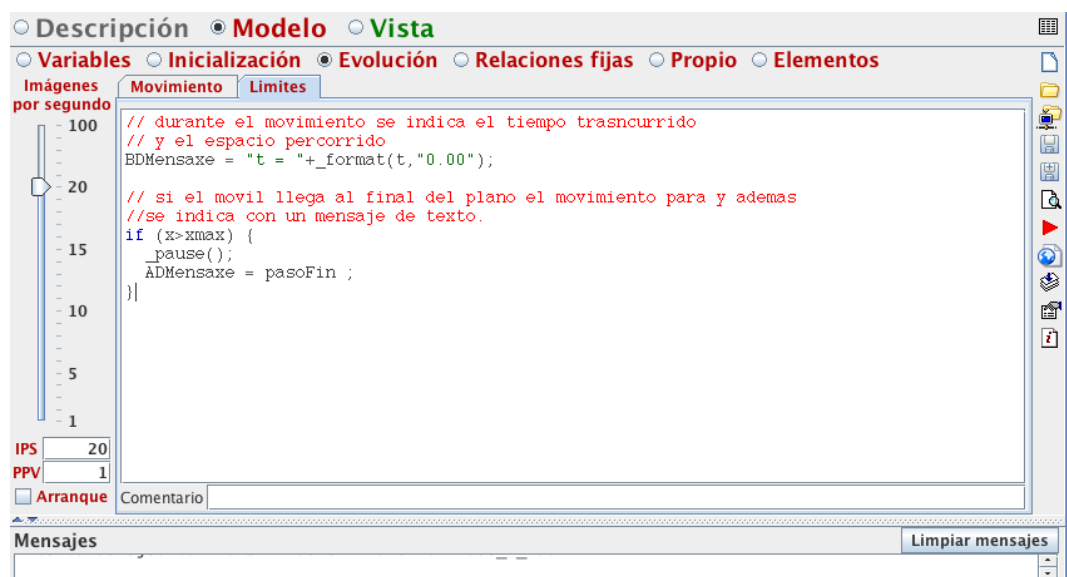


Figura 6.108.- PV PLANO. Modelo. Límites del movimiento

- A continuación se definieron las funciones y magnitudes que se mantendrán fijas durante la ejecución de la animación.

Se crearon 4 páginas de relaciones fijas:

- Relaciones: primero es necesario pasar el ángulo de inclinación del plano a radianes, se determina la longitud del plano por el cual desciende el móvil en función del ángulo de inclinación, y se calcula la posición extrema del móvil en la rampa. Esta última se considerará posición inicial en el caso de no situar el carro en otra posición de inicio del movimiento.

A continuación, se calcula la aceleración instantánea del objeto así como la longitud recorrida por el mismo en su descenso. Cabe destacar que esta longitud no tiene porque se igual a la totalidad del plano, ya que se puede situar el móvil en la posición deseada dentro del propio plano, como se acaba de comentar.

- Coeficientes de Materiales: en el caso de simular el movimiento de descenso del objeto bajo condiciones de rozamiento, la simulación permite elegir una serie de materiales referencia relativos a la fabricación de las ruedas del carro y el constitutivo del suelo por donde desciende el móvil. En la siguiente figura se muestran los valores extraídos de la bibliografía [5 – 9], las posibilidades simuladas son las siguientes:

Caucho sobre a madera; Caucho sobre cemento húmedo; Caucho sobre cemento seco;

Madera sobre madera; Madera sobre cuero;

Encerado (esquí) sobre nieve.

- Rozamiento: una vez elegidos los materiales a tener en cuenta en el rozamiento ruedas – suelo, el sistema asigna los valores de los coeficientes estáticos y dinámicos en cada caso, dependiendo de los materiales escogidos como se observa el figura 6.111.

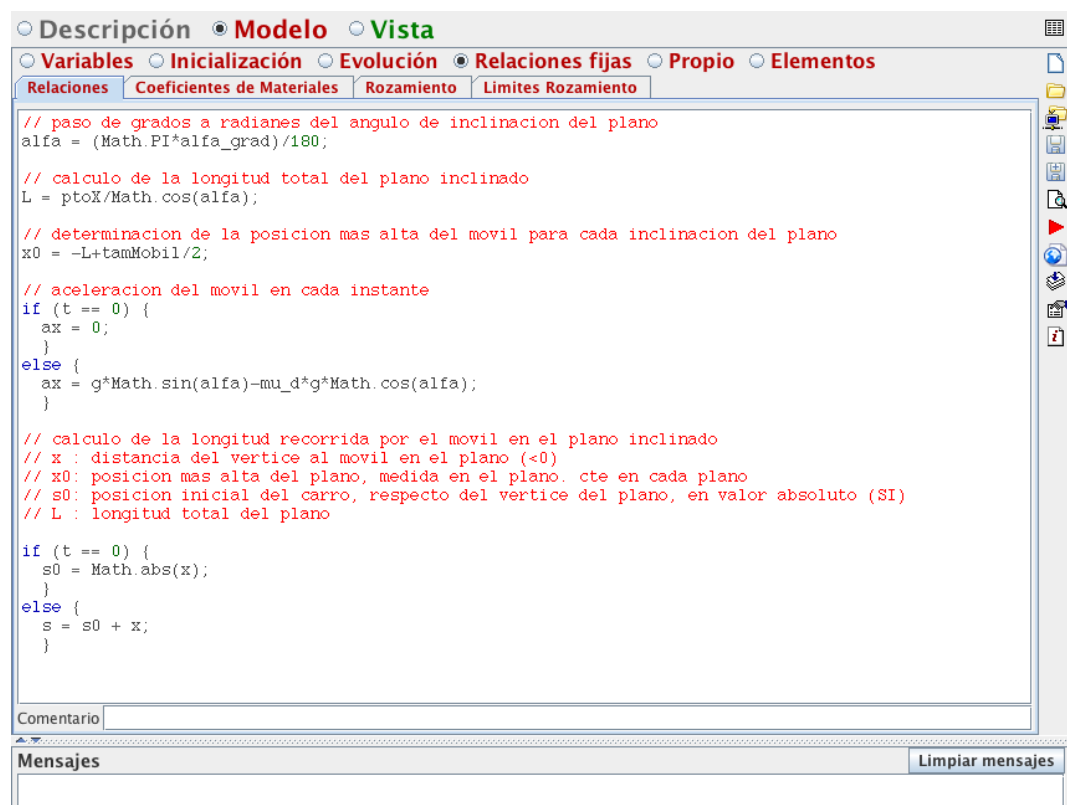


Figura 6.109.- PV PLANO. Modelo. Relaciones del movimiento

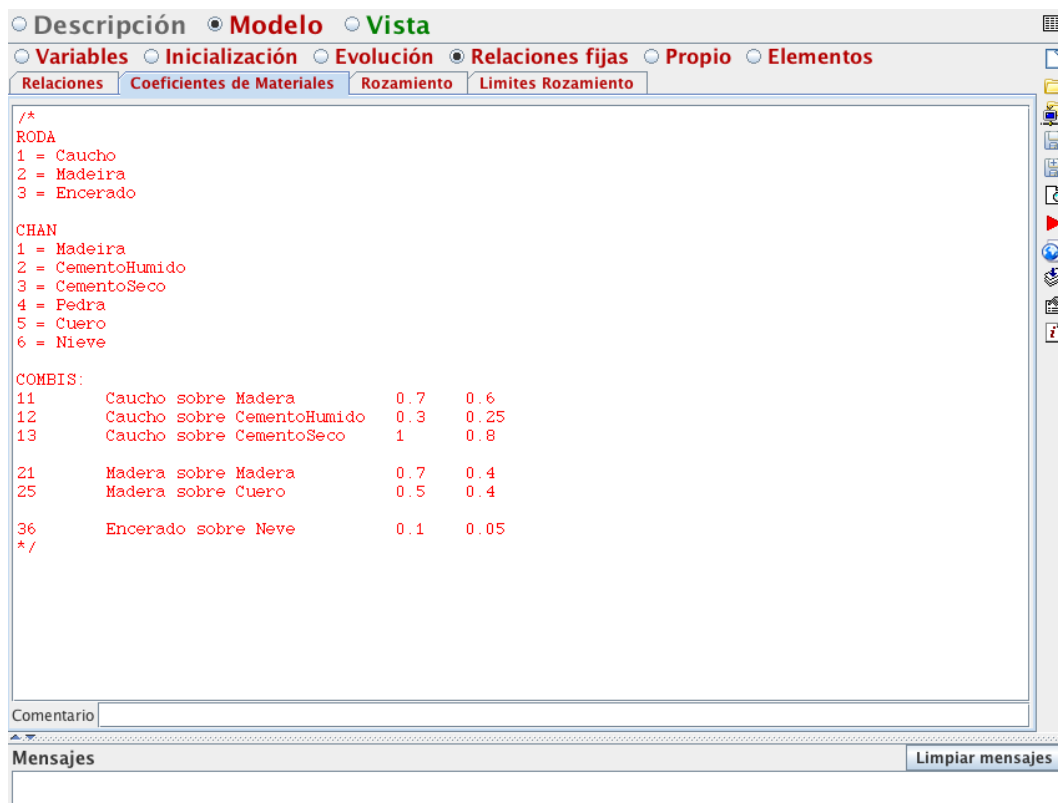


Figura 6.110.- PV PLANO. Modelo. Relaciones fijas. Valores de los coeficientes de varios materiales disponibles en la simulación

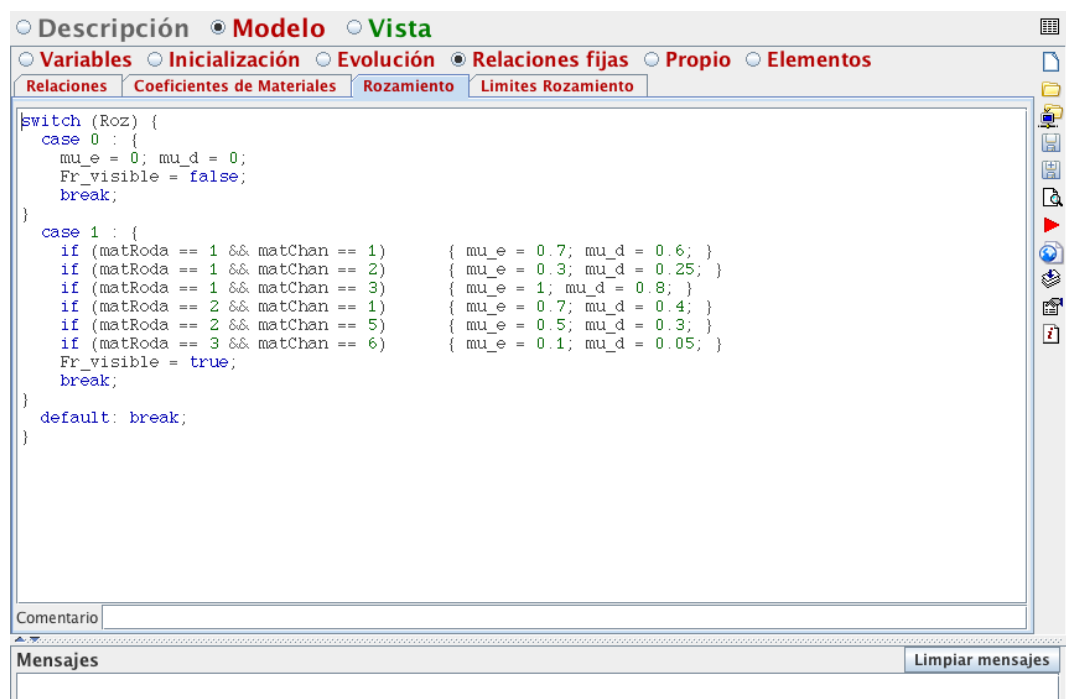


Figura 6.111.- PV PLANO. Modelo. Relaciones fijas. Condiciones de rozamiento para los distintos materiales disponibles en la simulación

- Límites Rozamiento: en este apartado del modelo la simulación decidirá, en función de los valores de los coeficientes de rozamiento y la inclinación del plano respecto a la horizontal indicados por el usuario, si el objeto descenderá libremente, sin “ayuda” de fuerzas externas, o no.

En el caso de elegir la opción de movimiento con rozamiento, el sistema mostrará el vector fuerza de rozamiento en rojo, de dirección la paralela al propio plano, y de sentido contrario al movimiento de descenso.

The screenshot shows a software interface with a menu bar at the top containing 'Descripción', 'Modelo', and 'Vista'. Below the menu bar, there are several tabs: 'Variables', 'Inicialización', 'Evolución', 'Relaciones fijas', 'Propio', and 'Elementos'. The 'Relaciones fijas' tab is selected, and within it, the 'Límites Rozamiento' sub-tab is active. The main area displays the following code:

```
// comparacion entre la inclinacion del plano y el coeficiente estatico
//esto detertminara si el movil desciende o no
if (mu_e>=Math.tan(alfa)) {
    alert("Alerta","Alerta!!","El valor del ángulo de inclinación no permite el movimiento");
    _reset();
    fallo = 1;
    accion = false;
    // alfa_grad = 60;
}

// si no hai coeficientes de rozamiento no existe rozamiento
if (mu_d==0) Fr_visible = false;
else Fr_visible = true;
```

At the bottom of the window, there is a 'Comentario' field and a 'Mensajes' section with a 'Limpiar mensajes' button.

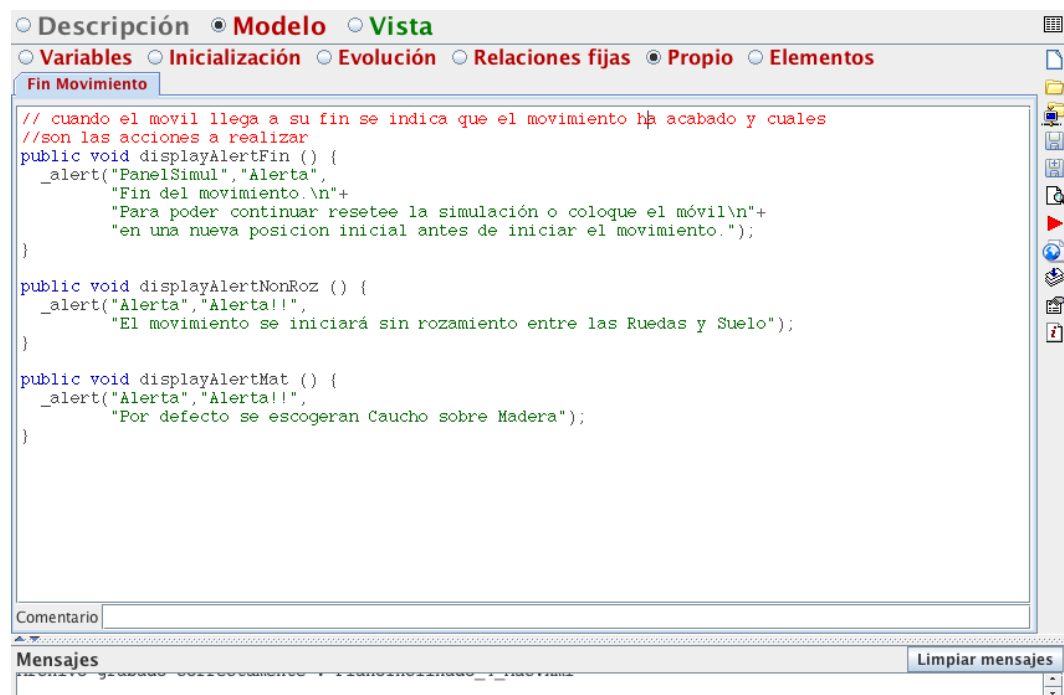
Figura 6.112.- PV PLANO. Modelo. Relaciones fijas. Límites del movimiento según los valores de las magnitudes de rozamiento

- Se generaron una serie de métodos propios, en el apartado propio , que muestra las distintas alertas en forma de ventanas de advertencia.

En primer término, se avisa cuando el móvil llega al fin, y además se indica que el movimiento ha acabado y cuales son las acciones a realizar por parte del usuario.

A continuación, se advierte si en el movimiento escogido no se ha activado la opción “con rozamiento”.

Y por último, se anunciará que los materiales escogidos por defecto son “Caucho sobre Madera”.



```
○ Descripción ○ Modelo ○ Vista
○ Variables ○ Inicialización ○ Evolución ○ Relaciones fijas ○ Propio ○ Elementos
Fin Movimiento
// cuando el movil llega a su fin se indica que el movimiento ha acabado y cuales
//son las acciones a realizar
public void displayAlertFin () {
    _alert("PanelSimul", "Alerta",
        "Fin del movimiento.\n"+
        "Para poder continuar resetee la simulación o coloque el móvil\n"+
        "en una nueva posición inicial antes de iniciar el movimiento.");
}

public void displayAlertNonRoz () {
    _alert("Alerta", "Alerta!!",
        "El movimiento se iniciará sin rozamiento entre las Ruedas y Suelo");
}

public void displayAlertMat () {
    _alert("Alerta", "Alerta!!",
        "Por defecto se escogeran Caucho sobre Madera");
}

Comentario
Mensajes Limpia mensajes
```

Figura 6.113.- PV PLANO. Modelo. Propio. Alertas de la simulación definidas como funciones propias de la simulación

- En la presente simulación no se han utilizado elementos externos a EJS en el apartado elementos.

- **Vista.**- como es habitual en EJS, a partir de una estructura tipo árbol de los distintos objetos disponibles se generó la interfaz gráfica con la que el usuario interactúa con la simulación.

Visualmente la simulación se muestra en tres ventanas: dos de ellas totalmente interactivas, y otra en la que se informa de los valores de ciertas magnitudes. El alumno tendrá la posibilidad de hacer descender libremente un objeto por una rampa inclinada bajo condiciones de rozamiento o sin considerar este fenómeno, de esta manera podrán evaluar las condiciones cinemáticas del móvil (tiempo, posición, velocidad y aceleración) en cada instante, además de poder tratar el problema desde un punto de vista dinámico y así determinar las fuerzas en juego, incluyendo, o no, el rozamiento dependiendo la elección del alumno.

- ventanaPpal: la primera de las ventanas muestra el movimiento del carro, una barra vertical donde imponer el ángulo de inclinación del plano de descenso y las opciones de activar, pausar y reiniciar la simulación.

A pesar de que el móvil se considera puntual en la aplicación de las fuerzas actuantes, se optó por dibujar un objeto tipo carro, es decir, chasis más ruedas, en las que estas últimas girasen a la par que el móvil descendiese por la rampa. La dificultad de la visualización y movimiento del objeto fue considerable. Se puede observar los distintos elementos que hubo que programar en la **Vista**. La fuerza de rozamiento solo se muestra cuando se elige dicha opción.

A la izquierda de la ventana existe un panel deslizable donde el usuario puede cambiar la inclinación sólo al inicio de la simulación.

En la parte superior se van indicando los pasos que el alumno ha de seguir para que la simulación funcione correctamente. Cada una de las instrucciones está numeradas y se mostrarán en orden. En el caso de la opción “sin rozamiento” habrá pasos que el sistema se saltará como “elegir materiales en juego”.

Al final del plano hay un cartel donde aparece la variable tiempo con la que el sistema calcula el resto de magnitudes cinemáticas a través de las ecuaciones diferenciales pertinentes.

Debajo del plano se indica, a modo aclaratorio, el valor exacto (con un decimal) del ángulo respecto de la horizontal que se regula de un modo aproximado en la barra deslizante de la derecha.

En la esquina inferior derecha también se indica cual es el valor de la longitud del plano, cuya magnitud no se puede modificar directamente por parte del usuario, pero si a través de la variación del ángulo respecto de la horizontal de la rampa.

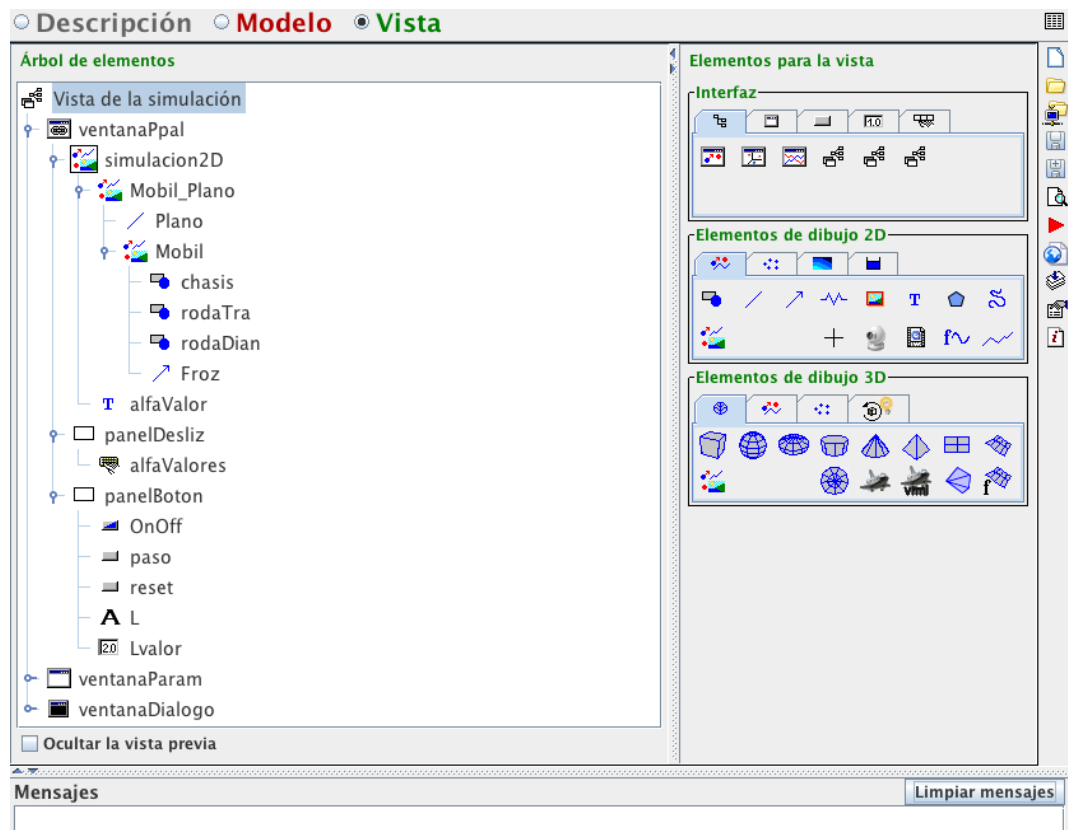


Figura 6.114.- PV PLANO. Vista. Ventana principal de la simulación en forma de árbol

- VentanaParam: ventana informativa en la que el usuario final podrá observar el valor de distintas magnitudes y coeficientes (cinemáticos y dinámicos).

Por una parte, la longitud recorrida en cada instante por el objeto en descenso, la velocidad y aceleración instantánea del móvil en cada punto del movimiento.

En función de la posibilidad de rozamiento entre el suelo del plano inclinado y las ruedas del objeto, la PV PLANO muestra los valores de los coeficientes de rozamiento entre los materiales de fabricación de las ruedas y el suelo de la rampa.

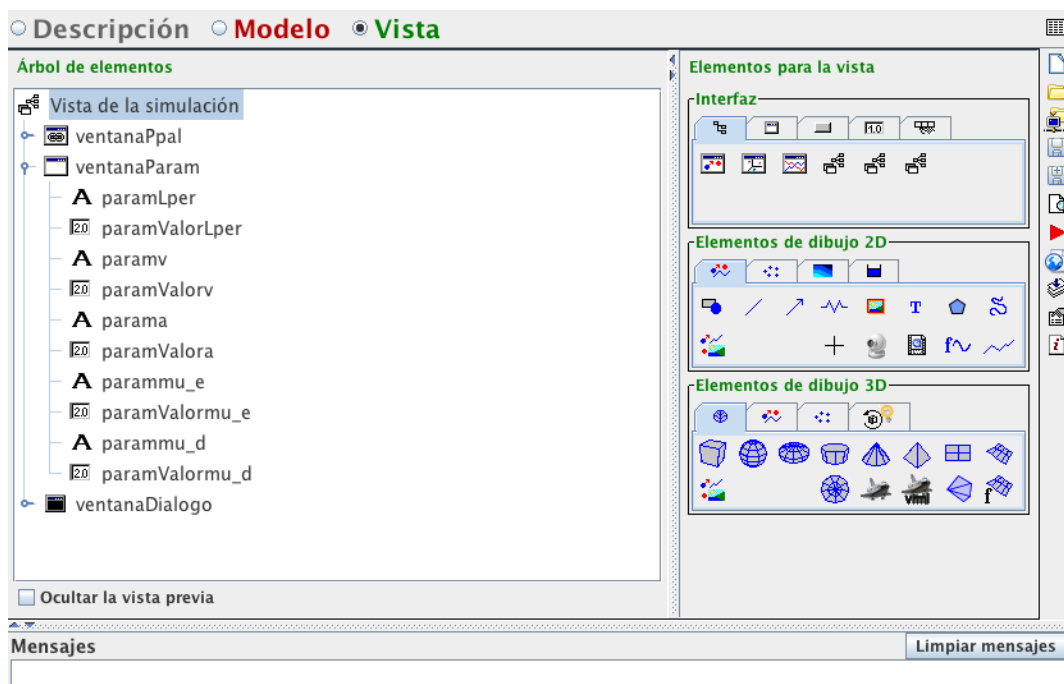


Figura 6.115.- PV PLANO. Vista. Ventana de los parámetros en la simulación en forma de árbol

- ventanaDialogo: en este caso se generó un objeto tipo barraMenu que permitiese incrustar, en el mismo, dos desplegables como son los elementos “Rozamento” y “Materiais”:
 - Rozamento: desplegable que permite elegir una única opción entre dos disponibles: Sí o No. La utilidad de este elemento es muy importante, ya que permite decidir si el usuario desea que exista rozamiento, o no, entre las ruedas del carro y el plano inclinado.
 - Materiais: desplegable con una única opción a escoger de entre seis posibilidades que son las combinaciones entre los materiales que el profesor propone para las ruedas del objeto y el de fabricación de la rampa.

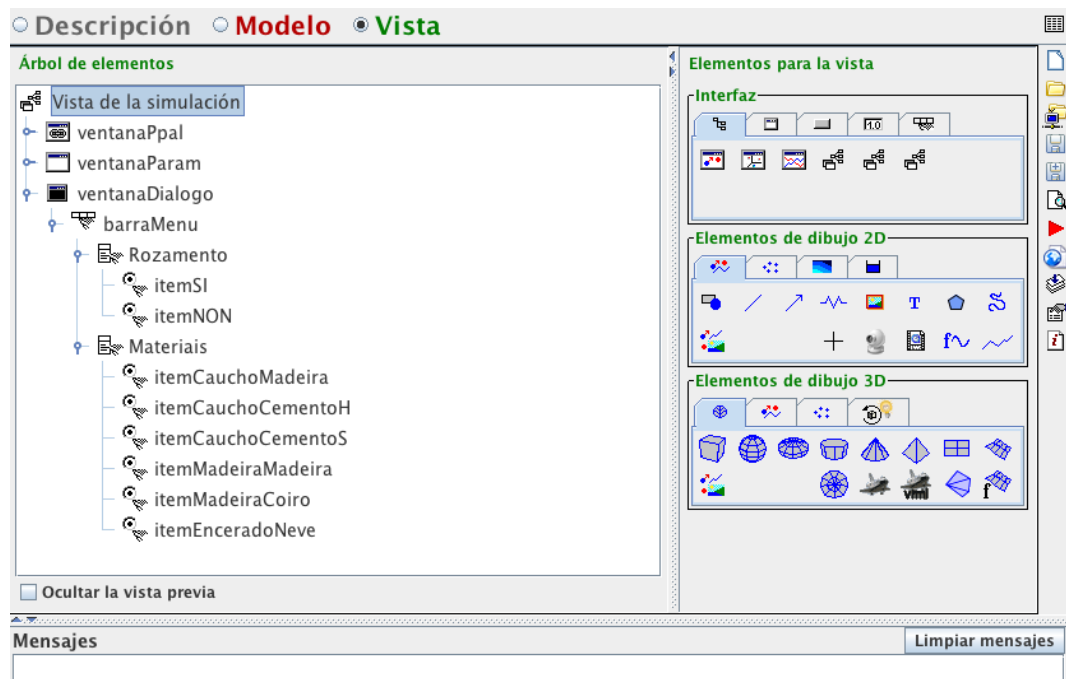


Figura 6.116.- PV PLANO. Vista. Ventana de diálogo donde se podrán modificar las magnitudes de rozamiento de la simulación

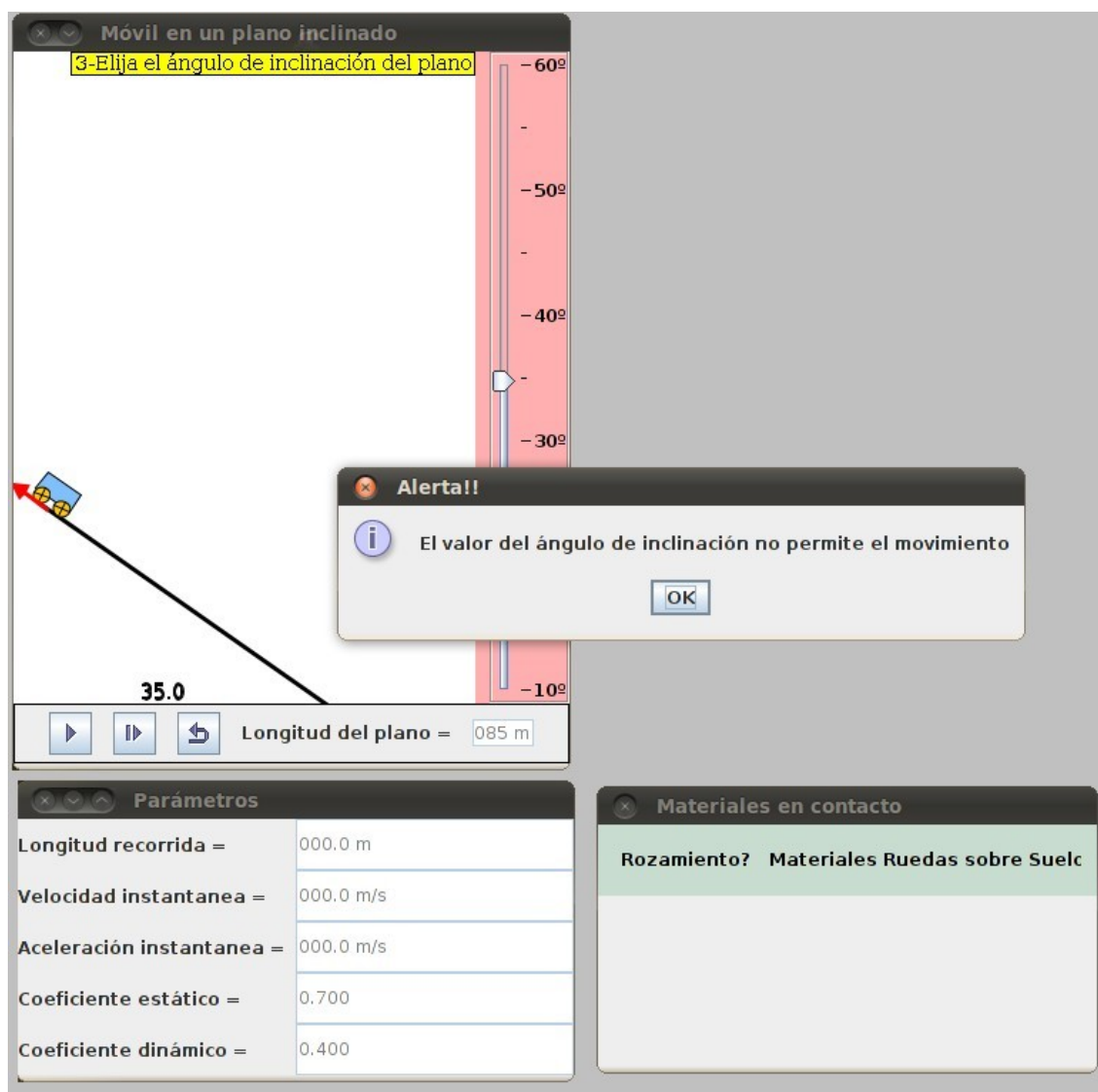


Figura 6.117.- PV PLANO. Ejecutando la simulación

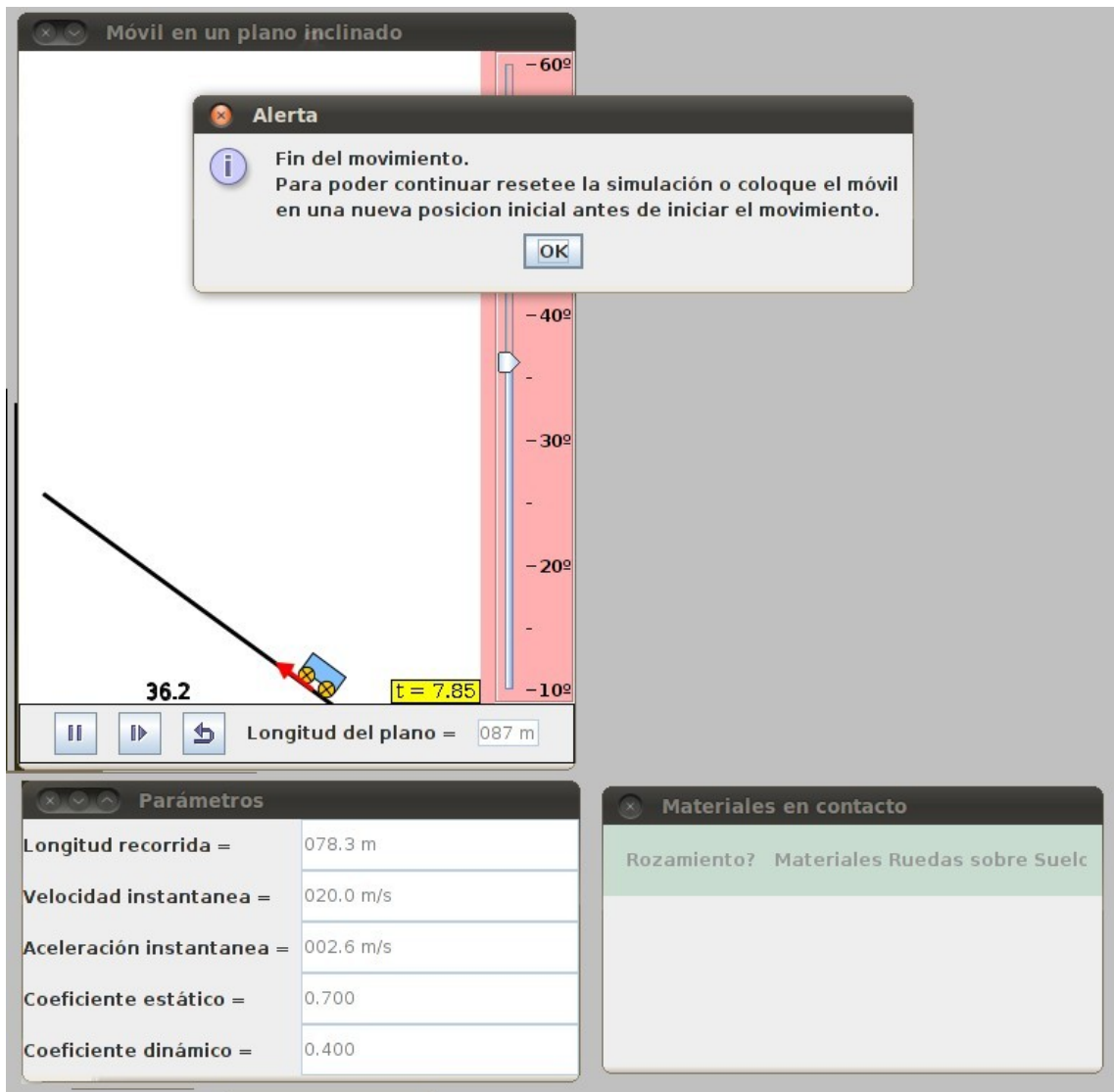


Figura 6.118.- PV PLANO. Ejecutando la simulación

5.3. Interactuando con la simulación

Analizados los fundamentos teóricos con los que trabajar la simulación “Móvil en un plano inclinado” y después de mostrar el desarrollo de la programación de la propia simulación, como las anteriores por medio del software EJS, el profesor creará unas pautas de trabajo sobre la simulación para que el alumno pueda aprovecharla completamente.

Una de las limitaciones más importantes que impone esta PV es el hecho de poder elegir entre seis parejas de materiales: rueda – rampa, o lo que es lo mismo, se están limitando los valores asumibles por la simulación en cuanto a los coeficientes de rozamiento. Este hecho se puede corregir incluyendo más parejas de materiales. Otra gran limitación es el valor del ángulo de inclinación, respecto a la horizontal, de la rampa de descenso del móvil, este hecho es consecuencia a las posibles distorsiones gráficas que valores a partir de 80° pueden ocasionar, así como la imposibilidad que tiene intentar descender un objeto en un plano con 0° de inclinación. Por esto se ha limitado el ángulo entre 10 y 60 grados.

Las magnitudes con las que el alumno interactuará en la simulación serán: los coeficientes de rozamiento estático y dinámico, y el ángulo de inclinación de la rampa. Se optó por no permitir cambiar otras opciones como: la masa del objeto, el tamaño del mismo o la gravedad terrestre, para no dar más variabilidad a la simulación y así centrarse en el estudio del rozamiento. Sería posible crear una nueva PV, a partir de la actual, en la que su estudio se centrase en otros aspecto como las invariantes que se acaban de referir.

Por tanto, los parámetros modificables por el alumno con sus límites, son:

- Ángulo de inclinación del plano por el que descenderá el móvil, respecto de la horizontal (**alfa**). Se modifica a través de una barra vertical deslizable a la derecha de la simulación y tiene de valores: máximo de 60 y mínimo de 10 grados. El valor exacto se mostrará en la parte inferior del plano con un decimal de exactitud.
- Valores de los coeficientes de rozamiento estático y dinámico (**mu_e**, **mu_d**). No se modifican directamente sino que su elección se crea a la hora de elegir los materiales constitutivos de las ruedas del móvil y el suelo de la rampa (**matRoda**, **matChan**).
- Posición inicial del móvil en el plano inclinado. Su valor no se determina directamente pero el sistema permite situar, con el ratón, el móvil en el lugar deseado del plano antes de iniciar la simulación.

A continuación se muestran otros parámetros que no se permiten modificar, en unos casos porque son dependientes de los primeros, por lo que su valor se modifica automáticamente, y en otros porque se consideró que para simplificar el problema era mejor considerarlos constantes en cualquier caso:

- Aceleración de la gravedad terrestre (**g**). Se considera constante en toda la simulación y de valor 9.81 en unidades del Sistema Internacional.
- Masa del objeto que desciende (**M**). Se calcula como la suma de la masa del chasis (10) más la masa de cada una de las 2 ruedas que componen la estructura (2 x 0.2). Todo en Sistema Internacional.
- Dimensiones del carro (**tamMobil**, **RrodaDian**, **RrodaTra**). Tamaño tanto del chasis como de los radios de las dos ruedas constitutivas (5, 0.2, 0.2). En Sistema Internacional.
- Longitud total del plano (**L**). Se calcula en función del ángulo de inclinación de la propia rampa.

Las limitaciones existentes en la simulación, el fin del movimiento, así como advertir cuando el descenso libre se efectúa sin rozamiento, se muestran a través de ventanas de tipo alerta. En ciertos casos la simulación no se puede ejecutar (para ciertos ángulos en función del rozamiento) y se advierte del motivo al usuario para modifique los valores que hacen que suceda este hecho.

Una vez evaluadas las opciones que el alumno dispone, en función de los parámetros modificables, es posible elaborar guiones de trabajo para que el alumno disponga de la simulación para la toma de datos de que lo se observa y así comprobar las leyes físicas teóricas, estudiadas previamente en el aula, que rigen el movimiento.

Se muestran algunas cuestiones a las cuales el alumno podrá responder como método de trabajo en PV PLANO:

1. Analizar la dependencia de la velocidad, aceleración y longitud recorrida en función del ángulo de inclinación del plano, cuando un objeto desciende libremente por dicho plano sin que sea sometido a fuerzas externas.
2. En el caso de que exista rozamiento en el ejemplo anterior, ¿qué coeficiente de rozamiento limitará el ángulo mínimo para el cual el móvil descenderá, o no, por el plano? Argumentar la opción escogida.
a) Estático. b) Dinámico. c) Ambos.

3. Determinar la velocidad del móvil de la simulación cuando las ruedas delanteras llegan al final de la rampa para un valor determinado de la inclinación y de la longitud del plano.
4. Si en el caso anterior el móvil se sitúa, inicialmente, en un punto medio del plano inclinado. Calcular el tiempo que tarda el móvil en llegar al final del mismo.
5. ¿Qué parámetro se mantiene constante en el movimiento de descenso de un móvil sin rozamiento, al situarlo en distintos puntos de un plano inclinado respecto de la horizontal?
6. Determinar la velocidad del móvil de la simulación cuando las ruedas delanteras, de material determinado, llegan al final de la rampa, hecha de otro material, para un valor determinado de la inclinación y de la longitud del plano.
7. Si se sustituyen las ruedas por unos esquís y el plano está lleno de nieve, determinar la aceleración del trineo al final de la rampa para cierta inclinación y longitud. Apuntar el tiempo transcurrido.
8. Estudiar para que materiales (rueda – plano) un móvil, sin velocidad inicial, no descendería por un plano de ciertos valores de inclinación respecto da horizontal.
9. Etc.

Debido a la posibilidad de cambiar los distintos parámetros interactivos, PV PLANO permite generar multitud de preguntas y cuestiones, tanto teóricas como prácticas, como se acaba de comprobar. Como en las experiencias precedentes, cada grupo de alumnos que realizó la PV PLANO tuvo que responder una serie de 10 cuestiones del estilo de las enunciadas con anterioridad.

Los ordenadores del Laboratorio, el Aula de Informática de la Escuela, o el propio hogar del estudiante fueron los entornos de trabajo disponibles para los alumnos.

Como en las experiencias virtuales precedentes, el correcto desarrollo de la PV PLANO implica que los estudiantes hayan repasado los fundamentos teóricos de la simulación en cuestión.

6. Medidas Directas e Indirectas (PR)

6.1. Base teórica

Esta práctica tiene como propósito familiarizar a los estudiantes con el análisis de los resultados y los errores de cálculo de medidas directas e indirectas. Para ello, se usarán diversos dispositivos y técnicas utilizadas para medir cantidades fundamentales. Se medirán las dimensiones de distintos objetos sencillos en los que determinar, a continuación, algunas medidas derivadas obteniendo, posteriormente, la incertidumbre y exactitud de las mediciones.

6.1.1. Medida, error e incertidumbre

La medición de una magnitud física consiste en compararla con un valor de la misma naturaleza que por convenio se toma como patrón o unidad. Como resultado de la medición se obtiene un número que se deberá escribir siempre seguido del nombre del patrón o unidad.

El proceso de medida está sujeto a imprecisiones y **errores absolutos** o **relativos** que impiden conocer el verdadero valor de una magnitud, por lo que únicamente se podrá determinar un intervalo de valores entre los que se encontrará el resultado verdadero. Este intervalo se puede expresar del siguiente modo:

valor del centro del intervalo \pm mitad del intervalo (unidades)

Por ejemplo, si en una balanza se aprecian los resultados 1.9 g , 2.0 g e 2.1 g para una misma masa, se deduce que el verdadero valor es probable que se encuentre entre 1.9 g e 2.1 g , y se expresaría de la forma: 2.0 ± 0.1 g .

¿Por qué las medidas tomadas en el laboratorio tienen errores? Los motivos de error son múltiples:

- Muestra no representativa.
- Condiciones ambientales.
- Error de lectura, resolución finita en el instrumento.
- Redondeos erróneos.
- Etc.

Cuanto menor sea la amplitud del intervalo, se conocerá mejor el verdadero valor de la magnitud medida. La forma de calcular ese intervalo de valores se denomina **cálculo de errores**. En la actualidad, los conceptos del cálculo de errores siguen vigentes aunque el análisis que lleva consigo ha diferido a lo largo de los años, en la actualidad se habla de **incertidumbre de la medida**. La manera de expresar los resultados de medida es una parte fundamental en Tecnología, Ciencia e Ingeniería, tanto en la toma de mediciones como en la precisión de los aparatos que se utilizan.

6.1.2. Tipos de medidas

La manera de evaluar el error o incertidumbre de una medida depende del tipo de la propia medida. Se distinguen dos tipos:

1. **MEDIDAS DIRECTAS.**- son las que se obtienen comparando la magnitud directamente con el patrón o mediante un aparato calibrado. Se suelen medir así la longitud, la masa, el tiempo, etc.
2. **MEDIDAS INDIRECTAS.**- son las que se calculan a partir de medidas directas. Se suelen obtener así la velocidad, la superficie, el volumen, etc.

6.1.3. Tipos de errores

El tipo de error, y su valor, depende tanto del tipo de medida (directa o indirecta), del aparato de medición (precisión), y del número de veces que se hace la medida (repetibilidad). Atendiendo a las circunstancias se pueden clasificar los errores como:

Errores sistemáticos:

- de la observación.- por ejemplo, al leer la escala de un medidor;
- de la instrumentación.- relativo a la precisión del instrumento de medida;
- debido a las condiciones ambientales.- el entorno puede afectar al experimento de un modo que se pueda “restar” en el resultado final;
- debido al modelo teórico: consecuencia del cumplimiento, o no, de las condiciones impuestas en los modelos matemáticos utilizados.

Errores aleatorios:

- en las observaciones: cuando una experiencia se repite, en unos casos los datos obtenidos excederán, y en otros se quedarán cortos, respecto al valor real;

- ambientales: por ejemplo, al medir resistencias en el *display* del multímetro las últimas cifras oscilan sin causa aparente.

Otra clasificación atendiendo a como se calcula el error:

- **Error absoluto:** es el error estándar y valora la dispersión del resultado.
- **Error relativo:** cociente entre error absoluto y el valor representativo (media aritmética para una serie de valores). Valora la calidad de la medida.

6.1.4. Incertidumbre en las medidas

El resultado de una medida se debe expresar como un valor numérico junto con la incertidumbre del mismo:

$$\text{resultado de una medida} = \text{valor puntual} \pm \text{incertidumbre} = x \pm u(x)$$

De esta manera la incertidumbre evalúa la dispersión de la medida, este parámetro es indicativo de lo correcto que está hecha una medida, o bien el intervalo en el que se espera encontrar el verdadero valor de la magnitud que se está midiendo.

La metodología de cálculo de incertidumbres depende del tipo medida (directa o indirecta), y si el instrumento de medición es siempre el mismo o cada serie de medidas se realizan con distintos dispositivos:

- CÁLCULO DEL ERROR ABSOLUTO ALEATORIO DE MEDIDAS DIRECTAS

Para una serie de n datos aleatorios de una medida directa (magnitud x) realizada con un mismo instrumento, se puede definir:

$$x = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$$

$$x = \bar{x} \pm u(x) \quad \text{con} \quad \begin{cases} \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \\ u(x) = \sigma_{\bar{x}} = \frac{\sigma_{n-1}(x)}{\sqrt{n}} = \frac{1}{\sqrt{n}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \end{cases}$$

Para una serie de m datos procedentes de ensayos realizados con distintos instrumentos de una misma medida directa (magnitud x) se puede definir:

$$x = \{x_1 \pm u(x_1), x_2 \pm u(x_2), \dots, x_m \pm u(x_m)\} \quad \text{e} \quad w_i = u(x_i)^{-2} \quad c_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^m w_i}$$

$$x = \bar{x} \pm u(x) \quad \text{con} \quad \begin{cases} \bar{x} = \sum_{i=1}^m (c_i \cdot x_i) \\ u(x) = \sigma_{\bar{x}} = \dots = \left(\sqrt{\sum_{i=1}^m w_i} \right)^{-1} \end{cases}$$

- CÁLCULO DEL ERROR ABSOLUTO ALEATORIO DE MEDIDAS INDIRECTAS

En el cálculo de una medida directa (magnitud y) a partir de otra directa (magnitud x) se puede definir:

$$y = f(x \pm u(x))$$

$$y \approx f(\bar{x}) \pm u(y) \quad \text{con} \quad u(y) = \sigma_{\bar{y}} = \left(\frac{df}{dx} \right)_{x=\bar{x}} \cdot \sigma_{\bar{x}}$$

En el caso de que la medida indirecta (magnitud y) dependa de varias medidas directas, por ejemplo m magnitudes del tipo x_1, \dots, x_m , se puede definir:

$$y = f(x_1 \pm u(x_1), x_2 \pm u(x_2), \dots, x_m \pm u(x_m))$$

$$y \approx f(\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_m) \pm u(y) \quad \text{con} \quad u(y) = \sigma_{\bar{y}} = \sqrt{\underbrace{\left(\frac{\partial f}{\partial x_1} \right)^2}_{\substack{x_1=\bar{x}_1 \\ \dots \\ x_m=\bar{x}_m}} \cdot \sigma_{\bar{x}_1}^2 + \dots + \underbrace{\left(\frac{\partial f}{\partial x_m} \right)^2}_{\substack{x_1=\bar{x}_1 \\ \dots \\ x_m=\bar{x}_m}} \cdot \sigma_{\bar{x}_m}^2}$$

Por ejemplo, en el cálculo del error al medir la superficie de una placa triangular de altura h , base b e con grosor despreciable. En el caso de tomar una serie de medidas, tanto de la base como de la altura, con dos aparatos distintos:

$$S = f(\bar{b} \pm u(b), \bar{h} \pm u(h)) \quad \rightarrow \quad S = \frac{b \cdot h}{2}$$

$$S \approx f(\bar{b}, \bar{h}) \pm u(S) \quad u(S) = \sigma_{\bar{S}} = \sqrt{\left(\frac{\partial S}{\partial b} \right)_{\substack{b=\bar{b} \\ h=\bar{h}}}^2 \cdot \sigma_{\bar{b}}^2 + \left(\frac{\partial S}{\partial h} \right)_{\substack{b=\bar{b} \\ h=\bar{h}}}^2 \cdot \sigma_{\bar{h}}^2}$$

por lo tanto, y suponiendo calculados los valores medios e incertidumbres de la base y la altura:

$$\left. \begin{array}{l} \left(\frac{\partial S}{\partial b} \right)_{\substack{b=\bar{b} \\ b=\bar{b}}} = \frac{\bar{h}}{2} \\ \left(\frac{\partial S}{\partial h} \right)_{\substack{h=\bar{h} \\ h=\bar{h}}} = \frac{\bar{b}}{2} \end{array} \right\} \rightarrow \begin{array}{l} u(S) = \sigma_{\bar{S}} = \sqrt{\left(\frac{\bar{h}}{2}\right)^2 \cdot u^2(h) + \left(\frac{\bar{b}}{2}\right)^2 \cdot u^2(b)} \\ \Rightarrow S = \left(\frac{\bar{b} \cdot \bar{h}}{2} \right) \pm u(S) \end{array}$$

6.1.5. Presentación de los resultados

Una vez determinada la incertidumbre de una medida, directa o indirecta, se expresará su valor atendiendo a algunas indicaciones y convenios. A continuación se proponen algunos de ellos:

- a) La incertidumbre combinada de una medida debe estar determinada por la suma cuadrática de los errores aleatorios y sistemáticos disponibles:

$$u_{combi}(x) = \sqrt{u^2(x) + u^2(resolución) + \dots}$$

- b) La incertidumbre sólo debe tener una cifra significativa. Por ejemplo,

$$\begin{array}{ll} 0.0342 & \rightarrow 0.03 \\ 0.0678 & \rightarrow 0.07 \\ 1.28\% & \rightarrow 1\% \end{array}$$

- c) El valor medio de las medidas directas, o el valor puntual de una medida indirecta, debe tener el mismo orden de magnitud que la incertidumbre total, y en las mismas unidades. Por ejemplo, para un error de 0.03:

$$\begin{array}{ll} 1.5312 & \rightarrow 1.53 \\ 1.0678 & \rightarrow 1.07 \\ 1.2 & \rightarrow 1.20 \end{array}$$

- d) La medida total se expresa como se indicó con anterioridad. Por ejemplo, para una media de 2.601 m con 0.02 m de incertidumbre combinada:

$$2.60 \pm 0.02 \text{ m}$$

6.2. Material

6.2.1. Piezas a medir

En el Laboratorio de Física se dispone de una serie de piezas de diversa índole para realizar medidas básica de longitud, área, volumen, masa y densidad:

1. Barras de acero, probetas tipo barra de una cierta aleación industrial y alambres de cobre.



Figura 6.119.- Elementos tipo barra / alambre

2. Piezas tridimensionales fabricadas en distintos materiales: plástico, acero, bronce, latón, aluminio; y con distintos modelos (A, B, C) a partir de partes cilíndricas.

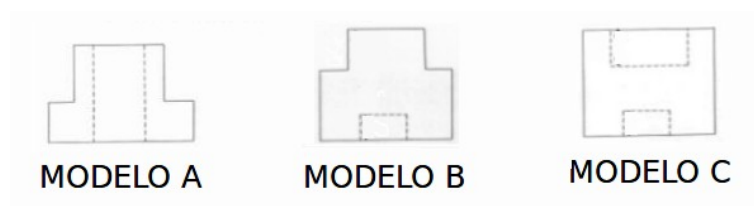


Figura 6.120.- Tipos de modelos de las piezas 3D



Figura 6.121.- Tipos de materiales para las piezas 3D

Una de las cuestiones de la PR será caracterizar las piezas en función de las posibilidades que ofrece el profesor a los alumnos.

6.2.2. Instrumentos de medición

Los instrumentos de medida poseen una serie de características que permite realizar la elección sobre que aparato utilizar en cada caso, se muestran a continuación:

- **RESOLUCIÓN.-** es la mínima división de la escala del instrumento con el que se mide.
- **SENSIBILIDAD.-** número de divisiones de la escala que se recorren cuando la magnitud a medir varía en una medida.
- **FIDELIDAD.-** cualidad para obtener el mismo resultado siempre que se mide la misma magnitud física en las mismas condiciones experimentales y distintas condiciones ambientales del aparato de medición.
- **PRECISIÓN.-** es la característica que indica globalmente el error debido al umbral de sensibilidad y la falta de fidelidad del instrumento. Indica el error de la medida debido intrínsecamente al aparato, es decir, que no se puede rebajar salvo que se mida con un aparato más preciso.
- **EXACTITUD.-** es la cualidad de un instrumento que indica lo preciso y bien calibrado que está. El error más típico que afecta a la exactitud es el “error de cero”. Está causado por un defecto de ajuste del aparato, que da un lectura distinta a cero cuando lo que mide vale “0”. Por norma general es un defecto sencillo de solucionar reajustando el instrumento o teniendo en cuenta la cantidad en que difiere el cero real “0” y el de la escala.

En la parte experimental de la práctica se pedirá la medida de ciertas longitudes. Los dispositivos disponibles en el Laboratorio de Física Aplicada para dicha tarea son los siguientes:

- **CALIBRE O PIE DE REY**

Instrumento que es utilizado para medir grosores, profundidades y diámetros (exteriores e interiores). Consta de (figura 6.122) una regla fija milimetrada (1) y otra llamada *nonius* o *vernier* (2) que se desliza sobre la anterior. Unas puntas (3) se utilizan para la medición de interiores, mientras que otras (4) son para la medición de exteriores. La barra que sobresale (5) se usa para la medida de profundidades.

La lectura del calibre se realiza añadiendo la lectura de la escala *vernier* a la de la escala principal de la regla. La lectura de la escala principal viene indicada por el cero de la escala *vernier*, mientras que la lectura de la escala *vernier* es aquella cuya marca de graduación coincide lo mejor posible con alguna marca de graduación de la escala principal. Este calibre no es necesario ajustarlo “a cero”.

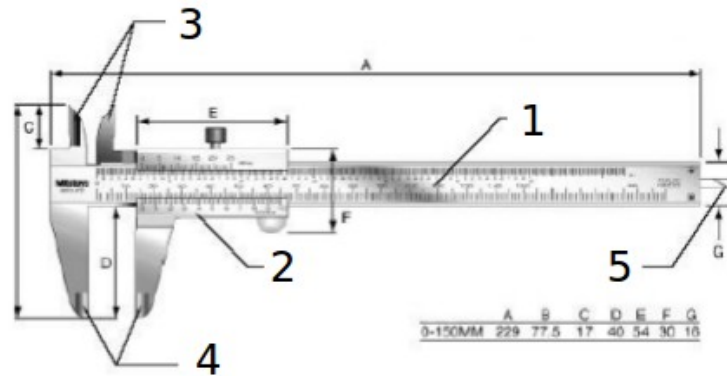


Figura 6.122.- Partes de un calibre

- MICRÓMETRO O PALMER

Instrumento de precisión que se utiliza para medir grosores. Consta de un contador de vueltas formado por una parte fija graduada y otra móvil (T), denominada tornillo milimétrico de paso constante. Ver figura 6.123.

La lectura del micrómetro se lleva a cabo sumando la parte fija más la parte móvil. Se tomará la medida fija en el corte con el borde de la parte móvil, mientras que la lectura móvil es aquella que indica la marca horizontal situada en la parte fija. Resulta conveniente ajustar “a cero” el PALMER en cada caso.

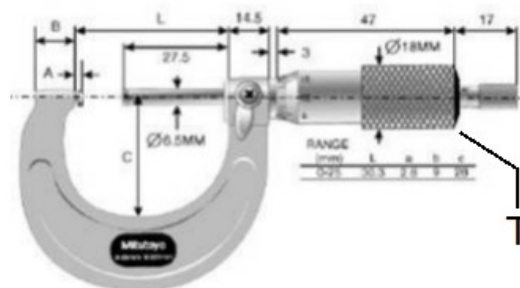


Figura 6.123.- Esquema de un micrómetro

- BÁSCULA MONOPLATO

Instrumento de medición que se emplea para medir masa. Consta, en un extremo, de un plato donde situar la masa a determinar, en la parte central se encuentran tres barras graduadas (de 10, 100 y 500 gramos) junto con un contrapeso (1 gramo) donde ajustar la medición de la masa de la muestra, y en el extremo opuesto al plato una aguja donde se comprueba la alineación, y por lo tanto, la buena medición de las medidas.

De esta manera, se desplazan las pesas de las barras graduadas comenzando por la de menor precisión, continuando por las siguientes hasta que en el equilibrio, la aguja quede alineada. La masa definitiva se corresponderá con la suma de las cantidades mostradas en cada una de las barras graduadas. El ajuste “a cero” se hace con un tornillo de precisión compensatorio en la parte inferior del plato.

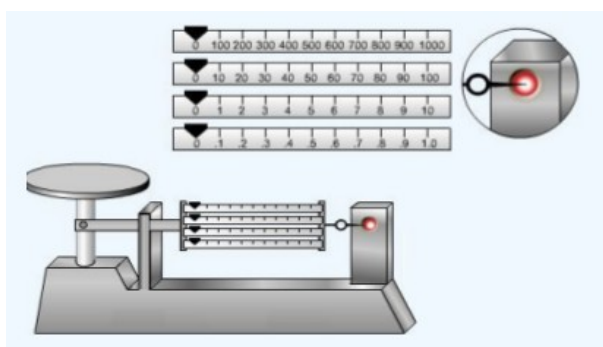


Figura 6.124.- Balanza monoplato

6.3. Interactuando con la práctica

Una vez expuestos los principios básicos del cálculo de errores de medidas directas e indirectas, y la metodología de medición de los diferentes instrumentos a disposición del alumno, se propone una serie de cuestiones a resolver, relativas con dicha PR, a través de un procedimiento experimental esquemático reflejado en el guión que se le facilita a cada alumno asistente a las sesiones de Prácticas de Laboratorio.

6.3.1. Cuestión 1

Estimación de la incertidumbre de la medida del **diámetro** de un cierto alambre / barra por medio de los aparatos de medición de los que se disponen (micrómetro, calibre, balanza). Para tal efecto, responder a las siguientes cuestiones en **sistema BGS**:

1. Caracterizar visualmente el material disponible entre las tres posibilidades.

Barra de acero – Barra de aleación – Alambre de cobre

2. Tomar 5 medidas del diámetro en distintos puntos do material. Determinar, en primer lugar, la resolución del aparato escogido para medir.
3. Presentar en tablas toda las medidas tomadas, las incertidumbres, las medias, la desviación de la media y la estándar; parámetros necesarios para la estimación de la incertidumbre combinada.
4. Expresar el valor final del diámetro del material con su incertidumbre.

6.3.2. Cuestión 2

Estimación de la incertidumbre de la medida del **volumen** de una cierta pieza de dimensiones desconocidas, por medio de los aparatos de medición de los que se disponen (micrómetro, calibre, balanza). Para tal efecto, responder a las siguientes cuestiones en **sistema STT**:

1. Caracterizar visualmente el material disponible entre los tres posibles modelos.

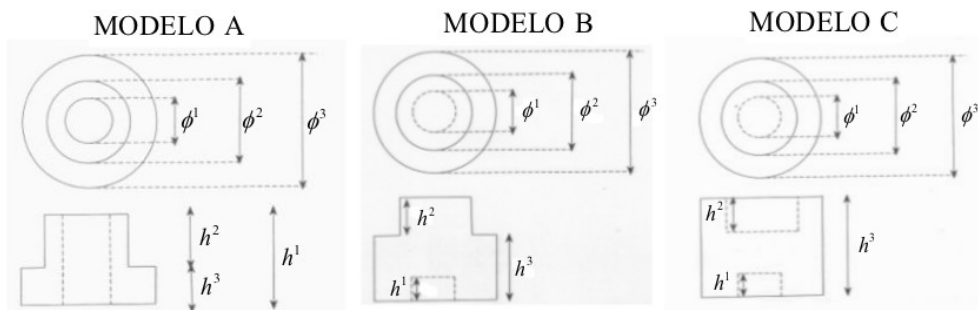


Figura 6.125.- Despiece de los modelos 3D

2. Cada modelo puede estar fabricado en distintos materiales.

Plástico – Acero – Bronce – Latón – Aluminio

3. Tomar 5 medidas de cada diámetro y altura, en distintos puntos del material. Determinar, en primer lugar, la resolución del instrumento escogido para medir.
4. Presentar en tablas toda las medidas tomadas, las incertidumbres, las medias, la desviación de la media y la estándar; parámetros necesarios para la estimación de la incertidumbre combinada.

5. Calcular los volúmenes de los cilindros que componen la figura y sus incertidumbres. Presentar en una tabla.
6. Calcular y expresar el valor final del volumen de la pieza escogida y su incertidumbre.

6.3.3. Cuestión 3

Estimación de la incertidumbre de la medida de la **densidad** de una cierta pieza de dimensiones desconocidas, por medio de los aparatos de medición de los que se disponen (micrómetro, calibre, balanza). Para tal efecto, responder a las siguientes cuestiones en **sistema CGS**:

1. Utilizar la misma pieza de la Cuestión 2 (modelo y material):

3 modelos posibles 5 materiales disponibles
2. Tomar 5 medidas de la masa. Determinar, en primer lugar, la resolución del dispositivo escogido para medir.
3. Presentar en tablas toda las medidas tomadas, las incertidumbres, las medias, la desviación de la media y la estándar; parámetros necesarios para la estimación de la incertidumbre combinada.
4. Calcular y expresar el valor final de la densidad de la pieza escogida y su incertidumbre.

Las piezas disponibles se codificaron según modelo (A – modelo A, B – modelo B, C – modelo C) en función de los materiales existentes (1 – plástico, 2 – acero, 3 – bronce, 4 – latón, 5 – aluminio). De esta manera la pieza B.3 se corresponde con bronce del modelo B.

Para completar la práctica, el alumno puede comprobar en una tabla las densidades de los materiales de fabricación de las piezas. De esta manera el estudiante comprueba que para una pieza que parecía ser, por ejemplo, latón, el valor de la densidad obtenida en la cuestión 3 corresponde con los valores referencia del, por ejemplo, cobre.

6.4. La práctica como instrumento docente

Se diseñó esta práctica (PR MDI) para paliar los problemas que evidenciaban los alumnos en conceptos básicos como cifras significativas, presentación de los datos, errores en las medidas, uso de los distintos Sistemas de Unidades. Como se analizará en capítulos posteriores, la realización de esta experiencia mejoró la comprensión de estas nociones así como su utilización en problemas básicos de Física.

7. Medidas Eléctricas Básicas (PR)

7.1. Base teórica

Son tres los objetivos fundamentales de la siguiente experiencia: primero, familiarizar al alumno con las magnitudes eléctricas fundamentales como son la intensidad de corriente, la tensión, la resistencia y la potencia eléctrica; segundo, conocer los elementos electrónicos básicos, así como el uso del polímetro; tercero, comprobar de forma experimental la influencia entre las magnitudes eléctricas básicas (I , V , R) en la creación de circuitos en Corriente Continua (*Direct Current*, bajo las siglas DC).

7.1.1. Conceptos y leyes físicas

Intensidad de corriente, I .- es la carga eléctrica que pasa a través de una sección de conductor en la unidad de tiempo. En los circuitos se asume que el sentido de la corriente va del positivo al negativo de la fuente de alimentación. En el SI:

$$1 \text{ C} \cdot \text{s}^{-1} = 1 \text{ A} = 1 \text{ Ampere}$$

Voltaje o diferencia de potencial, ΔV : la diferencia de potencial entre dos puntos A e B de un campo eléctrico es igual al trabajo que realiza el campo para llevar la unidad de carga positiva desde el punto A. También denominada tensión en SI:

$$1 \text{ N} \cdot \text{C}^{-1} \cdot \text{m} = 1 \text{ V} = 1 \text{ Volt}$$

Un dispositivo que suministra voltaje es la **fuentes de alimentación** que convierte la tensión alterna de la red nacional (AC), en una o varias tensiones, prácticamente continuas (DC), que alimentan los distintos circuitos del aparato electrónico al que se conecta.

Resistencia, R : resistencia eléctrica de un material es la oposición que encuentra la corriente eléctrica para recorrerlo. En SI:

$$1 \text{ V} \cdot \text{A}^{-1} = 1 \Omega = 1 \text{ Ohm}$$

Circuito eléctrico: es una serie de elementos o componentes eléctricos, tales como resistencias, condensadores, fuentes de alimentación, etc. conectados eléctricamente entre si con conductores, generalmente filiformes, con el propósito de generar, transportar o modificar señales eléctricas.

Ley de OHM.- es la ley que determina la dependencia entre la intensidad, voltaje y resistencia. La intensidad de corriente que recorre un circuito de resistencia R y suministrado por una fuente de voltaje V , se puede escribir como:

$$V = I \cdot R \Rightarrow I = \frac{V}{R}$$

Potencia eléctrica.- la potencia disipada por un circuito eléctrico depende de la intensidad, la resistencia y el voltaje del propio circuito, según la siguiente expresión:

$$Pot = V \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}$$

Leyes de KIRCHHOFF.- se pueden resumir en dos:

- En un nudo de un circuito se puede afirmar que, $\sum_{i=1}^n I_i = 0$
- Para un circuito cerrado, $\sum_{i=1}^n \mathcal{E}_i = \sum_{j=1}^m I_i \cdot R_j$

Asociación de resistencias.- la resistencia resultante de la asociación de n resistencias se corresponde con,

- para resistencias en serie: $R_T = \sum_{i=1}^n R_i$
- para resistencias en paralelo: $R_T = \frac{1}{\sum_{i=1}^m \frac{1}{R_i}}$

7.2. Material

7.2.1. Instrumentos básicos de medidas eléctricas

Para la medida de las magnitudes eléctricas se utilizan dispositivos basados en las acciones electromagnéticas originadas por el paso de una corriente eléctrica a través de una bobina dentro del mismo. Los medidores básicos se describen a continuación:

1. AMPERÍMETRO (A): instrumento que mide intensidades de corriente. Se conecta en serie con el circuito y tiene una resistencia interna muy pequeña, lo que evita caídas de tensión y consumos de potencia elevados en el propio aparato.
2. VOLTÍMETRO (V): instrumento que mide tensiones, o lo que es lo mismo, diferencias de potencial. Se conecta en paralelo con el circuito y posee una resistencia interna muy elevada para evitar consumos de corriente y de potencia excesivos.
3. OHMÍMETRO (Ω): instrumento que mide resistencias eléctricas. Se conecta a los bornes del material a medir, nunca a fuentes de tensión.

7.2.2. Polímetro o multímetro

El multímetro es un dispositivo que engloba los tres instrumentos comentados con anterioridad y suele aportar alguna prestación más, como la medida de la capacidad de condensadores, pruebas de continuidad de circuitos, etc.

Generalmente, consta de una pantalla de cristal líquido (LCD) en la que se realiza la lectura de los resultados (1), un dial selector donde se elige la magnitud a medir (2) y varios conectores (3) para las puntas de medición.

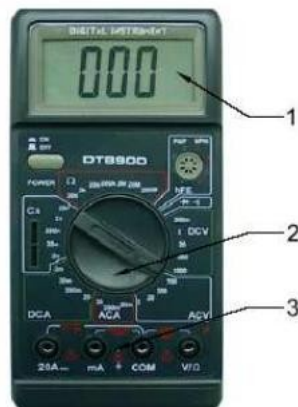


Figura 6.126.- Detalles del multímetro

Para la elección de la escala de medición se iniciará siempre por la de mayor valor, reduciendo la misma según la medida lo permita. Si una escala no es suficiente para una medición determinada aparecerá el valor "1" a la izquierda del LCD, debiendo elegir una escala superior en el dial.

Dependiendo como se conecten las puntas en los conectores, el polímetro funcionará como amperímetro (A), voltímetro (V) o como ohmímetro (Ω). Cada medida individual tomada debe ir acompañada de la resolución del propio multímetro.

7.2.3. Fuente de alimentación de Corriente Continua (DC) regulable

Como ya se comentó es un dispositivo que transforma la Corriente Alterna (AC) de la cual se suministra, a Corriente Continua (DC). El control de corriente de salida es regulable entre el 10 – 100 % del valor total, pudiendo trabajar a corriente constante.

Las características técnicas de las fuentes de alimentación disponibles en el Laboratorio de Física Aplicada son las siguientes:

Tensión de salida	X 0–30 V
Corriente de salida	X 0–2.5 A
Salidas fijas	Y 500 mA
	Z 500 mA
Alimentación	220 V 50 Hz

Tabla 6.01.- Características técnicas de las fuentes de alimentación del Laboratorio



Figura 6.127.- Fuente de alimentación de Corriente Continua (DC) disponible en el Laboratorio

7.2.4. Elementos electrónicos variados

Para poder completar el procedimiento experimental que se propone en esta Práctica Real (PR) se suministra a cada Grupo de Prácticas de Laboratorio (GPL), formado por alumnos de las materias referidas al inicio del capítulo, con una caja con material eléctrico variado:

- Una pila tipo AA y un portapilas del mismo tamaño.



Figura 6.128.- Pila AA y portapilas

- Reóstatos de tipo cilíndrico. El alumno dispone de resistencias variables de dos modelos posibles, como se observa en la figura siguiente.



Figura 6.129.- Modelos de reóstatos

- Herramientas: destornilladores de diferentes tamaños, pelacables, placa de conexiones, lámparas, etc.



Figura 6.130.- Bolsa de herramientas

- Cables y conectores de dos colores: rojo y negro.



Figura 6.131.- Cables y conectores

7.3. Notas sobre mediciones eléctricas

7.3.1. Para medir tensiones o voltajes

A la hora de utilizar el polímetro como **voltímetro** (V), la conexión con el dispositivo electrónico a medir debe ser en paralelo con el mismo.

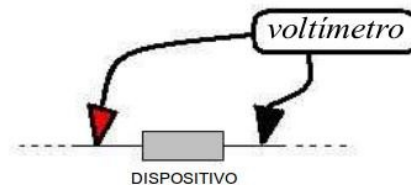


Figura 6.132.- Esquema de conexión en paralelo

En Corriente Continua (DC) se colocará el selector en la zona correspondiente a ésta, eligiendo siempre la escala más adecuada.

El terminal de la punta de medición roja se pondrá en el conector “V / Ω ” y el terminal de medición negra en el conector denominado “COM”.

7.3.2. Para medir intensidades

En el caso de utilizar el polímetro como **amperímetro** (A), la conexión con el circuito o dispositivo a medir debe ser en serie con el mismo.

En Corriente Continua (DC), el selector se colocará en la zona correspondiente, eligiendo siempre la escala más adecuada.

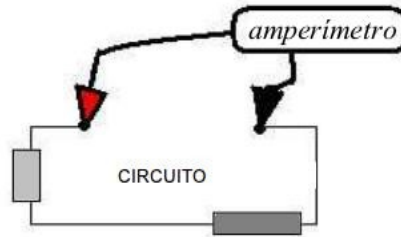


Figura 6.133.- Esquema de conexión en serie

En el caso de los multímetros disponibles en el Laboratorio, los terminales de los conectores se colocaran dependiendo del rango de intensidades con las que se trabaja:

- Si la intensidad es menor de 200 mA, la punta negra se conecta al "COM" y la roja al terminal denominado "mA".
- Si la intensidad es entre 200 mA y 20 A, la punta negra se conecta al "mA" y la roja al terminal denominado "20MAX".

7.3.3. Para medir resistencias

Finalmente, si el multímetro está trabajando como **ohmímetro** (Ω), la punta de medición roja se coloca en "V / Ω " y la punta de medición negra en el "COM". El selector se situará en la zona correspondiente. Es muy importante recordar que para medir resistencias no debe circular ninguna corriente por el elemento a medir. Las puntas de medición se colocarán en los bornes del elemento.

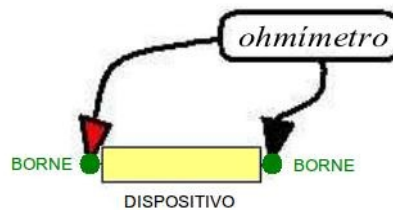


Figura 6.134.- Esquema de conexión de un ohmímetro

7.4. Interactuando con la práctica

Se propone al alumno una serie de cuestiones relativas a los principios básicos de toma de medidas eléctricas, del uso del multímetro y de la ley de OHM. El procedimiento experimental esquemático se refleja en el guión facilitado a cada alumno que asiste a las sesiones de Prácticas de Laboratorio.

7.4.1. Cuestión 1

Con el objeto de familiarizarse con la utilización del polímetro se tomarán una serie de medidas de tensión, intensidad y resistencia, contestando a las preguntas que se muestran a continuación y anotando los resultados obtenidos:

1. **Tensión (V).**-

Tomar la tensión real de una pila de tipo AA. ¿Qué tipo de fuente es la pila, continua (*Direct Current*, DC) o alterna (*Alternating Current*, AC)?

2. **Intensidad (I).**-

Medir la intensidad que es capaz de ofrecer una pila de tipo AA sin estar conectada a ningún elemento electrónico. Tomar la misma medida en el caso de que la pila esté conectada a otro elemento, como por ejemplo, un portapilas.

3. **Resistencia (R).**-

Medir la resistencia total de un reóstato, a continuación medir resistencias individuales en el reóstato y obtener la resistencia total equivalente, colocando en distintas posiciones las puntas de medición del ohmímetro (mínimo 3); analizando los resultados anterior, comprobar que tipo de asociación de resistencias existen el mismo.

7.4.2. Cuestión 2

En este apartado se mostrará la relevancia de la ley de OHM en corriente continua (DC), es decir, se analizará la influencia y relación de las magnitudes fundamentales en un circuito. Se responderá a las siguientes cuestiones y se anotarán todos los resultados:

1. **Comprobación experimental de la ley de OHM.**-

Buscar un valor constante de tensión, de máximo 1 V, en la fuente de alimentación variable etiquetada con X (figura 6.127) con la ayuda de un polímetro. Los valores de intensidad se dejarán como $\frac{1}{4}$ de rueda. Con estos valores se montará un circuito con un reóstato R, en configuración de resistencia variable, como indica la figura 6.135.

- a) Medir la tensión suministrada por la fuente X y la que atraviesa R.
- b) Medir la corriente a la salida de la fuente X y de R.

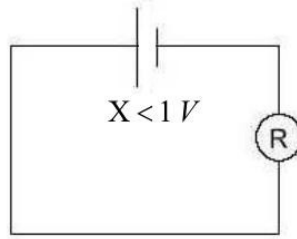


Figura 6.135.- Circuito de comprobación de la ley de OHM

- c) Sin variar el valor de la resistencia de R , reducir la tensión de X unas décimas, con la ayuda del polímetro, ¿cómo se ve afectado el voltaje y la intensidad a la salida de R ?
- d) Sin variar el valor del voltaje en X , disminuir la resistencia de R y comprobar las mediciones anteriores, ¿cómo se ve afectado el voltaje y la intensidad a la salida de R ?

2. Aplicación de la ley de OHM.-

Con una fuente de alimentación fija, etiquetada como Y en las fuentes disponibles en el Laboratorio (figura 6.127), fabricar el circuito de la siguiente figura. En este caso con dos reóstatos R_1 y R_2 , uno en configuración de resistencia intermedia y otro con el de resistencia máxima.

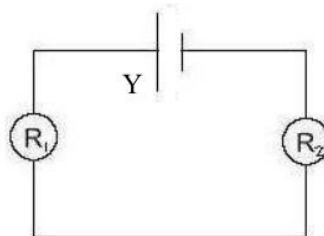


Figura 6.136.- Circuito de aplicación de la ley de Ohm

- a) Determinar el valor de la resistencia indirecta de R_1 a partir de la ley de OHM, repitiendo el cálculo como mínimo 3 veces.

7.5. La práctica como instrumento docente

Se diseñó esta experiencia (PR MEB) para solventar los problemas que evidenciaban los alumnos en conceptos eléctricos básicos como V , I y R , así como las aplicaciones prácticas de la ley de OHM. Se analizará en capítulos posteriores como esta experiencia mejoró la comprensión de estas nociones y su utilización en problemas básicos de Física.

8. Bibliografía

- [1] Guía Docente del Grado de Ingeniería en Obras Públicas de la E.T.S de Enxeñaría de Camiños, Canais e Portos de la Universidade da Coruña. http://caminos.udc.es/docencia/archivos/guias_docentes/GuiaIOP.pdf. Acceso Enero 2012.
- [2] Guía Docente del Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil de la E.T.S de Enxeñaría de Camiños, Canais e Portos de la Universidade da Coruña. http://caminos.udc.es/docencia/archivos/guias_docentes/GuiaTECIC.pdf. Acceso Enero 2012.
- [3] Amengual, A.; "Practicas Virtuales de Física Básica". Palma. Universitat de les Illes Balears, **2003**.
- [4] Esquembre, F. "Creación de Simulaciones Interactivas en Java. Aplicación a la Enseñanza de la Física". Madrid. Prentice – Hall, **2005**.
- [5] Rossel, J. "Física General". Madrid. Alfa Centauro, **1974**.
- [6] Serway, R. A. "Física: para ciencias e ingeniería". Thomson, **2005**.
- [7] Tipler, P. A. "Física para la ciencia y la tecnología (2 tomos)". Editorial Reverté. Barcelona, **2004**.
- [8] Burbano, S.; Burbano, E.; Gracia, C. "Física General". Tebar Ediciones. Madrid, **2006**.
- [9] Alonso, M.; Finn; E.J. "Física (2 tomos)". Addison – Wesley Iberoamericana, **1999**.
- [10] de Juana, J. M. "Física General (2 tomos)". Prentice – Hall, **2007**.
- [11] Shames, I. H. "Mecánica de Fluidos". McGraw Hill, **1995**.
- [12] Wangsness, R. K. "Campos Electromagnéticos". Editorial Limusa, **2010**.
- [13] Franco, A. Curso de Física por ordenador: curso interactivo de Física por Internet. <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/>. Acceso Enero 2012.

VII. Organización de las Prácticas de Laboratorio (PL)

1. Introducción

2. Prerrequisitos

3. Estructura de la información

4. Prácticas Reales (PR)

5. Prácticas Virtuales (PV)

6. Temporalización de las PL

7. Evaluación de las PL

8. Bibliografía

VII. Organización da las Prácticas de Laboratorio (PL)

1. Introducción

Como ya se comentó en los objetivos que iniciaban esta memoria, una nueva metodología propuesta en las Prácticas de Laboratorio (PL) realizadas en las materias de Física de los Grados en Tecnología de la Ingeniería Civil (TECIC) y en Ingeniería de Obras Públicas (IOP) – antes Ingeniería Superior de Caminos e Ingeniería Técnica en Obras Públicas, respectivamente – tendría como finalidad última mejorar los pobres resultados obtenidos por los alumnos de dichas materias en ciertos conceptos y leyes físicas que las PL no abarcaban.

En este capítulo se pretende mostrar el arduo proceso de organización, llevado a cabo de un modo gradual, para que que esta metodología funcionase exitosamente y así obtener los frutos deseados: el soporte al estudio de ciertos fenómenos físicos y mejoras en las calificaciones personales de los alumnos en ciertas temáticas. En capítulos posteriores se analizarán los resultados obtenidos consecuentes de este procedimiento.

A lo largo de los últimos seis años [1], las PL realizadas en las materias de Física de los Grados ofertados en la Escuela de Ingeniería de Caminos, y antes en las extintas titulaciones de Ingeniería Superior de Caminos e Ingeniería Técnica en Obras Públicas, han pasado de ser exclusivamente actividades realizadas en banco de laboratorio a realizaciones informáticas en las que el alumno, con la ayuda que brindan las nuevas tecnologías, es capaz de simular distintas posibilidades que le otorgarán perspectivas diversas sobre la aplicación práctica de un concepto físico. Este procedimiento presenta la ventaja de permitir el estudio de distintos fenómenos físicos de diversa índole en un formato sencillo e intuitivo [2], que anteriormente requerían material excesivamente caro para los presupuestos anuales del Laboratorio de Física de la Escuela.

A la hora de desarrollar el currículo, a través de las Guías Docentes [3] [4], de las materias de Física que se imparten en la E.S.T.E. de Camiños, Canais e Portos de la UDC, hay que tener muy presente la realización de una serie de Prácticas de Laboratorio (PL) de carácter obligatorio que se tienen lugar durante cada año académico.

Estas PL funcionan como llave, y permiten al alumno poder presentarse a cualquiera de los exámenes finales previstos en cada una de las asignaturas de Física. Además suponen un aliciente en la calificación, que varía según el año, y que hará media (siempre favoreciendo al estudiante) con las otras valoraciones que tenga en su poder el alumno durante el curso académico en cuestión.

Como se acaba de comentar, estas prácticas obligatorias tienen lugar en el Laboratorio de Física Aplicada de la Escuela de Ingeniería. Esto no quiere decir que todo el trabajo que los alumnos tienen que desempeñar para conseguir los objetivos tenga lugar en dicho espacio. En primer lugar, se informará al alumno de los requisitos que debe cumplir para realizar las PL. Seguidamente, se convocará al alumno a una tutoría introductoria de todo lo relacionado con el Laboratorio, las fechas y las normas, etc. Por último, se remitirá al alumno para que gestione todo lo relativo a las PL a través de los medios de comunicación que ofrece el profesorado: una *web* y un *email* específico para dichas tareas.

Las Prácticas Reales (PR) montadas los últimos años son, algunas de ellas, suministradas por distintos distribuidores pero en gran parte fueron elaboradas, en su totalidad, por el autor de esta Tesis mediante distintos dispositivos (calibre, balanza, etc.) y materiales (piezas 3D, alambres, etc.) adquiridos a través de distintos medios (tiendas especializadas, Internet, etc.) o bien instrumental disponible en el propio Laboratorio.

La elección de las Prácticas Virtuales (PV) ha sufrido cambios a través de estos años. Inicialmente se adquirió software comercial [5] al que posteriormente se fue incorporando simulaciones interactivas diseñadas y programadas por el profesorado que muestran fenómenos físicos que el alumno necesita asentar. El análisis de las simulaciones y del software de desarrollo fue tratado en capítulos precedentes, pero cabe recordar que están diseñadas para ser compatibles con cualquier sistema operativo con el único requisito de poseer la JRE de *Sun Microsystems* instalada en el computador donde se vayan a ejecutar.

Como se analizará en capítulos posteriores, para evaluar el impacto de esta nueva metodología docente se ha ido realizado una evaluación sobre el buen funcionamiento de las PL a través de las pruebas de autoevaluación de la propia UDC, de la Escuela de Ingeniería y algunos test desarrollados por los profesores de las materias en cuestión. Los resultados son alentadores y muestran que los alumnos han valorado positivamente, con mejoras graduales año tras año, la nueva metodología docente y estructural.

2. Prerrequisitos

El primer día de las clases de la asignatura, y mientras se informa al alumno de los entresijos de la materia (temario, profesorado, etc.), se dedica un pequeño apartado para recordar a los estudiantes que deben estar pendientes de la fecha en la que se iniciará el proceso de Prácticas en el Laboratorio de Física Aplicada, situado en los bajos de la Escuela.

Un mes antes del comienzo de las Prácticas de Laboratorio (PL) y durante la transcurso de las clases habituales se advierte al alumnado que para superar la materia en

cuestión, tienen que realizar las PL y para ello tienen que operar de la siguiente manera:

1. la totalidad de los alumnos matriculados, aproximadamente 120 (este valor fue cambiando a lo largo de los cursos académicos, en el caso del último curso 2011–12 solo los alumnos de nueva matriculación estaban en la obligación de realizar las PL, para los demás fueron voluntarias);
2. deberán formar grupos de 3 alumnos;
3. esto hará que se generen aproximadamente 40 grupos.
4. Al Laboratorio asistirán por sesión un máximo de 7 grupos, por lo tanto, 21 alumnos máximo;
5. cada sesión tendrá una duración de 2 – 3 horas;
6. cada una de las PL tendrá lugar durante, aproximadamente, 10 sesiones hasta completar el número total de grupos, a continuación comenzará la nueva PL para todos los grupos, así hasta completar el número total de PL;
7. se realizarán un serie de 2 – 3 PL diferentes a lo largo del curso (dependiendo del curso académico);
8. como cada PL supone 2 – 3 horas de Laboratorio, cada alumno trabajará en este aula durante 4 – 9 horas en todo el año;
9. y supone una asistencia, por parte del profesorado, de aproximadamente 30 sesiones en total, que estarán repartidas durante todo el año.

Como se puede observar existe una cierta variabilidad en los datos ya que conforme pasaron los cursos académicos se fueron redefiniendo estos valores para poder crear un entorno educativo más efectivo y motivador para el alumno.

Actualmente, la formación de los miembros de los Grupos de Prácticas es totalmente voluntaria, con la salvedad de que los alumnos que “no se agrupan” el profesor los tendrá que agrupar forzosamente al finalizar este período.

La única manera posible de comunicar al profesor la formación de un Grupo de Prácticas de Laboratorio (GPL) es a través del *email* que el profesor creó para estos fines con el objetivo de separar los temas relacionados con el Laboratorio con el resto de responsabilidades docentes. De esta manera, se intentó con éxito caracterizar al profesor en cuestión como “profesor del Laboratorio” para el alumno. Haciendo que el trabajo de éste fuese lo más efectivo posible.

3. Estructura de la información

La idea principal que se propuso, y que fue evolucionando conforme avanzaron los cursos académicos, para llevar a cabo la modernización en la gestión de las Prácticas de Laboratorio (PL) de las materias de Física, tanto del Grado en IOP (Ingeniería en Obras Públicas) como en TECIC (Tecnología de la Ingeniería Civil), fue implicar al estudiante a utilizar los mecanismos actuales de comunicación como son Internet y el correo electrónico.

Para las dudas que surge al estudiante, como toda la información que necesita para el correcto desarrollo de las PL, la formación de Grupos de Prácticas, los horarios, etc., se ha creado una *web* habilitada para tal efecto bajo el entorno de *sites.google*, y se creó un *email* específico del Laboratorio de Física donde el alumno se debe dirigir para cualquier cuestión relativa a las Prácticas.

La evolución en la metodología docente y la estructura de las PL ha ido evolucionando progresivamente a lo largo de los últimos años.

3.1. Tutoría inicial

Días antes del inicio de las sesiones de Laboratorio se convoca a los alumnos implicados a una reunión, tipo charla de media hora de duración, previa al comienzo de la actividad experimental en el Laboratorio de Física Aplicada de la Escuela.

La estructura de la tutoría fue cambiando a lo largo de los cursos, pero ciertos pilares estructurales se han ido manteniendo constantes: introducción, notas informativas, prácticas a desarrollar, informe final.

3.1.1. Introducción

Esta parte de la tutoría tiene una duración aproximada de 5 minutos. Durante la misma se tratan una serie de puntos de cara al desarrollo de las PL de la materia y sobre todo para motivar al alumnado de cara al trabajo que debe realizar:

- En primer lugar, se comenta a los estudiantes congregados la importancia de realizar las PL, ya que,
 - supone enriquecer el desarrollo personal y sobre todo grupal del alumnado,
 - es necesaria su realización, ya que son obligatorias en su factura para así poder superar la materia, de hecho suponen un tanto por ciento de la nota final de asignatura.

- Finalmente se les muestra a los alumnos la localización exacta del Laboratorio de Física en la E.T.S.E de Enxeñería de Camiños, Canais e Portos.

3.1.2. Notas Informativas

En este caso, y durante 5 minutos, se les explica como se les irá facilitando la información necesaria para poder realizar las PL (a través de una *web*), así como también mantenerlos informados de horarios, novedades y todo aquello que el Laboratorio requiera.

3.1.3. Prácticas a desarrollar

Durante 10 minutos se comenta cuales son las Prácticas de Laboratorio (PL) que el alumno desarrollará durante las sesiones de Laboratorio. Para ello se les informa de la necesidad de leer en casa la introducción y la teoría de los guiones facilitados a través de la página *web*.

Se recomienda al alumno que lleve consigo tanto los guiones de las PL, así como bolígrafos, calculadoras, papel milimetrado y cuaderno o folios, para apuntar lo necesario. En el caso de tener que realizar el Informe en el Laboratorio en el propio Laboratorio, cada GPL deberá llevar consigo una copia del mismo.

Se les recuerda la prohibición de llevar móvil, que posiblemente afecte a los instrumentos electrónicos que dispone el Laboratorio.

Y por último, se enunciarán que PL les corresponderán realizar en el curso académico correspondiente, ya que se van alternando año a año.

3.1.4. Informe Final

Durante 10 minutos se expondrá toda la información de cual será la memoria que el alumno tendrá que entregar que demostrará, en cierta medida, la labor llevada a cabo durante las sesiones de Laboratorio. Toda esto se ve reflejado en un documento denominado Informe de las Prácticas de Laboratorio (IPL) en la *web* de las Prácticas.

Para el aprovechamiento de las sesiones de Laboratorio se vuelve a recordar a los alumnos que el desarrollo y evaluación de las PL es necesario para poderse presentar a los exámenes de la materia. Así como, se les informa del valor del porcentaje reservado en la nota final de la asignatura (cantidad variable en cada curso académico).

Además es muy importante que el alumno sea consciente de que toda la información facilitada a través de la página *web* sirve de referente, por lo que, el incumplimiento de las

condiciones de estructura, contenido, formato y presentación son valorados negativamente en las calificaciones.

El formato de entrega, así como el tiempo límite para su cesión ha ido cambiando a lo largo de los años, como se comentará en los siguientes puntos del capítulo.

Un dato importante debe ser el tiempo que exige al alumno de la realización de las PL con posterioridad. El período por el que se “guarda” la nota de las PL es de 2, de 3 años o indefinidamente, según el curso académico.

3.2. Documentación entre los años 2006 a 2008

Durante este período se heredó la metodología que durante los años anteriores (previos al 2006) se fue llevando a cabo, donde el contacto profesor – alumno se reducía a las sesiones de Laboratorio, y la comunicación biyectiva era totalmente inexistente. Por otro lado, se procuró mejorar el *stock* de prácticas que el Laboratorio disponía a través de partidas económicas favorables a los Laboratorios de las Escuela.

3.2.1. Notas Informativas

Una vez mantenida la Tutoría Inicial se facilitó a los estudiantes unos horarios, en el tablón de anuncios del Laboratorio, en los que ellos mismos se apuntaban en los distintos días disponibles y de esta manera se iba generando los GPL, hasta que los huecos de cada sesión se iban rellenando.

La documentación facilitada fue mínima por parte del profesorado. Lo necesario para el correcto desarrollo de las PL se reducía a los Guiones de cada PL a desarrollar. Se les facilitaba a los alumnos a través del servicio de reprografía, o bien se les entregaba una copia el mismo al inicio de la sesión de las prácticas.

3.2.2. Prácticas a desarrollar

Las PL llevadas a cabo por los alumnos eran 3 en total, las cuales implicaban 3 sesiones en 3 días diferentes, normalmente tenían lugar durante los primeros meses del curso:

- Dos Prácticas Reales (PR) llevadas a cabo en banco de Laboratorio, la elección de las PL era aleatorio e iban cambian, año a año, gracias a nuevas prácticas que se fueron adquiriendo anualmente. Más adelante, en puntos posteriores, se comentarán las posibles prácticas (PL) disponibles.

- Una Prácticas Virtual (PV) de tipo comercial adquirida a través de Internet, o bien, a través de alguna editorial. En puntos posteriores se comentarán las posibles prácticas (PV) disponibles. Como en el caso anterior, la elección de la PV era aleatorio y fue cambiando año a año.

Cabe destacar que desafortunadamente las PL realizadas en los años referidos (2006–2008) no estaban correctamente temporalizadas respecto al temario que se iba dando en las clases teóricas – prácticas del aula. Esto ocasionó ciertos trastornos tanto en los alumnos como el propio profesorado.

3.2.3. Informe Final

Respecto al Informe Final de las Prácticas (IPL). Destacar que cada GPL debía realizar un informe (IPL) con formato libre editado en papel, con la siguiente estructura básica:

- Portada principal en la que se muestra, los nombres y los DNI de cada miembro del grupo.
- Memoria de cada una de las PL desarrolladas durante las sesiones en el Laboratorio: una portada con el título de la PL; introducción teórica de la práctica llevada a cabo; el procedimiento experimental que el guión de la PL orienta, con los datos, tablas, operaciones necesarias, resultados, observaciones y conclusiones finales;
- Fuentes bibliográficas o de la *web*, consultadas.

Una vez finalizadas las sesiones de cada Grupo, se les permitió el margen de un mes para la entrega del informe (IPL). Las horas de trabajo en dicho documento serían a cuenta del propio alumno: trabajo en casa, en la biblioteca, en las salas de estudio, etc.

La puntuación obtenida en las PL tendría un valor máximo de 6 puntos, que se sumarían directamente al 94% de la nota final obtenida en la materia en la opción por parciales, o bien en la convocatoria final de Junio, Septiembre o Diciembre.

La nota obtenida se guardaría durante el año en curso y otro más, en definitiva tendría una validez de 2 años. Los alumnos que en ese período de años no superasen la asignatura debían repetir las PL para poder continuar presentándose a los distintos exámenes de la materia.

3.2.4. Aspectos a mejorar

El principal problema de esta metodología fue que los alumnos se agrupaban en GPL con gente “desconocida” que luego no respondían, algunos de ellos, a la hora de llevar a cabo las PL o en el momento de trabajar sobre el IPL. Finalmente, una gran cantidad de alumnos se quejaban de este hecho que ocasionaba que en cada GPL solo trabajaba un miembro y no los 3 del mismo. Este procedimiento de organización de los alumnos se cambió en años posteriores. Como ya se comentó, actualmente la formación actual de los miembros de los grupos es totalmente voluntaria, y son los propios alumnos que buscan compañeros para formar GPL.

Otro problema surgió en el error de no imponer un formato determinado en el documento IPL para que su evaluación fuese lo más efectiva y justa posible, al comparar los trabajos de todos los GPL. Además del hecho de acumular una serie de documentos en papel totalmente innecesarios. En años posteriores se obligaría a cada GPL a utilizar software ofimático y científico para elaborar el informe.

3.3. Documentación entre los años 2008 a 2010

Durante estos años se llevó a cabo una reestructuración más profunda de la metodología docente sobre todo respecto a la información facilitada al alumnado, para intentar generar una vía de comunicación alumno – profesor en ambos sentidos. También se procedió a la digitalización total de la documentación facilitada y a los informes finales.

3.3.1. Notas Informativas

Se crearon dos páginas *web*, con el mismo contenido, en servidores gratuitos en los que se fueron colgando, vía FTP, las distintas Notas Informativas que el alumno iría necesitando, todo ello en formato PDF. Además se creó un *email*, en *gmail.com*, que sería usado para mantener contacto con el alumnado, en especial por cambios de última hora en el horario, etc. La URL de las *web* y el *email* se muestran a continuación:

<http://usuarios.lycos.es/practicafsa/>

<http://practicafsa.hostrator.com/>

practicafsa@gmail.com

Actualmente esta *web* esta en desuso pero el *email* se ha conservado con los mismos fines en la actualidad.

En la propia página se colgaron una serie de documentos (en formato PDF) que los

alumnos pueden descargar y consultar, y que pasaron a denominarse “Notas Informativas”, cuyo contenido y naturaleza se pasan a comentar:

- **Previa:** primer documento que contiene la información necesaria sobre fechas límites de formación de los Grupos de Prácticas de Laboratorio (GPL).
- **Inscripción:** en este caso, el fichero informa a los estudiantes de las condiciones y normas de como inscribirse como GPL y fechas límite.
- **Listas (GPL):** una vez formados los alumnos los respectivos GPL, se les asignará a cada uno un código identificativo. En este documento se muestra las listas finales de los alumnos con el código GPL al que pertenecen.
- **Horarios:** a la vez que los alumnos son informados de los GPL a los que pertenecen se generan los horarios, en un documento, con la información necesaria para poder realizar las PL de una manera ordenada: normas básicas de trabajo y horarios.
- **Guiones:** los guiones de las PL también se colgarán en la *web* habilitada para que los alumnos puedan imprimirlos, los puedan ojear y en tal caso, estudiar. De esta manera podrán traerlos al Laboratorio de Física de su mano.
- **Software:** este documento se referirá al software que se puede / debe usar para la correcta realización del informe final y, por tanto, para la evaluación de las PL: procesador de texto, editor de ecuaciones, análisis de datos y tratamiento gráfico.
- **Notas:** valoración numérica del trabajo realizado por cada alumno durante el desarrollo de las PL. En dicha puntuación se tendrá en cuenta tanto la asistencia, la correcta toma de datos y por supuesto, el informe final.

3.3.2. Prácticas a desarrollar

En este caso, se llevarían a cabo 4 prácticas en total, las cuales implicarían 3 sesiones en 3 días diferentes, se desarrollarían a lo largo del año académico procurando siempre excluir el primer y último mes de clases:

- Dos Prácticas Reales (PR) llevadas a cabo en banco de Laboratorio, cada curso se fue eligiendo de entre tres de las que más material (prácticas completas) se disponía: Medidas Directas e Indirectas; Ley de HOOKE estática; Medidas Eléctricas Básicas. Sobre su adquisición y contenido se comentará en puntos posteriores.

- Una Prácticas Virtual (PV) de tipo comercial adquirida a través de la Universitat de les Illes Balears [5], que dispone de un CDROM con siete prácticas tipo simulaciones interactivas. La PL más veces ejecutada fue la de Ley de HOOKE dinámica.
- Una Práctica de tipo informativo sobre las recomendaciones en el uso del variado software existente, tanto a nivel ofimático como científico, para el desarrollo del Informe Final.

En este caso, en contraposición del período de cursos anteriores, si que se procuró pautar los días de realización de PL conforme el desarrollo temporal del temario que se iba dando en las clases teórica – prácticas del aula.

3.3.3. Informe Final

A medida que los grupos iban acabando las sesiones de las PL, se les facilitó información de como debían realizar el informe final de las prácticas (IPL) en conjunto con los demás miembros de su GPL.

La manera de evaluar a los alumnos, además de por su asistencia y trabajo a las sesiones programadas de Laboratorio era la realización por parte de cada GPL del Informe de las Prácticas de Laboratorio (IPL) que se podría entregar antes de una fecha señalada, exclusivamente en formato digital.

La estructura del IPL, en este caso es similar al período anterior, pero en formato digital. El cambio más substancial fue la creación de una contraportada donde se informará de las fuentes bibliográficas usadas así como una referencia al software utilizado.

En los primeros años de este período se permitió el uso de los siguientes formatos: PDF, ODT y DOC. En años posteriores solo fue válido el uso del formato PDF, esto fue debido a la gran variedad de programas ofimáticos que permiten crear un informe tipo dossier. En la gran mayoría de éstos se permite guardar los documentos en formato PDF. Este formato permite visualizar el documento desde cualquier equipo, con cualquier sistema operativo, sin ningún problema visual: figuras descolocadas, texto ilegibles, fuentes desconocidas, etc. Además no se puede modificar el contenido del fichero. Por lo tanto, el único formato de presentación aceptado del IPL sería en PDF, sin codificar con contraseña alguna.

La única vía posible para la presentación del IPL final sería a través del correo electrónico de las prácticas, como adjunto en un archivo comprimido (RAR o ZIP) que contuviese los 5 ficheros pedidos en la “Estructura del IPL”: portada principal, PL1, PL2,

PL3, contraportada. La entrega del IPL tendría un fecha límite de entrega de aproximadamente un mes después de acabar la última sesión de prácticas.

Durante este período de cursos se cambió el valor numérico de la puntuación máxima obtenida en las PL, en este caso de 10 puntos, y que se sumarían directamente al 90% de la nota final obtenida en la materia en opción por parciales, o bien en la convocatoria final de Junio, Septiembre o Diciembre.

El período de validez de la nota de las PL sería nuevamente de 3 años, incluido el año de realización de las PL. Los alumnos que en ese período no superasen la asignatura debían repetir las PL para poder continuar presentando a las pruebas de la materia.

Una de las mejoras más sustanciales en los cursos referidos (2008–2010) fue la exigencia de dar un formato uniforme al contenido del informe. El IPL debía cumplir una serie de requisitos mínimos especialmente en el formateado del texto a la hora de utilizar un procesador de texto tipo *Microsoft Office*, *LibreOffice* o *OpenOffice.org*. Se enumeran a continuación las exigencias impuestas a los alumnos en cada caso:

- El texto debe ser correctamente definido en todo el IPL: tipografía, tamaño, estilos, sangrías, espaciados, etc., de tal manera que las propiedades de formato se mantengan constante en todo el documento presentado.
- Las fórmulas, ecuaciones y símbolos matemáticos se realizarán con un editor de ecuaciones apropiado: Editor de Ecuaciones de *Microsoft Office*, *Mathtype*, *OpenOffice Math*, *LibreOffice Math*, etc.
- Presentación de los datos tomados y obtenidos en tablas formateadas.
- Las gráficas de los datos no pueden proceder de escaneos. Se debe usar un software específico para su representación: *Microsoft Excel*, *OpenOffice Calc*, *LibreOffice Calc*, *Origin*, etc.
- Las imágenes presentadas en el trabajo (fotos, diagramas, esquemas, etc.) deben ser de buena resolución para que se aprecien con claridad.

3.3.4. Aspectos a mejorar

Se observó que la carga de trabajo que suponía para el alumno el hecho de realizar un completo informe sobre las prácticas realizadas superaba el tiempo considerado para este hecho. En ocasiones los estudiantes son poco efectivos en su trabajo lo que hace que les lleve mucho tiempo y además el resultado final no sea todo lo bueno que debería. Se pensó para años posteriores (siguiente período) que los GPL realizasen el IPL el mismo día de las

sesiones prácticas y que lo entregasen al finalizar las mismas, de esta manera se crearía un informe por sesión y práctica. De hecho, se les facilitaría documentos tipo plantilla totalmente pautado (ver en los anexos del capítulo VII) en los que los alumnos deben poner su código de GPL, los datos obtenidos durante la PL, los cálculos necesarios y las conclusiones finales obtenidas una vez se concluye cada PL.

También cabe destacar que el exceso de información provoca que el estudiante no sepa discernir las normas más importantes que no debe saltarse, es este caso las Notas Informativas demasiado documentadas eran contraproducentes. Es por esto que se procuró reducir la información suministradas por las de Notas Informativas, separando en distintas Notas informaciones de distintas categorías.

Además, para estructurar mejor la información facilitada al alumno se estudió el cambio de página *web* a un servidor igualmente gratuito pero más fiable, los usados hasta el momento fallaban con asiduidad, aprovechando la potencia del universo *Google* y permitiendo asociar la cuenta de correo electrónico que se dispone en *Gmail*.

3.4. Documentación entre los años 2010 a 2012

3.4.1. Notas Informativas

Se habilitó una nueva y única página *web*, además del correo electrónico ya disponible en anteriores períodos académicos. Nuevamente, estos medios de comunicación con el alumno se utilizan exclusivamente para temas del Laboratorio de Física donde, los alumnos encontrarán la información necesaria y el profesor se mantendrá en contacto con los estudiantes para sugerirles o informarles de cualquier acontecimiento destacable.

EL *email* y la URL de la *web* facilitada a los estudiantes del Grado en Ingeniería de Obras Públicas (IOP) es:

<https://sites.google.com/site/practicafsa/>

practicafsa@gmail.com

Se muestra, a continuación, una breve descripción del contenido de la “Notas Informativas” que, en la mayoría de los casos, el alumno del grado en IOP se podrá descargar en formato PDF cuando lo considere:

- **0-Previa PL IOP:** primer documento que contiene la información necesaria sobre fechas límites de formación de los Grupos de Prácticas de Laboratorio (GPL).

- **1–Inscripción GPL IOP:** instrucciones de como inscribirse como GPL, condiciones y fechas límite.
- **2–GPL F_IOP:** a cada GPL se les asignará un código único junto con un *email* asociado que se utilizará como contacto con el GPL durante el curso académico. Los alumnos que no se inscriban como GPL no podrán realizar las PL durante el año académico en curso.
- **3–Horario PL IOP:** a la vez que los alumnos son informados de los GPL definitivos a los que pertenecen, se generan los horarios en un archivo con la información necesaria para poder realizar las PL de una manera planificada y ordenada: normas básicas y horarios.
- **4–IPL1 IOP:** plantilla del Informe de la primera Práctica de Laboratorio (PL1) que se llevará a cabo durante el primer cuatrimestre del curso. Cada GPL debe llevar una copia a la sesión que le toque.
- **5–Notas PL1 F_IOP:** valoración numérica del trabajo realizado por cada alumno durante el desarrollo de la PL1. Se considerará la asistencia y puntualidad, el comportamiento y actitud en el Laboratorio, como se tomaron los datos, informe final, etc.
- **4–IPL2 IOP:** plantilla del Informe de la segunda Práctica de Laboratorio (PL2) que se llevará a cabo durante el segundo cuatrimestre del curso. Cada GPL debe llevar una copia a la sesión que le toque.
- **5–Notas PL2 F_IOP:** valoración numérica del trabajo realizado por cada alumno durante el desarrollo de la PL2. Se considerará la asistencia y puntualidad, el comportamiento y actitud en el Laboratorio, como se tomaron los datos, informe final, etc.
- **6–PV IOP:** documentación básica, incluidas las instrucciones, para el correcto desarrollo de las Prácticas Virtuales (PV) propuestas por el profesorado al alumno para completar las Prácticas realizadas en el Laboratorio. En puntos posteriores se comentarán estas prácticas.

3.4.2. Prácticas a desarrollar

El número de Prácticas a realizar cambia totalmente respecto a períodos anteriores, en este caso las Prácticas se dividirán en dos, por lo que cada alumno tendrá que asistir a dos sesiones a lo largo del curso académico: PL1 (relativa al primer cuatrimestre) y PL2

(relativa al segundo cuatrimestre). Una de ellas será de tipo Virtual (PV) comercial y otra realizada en banco de laboratorio (PR). A mayores, el alumno realizará una serie de Prácticas Virtuales (PV) diseñadas por el profesorado del Laboratorio, temporalizadas con el temario de las asignaturas, y que sustituirán en un futuro próximo a las PV comerciales de las que se disponen.

El diseño, programación y funcionamiento de las PV no comerciales, que son de tipo simulación, ha sido comentado extensamente en capítulos anteriores. De todas maneras se enumerarán dichas PV originales más adelante.

Los guiones de las PL se cuelgan en la *web* habilitada para que los alumnos puedan imprimirlos, los puedan ojear y, en tal caso, estudiar. De esta manera podrán traerlos al Laboratorio de Física de su mano.

3.4.3. Informe Final

Cada GPL dispone de un plantilla, colgada en la *web* (IPL en los anexos del capítulo VII), que los alumnos deberán usar y rellenar con los datos y cálculos que vayan surgiendo conforme se desarrolle cada una de las PL realizadas. Es decir, realizará un IPL por Práctica desarrollada (denominados IPL1 e IPL2). La entrega de cada IPL tendrá lugar al finalizar cada sesión de Laboratorio.

En este período de cursos académicos (2010–2012), la nota relativa a las PL serán computables únicamente el año que se realizan las mismas, eso sí, el alumno quedará exento indefinidamente de tener que volver a realizarlas.

4. Prácticas Reales (PR)

Las prácticas realizadas en banco de laboratorio durante los últimos años han sido suministradas fundamentalmente por PHYWE y PASCO. Este tipo de prácticas pasarán a denominarse Prácticas Reales (PR). Una gran variedad de experiencias de distinta índole han sido adquiridas; desde fenómenos simples de nivel básico hasta otros realmente complicados para niveles superiores. Las limitaciones que existen en todo presupuesto, hacen inaccesibles prácticas sofisticadas, sin embargo necesarias, que cubran aspectos tratados en el aula de forma conceptual. Además, el número de alumnos que acuden a cada sesión práctica requiere una cantidad de al menos cuatro unidades de cada práctica. Esta circunstancia resultó decisiva cuando se optó por el uso de las nuevas tecnologías.

Además de las prácticas comerciales comentadas se han diseñado, con la ayuda de la amplia bibliografía existente [6 – 16], una serie de PR sencillas que abarquen aspectos científicos y técnicos, así como el análisis de incertidumbres, que las experiencias ofrecidas

por los distribuidores no convencían. En los que además, el alumno tenía problemas a la hora de superar en las pruebas de calificación de la materia, como se analizará en capítulos posteriores.

Cada año las PR que fueron realizando los alumnos han ido cambiando, intentando aprovechar al máximo el material disponible y procurando no repetir, año a año, las mismas experiencias. A continuación se mostrarán, a modo resumen, algunas de estas PR.

4.1. PR comerciales

Durante los cursos previos al estudio realizado en este trabajo de investigación (antes del año 2005) se han ido adquiriendo algunos lotes de Prácticas de diversa índole y, en algunos casos, con temática totalmente aleatoria sin analizar las posibilidades de las mismas como herramientas docentes útiles. En cualquier caso algunas de las mismas han servido como base de conocimientos que se expondrían, posteriormente, en las clases teóricas del aula.

A continuación se muestra como ejemplo una de las PR más utilizadas a lo largo de los años.

4.1.1. Ley de HOOKE estática

La finalidad de esta práctica es la de comprobar uno de los fundamentos básicos de la Elasticidad, la llamada ley de HOOKE en su régimen elástico. La validez de esta ley se determinará por medio de dos resortes helicoidales de constante elástica distinta desconocida.

La práctica se basa en que un resorte helicoidal sometido a fuerzas externas (compresión o tracción), sufre variaciones de longitud respecto de su posición natural de equilibrio. Si estos esfuerzos no son muy grandes, la fuerza recuperadora del resorte es proporcional a las variaciones de longitud.

Son dos las cuestiones propuestas a los alumnos y que se resumen a continuación.

Cuestión 1: comprobar la ley de HOOKE para 2 resortes de distinto diámetro con la ayuda de la gráfica generada al representar la fuerza aplicada frente a elongación producida. Con el ajuste de estas curvas características se calculará la constante de HOOKE de cada muelle.

Cuestión 2: comprobar la llamada histéresis elástica en una “goma elástica” al representar la curva característica de la misma (fuerza aplicada frente a la elongación producida) para los mismos valores de esfuerzo de la cuestión 1.



Figura 7.01.- Material de la PR sobre la Ley de HOOKE estática

4.2. PR diseñadas

4.2.1. Medidas Directas e Indirectas (PR MDI)

Como ya se comentó en capítulos precedentes, con esta práctica original se pretende familiarizar al alumno con el análisis de errores de medidas directas (las que se obtienen comparando la magnitud patrón directamente o mediante un instrumento calibrado, y que suelen ser la longitud, la masa, el tiempo, etc.) e indirectas (las que se calculan a partir de medidas directas como suelen ser la velocidad, la superficie, el volumen, etc.). Para esto fin, se utilizan distintos aparatos y técnicas como un calibre, un micrómetro y una balanza. Además se pretende que el alumno aprenda a trabajar con los distintos Sistemas de Unidades más comunes.

El proceso de medida está sujeto a imprecisiones y errores absolutos o relativos que impiden conocer el verdadero valor de una magnitud, por lo que únicamente se podrá determinar un intervalo de valores entre los que se encontrará el verdadero resultado. Es por ello que es importante realizar un análisis de las incertidumbres (errores) de las medidas tomadas.

Son tres las cuestiones propuestas a los alumnos en esta PR y que se resumen a continuación.

Cuestión 1: estimación del valor y la incertidumbre en la medida del diámetro de un cierto alambre / barra, todo ello en sistema BGS (British Gravitational System). La finalidad de esta cuestión es realizar un análisis de errores de una medida directa determinada (diámetro).

Cuestión 2: estimación del valor y la incertidumbre en la medida del volumen de una cierta pieza tridimensional, codificada, de dimensiones desconocidas, todo ello en sistema STT (Sistema Técnico Terrestre). En este caso, se realizará un análisis de incertidumbre de una medida indirecta (volumen) a partir de ciertas medidas directas (alturas y diámetros) de la pieza.

Cuestión 3: estimación del valor y la incertidumbre en la medida de la densidad de la pieza codificada en la cuestión 2, todo ello en sistema CGS (CeGeSimal). Finalmente se llevará a cabo un estudio de errores de una medida indirecta (densidad) a partir de una medida directa (masa) y otra indirecta (volumen). Se determinará el material de fabricación de la pieza comparando la densidad obtenida con una tabla de valores de densidades de materiales conocidos.



Figura 7.02.- Material de la PR sobre Medidas Directas e Indirectas

4.2.2. Medidas Eléctricas Básicas (PR MEB)

Los objetivos fundamentales, ya comentados en capítulos precedentes, de la siguiente práctica, también original, es la de familiarizar al alumno con las magnitudes eléctricas fundamentales como son la intensidad de corriente (I), la tensión (V), la resistencia (R) y la potencia eléctrica; conocer los elementos electrónicos básicos; familiarizarse con el uso del polímetro; y comprobar de forma experimental la dependencia entre las magnitudes básicas descritas a través de la ley de OHM, en Corriente Continua (CC).

Para la medida de las magnitudes eléctricas se utilizan dispositivos basados en las acciones electromagnéticas originadas por el paso de una corriente eléctrica a través de una bobina dentro del mismo. Se recuerdan cuales son los medidores básicos a continuación:

- **AMPERÍMETRO:** mide intensidades de corriente. Se conecta en serie con el circuito y tiene una resistencia interna muy pequeña, que evita caídas de tensión y consumos de potencia elevados en el aparato.
- **VOLTÍMETRO :** mide tensiones (diferencias de potencial). Se conecta en paralelo con el circuito y tiene una resistencia interna muy elevada para evitar consumos de corriente y de potencia excesivos.
- **OHMÍMETRO:** mide resistencias eléctricas. Se conecta a los bornes del elemento a medir, nunca en fuentes de tensión.

En la práctica se usa un aparato de medición que engloba los medidores que se acaban de enunciar, junto con alguna prestación más, llamado polímetro o multímetro. Esta PR propone al alumno dos cuestiones: una relativa al multímetro y otra a la ley de OHM.

Cuestión 1: uso del polímetro. Se toman una serie medidas de la V , I y R , y se procede a contestar una serie de preguntas, anotando los resultados obtenidos.

Cuestión 2: ley de OHM en CC. Se responderán las cuestiones y se anotarán los resultados obtenidos para un circuito propuesto. Comprobación experimental de la ley y aplicación directa de la misma en el cálculo de la resistencia de un reóstato (dispositivo de resistencia variable) sin el uso directo del polímetro.



Figura 7.03.- Material de la PR sobre Medidas Eléctricas Básicas

5. Prácticas Virtuales (PV)

Complementando las nuevas Prácticas Reales (PR) creadas, otra de las propuestas que se decidió ejecutar para la mejora la calidad del aprendizaje, y de los resultados académicos de los alumnos, a través de las Prácticas de Laboratorio (PL), fue la introducción de una serie de prácticas específicas y de carácter virtual, que pasarían a denominarse Prácticas Virtuales (PV). Estas experiencias debían permitir al alumno adquirir conocimientos más significativos en fenómenos físicos, que las PR no abarcaban, que fueron desarrollados a lo largo del temario de las asignaturas referidas, y que el alumnado tuviera problemas en su comprensión, desarrollo y superación en la pruebas de calificación de las materias.

En definitiva, analizando los malos resultados de los alumnos en ciertas partes del temario y en fenómenos físicos concretos motivó, en primer lugar la búsqueda de simulaciones comerciales [5] [7] [17 – 22], en algunos casos gratuitas, que cubrieran estas necesidades pedagógicas de mejora, y más adelante, a la vista de las posibilidades existentes, la creación de simulaciones personalizadas, programadas por el propio profesor, que abarcasen algunos de los fenómenos más sobresalientes, dentro de esta problemática. A continuación se mostrarán, a modo resumen, algunas de estas PV.

5.1. PV comerciales

Después de dedicar cierto tiempo a analizar qué simulaciones podían ser interesantes para los alumnos de las asignaturas de Física referidas al inicio del capítulo, se decidió optar inicialmente por una colección de prácticas virtuales desarrolladas en el Departamento de Física de la Universitat de les Illes Balears.

La edición presenta un libro [5] que explica, con bastante éxito, tanto el fundamento teórico como el procedimiento experimental, totalmente pautado, que se ha de llevar a cabo en cada caso. Un CDROM, que acompaña al libro, trae consigo un programa (*lanzador.exe*) que incluye las 8 simulaciones para PC con los que simular los fenómenos explicados en el libro.

Estas PV están dirigidas a estudiantes de los Grados en Ciencias o Ingeniería que tienen una asignatura de Física General, con prácticas de laboratorio, en los primeros cursos de la carrera. Los programas de simulación pretenden ayudarles a comprender los fenómenos ilustrados en las prácticas presentadas, que quizá deberán realizar en el laboratorio, y en general, las técnicas más elementales del tratamiento de los datos que ahí se obtienen. A continuación se enumeran las opciones disponibles:

- Determinación de la constante elástica de un muelle a partir de la masa suspendida y el período de oscilación.
- Determinación del índice de refracción de un medio transparente para la luz de un láser.
- Medida de la distancia focal de una lente convergente usando el método de las posiciones conjugadas.
- Estudio de la ley de STOKES.
- Estudio de la ley de OHM y conexión de circuitos sencillos.
- Uso básico del osciloscopio.
- Determinación de la velocidad del sonido en el aire.
- Estudio del campo magnético de espiras y solenoide.

Las prácticas están diseñadas para ejecutarse en un entorno *Microsoft Windows*, pero se pueden también llevar a cabo en otros sistemas operativos como *Linux* (de hecho ha sido probado en distintas versiones de *Ubuntu* en el Laboratorio de Física de la Escuela) o *MacOSX* instalando previamente un emulador de *Windows* como puede ser *CrossOver*, *Wine* o *Parallels*.

Las prácticas propuestas tienen diferente grado de dificultad y requieren un tiempo de desarrollo relativamente variable, entre 1.5 y 3 horas. De esta manera alguna de ellas se pueden llevar a cabo en 1 o 2 sesiones de Laboratorio, dependiendo del tiempo dedicado a cada sesión.

5.2. PV diseñadas

A pesar de incluir las PV comerciales en el desarrollo de la parte experimental de las asignaturas, existían fenómenos físicos, abarcados por el temario de las asignaturas de Física, que el alumno continuaba sin obtener el máximo rendimiento posible, por ejemplo, la fuerza de LORENTZ.

A la vista de que las simulaciones existentes no cubrían en su totalidad las expectativas, se procedió a crear simulaciones personalizadas, programadas por el propio profesor, que abarcasen algunos de los fenómenos más importantes donde el alumno podría encontrarse en problemas.

Partiendo del convencimiento de que la programación informática a través de los ordenadores constituye una de las más poderosas herramientas pedagógicas, se consideró el uso de una cierta herramienta de modelado denominada *Easy Java Simulations* que es de libre acceso y multiplataforma [23], la cual se analizó extensamente en capítulos anteriores.

En este software se confía la responsabilidad de la construcción del modelo enteramente al usuario o programador. Éste puede ser bien el profesor, que así controla con precisión lo que esta haciendo el ordenador, bien el estudiante, obteniéndose los beneficios descritos en capítulos precedentes.

Esta herramienta se basa en la programación de algoritmos en un lenguaje de alto nivel (*Java*) que proporciona una flexibilidad enorme a la hora de enfocar los fenómenos físicos más habituales en simulaciones interactivas.

EJS trabaja del siguiente modo: se crea un modelo de un fenómeno cuando se decide cuales son las magnitudes relevantes, se fijan sus valores iniciales y se establecen las reglas o leyes que gobiernan cómo cambian estas magnitudes. Para el código de simulación estas magnitudes se denominarán variables. Para caracterizar el modelo de una simulación se necesita establecer cuáles son sus variables, el estado inicial, las ecuaciones de evolución y las ecuaciones de ligadura. Una vez que se hayan completado estos pasos, el modelo quedará definido.

De esta manera, se optó por generar 4 simulaciones de distinta índole que abarcasen material docente referido en las clases teóricas / prácticas sobre ciertos fenómenos físicos relevantes en las asignaturas en los que el alumno tuviese problemas a la hora de su comprensión y asimilación.

A continuación, se mencionan las cuatro PV diseñadas y su problemática. La exposición completa de cada una de ellas se encuentra en el capítulo VI de esta memoria.

5.2.1. Móvil en un plano inclinado (PV PLANO)

Respecto al temario de las asignaturas de Física, de primer curso del Grado, este ha sido el primer fenómeno que el alumno se ha encontrado con problemas para poder resolver los ejercicios propuestos.

A la hora de incluir el rozamiento en el sistema: rueda de móvil y suelo inclinado, se ha comprobado que el alumno no acaba de ver en toda su globalidad las consecuencias de este hecho, a niveles de estática y dinámica, a través de los coeficientes de rozamiento y la dependencia del ángulo de inclinación del plano sobre la horizontal para un móvil de cierta masa constante.

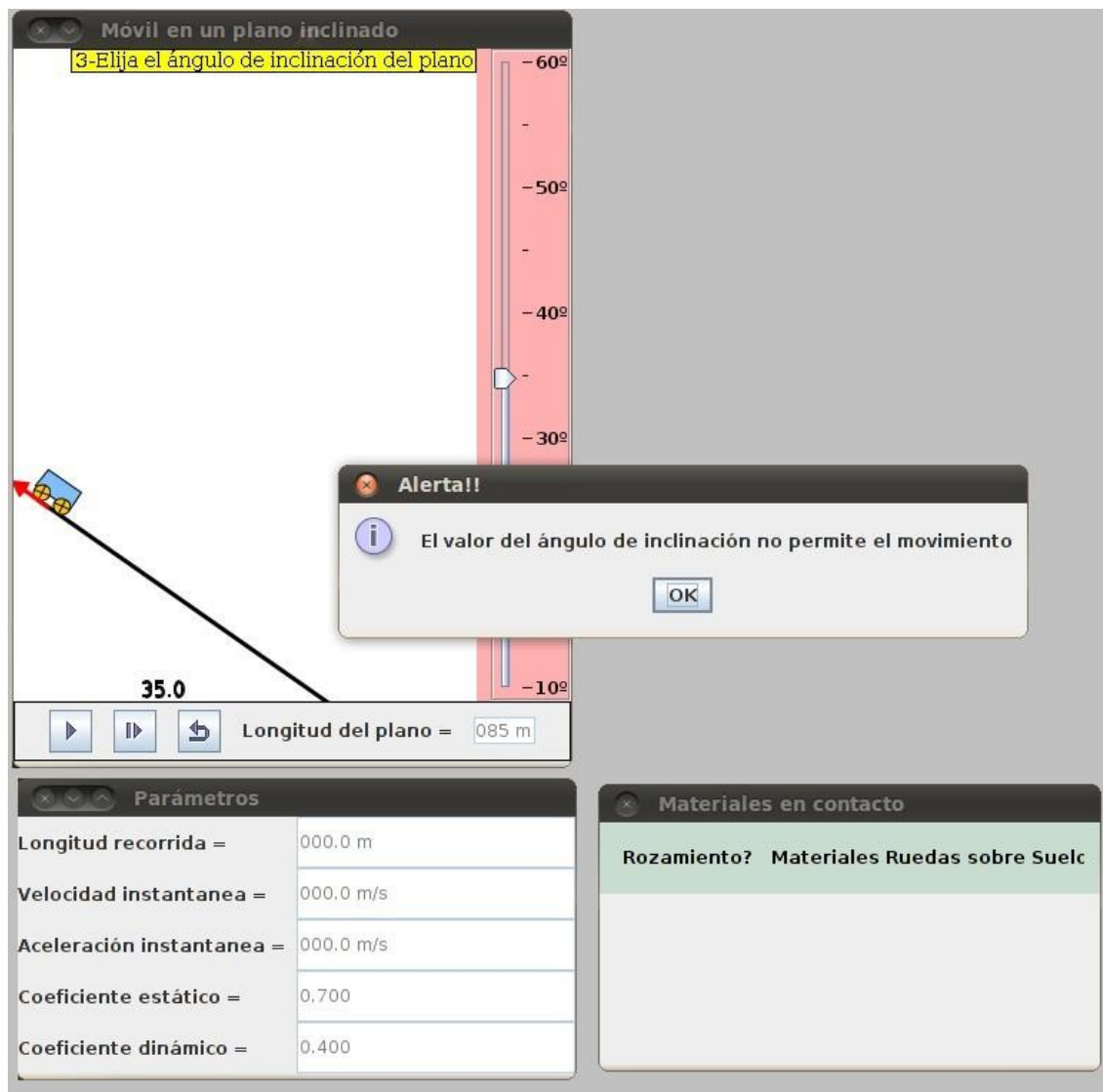


Figura 7.04.- Simulación PV PLANO sobre un "Móvil en un plano inclinado"

5.2.2. Fuerza de LORENTZ sobre partícula cargada (PV LORENTZ)

En el temario este es el segundo fenómeno de relevancia que los estudiantes no consiguen asimilarlo en su totalidad, sobre todo cuando los ejercicios referidos se salen un poco del ejercicio “tipo”, y se le pide que “expliquen” que está ocurriendo en cada caso.

El hecho es que una partícula de masa determinada y carga definida que se mueve con una cierta velocidad inicial en una zona del espacio, donde existe un cierto campo magnético uniforme, se ve sometida a una fuerza de tipo magnético determinada por un producto vectorial entre las magnitudes en juego.

El problema que se encuentra el alumno no es calcular unos parámetros respecto a otros, sino exponer las posibilidades de movimiento de la partícula en función de los valores y los ángulos entre las magnitudes vectoriales del problema. De esta manera, la carga puntual se podrá mover en Movimiento Rectilíneo Uniforme, Movimiento Circular Uniforme y Movimiento Helicoide Uniforme. La simulación propuesta, en este caso, requería disponer de visión espacial tridimensional (3D) para poder observar este hecho con claridad, labor cuestionable en el papel.

5.2.3. Rotación de masas fluidas (PV ROTACION)

No es en la Mecánica de Fluidos donde el alumnado del Grado se encuentra con mayores dificultades de comprensión – aplicación, pero se ha detectado que los alumnos no aprecian el aspecto tridimensional en el problema de un fluido rotando en su recipiente cilíndrico respecto al eje de simetría del mismo.

Los estudiantes consiguen comprender que la superficie del fluido es un paraboloides de revolución pero no llegan a analizar que implica que el vértice del mismo sea positivo, negativo o nulo. Y no solo eso, sino que hay parámetros del problema que no influyen en las condiciones dinámicas del mismo a la hora de aplicar el principio de conservación del fluido, como es el caso radio del recipiente.

Debido a esto, la simulación propuesta se muestra en 2D (bidimensional) y 3D (tridimensional). En la representación bidimensional, se observa como se va generando, “paso a paso”, la parábola de la superficie libre del fluido en función de las condiciones iniciales del problema y la rotación del fluido. Además se indica si el fluido, bajo las condiciones impuestas, llega a salir del recipiente o, en cambio, conserva la cantidad inicial del mismo.

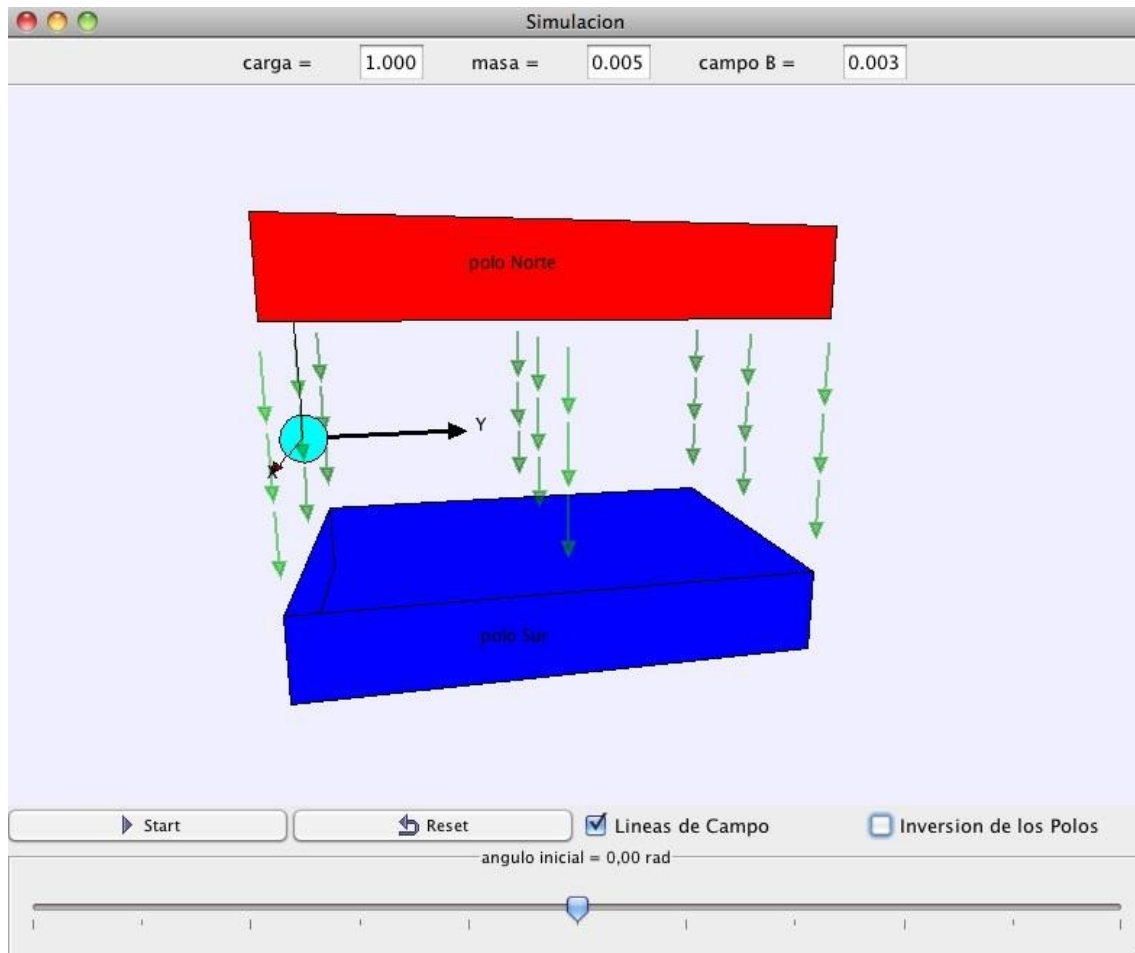


Figura 7.05.- Simulación PV LORENTZ sobre la “Fuerza de LORENTZ sobre partícula cargada”

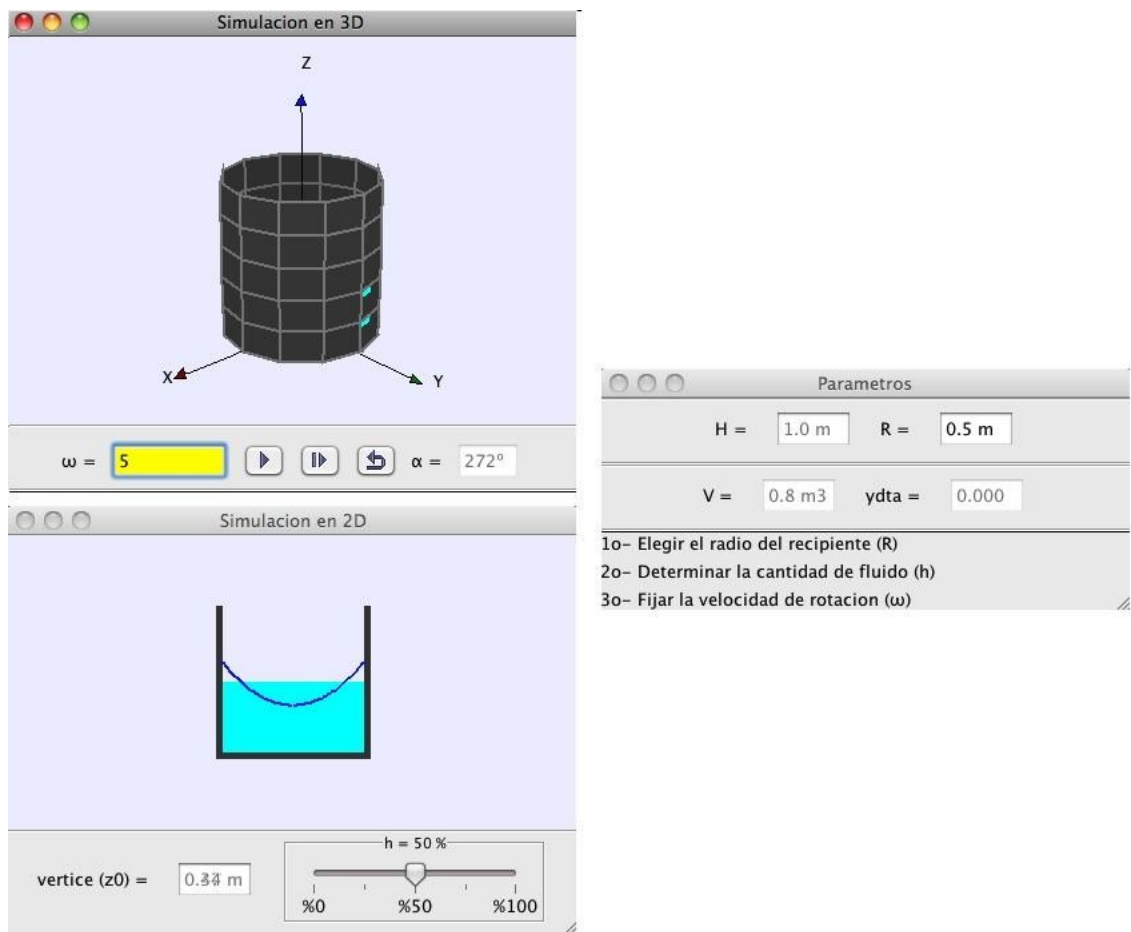


Figura 7.06.- Simulación PV ROTACION sobre la “Rotación de masa fluidas”

5.2.4. Ciclo de CARNOT (PV CARNOT)

El último contenido que abarca el temario es la Termodinámica. El alumno tiene muchos problemas a la hora de ver la importancia del estudio de los ciclos de las máquinas térmicas, en concreto: CARNOT, OTTO y DIESEL. Y sobre todo extrapolar el carácter práctico de lo estudiado en cada uno de ellos, y no ver solo fórmulas y procesos inconexos, que es como lo aprecia el alumnado.

Se denomina ciclo termodinámico a cualquier serie de procesos termodinámicos tales que, al transcurso de todos ellos, el sistema regresa a su estado inicial; es decir, que la variación de las funciones de estados del sistema sea nula (energía interna, entropía).

La obtención de trabajo a partir de dos fuentes térmicas a distinta temperatura se emplea para producir movimiento, por ejemplo en los motores o en los alternadores empleados en la generación de energía eléctrica. El rendimiento es el principal parámetro que caracteriza a un ciclo termodinámico directo, y se define como el trabajo obtenido dividido por el calor gastado en el proceso, en un mismo tiempo de ciclo directo completo si el proceso es continuo.

Un ciclo termodinámico inverso busca lo contrario al ciclo termodinámico directo (obtención de trabajo). Se aportará trabajo externo al ciclo para conseguir que la transferencia de calor se produzca de la fuente más fría a la más caliente, al revés de como sucedería naturalmente. Esta disposición se emplea en las máquinas de aire acondicionado y en refrigeración.

Se considera que dentro de los ciclos termodinámicos directos que se trabajan en la Termodinámica básica es el de CARNOT el que requiere una comprensión total por parte de los estudiantes (“si no entienden CARNOT como van a comprender OTTO o DIESEL”). Es el ciclo teórico por excelencia y se corresponde con la máquina de máximo rendimiento existente entre dos focos de temperaturas distintas.

En la simulación se procuró no solo que se entendiera el ciclo en si, sino su relación práctica con un posible motor real (teórico, por supuesto) cuyo gas trabaja bajo las mismas condiciones de presión, temperatura y volumen de un ciclo de CARNOT.

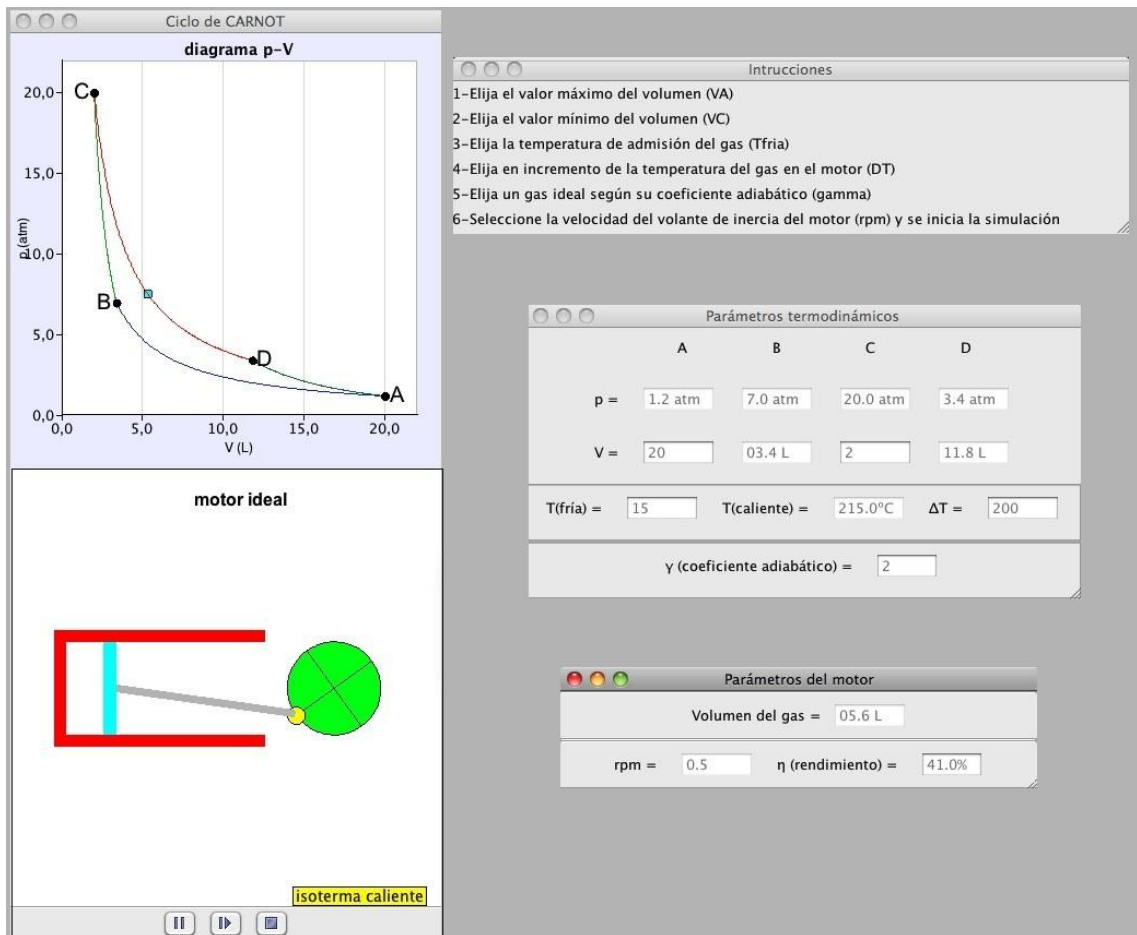


Figura 7.07.- Simulación de la PV sobre el "Ciclo de CARNOT"

6. Temporalización de las Prácticas

Una vez elegidas las PL (reales y virtuales) se pasó a procurar temporalizar los más ajustadamente posible, y respecto al temario teórico – práctico llevado a cabo en el aula, las sesiones necesarias para su desarrollo. En este caso, en función del orden de cada uno de los temarios de las dos asignaturas de Física del Grado de IOP: “Física” y “Ampliación de Física”.

6.1. Asignatura de “Física”

A continuación, se muestra la temporalización semanal de la materia “Física” del Grao de Enxeñería en Obras Públicas en el primer cuatrimestre del curso 2011–12 (programación en anexos del capítulo VII). Esta asignatura proporciona al alumno 2 días de clases semanales, en cada uno de ellos se realiza 1 sesión de 2 horas, es decir, 4 horas semanales (temario en anexos del capítulo VII).

- Semana 12 – 16 Septiembre de 2011:

FESTIVO

Tema I: Cálculo Vectorial (Sesión Teórica 01)

- Semana 21 – 23 Septiembre de 2011:

Problemas de Cálculo Vectorial (Sesión Práctica 01)

Tema II: Mecánica del Punto. Cinemática (Sesión Teórica 02)

- Semana 26 – 30 Septiembre de 2011:

Problemas de Mecánica del Punto. Cinemática (Sesión Práctica 02)

Tema II: Mecánica del Punto. Dinámica (Sesión Teórica 03)

- Semana 03 – 07 Octubre de 2011:

Problemas de Mecánica del Punto. Dinámica (Sesión Práctica 03)

Tema II: Mecánica del Punto. Energías (Sesión Teórica 04)

- Semana 10 – 14 Octubre de 2011:

Problemas de Mecánica del Punto. Energías (Sesión Práctica 04)

Tema II: Mecánica del Punto. Momentos (Sesión Teórica 05)

- Semana 17 – 21 Octubre de 2011:
 Problemas de Mecánica del Punto. Momentos (Sesión Práctica 05)
 Tema II: Mecánica del Punto. Choques (Sesión Teórica 06)
Simulación: PV PLANO. Se pone a disposición de los alumnos, que tienen que realizar las PL, la simulación referida a través de la página web del Laboratorio de Física Aplicada [24]. Disponen del fin de semana para realizar la misma en sus ordenadores personales o en los equipos disponibles en la aula de informática o bien en los del propio Laboratorio de Física.
- Semana 24 – 28 Octubre de 2011:
 Problemas de Mecánica del Punto. Choques (Sesión Práctica 06)
 Tema III: Sistema de Vectores Deslizantes (Sesión Teórica 07)
- Semana 30 – 04 Noviembre de 2011:
 FESTIVO
 Problemas de Sistema de Vectores Deslizantes (Sesión Práctica 07)
Tutoría sobre las PL a realizar en el presente curso académico, Viernes 04 de Noviembre.
- Semana 07 – 11 Noviembre de 2011:
 Tema IV: Electromagnetismo (Sesión Teórica 08)
 Problemas de Electromagnetismo (Sesión Práctica 08)
Laboratorio: Práctica Real de Medidas Eléctricas Básicas (PR MEB). 42 alumnos repartidos en dos sesiones de 2 horas cada una a lo largo de la mañana del Viernes 11 de Noviembre.
- Semana 14 – 11 Noviembre de 2011:
 Tema IV: Electromagnetismo. Campo debido a un conductor (Sesión Teórica 09)
 Problemas de Electromagnetismo. Campo debido a un conductor (Sesión Práctica 09)

Laboratorio: Práctica Real de Medidas Eléctricas Básicas (PR MEB). 42 alumnos repartidos en dos sesiones de 2 horas, cada una, a lo largo de la mañana del Viernes 18 de Noviembre.

- Semana 21 – 25 Noviembre de 2011:

Tema IV: Electromagnetismo. Ley de BIOT–SAVART (Sesión Teórica 10)

Problemas de Electromagnetismo. Ley de BIOT–SAVART (Sesión Práctica 10)

Laboratorio: Practica Real de Medidas Eléctricas Básicas (PR MEB). 42 alumnos repartidos en dos sesiones de 2 horas, cada una, a lo largo de la mañana del Viernes 25 de Noviembre.

- Semana 28 – 02 Diciembre de 2011:

Tema IV: Electromagnetismo. Inducción (Sesión Teórica 11)

Problemas de Electromagnetismo. Inducción (Sesión Práctica 11)

Viernes 11 de Noviembre: Prueba Parcial de los temas I, II y III.

Simulación: PV LORENTZ. Se pone a disposición de los alumnos, que tienen que realizar las PL, la simulación referida a través de la página web del Laboratorio de Física Aplicada [24]. Disponen del fin de semana para realizar la misma en sus ordenadores personales o en los equipos disponibles en la aula de informática o bien en los del propio Laboratorio de Física.

- Semana 05 – 09 Diciembre de 2011:

FESTIVO

FESTIVO

- Semana 12 – 16 Diciembre de 2011:

Tema V: Ondas. (Sesión Teórica 12)

Problemas de Ondas (Sesión Práctica 12)

- Semana 19 – 23 Diciembre de 2011:

Tema V: Ondas. Propagación (Sesión Teórica 13)

Problemas de Ondas (Sesión Práctica 13)

- Semana 26 – 30 Diciembre de 2011:

FESTIVO

FESTIVO

- Semana 02 – 06 Enero de 2012:

FESTIVO

FESTIVO

- Semana 09 – 13 Enero de 2012:

Tema V: Ondas. Sonido (Sesión Teórica 14)

Problemas de Ondas (Sesión Práctica 14)

Viernes 13 de Noviembre: Prueba Parcial de los temas IV y V.

6.2. Asignatura de "Ampliación de Física"

A continuación, se muestra la temporalización semanal de la materia "Ampliación de Física" del Grao de Enxeñería en Obras Públicas en el segundo cuatrimestre del curso 2011–12 (programación en los anexos del capítulo VII). Esta asignatura proporciona al alumno 2 días de clases semanales, en cada uno de ellos se realiza 1 sesión de 2 horas, es decir, 4 horas semanales (temario en los anexos del capítulo VII). Esta materia complementa a la del primer cuatrimestre denominada "Física":

- Semana 30 – 03 Febrero de 2012

FESTIVO

Tema I: Geometría de Masa. Centro de Gravedad (Sesión Teórica 01)

- Semana 06 – 10 Febrero de 2012

Problemas de Geometría de Masas. Centro de Gravedad (Sesión Práctica 01.1)

Tema I: Geometría de Masa. Momentos de Inercia (Sesión Teórica 02)

- Semana 13 – 17 Febrero de 2012

Problemas de Geometría de Masas. Centro de Gravedad (Sesión Práctica 01.1)

Problemas de Geometría de Masas. Momentos de Inercia (Sesión Práctica 02)

- Semana 20 – 24 Febrero de 2012

FESTIVO

Tema II: Mecánica del Sólido Rígido. Estática (Sesión Teórica 03)

- Semana 27 – 02 Marzo de 2012

Problemas de Mecánica del Sólido Rígido. Estática (Sesión Práctica 03)

Tema II: Mecánica del Sólido Rígido. Cinemática (Sesión Teórica 04)

Laboratorio: Practica Real de Medidas Directas e Indirectas (PR MDI). 21 alumnos en una sesión de 2 horas a lo largo de la mañana del Viernes 02 de Marzo.

- Semana 05 – 09 Marzo de 2012

Problemas de Mecánica del Sólido Rígido. Cinemática (Sesión Práctica 04.1)

Tema II: Mecánica del Sólido Rígido. Dinámica (Sesión Teórica 05)

Laboratorio: Practica Real de Medidas Directas e Indirectas (PR MDI). 42 alumnos repartidos en dos sesiones de 2 horas, cada una, a lo largo de la mañana del Viernes 09 de Marzo.

- Semana 12 – 16 Marzo de 2012

Problemas de Mecánica del Sólido Rígido. Cinemática (Sesión Práctica 04.2)

CONGRESO

Laboratorio: Practica Real de Medidas Directas e Indirectas (PR MDI). 42 alumnos repartidos en dos sesiones de 2 horas, cada una, a lo largo de la mañana del Viernes 16 de Marzo.

- Semana 19 – 23 Marzo de 2012

Problemas de Mecánica del Sólido Rígido. Dinámica (Sesión Práctica 05)

Tema III: Mecánica de Fluidos (Sesión Teórica 06)

Laboratorio: Practica Real de Medidas Directas e Indirectas. 21 alumnos en una sesión de 2 horas a lo largo de la mañana del Viernes 23 de Marzo.

- Semana 26 – 30 Marzo de 2012

Problemas de Mecánica de Fluidos (Sesión Práctica 06)

Tema III: Mecánica del Fluidos. Empuje en Superficies (Sesión Teórica 07)

Prueba Parcial de los temas I y II.

- Semana 02 – 06 Abril de 2012

FESTIVO

FESTIVO

- Semana 09 – 13 Abril de 2012

Problemas de Mecánica de Fluidos. Empuje en Superficie (Sesión Práctica 07)

Tema III: Mecánica del Fluidos. Empuje en Volúmenes (Sesión Teórica 08)

Simulación: PV ROTACION. Se pone a disposición de los alumnos, que tienen que realizar las PL, la simulación referida a través de la página *web* del Laboratorio de Física Aplicada [24]. Disponen del fin de semana para realizar la misma en sus ordenadores personales o en los equipos disponibles en la aula de informática o bien en los del propio Laboratorio de Física.

- Semana 16 – 20 Abril de 2012

Problemas de Mecánica de Fluidos. Empuje en Volúmenes (Sesión Práctica 08)

Tema IV: Termodinámica. Principio Cero (Sesión Teórica 09)

- Semana 23 – 27 Abril de 2012

Problemas de Termodinámica. Principio Cero (Sesión Práctica 09)

Tema IV: Termodinámica. Principio Uno (Sesión Teórica 10)

- Semana 30 – 04 Mayo de 2012

FESTIVO

Problemas de Termodinámica. Principio Uno (Sesión Práctica 10)

- Semana 07 – 11 Mayo de 2012

Tema IV: Termodinámica. Principio Dos (Sesión Teórica 11)

Problemas de Termodinámica. Principio Dos (Sesión Práctica 10.1)

Simulación: PV CARNOT. Se pone a disposición de los alumnos, que tienen que realizar las PL, la simulación referida a través de la página web del Laboratorio de Física Aplicada [24]. Disponen del fin de semana para realizar la misma en sus ordenadores personales o en los equipos disponibles en la aula de informática o bien en los del propio Laboratorio de Física.

- Semana 14 – 18 Mayo de 2012

Problemas de Termodinámica. Principio Dos (Sesión Práctica 10.2)

FESTIVO

- Semana 21 – 25 Mayo de 2012

Prueba Parcial de los temas III y IV.

7. Evaluación de las PL

Como ya se comentó en la introducción de este capítulo, para poder evaluar el impacto sobre el alumno de la metodología docente en las Prácticas de Laboratorio durante los últimos años, en las materias referidas con anterioridad, se ha tomado en cuenta resultados obtenidos de diversas fuentes disponibles, algunas de ellas diseñadas para tal fin:

- Encuestas de autoevaluación de la Universidade da Coruña (UDC) [25].- encuestas generadas por una serie de preguntas que el alumnado y profesorado contestan íntegramente a través de Internet.

Hay dos tipos de encuestas: generales y por materias. Dentro de las encuestas por materias el alumnado evalúa la docencia de cada profesor/a en cada materia, mientras que sus propias competencias para el aprendizaje las autoevalúa en el enlace de encuestas generales.

- Encuestas sobre la calidad de la docencia de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de la Universidade da Coruña (UDC) [26].- pretenden evaluar la docencia en la Escuela de Ingeniería de Caminos de la UDC. Su finalidad es detectar las necesidades del alumnado y profesorado en el desarrollo de la docencia, procurando satisfacer las necesidades detectadas.

La encuesta pretende abarcar la problemática de las posibles deficiencias que el alumno perciba respecto a la materia evaluada, así como la valoración personal del profesor en cuestión, y respecto a las medidas tomadas por éste en su trabajo docente.

- TEST diseñados personalmente previos y posteriores de la realización de las Prácticas de Laboratorio.- se preparó una serie de test antes (PRE-TEST) y después (POST-TEST) de dichas sesiones, con el fin de comprobar la retentiva de los alumnos en cuanto a los contenidos estudiados durante las sesiones de Laboratorio de las PL, y cómo las Prácticas llevadas a cabo en su totalidad (toma de datos, determinar magnitudes, desarrollo del informe, etc.) proporcionan al estudiante una nueva fuente de conocimiento que permiten aclarar conceptos, fenómenos y hechos que las clases teórico – prácticas no consiguen asentar en las mentes de los alumnos.

Tanto los PRE-TEST como los POST-TEST son pruebas tipo test, de opción múltiple, con una única respuesta válida (TEST en los anexos del capítulo VIII). Cada test se compone de 5 preguntas dedicadas a cada tema del contenido de las materias que se trabajó en las PL. Por ejemplo, durante el curso 2011-12 se efectuaron cuestionarios sobre el tema de Vibraciones y sobre el de Electromagnetismo, ya que las PL realizadas ese año académico eran “La ley de HOOKE dinámica” y “Medidas Eléctricas Básicas”.

- Cuestionarios sobre las PV diseñadas.- durante el curso 2011–12 se introdujeron de manera definitiva (en el curso anterior se utilizaron a modo prueba), en la estructura de las PL de las materias de Física del Grado de Ingeniería en Obras Públicas (IOP), una serie de Prácticas Virtuales (PV) originales creadas por el profesor, cuyo diseño, programación, contenido y procedimiento experimental de cada una de éstas se expuso con detalle en capítulos anteriores.

A través de la plataforma MOODLE de la universidad [27] se crearon 4 cuestionarios (uno por cada PV) formados por 10 preguntas tipo test, cada uno, de opción múltiple pero respuesta única. El formato GIFT fue el elegido para las preguntas. Cada pregunta acertada valdría 1 punto y cada vez que se fallaba un respuesta se penalizaba con 0.1, permitiendo el sistema volver a responder para encontrar la respuesta buena.

La finalidad última de estos cuestionarios fue comprobar si los alumnos se habían familiarizado con la simulación y si, a su vez, comprendía la Física de cada fenómeno. Era necesario ejecutar las simulaciones de las PV a la vez que se iba resolviendo el cuestionario.

- Encuestas de Autoevaluación sobre las PV diseñadas.- la finalidad de éstas, diseñadas en el entorno *GoogleDocs*, fue la de permitir al alumno mostrar su opinión respecto a la satisfacción y dificultad de las PV diseñadas [28 – 31].

Se generó una encuesta de tipo satisfacción graduada, de 1 a 5, de varias preguntas relativas a la dificultad de la simulaciones, del cuestionario anteriormente referido, a la utilidad de las PV a la hora de preparar la materia para examinarse en las convocatorias finales. Finalmente se reservó un espacio en cada encuesta para comentarios sobre incidencias, deficiencias, etc. que el alumno quisiera realizar sobre las PV.

En el capítulo siguiente, se mostrarán y analizarán los datos obtenidos en cada una de las pruebas / test y se comprobará que, en la mayoría de los casos, los resultados son esperanzadores y muestran que los alumnos valoran positivamente el trabajo realizado en la nueva metodología docente y estructural en las Prácticas de la asignaturas referidas. Y como han mejorado sus resultados académicos.

8. Bibliografía

- [1] Galán, J. J.; Garrido, S. F.; Orosa, J. A.. "Implementación de prácticas virtuales aplicadas en el ámbito de las escuelas técnicas". Jornada sobre Enseñanza y Divulgación de la Química y la Física. V Foro Bienal de Profesores de Física y Química en la Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, Julio **2012**.
- [2] Alejandro, C. A.; Perdomo, J. M. "Aproximando el laboratorio virtual de Física General al laboratorio real ". Revista Iberoamericana de Educación, 48 (6). **2009**.
- [3] Guía Docente del Grado de Ingeniería en Obras Públicas de la E.T.S de Enxeñaría de Camiños, Canais e Portos de la Universidade da Coruña. http://caminos.udc.es/docencia/archivos/guias_docentes/GuiaIOP.pdf Acceso Enero 2012.
- [4] Guía Docente del Grado en Tecnología de la Ingeniería Civil de la E.T.S de Enxeñaría de Camiños, Canais e Portos de la Universidade da Coruña. http://caminos.udc.es/docencia/archivos/guias_docentes/GuiaTECIC.pdf Acceso Enero 2012.
- [5] Amengual, A. "Prácticas virtuales de Física Básica". Palma de Mallorca. Universitat de les Illes Balears, **2003**.
- [6] Hidalgo, M. A., Medina, J. "Laboratorio de Física". Madrid. Pearson, **2008**.
- [7] Molins, J. J.; Cabré, R.; Morer, X. T.; Cuadros, J.; Balfagón Costa, A. "Laboratorio virtual para el estudio de colisiones" Afinidad: Revista de química teórica y aplicada 64 (529), 442 – 449. **2007**.
- [8] Werner da Rosa, C. T.; Becker da Rosa, A. "O ensino de física na universidade de passo fundo: uma investigação nos objetivos das atividades experimentais". Educere: Revista Venezolana de Educación 37, 327 – 332. **2007**.
- [9] Marchisio, S.; Lerro, F.; von Pamel, O.. "Empleo de un laboratorio remoto para promover aprendizajes significativos en la enseñanza de los dispositivos electrónicos". Pixel – Bit: Revista de medios y educación 38, 129 – 139. **2011**.
- [10] Gavilán, J.; Pontes Pedrajas, A.; Flores, A.; Obrero, M. "Diseño y aplicación educativa de un programa de simulación para el aprendizaje de técnicas experimentales con sistemas de adquisición de datos". Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias 3 (2), 251 – 267. **2006**.

- [11] La web de Física - Prácticas de laboratorio.
<http://www.lawebdefisica.com/contenidos/experim.php>. Acceso Febrero 2012.
- [12] Benito, R. M.; Losada, J. C.; Ablanque, J.; Sanz, A. S. "Prácticas de Laboratorio de Física". Ariel Editorial, **2004**.
- [13] Prácticas de Laboratorio de Física.
<http://jrb37.mx.tripod.com/Laboratoriodefisica.html> . Acceso Febrero 2012.
- [14] Chemisana Villegas, D.; Rosell Urrutia, J. I. "Prácticas de Laboratorio de Física para Ingeniería de la Edificación". Universidad de Lleida, **2009**.
- [15] Drösser, C. "La seducción de la Física. Experimentos para la vida cotidiana". Ariel Editorial, **2012**.
- [16] Sancho Vivó, S.; Moreno Esteve, J. C.; Navarro Peris, E.; Martínez – Canales y Murcia, J. F.; Sanchís Sabater, A. "Prácticas de Física". Universitat Politècnica de Valencia, **2006**.
- [17] Clasificación y acceso a simulaciones de física en internet.
http://www.juandelacierva.org/depart/fis/simulaciones_fisica/INICIAR.htm. Acceso Abril 2012.
- [18] Applets Java de Física. <http://www.walter-fendt.de/ph14s/>. Acceso Marzo 2012.
- [19] Interactive Simulations of University of Colorado at Boulder.
<http://phet.colorado.edu/en/simulations/translated/es>. Acceso Febrero 2012.
- [20] Simulaciones de Eduteka. <http://www.eduteka.org/instalables.php3>. Acceso Mayo 2012.
- [21] 700 Simulaciones de Física y Química.
<http://www.iestiemposmodernos.com/700appletsFQ/index.htm>. Acceso Abril 2012.
- [22] Franco, A. Curso de Física por ordenador: curso interactivo de Física por Internet. <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/> . Acceso Junio 2012.
- [23] Esquembre, F. "Creación de Simulaciones Interactivas en Java. Aplicación a la Enseñanza de la Física". Madrid. Prentice–Hall, **2005**.
- [24] Laboratorio de Física Aplicada da ETS de Enxeñaría de Camiños, Canais e Portos da Universidade da Coruña. <http://sites.google.com/site/practicasfa/>. Acceso Junio 2012.

- [25] Avaliación Docente da Universidade da Coruña (UDC). <http://avaliemos.udc.es/>. Acceso Junio 2012.
- [26] Encuestas sobre la calidad de la docencia realizadas por los estudiantes de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de la Universidade da Coruña (UDC). <http://caminos.udc.es/docencia/encuestas.htm> . Acceso Junio 2012.
- [27] Campus Virtual da Universidade da Coruña (MOODLE). <http://campusvirtual.udc.es/moodle/>. Acceso Junio 2012.
- [28] Encuesta de Evaluación de PV PLANO (movimiento en el plano inclinado). <https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?formkey=dG5FVHJpT0U3eVBCbllHSWI3WUizTFE6MA#gid=0> . Acceso Junio 2012.
- [29] Encuesta de Evaluación de PV LORENTZ (fuerza de LORENTZ sobre partícula carga en movimiento). <https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?formkey=dFdZU3k0R294bktUaTI1N1ZwUktCNVE6MA#gid=0> . Acceso Junio 2012.
- [30] Encuesta de Evaluación de PV ROTACION (movimiento de rotación de fluido en un recipiente cilíndrico). <https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?pli=1&formkey=dGdjd3libGo3ZjJRbU1RU0ZRbGg1QkE6MA#gid=0> . Acceso Junio 2012.
- [31] Encuesta de Evaluación de PV CARNOT (el ciclo de CARNOT en un motor ideal). <https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?formkey=dGs5V2dmRIVHcmZhNTE4RHdWWUF2MGc6MQ#gid=0> . Acceso Junio 2012.

VIII. Procesos de evaluación de las PL

1. Introducción

2. Muestra de alumnos

3. Pruebas de chequeo conceptual

4. Encuestas de satisfacción

5. Pruebas finales

6. Bibliografía

VIII. Procesos de evaluación de las PL

1. Introducción

Como se concluyó en el capítulo anterior, para poder evaluar de un modo objetivo el papel constructivo de las Prácticas de Laboratorio en los alumnos, se procedió a recopilar datos de distintas fuentes. Algunas de la propia Universidad, otras de la Escuela de Ingeniería, y finalmente de diversas pruebas tipo test y cuestionarios que se crearon con el fin de que los alumnos evaluaran las prácticas llevadas a cabo, tanto desde un punto de vista de la metodología docente empleada, como del contenido y temática desarrolladas. Se numeran nuevamente:

- Encuestas de Evaluación Docente de la Universidade da Coruña (UDC) [1].
- Encuestas sobre la calidad de la docencia de la Escuela de Ingenieros de Caminos de la Universidade da Coruña (UDC) [2].
- PRE-TEST y POST-TEST a la realización de las Prácticas de Laboratorio.
- Cuestionarios de Calificación sobre las PV originales diseñadas por el profesor.
- Encuestas de Evaluación Docente sobre las PV originales diseñadas por el profesor.
- Notas, por temática, de las pruebas finales de las materias de Física Básica.

A continuación, se expondrá la motivación, el contenido, la puntuación y la extrapolación de los datos de interés para esta memoria de los test, encuestas y exámenes que se tuvieron en consideración para este estudio. Además, se realizará un primer análisis de los resultados obtenidos de las fuentes de información disponibles, exponiendo las conclusiones y observaciones a partir de los resultados del trabajo estadístico, además de otras consideraciones.

2. Muestra de alumnos

Para poder tener una muestra de alumnos completa y homogénea se decidió contar con los estudiantes de primer curso de los dos Grados que posee la Escola Técnica Superior de Enxeñaría (E.T.S.E.) de Camiños, Canais e Portos de la UDC. A continuación, se mostrarán las materias implicadas y el número de alumnos testado.

Esta ampliación del espectro en estudio es totalmente coherente ya que los dos

Grados tienen en su primer curso cuatro materias relativas a la Física General Básica, y además realizan las PL en el mismo Laboratorio, poseen el mismo contenido y los profesores son de la misma área de investigación. La terminología de los Grados y las asignaturas es la siguiente:

- Grado en TECnología de la Ingeniería Civil (TECIC)
 - “Física Aplicada I” (FA1) en el primer cuatrimestre.
 - “Física Aplicada II” (FA2) en el segundo cuatrimestre.
- Grado en Ingeniería de Obras Públicas (IOP)
 - “Física” (F) en el primer cuatrimestre.
 - “Ampliación de Física” (AF) en el segundo cuatrimestre.

El número de alumnos de cada una de las materias es dependiente del cupo máximo de alumnos admitidos en cada uno de los Grados referidos. En cualquier caso, el número de alumnos susceptibles de realizar las PL de cada materia suele ser menor que la totalidad de estudiantes matriculados. Esto es debido a que los alumnos que repiten materia suelen estar exentos de realizar la labor del Laboratorio. Eventualmente, y si el número de alumnos lo permite, se admite al alumnado que lo pida repetir las PL para mejorar la nota obtenida en años precedentes.

En cada uno de los Grados se incorporan anualmente entre 80 (Grado de IOP) y 120 (Grado de TECIC) alumnos de nueva matriculación, estos alumnos coincide con el número de alumnos mínimo a disposición de realizar las PL cada año.

3. Pruebas de chequeo conceptual

3.1. Prácticas de Laboratorio (PL)

Para evaluar el grado de asimilación de los conceptos estudiados en las sesiones de PL, se decidió realizar, durante el curso 2010–11 y parte del 2011–12 , una serie de TEST en los que mediante preguntas sencillas y concisas, relativas al contenido de las prácticas que realizaron durante ese curso académico, se debía demostrar que el hecho de haber realizado las PL habría supuesto un “plus”, no solo en su formación, sino en la comprensión de las materias de Física; pensando también este hecho como “ayuda” para el examen final de la materia (tests en los anexos del capítulo VIII).

La motivación, para la diseño y ejecución de estas pruebas, ha sido las dificultades que se aprecia en los alumnos en la comprensión de algunos fenómenos físicos, que se

consideran básicos en las materias referidas con anterioridad, por lo que se deseaba comprobar que la metodología llevada a cabo, en las sesiones de Laboratorio, tenían sus frutos a la hora de aclarar estos fenómenos al alumno.

Para que no existiesen distinciones entre ambos Grados lo que se hizo fue proporcionar a todos los alumnos los mismos TEST, separando los resultados en dos secciones simplemente por cuestiones logísticas:

- los resultados procedentes de los alumnos del Grado en TECIC se pasó a denominar “sección A” de los alumnos.
- los resultados procedentes de los alumnos del Grado en IOP se pasó a denominar “sección B” de los alumnos.

3.1.1. Metodología. PRE-TEST y POST-TEST

Para poder evaluar el impacto de las PL, los TEST tuvieron lugar previamente a la realización de las PL (PRE-TEST) y un mes después de las mismas (POST-TEST). Este intervalo temporal, de aproximadamente un mes, se consideró lo suficiente amplio como para que el alumno asimilara la información y contenido del desarrollo del trabajo en el Laboratorio.

Cada TEST (anexos del capítulo VIII) se desarrolló como prueba individual y constó de un documento escrito de 10 preguntas en las que solo existía una respuesta válida. A los alumnos se les motivó a que no dejaran ninguna respuesta sin contestar, ya que de todos modos se les consideraría “falsa” la respuesta en ese caso.

Respecto a la calidad de las preguntas se puede decir que estaban pensadas para que el estudiante no tuviera que realizar ningún desarrollo matemático para poder responderlas. Se pretendía con ello aquilatar el grado de comprensión del concepto en cuestión.

Ciertas preguntas se utilizaron como indicadores, no variaron entre el PRE-TEST y el POST-TEST, para poder evaluar posteriormente como asimilaban los alumnos la parte del temario relativa a dichos conceptos.

Como se comentó con anterioridad, en los anexos se muestra estas pruebas en las que se puede observar cuales fueron las preguntas contenidas en ambas evaluaciones.

3.1.2. Resultados de los TEST

Una vez recopilados todos los TEST se procedió a evaluar los resultados. En las tablas y gráficas siguientes se muestra los datos obtenidos de las distintas secciones formadas.

CUESTIÓN	ACIERTO	FALLO	% ACIERTO
1	46	25	65%
2	35	36	49%
3	25	46	35%
4	48	23	68%
5	37	34	52%
6	46	25	65%
7	36	35	51%
8	34	37	48%
9	53	18	75%
10	26	45	37%

NÚMERO TOTAL TEST : 71

MAYOR ACIERTO : 75%

CUESTIÓN MÁS ACERTADA : 9

MENOR ACIERTO : 35%

CUESTIÓN MENOS ACERTADA : 3

SUMA	386
NOTA MEDIA	5,44

ERROR	+ 1
-------	-----

Tabla 8.01.- PRE-TEST de la sección A

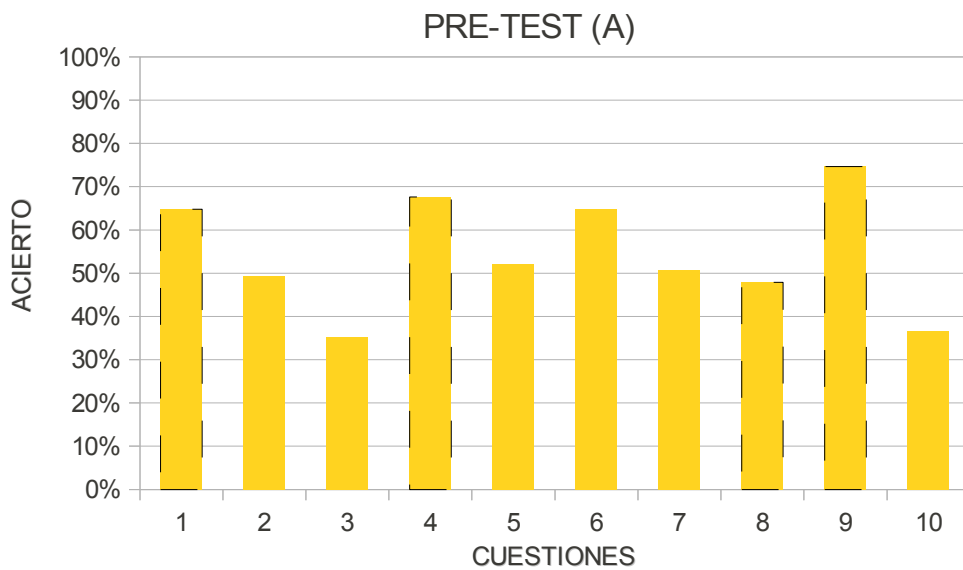


Figura 8.01.- Aciertos en el PRE-TEST de la sección A (indicadores en discontinuo)

CUESTIÓN	ACIERTO	FALLO	% ACIERTO
1	56	31	64%
2	39	48	45%
3	34	53	39%
4	49	38	56%
5	55	32	63%
6	48	39	55%
7	34	53	39%
8	56	31	64%
9	49	38	56%
10	19	68	22%

NÚMERO TOTAL TEST : 87

MAYOR ACIERTO : 64%
 CUESTIÓN MÁS ACERTADA : 1 - 8

MENOR ACIERTO : 22%
 CUESTIÓN MENOS ACERTADA : 10

SUMA	439
NOTA MEDIA	5,05
ERROR	+ - 1

Tabla 8.02.- PRE-TEST de la sección B

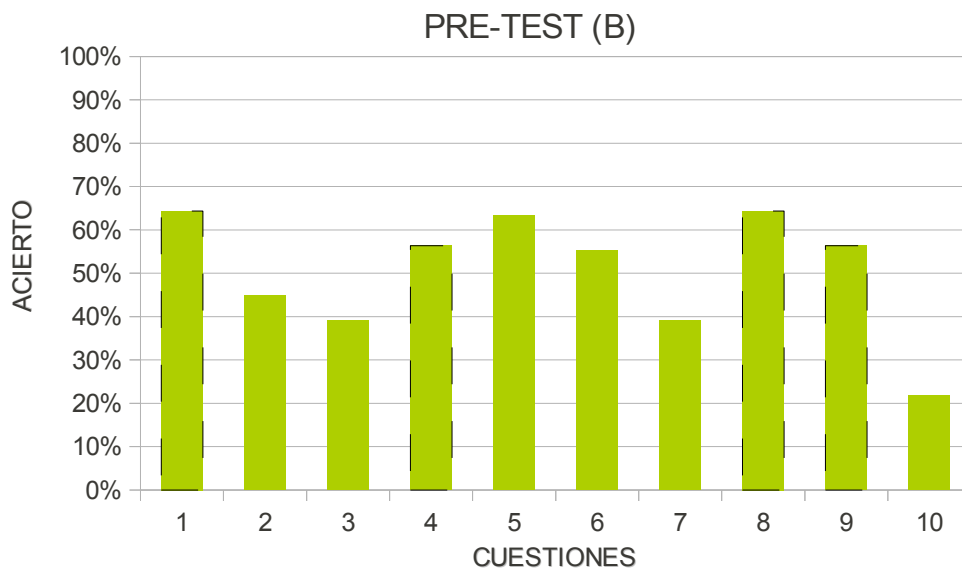


Figura 8.02.- Aciertos en el PRE-TEST de la sección B (indicadores en discontinuo)

CUESTIÓN	ACIERTO	FALLO	% ACIERTO
1	62	6	91%
2	56	12	82%
3	60	8	88%
4	59	9	87%
5	56	12	82%
6	60	8	88%
7	62	6	91%
8	65	3	96%
9	66	2	97%
10	56	12	82%

NÚMERO TOTAL TEST : 68

MAYOR ACIERTO : 97%

CUESTIÓN MÁS ACERTADA : 9

MENOR ACIERTO : 82%

CUESTIÓN MENOS ACERTADA : 2 - 5 - 10

SUMA 602

NOTA MEDIA 8,85

ERROR +- 1

Tabla 8.03.- POST-TEST de la sección A

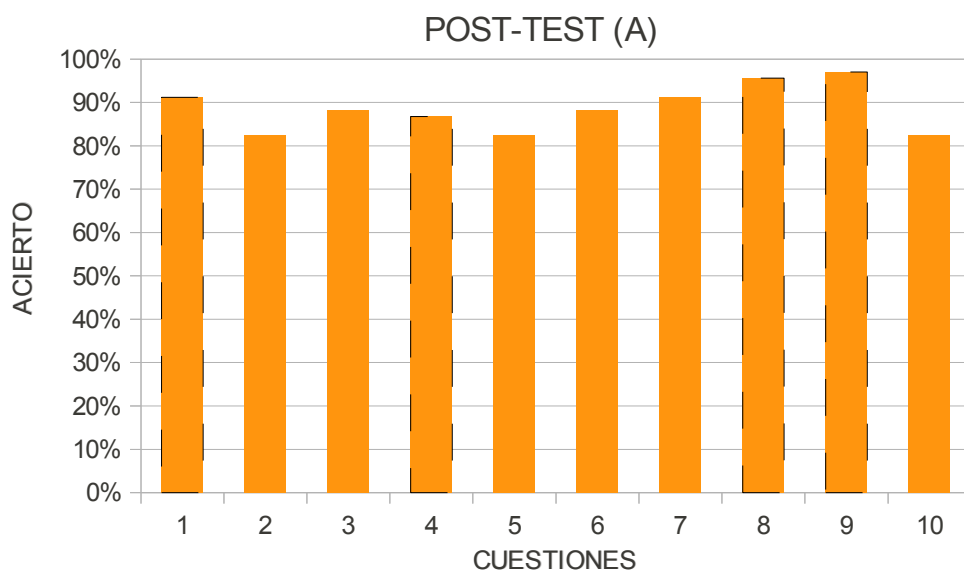


Figura 8.03.- Aciertos en el POST-TEST de la sección A (indicadores en discontinuo)

CUESTIÓN	ACIERTO	FALLO	% ACIERTO
1	69	13	84%
2	65	17	79%
3	75	7	91%
4	60	22	73%
5	66	16	80%
6	72	10	88%
7	77	5	94%
8	75	7	91%
9	77	5	94%
10	50	32	61%

NÚMERO TOTAL TEST : 82

MAYOR ACIERTO : 94%

CUESTIÓN MÁS ACERTADA : 7 - 9

MENOR ACIERTO : 61%

CUESTIÓN MENOS ACERTADA : 10

SUMA 686

NOTA MEDIA 8,37

ERROR +- 1

Tabla 8.04.- POST-TEST de la sección B

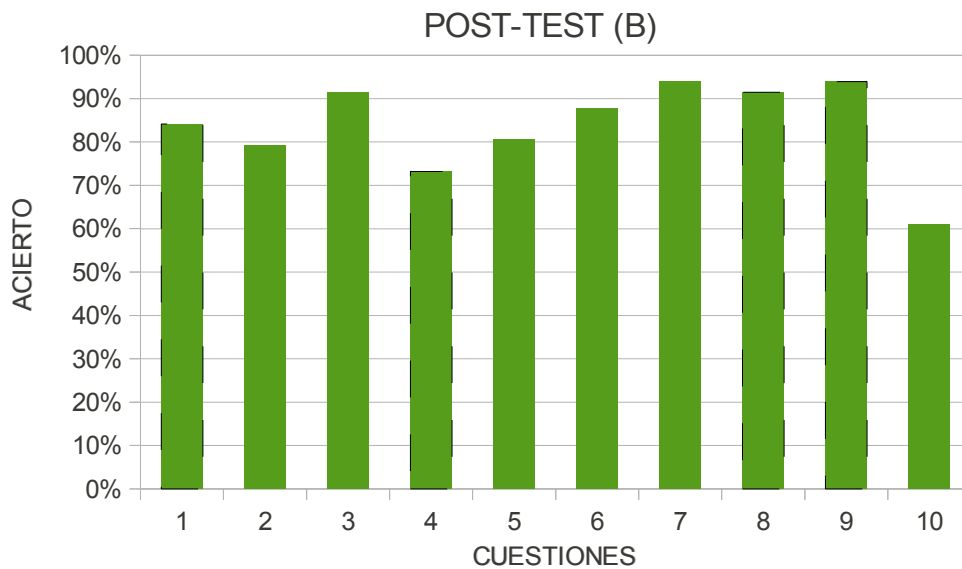


Figura 8.04.- Aciertos en el POST-TEST de la sección B (indicadores en discontinuo)

Analizando la comparativa entre los resultados del PRE-TEST y el POST-TEST, por secciones, se observa la mejora en todas las respuestas acometidas incluidos los indicadores:

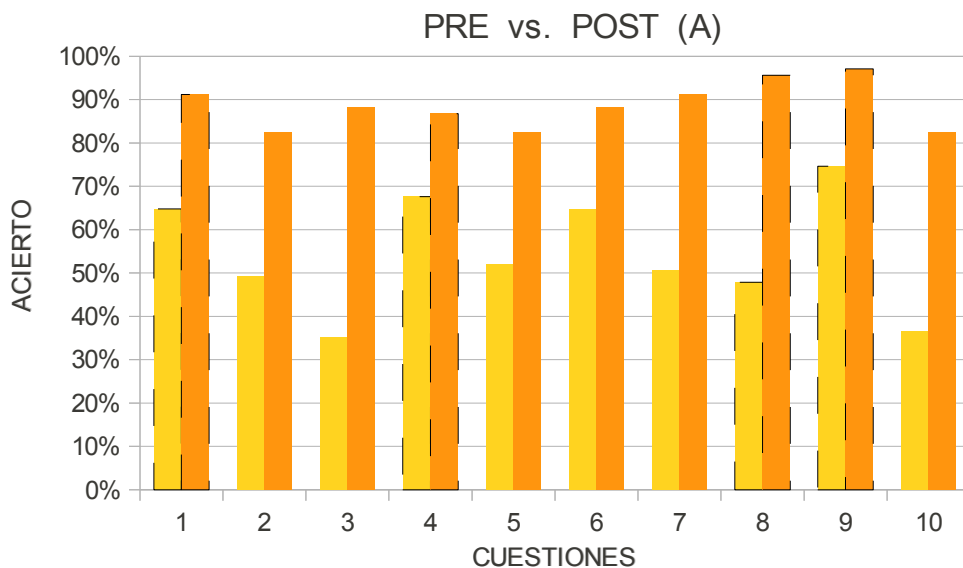


Figura 8.05.- Aumento de aciertos en la sección A (indicadores en discontinuo)

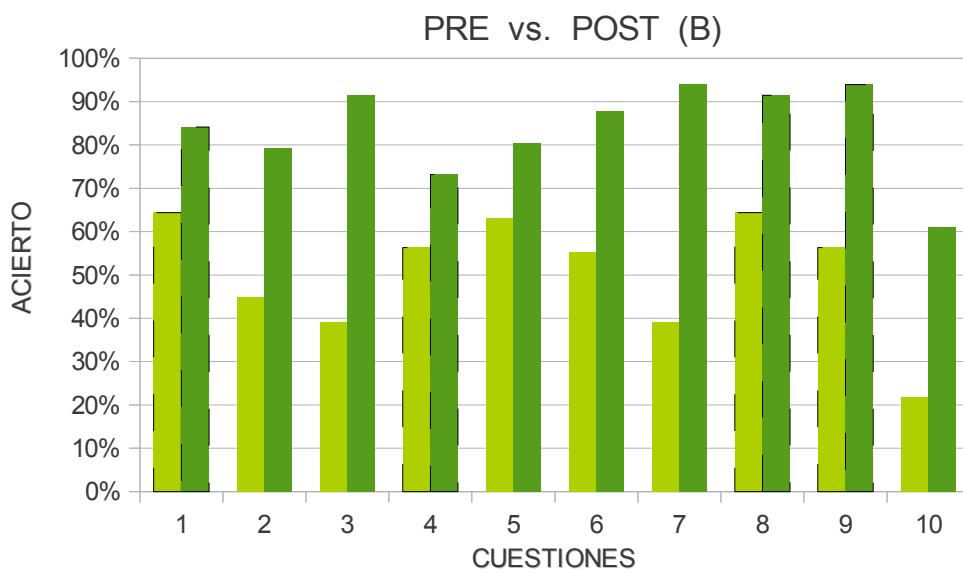


Figura 8.06.- Aumento de aciertos en la sección B (indicadores en discontinuo)

Analizando la comparativa entre las secciones, primero en el PRE-TEST y después en el POST-TEST, se observa que en la mayoría de los casos la sección A responde con más exactitud a las cuestiones que la sección B, en especial en el POST-TEST:

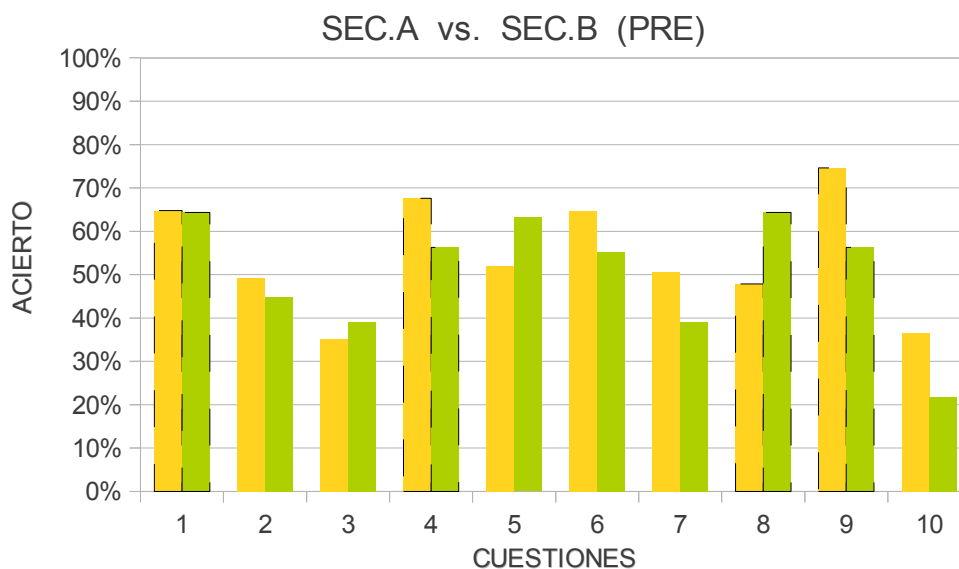


Figura 8.07.- Comparativa de los resultados del PRE-TEST entre las secciones A y B (indicadores en discontinuo)

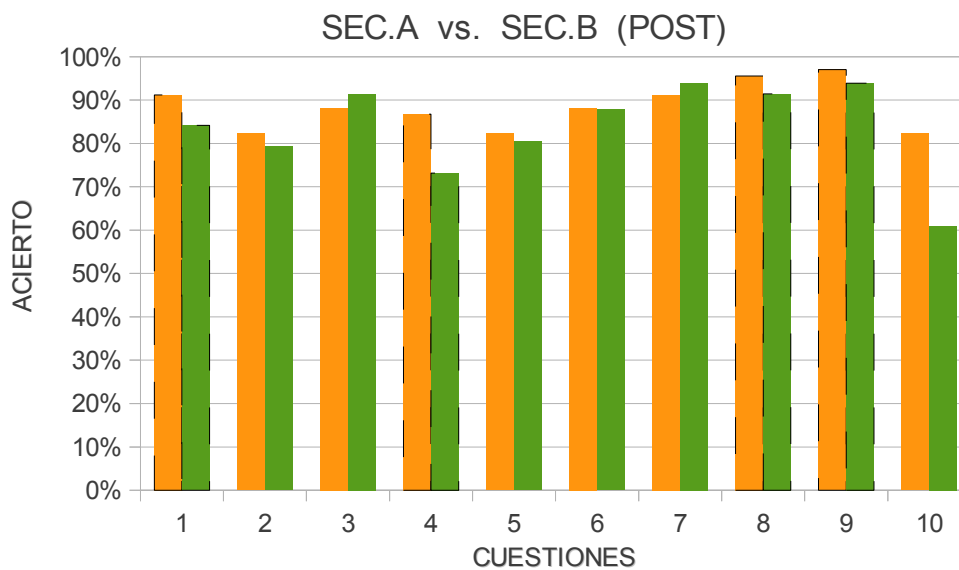


Figura 8.08.- Comparativa de los resultados del POST-TEST entre las secciones A y B (indicadores en discontinuo)

3.1.3. Análisis de los TEST

Como primer análisis de los resultados obtenidos en ambos Grados se puede observar que los alumnos llegan a las Prácticas de Laboratorio (PL) con los conocimientos suficientes como para llevarlas a cabo. La nota media supera ligeramente el “aprobado” ya que es superior a los 5 puntos – 5.4 para alumnos de TECIC y 5.1 para los IOP – respecto a 10 (tablas 8.01, 8.02; figuras 8.01, 8.02). La diferencia de resultados en cuanto a nota, en general, entre los alumnos de ambas secciones es muy pequeña, salvo en que parece que los alumnos de la sección A vienen con una ligera mejor preparación a las clases de Laboratorio (media de 5.44 frente a 5.05), por lo menos en cuanto a conocimientos.

Una vez realizadas las PL, y pasado un tiempo necesario de asentamiento de los conocimientos adquiridos en las sesiones prácticas, los alumnos superan con nota superior a 8 puntos – 8.85 y 8.37 para las secciones A y B, respectivamente – el TEST propuesto para evaluar las prácticas desde un punto de vista aclaratorio de los fenómenos físicos trabajados y estudiados (tablas 8.03, 8.04; figuras 8.03, 8.04).

En las figuras 8.05 y 8.06 se aprecia un aumento considerable en el porcentaje de acierto de todas las cuestiones, entre la prueba PRE y POST a las sesiones de Laboratorio. Las preguntas que sirvieron de indicadores son la 1, la 4, la 8 y la 9, que están marcadas con borde discontinuo en las gráficas. En ellas se aprecia la mejora sustancial que supone el desarrollo de las PL de la materia para la asimilación de los conceptos físicos trabajados y que permitirá al alumno trabajar con los mismos en las sesiones teóricas y de problemas, así como en las pruebas de calificación (parciales y finales) de las asignaturas.

TOTAL	TEST	MEDIA
PRE-TEST	158	5,24
POST-TEST	150	8,61

SECCION A	TEST	MEDIA
PRE-TEST	71	5,44
POST-TEST	68	8,85

SECCION B	TEST	MEDIA
PRE-TEST	87	5,05
POST-TEST	82	8,37

Tabla 8.05.- Mejoras en las medias ente PRE y POST

Respecto de la nota media obtenida en los TEST, se observa claramente en la tabla precedente (tabla 8.05) una mejora significativa, de más de 3 puntos, en la nota media obtenida antes y después de realizar las PL. En ambas secciones la nota es muy similar, por encima de 8 puntos.

A la hora de comparar los alumnos de ambas secciones (figuras 8.07, 8.08), y por tanto de dos Grados diferentes, es destacable que en 7 de las 10 preguntas del PRE-TEST los alumnos de la sección A superan, en porcentaje de acierto, a los de la sección B. En el caso de las preguntas del POST-TEST sucede en 8 de las 10, por lo que se incrementa ligeramente. Se puede concluir que los alumnos de la sección A están “mejor” preparados que los de la sección B, en cuanto a los conceptos tratados en las PL.

Una vez realizadas las PL, ambas secciones con el mismo profesor, las cuestiones 9 y 10 suelen ser la mejor y peor pregunta contestada en ambas secciones, respectivamente, tanto en el PRE-TEST como POS-TEST.

	PRE-TEST	SECCION A	SECCION B
CUESTIÓN MÁS ACERTADA :		9	1 - 8
CUESTIÓN MENOS ACERTADA :		3	10

	POST-TEST	SECCION A	SECCION B
CUESTIÓN MÁS ACERTADA :		9	7 - 9
CUESTIÓN MENOS ACERTADA :		2 - 5 - 10	10

Tabla 8.06.- Cuestiones más y menos acertadas

3.1.4. Participación en TEST

Respecto a al participación del alumnado, se quería dejar constancia que existe un menor número de alumnos matriculados en la sección A que en la B, de ahí la diferencia en número de TEST realizados.

- $71 + 87 = 158$ alumnos participaron en el PRE-TEST, lo que supone el 79% de los alumnos que tenían que realizar las PL el curso académico en cuestión.
- $68 + 82 = 139$ alumnos participaron en el POST-TEST, lo que supone el 75% de los alumnos que tenían que realizar las PL el curso académico en cuestión.

La ligera reducción en la participación no es significativa, entre ambas pruebas. Se cree que la razón pudo ser la elección del día de realización de los propios TEST. Para el

primero, se eligió el mismo día de realización de las PL por lo que la práctica totalidad del alumnado realizó la prueba. En cambio, con la motivación de que pasara un tiempo prudencial desde el desarrollo de las sesiones prácticas, la segunda prueba se llevó a cabo en las propias horas de clases, en el aula, en las últimas semanas de ambos cuatrimestres, con la consecuente ausencia de parte del alumnado.

3.2. Prácticas Virtuales (PV)

Como se ha comentado y analizado en capítulos anteriores, durante los últimos cursos académicos el Laboratorio de Física ha ido incorporando de modo paulatino una serie de Prácticas Virtuales (PV) que el alumno ha desarrollado en las sesiones de las Prácticas de Laboratorio (PL) de las materias de Física de la Escuela de Ingeniería de Caminos. Primero, las PV realizadas fueron adquiridas por medio de editoriales, o bien por a través de Internet. Finalmente, se consideró la opción de diseñar mediante simulaciones los fenómenos físicos que el profesor considerará más relevantes en las materias de Físicas cursadas.

Durante el curso 2011–12 se introdujeron de manera definitiva (en el curso anterior se utilizaron a modo prueba) en la estructura de las PL de las materias de Física del Grado de Ingeniería en Obras Públicas (IOP) un compendio de Prácticas Virtuales (PV) desarrolladas en su totalidad por medio del software EJS [3], el cual ya se analizó en capítulos precedentes. Concretamente se llevaron a cabo 4 PV diseñadas:

- Movimiento en un plano inclinado (PV PLANO).
- Fuerza de LORENTZ (PV LORENTZ).
- Rotación de un fluido (PV ROTACION).
- Ciclo de CARNOT (PV CARNOT).

La programación, contenido y procedimiento experimental de cada una de estas PV, así como la justificación de su elección, se expuso con detalle en capítulos anteriores.

Para poder calificar desde un punto de vista objetivo las PV, realizadas por cada Grupo de Prácticas de Laboratorio (GPL) compuesto por los propios alumnos, se llevó a cabo una prueba donde se comprobaba el grado de conocimiento adquirido por alumno en los conceptos físicos trabajados en cada PV.

Cada una de las pruebas de calificación fue desarrollada en MOODLE, sobre los propios conceptos físicos simulados en cada una de las PV. Se evaluaron sobre 10 puntos y con la posibilidad de penalización en las respuestas incorrectas (cuestionarios MOODLE en anexos del capítulo VIII).

3.2.1. Metodología. Cuestionarios MOODLE

Los alumnos siguiendo las instrucciones referidas en la página *web* habilitada para las Prácticas de Laboratorio [4] debían descargar las simulaciones y posteriormente, una vez se familiarizasen con las mismas, debían contestar a una serie de cuestiones relativas a cada uno de los fenómenos físicos que abarcan dichas simulaciones.

Las cuestiones sirven para evaluar numéricamente el trabajo llevado a cabo por el alumno en las PV, así mismo fue utilizado para comprobar que los estudiantes realizaron las propias prácticas. Destacar que la finalidad última de estos cuestionarios es la de comprobar que los alumnos se habían familiarizado con la simulación y que a su vez comprenden la física de cada fenómeno.

Se optó por aprovechar las opciones que el propio campus virtual de la Universidad [5] ofrece al docente para elaborar pruebas en las que el alumno pueda comprobar, *online*, el resultado de las mismas. El campus virtual de la UDC está basado en MOODLE y brinda la posibilidad de crear cuestionarios tipo test con multitud de opciones configurables.

Una primera idea sobre MOODLE es concebirlo como algo similar al sistema de enseñanza tradicional, en el que un año lectivo consta de varias asignaturas (los cursos) estructuradas en semanas o temas que constan de varias actividades de aprendizaje. Además, como en toda educación escolar, existen dos papeles básicos, el de profesor, creador del contenido del curso, propulsor de las actividades, etc., y el de alumno, la persona que recibirá el conocimiento, realizará las actividades propuestas y, finalmente, será evaluado.

Como se comenta en el manual de utilización de MOODLE [6] [7], a nivel práctico MOODLE se puede considerar un sitio *web*, con soporte para el registro de usuarios, en los que cada usuario puede adoptar un rol que le permite interactuar de distintas maneras con la propia herramienta MOODLE o con el resto de usuarios.

En el caso de esta Tesis, se decidió programar un cuestionario por cada una de las PV con las que el alumno trabajaría a lo largo del curso. Las opciones del cuestionario fueran las siguientes:

- los cuestionarios estarían a disposición del alumnado durante 3 semanas;
- 30 minutos de tiempo límite de cada intento;
- se dispone de 3 tentativas para la resolución del cuestionario, donde cada una se construye a partir de la última;

- se considera la nota más alta entre todas las tentativas;
- consta de 10 preguntas tipo test con opciones múltiples pero con una única solución válida;
- cada respuesta acertada supone 1 punto, con penalización de 0.1 puntos a cada respuesta incorrecta.

Debido al escepticismo de los estudiantes en el uso del MOODLE para la realización de pruebas de evaluación, se optó por facilitar la resolución del cuestionario con un número de tentativas suficientes y considerar como nota definitiva la más alta de las tentativas. Este aspecto deberá ser revisado en cursos sucesivos. En los anexos se puede comprobar los cuatro cuestionarios propuestos, uno por cada PV.

3.2.2. Resultados de los Cuestionarios MOODLE

Se muestran las medias de los resultados numéricos (sobre 10 puntos) obtenidos por los alumnos en las pruebas, diseñadas en MOODLE, sobre las distintas PV propuestas, junto con los intentos totales (cada alumno disponía de máximo 3) para completar los test.

	PV PLANO	PV LORENTZ	PV ROTACION	PV CARNOT
MEDIA TOTAL	9,55	9,43	9,42	9,43
INTENTOS totales	154	143	144	142
INTENTOS media	1,8	1,8	1,8	1,8

Tabla 8.07.- Medias e intentos del cuestionario de MOODLE

En el análisis gráfico de las cualificaciones obtenidas por el alumnado se puede observar la igualdad entre las cuatro PV propuestas, si bien la de mejor nota es la primera de todas, PV PLANO, donde se pretende estudiar el movimiento, desde un punto de vista cinemático y dinámico, de un objeto en descenso libre en un plano de inclinación variable respecto a la horizontal terrestre, con o sin rozamiento. Esta puntuación puede ser debida a que probablemente sea el fenómeno físico más sencillo de los cuatro tratados, y además el alumno de primer curso universitario ya debería estar familiarizado con este hecho desde cursos precedentes.

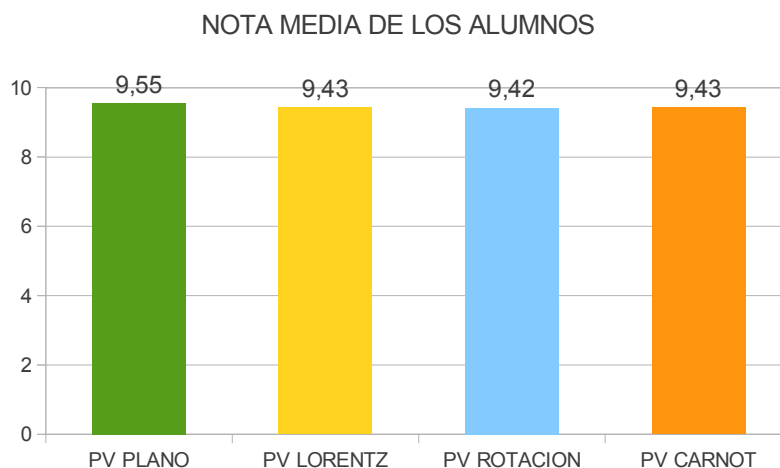


Figura 8.09.- Cualificaciones medias del cuestionario de MOODLE

3.2.3. Participación en Cuestionarios MOODLE

Es necesario mostrar la colaboración por parte de los alumnos que debían realizar las PL, durante el curso 2011–12, para el correcto desarrollo de las materias de “Física” y “Ampliación de Física” en el Grado de IOP.

	PV PLANO	PV LORENTZ	PV ROTACION	PV CARNOT
ALUMNOS participantes	84	80	79	77
ALUMNOS Prácticas de Laboratorio	120	120	120	120
ALUMNOS porcentaje	70,0%	66,7%	65,8%	64,2%

Tabla 8.08.- Colaboración de los alumnos en el cuestionario de MOODLE

Se comprueba que el porcentaje de alumnos que han realizado el cuestionario diseñado con MOODLE ha sido bastante elevado, por encima del 64% en cualquier caso. Ha sido en la PV PLANO donde los estudiantes se han implicado más en la metodología propuesta para las PL (primero, realización de la PV; segundo, responder al cuestionario MOODLE).

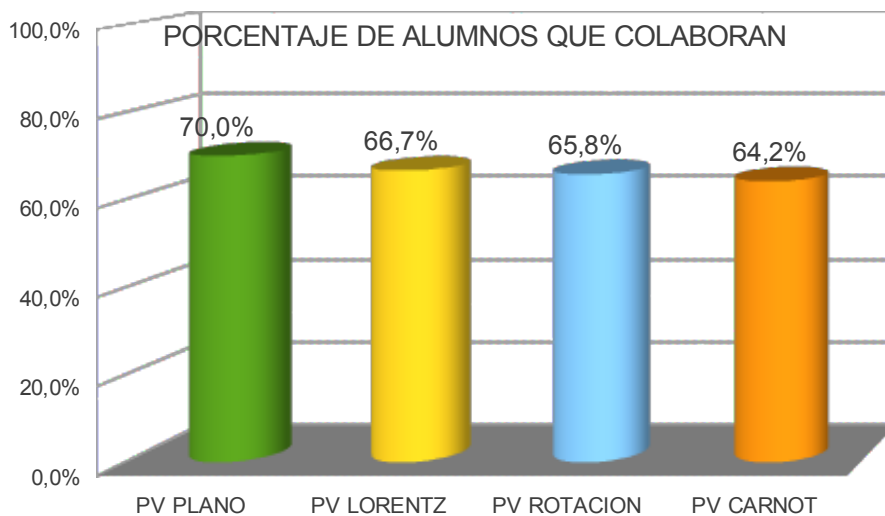


Figura 8.10.- Colaboración de los alumnos en el cuestionario de MOODLE

4. Encuestas de satisfacción

En la Educación Superior la evaluación docente tiene ciertas peculiaridades que hacen que se reflexione sobre este proceder. Las evaluaciones, en el nivel universitario, deben abarcar tanto el proceso de enseñanza – aprendizaje de las materias que conforman el currículo del alumno, como la responsabilidad en cuanto a la calidad como interés por la mejora de la docencia universitaria.

Se puede afirmar, teniendo en cuenta las características de la enseñanza universitaria, que la finalidad última de la evaluación docente, en este caso, es la valoración del cumplimiento y satisfacción general de los estudiantes con su profesor y con las materia cursadas.

4.1. Practicas de Laboratorio (PL)

4.1.1. CEDU (Cuestionarios de Evaluación de la Docencia Universitaria)

La Evaluación Docente llevada a cabo por la Universidade da Coruña (UDC) está formada por una batería de encuestas para el alumnado y profesorado, y se contestan íntegramente a través de Internet.

Tanto el profesorado como el estudiante tienen la posibilidad de ejercitar su derecho como evaluadores de la enseñanza universitaria. Si la docencia fuese un resultado en una única dirección se podría entender una evaluación centrada en la valoración de la actividad

del profesor. Pero ya que la docencia refleja el resultado de una actuación conjunta se entiende que se debe contemplar ambos, el que está en disposición de enseñar y quien está en disposición de aprender, dado que el resultado depende de la interacción mutua entre ellos.

La UDC dispone de dos tipos de encuestas para tal fin: de tipo general y por materias cursadas. Dentro de las encuestas por materias, el alumnado evalúa la docencia de cada profesor/a en cada materia, mientras que sus propias competencias para el aprendizaje las autoevalúa en el enlace disponible de encuestas generales.

El profesorado, por su parte, en las encuestas por materias tienen las correspondientes a la autoevaluación de su docencia, además de las de evaluación de las competencias del alumnado para el aprendizaje, que se hace de manera general; en el enlace de encuestas generales se encuentran los cuestionarios de autoevaluación de competencias para la enseñanza. Se disponen pues de distintos tipos de pruebas para la evaluación, que se analizan a continuación.

Cuestionarios de Evaluación de la Docencia Universitaria (CEDU).- los objetivos son detectar las necesidades del alumnado y profesorado en el desarrollo de la docencia, con el fin de estudiar las alternativas de organización y programas de apoyo y formación que mejor satisfagan las necesidades detectadas. Tanto los cuestionarios para el alumnado, como para el profesorado, se estructuran atendiendo principalmente a tres dimensiones de la docencia (metodología didáctica, evaluación y tutoría), con algunos ítems semejantes para contrastar las visiones de los dos colectivos. Estos cuestionarios pretenden recoger las percepciones y valoraciones subjetivas sobre diferentes aspectos de la docencia universitaria que se consideran relevantes de cara al objetivo propuesto [1]. Se organizan por materias, dividiéndose, si fuera el caso, según los/las profesores/as que la impartan.

Escalas de Evaluación de las Competencias del Alumnado para el Aprendizaje.- la idea de partida es que estudiar y aprender son actividades que requieren del uso de una serie importante de competencias y que si bien éstas son diferentes de una materia a otra, algunas se pueden considerar comunes. En los nuevos planes de estudio que se están construyendo, con la filosofía ECTS, las competencias que se hayan identificado tendrán que ser especificadas y desarrolladas en cada materia pero, de una forma más general, al profesorado le gustaría contribuir a la formación de sus estudiantes en aquellos aspectos en los que pudieran necesitar apoyo. Para eso, se solicita al propio alumnado que informe sobre estos aspectos, aunque también se pretende conocer una visión de conjunto del grupo en una materia que puede proporcionar el profesorado. Se trata de conocer el grado de desempeño tanto en competencias instrumentales como en competencias interpersonales.

Cuestionarios de Autoevaluación de las Competencias del Profesorado (CACP).-

su base es enseñar igual que aprender, lo que implica estar abierto a la formación permanente, ya que para desarrollar una docencia de calidad parecen necesarias algunas competencias y habilidades profesionales que siempre se pueden mejorar. Por eso, saber como se percibe al profesorado en algunas de esas competencias, es importante para diseñar el plan formativo de la Universidad y permitirá hacer una oferta de formación personalizada a quien los responda. El cuestionario de competencias para la enseñanza CACP se configura en cuatro dimensiones (metodología didáctica, tecnología educativa, enseñanza semi-presencial , y salud y prevención de riesgos laborales), además también hay disponible otro cuestionario sobre competencias lingüísticas en idiomas extranjeros.

Esta memoria se centrará en los resultados obtenidos por parte de los estudiantes a la hora de evaluar tanto al profesor como la materia cursada en particular, es decir, se recopilarán datos de los **Cuestionarios de Evaluación de la Docencia Universitaria (CEDU)**. De las preguntas evaluadas por el alumno se extrapolarán conclusiones respecto a la metodología didáctica llevada a cabo por el profesor referida a la Prácticas de Laboratorio (PL) de las materias de Física Básica de los Grados de la Escuela de Ingeniería.

Las pruebas CEDU son de tipo satisfacción gradual. El estudiante debe valorar numéricamente las respuestas a las preguntas realizadas con una graduación unitaria de 1 a 7. El número 1 implica estar *totalmente en desacuerdo* con la frase expuesta, por lo que, es la nota más negativa; y el número 7 implica estar *totalmente de acuerdo* con la cuestión expuesta, por lo tanto, es la nota más positiva. Ante la negativa del alumno a contestar, siempre podrá responder con un *No se / No contesto* (NS / NC) en el caso de que no desee evaluar alguna cuestión por falta de conocimiento, o bien por que no quiera responder.

Se debe dejar constancia que el Servicio de Evaluación de la UDC consideró la posibilidad de variar la escala gradual de las preguntas de los CEDU. A partir del curso 2011–12 la valoración se realizará entre 1 y 5, para *totalmente en desacuerdo* y *totalmente de acuerdo* respectivamente, con la frase expuesta en cada caso. Los datos que se mostrarán y analizarán en esta memoria son de los cursos precedentes al 2011–12, ya que los datos de este último no se publicarán hasta el curso posterior (2012–13).

El resultado de los cuestionarios es de suma importancia pues se revisa el grado de cumplimiento de los compromisos establecidos entre el docente y los estudiantes. Son un mecanismo para verificar, desde un punto de vista general, cada una de las materias cursadas.

El CEDU tiene preguntas referidas tanto al profesor de la materia, a la asignatura impartida y al propio centro de estudio (en este caso, la Escuela de Caminos de la

Universidade da Coruña). Las cuestiones no están agrupadas por categorías. Se realiza a través de la página *web* habilitada para estos efectos [1] y que se activa las últimas semanas de cada cuatrimestre.

Las cuestiones reflejadas en los CEDU son la siguientes:

1. Asistí habitualmente a las clases de este/a profesor/a. (1) ... (7) (NS)
2. La pregunta 2 es un anexo a la 1, donde cabe la posibilidad de exponer los motivos por el absentismo al aula.
3. El trabajo hecho en la clase por este/a profesor/a me ayudó a comprender la materia. (1) ... (7) (NS)
4. El/La profesor/a proporcionó el programa o guía docente de la materia con objetivos, contenidos, metodología y sistema de evaluación. (1) ... (7) (NS)
5. El/La profesor/a resuelve con claridad las dudas que se formulan en la clase. (1) ... (7) (NS)
6. Considero que este/a profesor/a me ayuda a aprender. (1) ... (7) (NS)
7. El/La profesor/a procura saber si los/las alumnos/as entienden lo que les explica. (1) ... (7) (NS)
8. El/La profesor/a posibilita que participemos en las clases. (1) ... (7) (NS)
9. Considero que las clases están bien organizadas. (1) ... (7) (NS)
10. El volumen de trabajo del alumnado es proporcional a los créditos de la materia. (1) ... (7) (NS)
11. El/La profesor/a fomenta el uso de recursos adicionales (bibliográficos o de otro tipo) a los empleados en las aulas. (1) ... (7) (NS)
12. Los recursos bibliográficos de los que dispone el Centro son suficientes para desarrollar el trabajo de esta materia fuera de las aulas. (1) ... (7) (NS)
13. Los recursos técnicos (aula *net*, fotocopiadoras, etc.) de los que dispone el Centro son suficientes para desarrollar el trabajo de esta materia fuera de las aulas. (1) ... (7) (NS)
14. El/La profesor/a parece ilusionado/a e interesado/a por la docencia. (1) ... (7) (NS)

15. Considero importante asistir a tutorías o consultar personalmente con el/la profesor/a. (1) ... (7) (NS)
16. Realicé tutorías o consultas con el/la profesor/a de esta materia. (1) ... (7) (NS)
17. Estoy satisfecho/a con la atención recibida de este/a profesor/a en el horario de tutorías. (1) ... (7) (NS)
18. En esta materia los/las estudiantes tenemos claro lo que se nos va a exigir. (1) ... (7) (NS)
19. Los/Las estudiantes sabemos de antemano cuales van a ser los criterios para la corrección de los exámenes y trabajos. (1) ... (7) (NS)
20. En los exámenes o trabajos tenemos la posibilidad de conocer los errores cometidos y comentar su valoración. (1) ... (7) (NS)
21. Me sentí evaluado/a correctamente por este/a profesor/a. (1) ... (7) (NS)
22. La evaluación se ajusta a los contenidos trabajados en el curso. (1) ... (7) (NS)
23. Con la materia alcancé objetivos y conocimientos que esperaba (1) ... (7) (NS)
24. Globalmente estoy satisfecho con el profesor/a de esta materia. (1) ... (7) (NS)

4.1.2. TED (Test de Evaluación Docente de la Escuela de Ingeniería)

Algunos de los Centros Universitarios de la Universidade da Coruña (UDC), además de disponer de los métodos de evaluación de la calidad docente facilitados por la propia UDC – que se acaban de comentar en el apartado precedente –, tienen la posibilidad de efectuar su propia evaluación particular a través de pruebas de naturaleza similar a las efectuadas por la UDC, o bien innovar ejercicios que tengan la finalidad deseada por la Dirección de cada centro.

Es ya tradicional en la Escuela de Ingeniería de Caminos llevar a cabo un serie de Test de Evaluación Docente (TED), como valoración aplicada a los profesores y a las materias cursadas en cada cuatrimestre, por parte de los estudiantes. Este proceso, está diseñado para mejorar la labor docente y que sirva como retro–alimentación en el proceder pedagógico. Se podría malinterpretar como una “caza de brujas” al profesor pero los estudiantes han aprendido a evaluar, en la mayoría de los casos y con buen criterio, las condiciones, los pros y los contras de sus profesores. Para la Dirección de la Escuela, las

evaluaciones se convierten en herramienta fundamental para mejorar la docencia de cara al siguiente cuatrimestre o, en tal caso, al curso académico posterior.

Esta evaluación se efectúa a través de una encuesta de tipo satisfacción gradual. El estudiante debe valorar mediante respuestas numéricas las preguntas realizadas con una graduación unitaria de 1 a 5, donde 1 es la nota más negativa y 5 la más positiva a la pregunta. A partir del curso 2011–12 la graduación será de 0 a 10.

Los TED permiten revisar el grado de cumplimiento de los compromisos establecidos entre el docente y los estudiantes, tales como la puntualidad y la presentación de tareas o trabajos, organización de las clases, clima creado en el aula, etc.. En general, al igual que los CEDU, se verifica el desarrollo general de la asignatura.

Las pruebas TED tiene dos partes diferenciadas: una relativa al profesor y otra sobre la materia cursada en particular. Se realiza en la propia aula durante los primeros minutos de la clase de cada materia, en los últimos días de cada uno de los dos cuatrimestres que constituyen el curso académico.

En la primera parte del TED, las preguntas / respuestas sobre el profesor son:

1. Asistencia del profesor a la clase: nunca (1) siempre (5)
2. Inicio puntual de las clases: nunca (1) siempre (5)
3. Preparación y organización de las clases: nula (1) muy buena (5)
4. Esfuerzo en resolver las dificultades: nulo (1) mucho (5)
5. Disponibilidad en horas de tutorías: nunca (1) siempre (5)
6. Clima en clase creado por el profesor: muy malo (1) muy bueno (5)
7. Valoración global de la profesor: muy mala (1) muy buena (5)

En la segunda parte del TED, las cuestiones / respuestas sobre la asignatura son:

1. Dificultad de la materia respecto a la opinión inicial:
mucho más difícil (1) mucho más fácil (5)
2. Grado de asistencia a las clases: 0% – 20% (1) 80% – 100% (5)
3. Dificultad de la materia: muy difícil (1) muy fácil (5)
4. Relación programa / horas lectivas: muy poco denso (1) muy denso (5)

5. Esfuerzo dedicado a la asignatura: ninguno (1) mucho (5)
6. Bibliografía de la asignatura: nula (1) muy buena (5)
7. Adecuación de la teoría a la práctica: ninguna (1) muy adecuada (5)
8. Nivel de conocimientos adquiridos: muy bajo (1) adecuado (5)
9. Valoración global de la asignatura: muy negativa (1) muy buena (5)

Conforme los cursos han ido pasando y los estudiantes se han acostumbrado a realizar evaluaciones de la docencia, se ha observado una mejora en la madurez y la objetividad con la que los estudiantes evalúan a sus docentes. Se valoran aspectos referentes a la pedagogía y la capacidad del docente para transmitir sus conocimientos, si es amena, cordial pero exigente la clase, si el nivel de conocimientos adquiridos es adecuado, entre otros aspectos.

En ciertos casos, la Dirección de la Escuela se reúne con el profesorado evaluado para comentar los resultados obtenidos y corregir algunas circunstancias, en los casos que así lo requieran y, en lo posible, no permitir que situaciones que generen conflicto prosperen en cuatrimestres o cursos posteriores.

Se constituye pues la Evaluación Docente como sistema integrado por conceptos emitidos por los estudiantes y la propia dirección, con el cual la Escuela busca garantizar la mejora en la calidad de los docentes, y cuyo único fin es el de prestar el mejor servicio educativo, que garantice la mejor formación de los estudiantes de ingeniería.

4.1.3. Resultados de los CEDU y los TED

A continuación, se muestran los resultados obtenidos tanto de los cuestionarios realizados por la Universidad (CEDU) como los test de evaluación llevados a cabo por la propia Escuela (TED), durante los últimos siete cursos. Dentro del amplio espectro que pretenden abarcar las encuestas de evaluación docente procedentes de ambas fuentes, se pretende reflejar, en este caso, las cuestiones y preguntas relativas a las mejoras en la metodología docente llevadas a cabo respecto al grado de satisfacción del alumno, así como la valoración concreta de las Prácticas de Laboratorio de las materias en cuestión.

En este apartado se tratarán las materias cuatrimestrales “Física” (primer cuatrimestre) y “Ampliación de Física” (segundo cuatrimestre) – curso 2010–11 – como continuación de la materia, ya extinta, “Física Aplicada” (anual) – cursos 2004–05, 2005–06, 2006–07, 2007–08, 2008–09, 2009–10 –. Los resultados más destacables se comentarán a continuación.

Respecto a la comparativa entre las cuestiones 14 y 18 de las pruebas CEDU:

- 14. El/La profesor/a parece ilusionado/a e interesado/a por la docencia (azul continuo).
- 18. En esta materia los/las estudiantes tenemos claro lo que se nos va a exigir (rojo discontinuo).

Se observa que ambas tendencias han ido creciendo paralelamente a lo largo de los años hasta situarse en un máximo en torno a 6 puntos. En este caso se puede concluir que los alumnos son conscientes de lo que se les exige y además observan en el profesorado iniciativas docentes para la mejora del proceso enseñanza – aprendizaje, como es el caso de la incorporación paulatina de Prácticas de Laboratorio, diseñadas y personalizadas, acorde con algunos de los fenómenos físicos “problemáticos” estudiados en el aula.

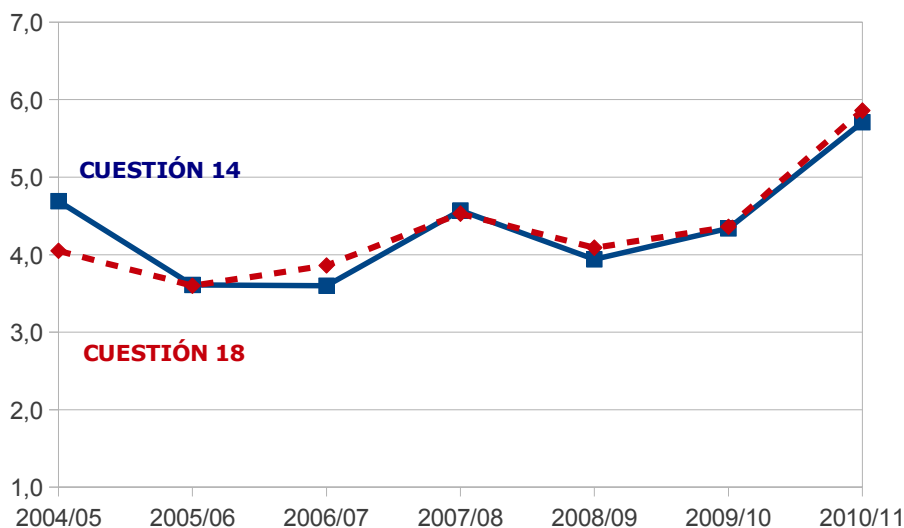


Figura 8.11.- Respuestas a las cuestiones 14 y 18 de la evaluación de la UDC (CEDU)

A estas mismas conclusiones se pueden llegar a través de otras de las cuestiones (22 y 24) del mismo cuestionario CEDU:

- 22. La evaluación se ajusta a los contenidos trabajados durante el curso (morado continuo).
- 24. Globalmente estoy satisfecho/a con el/la profesor/a de esta materia (naranja discontinuo).
- 25.

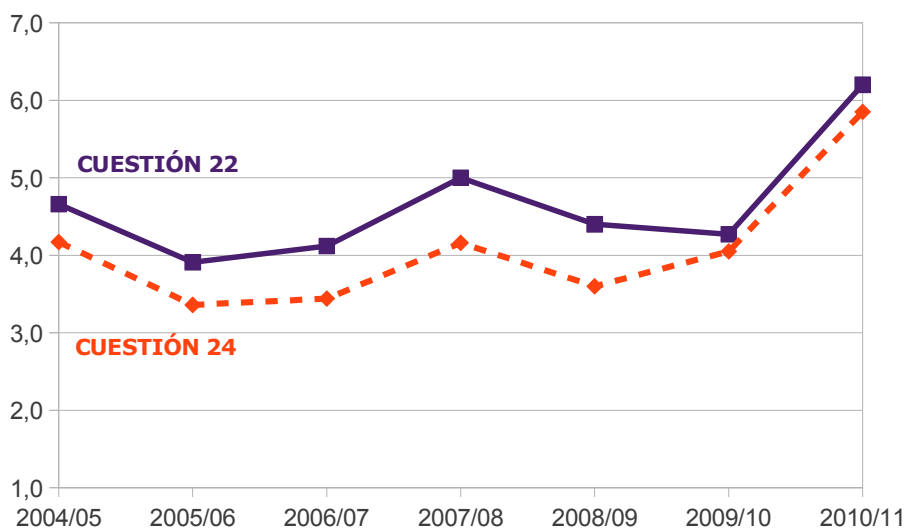


Figura 8.12.- Respuestas a las cuestiones 22 y 24 de la evaluación de la UDC (CEDU)

Nuevamente la satisfacción del alumnado es máxima en el último curso académico evaluado. En este caso, la propuesta de cambio de metodología en el Laboratorio, así como otras pequeñas variaciones de tipo organizativo, han tenido como consecuencia esta mejora en las puntuaciones obtenidas en el CEDU.

Analizando las respuestas a la cuestión 13 de los CEDU, que hace referencia a la valoración de los alumnos respecto a los recursos técnicos disponibles en la Escuela, en concreto se pidió a los estudiantes que valorasen en dicha cuestión los relativos al Laboratorio de Física, y por tanto al material puesto a disposición del estudiante para el desarrollo de las prácticas (material, ordenadores, software):

13. Los recursos técnicos (aula *net*, etc.) de los que dispone el Centro son suficientes para desarrollar el trabajo de esta materia. (verde continuo).

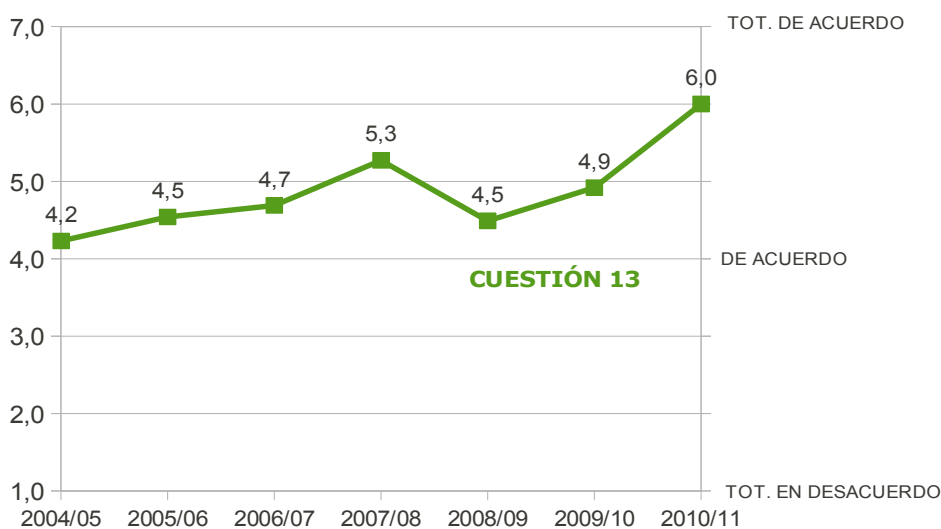


Figura 8.13.- Respuestas a la cuestión 13 de la evaluación de la UDC (CEDU)

A continuación, se analizarán algunos resultados obtenidos en las encuestas promovidas anualmente por la Escuela de Ingeniería de Caminos, y que en esta memoria se denominan TED (Test de Evaluación Docente). Una de las cuestiones más representativas respecto a las Prácticas de Laboratorio (PL) es la cuestión 7 de la segunda parte, donde se evalúa la materia impartida:

7. Adecuación de la teoría a la práctica.

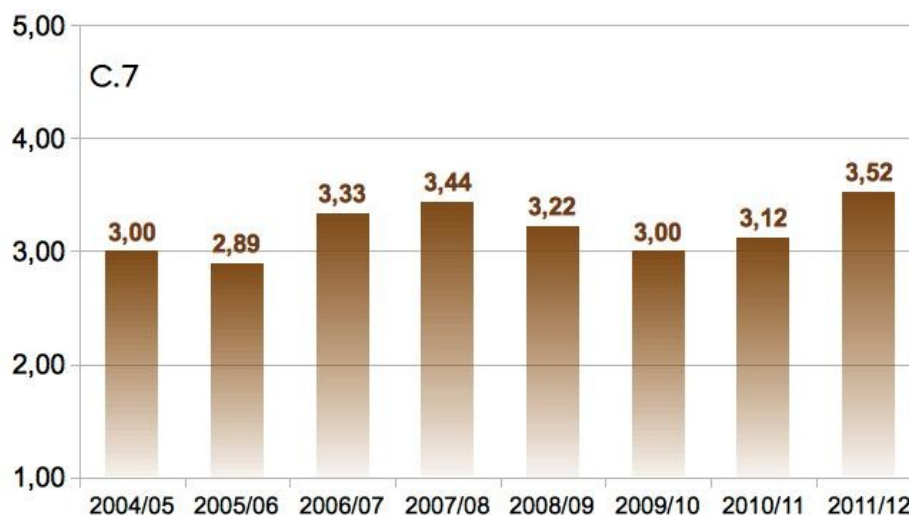


Figura 8.14.- Respuestas a la cuestión 7 de la segunda parte de la evaluación de la Escuela (TED)

Otra cuestión que se puede analizar es el pregunta respecto a como el alumno considera que el profesor del Laboratorio ha preparado y organizado las sesiones de las clases. La respuesta se se ve reflejada en la cuestión 3 de la primera parte de la evaluación docente, donde se evalúa al profesor:

3. Preparación y organización de las clases.

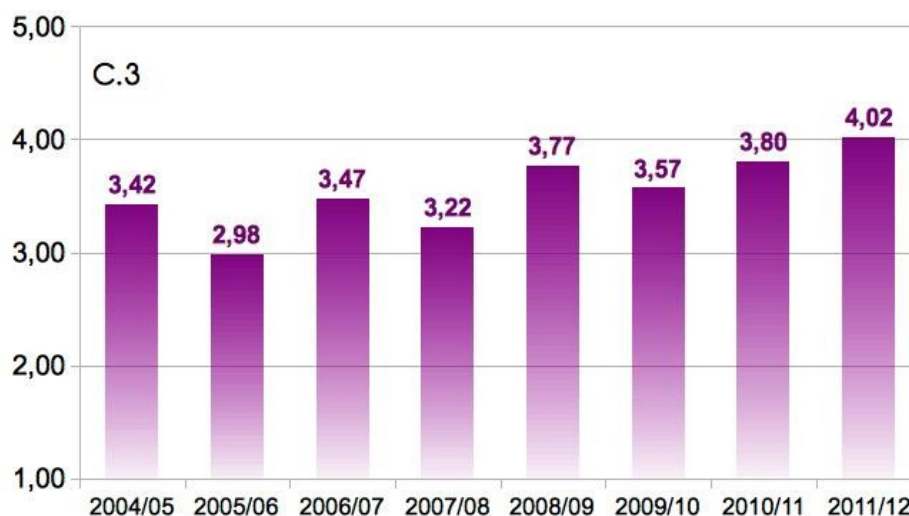


Figura 8.15.- Respuestas a la cuestión 3 de la primera parte de la evaluación de la Escuela (TED)

Se considera que es en estas dos preguntas donde el alumno refleja su satisfacción respecto a temas relacionados con la parte práctica de las asignaturas referidas, resultados que podemos extrapolar como evaluación docente del Laboratorio de Física, a través de la Escuela de Ingeniería de Caminos, del cual este profesor pertenece.

En la gran mayoría de las cuestiones del CEDU, y en concreto a las preguntas expuestas en las figuras 8.11 – 8.13, se aprecia tendencia de “bajada” en torno el año 2009. Simplemente referir que durante el curso 2008–09 tuvieron lugar una serie de acontecimientos (problemas con los ordenadores del Laboratorio, hurto de algún equipo, daños en material, etc) que motivaron que la metodología que se estaba implantando hasta el momento tuviera un retroceso circunstancial, y que desafortunadamente tuvo reflejo en las encuestas de evaluación de ese curso.

4.1.4. Participación en CEDU y TED

Destacar que fue el curso 2009–10 el último de la materia anual denominada “Física Aplicada”, debido a la extinción de la titulación a la que corresponde dicha asignatura y, por lo tanto, en el posterior 2010–11 se desglosó en dos materias cuatrimestrales complementarias “Física” y “Ampliación de Física” en los nuevos grados. Se comenta este hecho porque el número de alumnos se redujo drásticamente de casi **400** (Física Aplicada) a poco más de **100** (Física y Ampliación de Física). En cambio, el porcentaje de alumnos que han realizado las pruebas TED de la Escuela ha mejorado hasta llegar a un máximo del 28% aproximadamente, además el realizado por la UDC también ha mejorado en participación respecto a los últimos cinco años.

En la siguiente tabla se indica el número de alumnos que han realizado los TED de la Escuela. La participación ha sido bastante variable a lo largo de los años, siempre en función también del número de alumnos matriculados cada curso

	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12
ALUMNOS participantes	25	56	52	27	30	70	34	38
ALUMNOS matricula	354	395	385	374	374	369	122	163
ALUMNOS porcentaje	7,06%	14,18%	13,51%	7,22%	8,02%	18,97%	27,87%	23,31%

Tabla 8.09.- Alumnos participantes en la evaluación de la Escuela (TED)

Respecto a los estudiantes participantes en los cuestionarios tipo CEDU, distribuidos por la Universidad, se puede observar que los últimos cuatro años se ha mantenido un porcentaje similar, en torno al 12%.

	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11
ALUMNOS participantes	62	83	21	51	43	43	16
ALUMNOS matricula	359	398	385	378	369	392	126
ALUMNOS porcentaje	17,27%	20,85%	5,45%	13,49%	11,65%	10,97%	12,70%

Tabla 8.10.- Alumnos participantes en la evaluación de la UDC (CEDU)

4.2. Prácticas Virtuales (PV)

4.2.1. Cuestionarios de *GoogleDocs*

Una vez evaluados a los alumnos referente a las Prácticas Virtuales (PV), a través de los cuestionarios diseñados en MOODLE, procedía realizar una evaluación de la metodología docente por medio de test de simple ejecución en los que el alumno mostrase el grado de satisfacción, ante las cuatro PV diseñadas con EJS [3] y respecto a las pruebas desarrolladas en MOODLE para su evaluación.

Se informó a los alumnos de la posibilidad de evaluar las PV realizadas, por medio de cuestionarios generados por *GoogleDocs* [8], a través del correo electrónico con el que cada Grupo de Prácticas de Laboratorio (GPL) se registró al inicio de curso. Es por ello que los estudiantes que colaboraron en la evaluación docente lo hicieron como GPL y no como miembro individual.

GoogleDocs otorga facilidad y simplicidad para generar formularios, y sencillez a la hora de compartirlos a través de Internet, permitiendo la posibilidad de invitar a los alumnos a participar en las pruebas previamente creadas (cuestionarios *GoogleDocs* curso 2011–12 en anexos del capítulo VIII).

Es una herramienta desarrollada por *Google* que permite el procesamiento de textos *online* gratuito con documentos del propio *Google*. Permite crear y compartir documentos en la *web* y acceder a ellos desde cualquier ordenador o *smartphone*. El diseño similar al de escritorio facilita la modificación conjunta de documentos. Actualmente este servicio se está

integrando un nuevo proyecto de *Google* denominado *GoogleDrive* (desde Abril de 2012) [9], que mejora las prestaciones de *GoogleDocs*.

Utilizando esta tecnología *online* se crearon 4 cuestionarios [10 – 13], una para cada simulación. Las preguntas son de satisfacción gradual y versan tanto de la dificultad de la simulaciones trabajadas como del cuestionario de calificación de MOODLE. Además se puede valorar en que medida, considera el alumno, las PV han permitido aclarar los fenómenos trabajados (plano inclinado, rotación de fluido, fuerza de LORENTZ y ciclo de CARNOT). Las características principales de estas encuestas son:

- los cuestionarios estarían a disposición del alumnado durante 1 mes;
- el tiempo de realización es ilimitado;
- son pruebas anónimas;
- consta de 6 preguntas: 1 identificativa, 4 de respuesta graduada y 1 caja de texto para observaciones.

En primer lugar (cuestión 1), el alumno solo debe referirse a que grupo de teoría, no Grupo de Prácticas, corresponde según la inicial de su apellido (grupo 1: de A a la L; grupo 2: de la M a la Z).

Las siguientes preguntas (cuestiones 2 a la 5) son de respuestas graduadas de 1 a 5, donde 1 es la nota más negativa y 5 la más positiva:

2. Evalúa la dificultad de la utilización de la SIMULACIÓN...
muy difícil (1) muy fácil (5)
3. Evalúa la dificultad del CUESTIONARIO (MOODLE)...
muy difícil (1) muy fácil (5)
4. Evalúa en que medida la simulación te ayudó a comprender el fenómeno estudiado...
nada (1) mucho (5)
5. Qué nota global le pondrías a la SIMULACIÓN...
muy difícil (1) muy fácil (5)

Como campo final (cuestión 6) se reservó un espacio de texto libre, en cada encuesta, para comentar las incidencias, deficiencias, etc. que el Grupo de Prácticas (GPL) considerase realizar sobre cada una de las PV propuestas.

4.2.2. Resultados de los Cuestionarios de *GoogleDocs*

A continuación, se muestran (Tabla 8.11) los resultados numéricos obtenidos al cuestionario *GoogleDocs* donde se evalúa (de 1 a 5) la satisfacción del alumno a las PV diseñadas y al método de calificación propuesto (prueba tipo test en MOODLE).

CUESTIÓN	ENUNCIADO	PV PLANO	PV LORENTZ	PV ROTACION	PV CARNOT	MEDIA
2	Evalúa la dificultad de la utilización de la SIMULACIÓN...	3,6	3,3	3,6	3,6	3,5
3	Evalúa la dificultad del CUESTIONARIO (moodle)...	3,1	3,2	3,1	3,3	3,2
4	Evalúa en que medida la simulación te ayudo a comprender el fenómeno estudiado...	3,4	3,2	3,6	3,4	3,4
5	Qué nota global le pondrías a la SIMULACIÓN...	3,6	3,3	3,6	3,6	3,6

Tabla 8.11.- Cuestionario de *GoogleDocs*

De cada una de las cuestiones del test de evaluación se pueden extrapolar conclusiones concluyentes respecto al grado de satisfacción del alumno con las Prácticas Virtuales (PV) diseñadas por el profesorado.

Por una parte, en las siguientes gráficas el alumno valora la dificultad encontrada a la hora de llevar a cabo cada una de las PV propuestas: en cuanto a la simulación diseñada y respecto al cuestionario de cualificación de MOODLE.

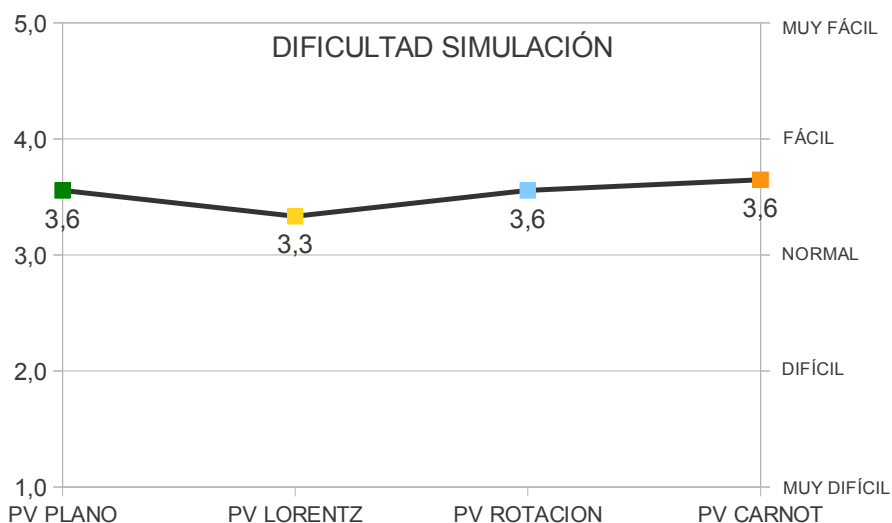


Figura 8.16.- Valoración de la dificultad de la simulación de cada PV, mediante *GoogleDocs*

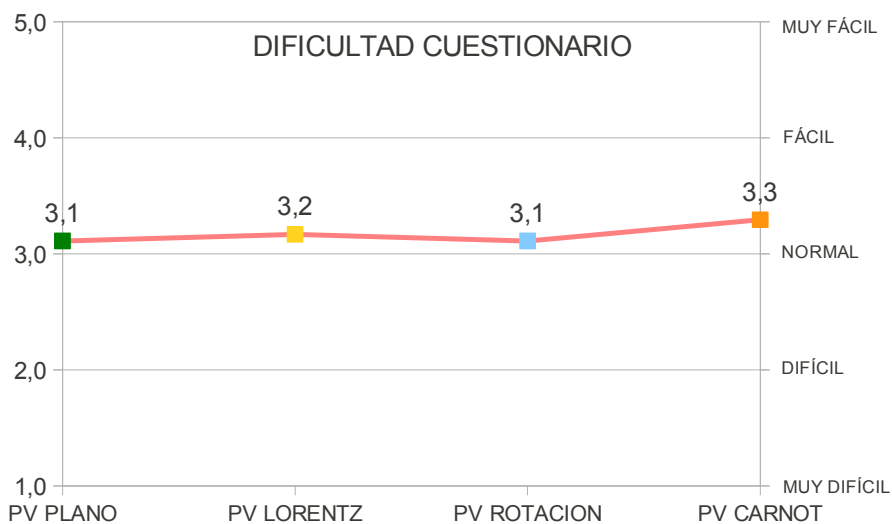


Figura 8.17.- Valoración de la dificultad del cuestionario de cada PV, mediante *GoogleDocs*

Analizando comparativamente la dificultad desde los dos puntos de vista: simulación / cuestionario MOODLE. Se puede observar, en cualquier caso, que el alumno considera que las PV propuestas son “relativamente fáciles de ejecución” y el cuestionario de calificación se sitúa por encima de lo que se puede considerar “dificultad normal”:

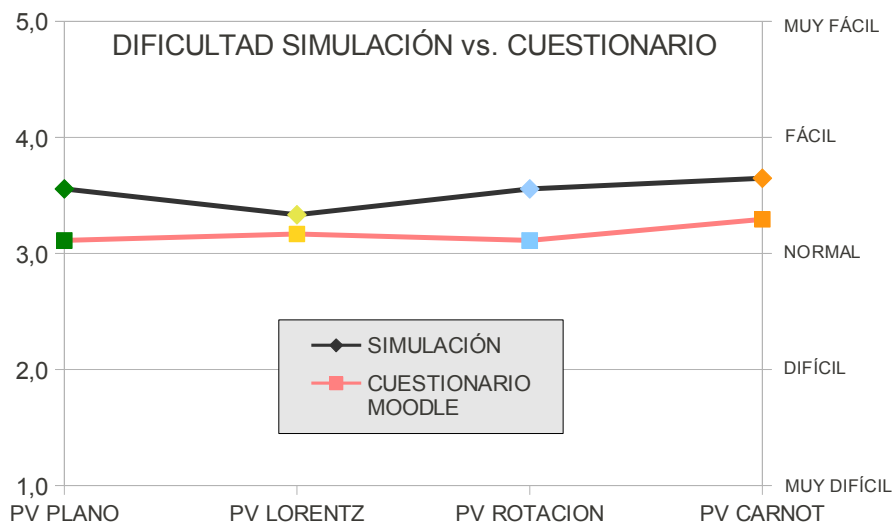


Figura 8.18.- Valoración de la dificultad de cada PV, mediante *GoogleDocs*

Una buena manera de calificar las PV, desde el punto de vista del estudiante, es a través de la cualificación global que se pide en cada uno de los test de *GoogleDocs*. Como se muestra en la Figura 8.19, el alumnado de las PL le da una nota media de aproximadamente 3.6 (entre 1 y 5) a todas las PV realizadas.

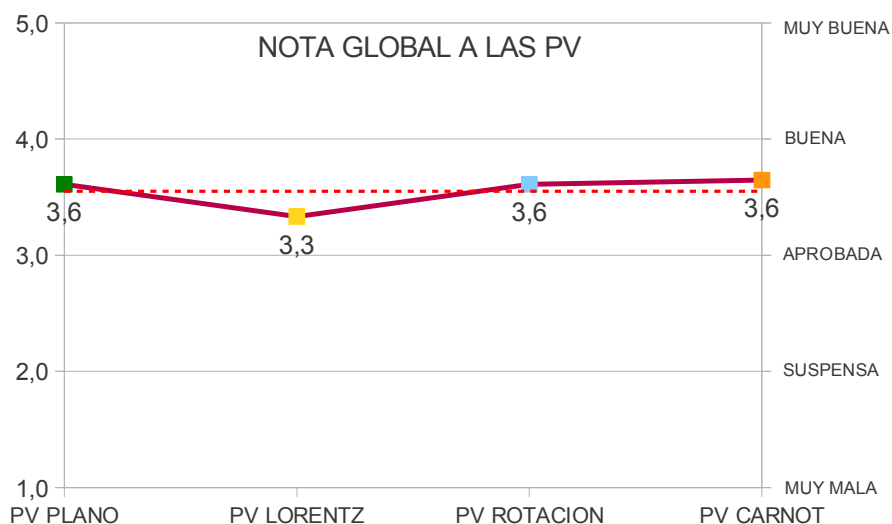


Figura 8.19.- Valoración global de cada PV, mediante *GoogleDocs*

Uno de los índices más interesantes que se pueden analizar es el grado en que el estudiante considera que cada una de las PV realizadas (simulación + cuestionario de calificación) ha contribuido a la comprensión y/o aclaración de los fenómenos físicos trabajados, en cada una de las PV.

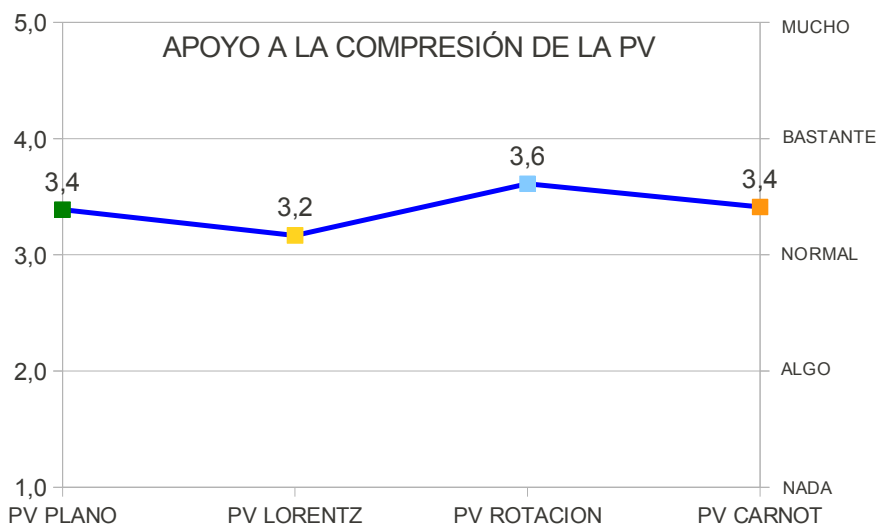


Figura 8.20.- Cuantificación del apoyo a la comprensión de los fenómenos físicos con la ayuda de las PV, mediante *GoogleDocs*

A la vista está, se considera que todas las prácticas diseñadas por el profesorado a través de EJS y MOODLE han contribuido a la mejor comprensión de los fenómenos estudiados en cada una de las PV propuestas: movimiento en un plano inclinado, fuerza de LORENTZ, rotación de un fluido en un recipiente cilíndrico, y el ciclo de CARNOT en un motor ideal. En especial, se puede concluir que la PV ROTACIÓN ha sido usada por los alumnos para estudiar, comprender y asimilar el fenómeno físico que acontece cuando un fluido gira junto con su recipiente cilíndrico en torno al eje de este último.

4.2.3. Participación en Cuestionarios de *GoogleDocs*

	PV PLANO	PV LORENTZ	PV ROTACION	PV CARNOT
GPL participantes	18	18	18	17
GPL	40	40	40	40
GPL %	45,0%	45,0%	45,0%	42,5%

Tabla 8.12- Colaboración de los alumnos en la evaluación de las PV, mediante *GoogleDocs*

Respecto al número de alumnos que participaron en la evaluación de las PL, se recuerda que los alumnos contestaron al cuestionario como Grupo de Prácticas (GPL) y no unitariamente, por lo tanto, cada registro de respuesta se corresponde a un GPL, o lo que es lo mismo a 3 alumnos. De esta manera, el número de alumnos que colaboraron en el test, en el presente curso, fueron $18 \times 3 = 54$, que en porcentaje corresponde con el 45% de los alumnos que podían hacer las prácticas.

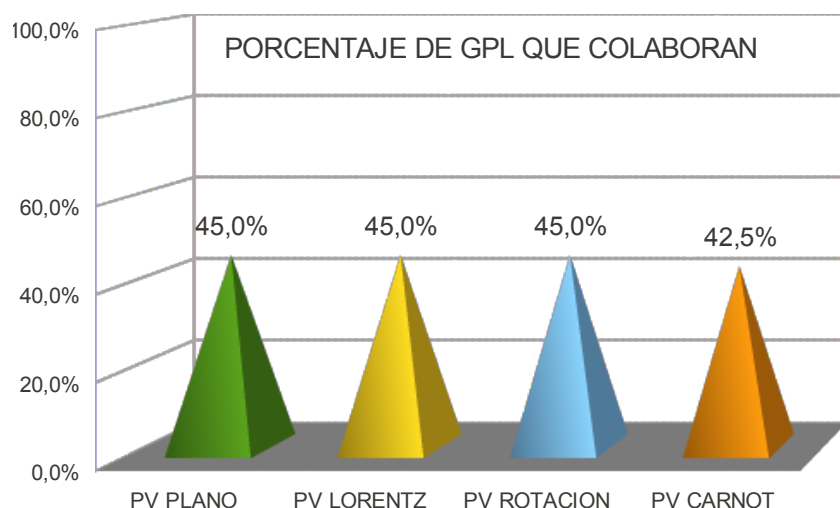


Figura 8.21.- Colaboración de los alumnos en la evaluación de las PV, mediante *GoogleDocs*

5. Pruebas finales

Como se comentó en la introducción de esta memoria, se ha usado como indicador para observar la evolución del éxito de la nueva metodología la puntuación, sobre 10 puntos, de las preguntas relativas a los bloques temáticos (Tabla 8.13) a lo largo de estos últimos cursos, en las pruebas de calificación de las materias de Física Básica de la Escuela de Caminos. Se pueden ver estas calificaciones en las tablas 8.14 y 8.15.

Las figuras 8.22 y 8.23 se muestran la evolución de las calificaciones obtenidas por los alumnos en los bloques temáticos referidos, en la tabla 8.13, a lo largo de los últimos ocho cursos. Se puede observar la mejora progresiva en la gran mayoría de los bloques, conforme la nueva metodología docente se ha ido implantando a lo largo de los cursos sucesivos, a través de las Prácticas de Laboratorio (PL).

Así mismo, las calificaciones de los bloques cuya temática no ha sido tratada en las PL, por ejemplo, *Círculo de MOHR* o *Difracción de una onda plana*, han sufrido cambios totalmente aleatorios. En ninguno de los casos se detecta progresiones de mejora.

BLOQUES CON PEORES CALIFICACIONES
CIFRAS SIGNIFICATIVAS
SISTEMAS DE UNIDADES DE MEDIDAS
MÓVIL EN PLANO INCLINADO CON ROZAMIENTO
CÍRCULO DE MOHR
VIBRACIONES
DIFRACCIÓN DE UN ONDA PLANA
LEY DE OHM
FUERZA DE LORENTZ SOBRE PARTÍCULA CARGADA Y SOBRE CIRCUITO DE CORRIENTE
ROTACIÓN DE UN FLUIDO EN RECIPIENTE CILÍNDRICO
CICLOS DE CARNOT, OTTO Y DIESEL

Tabla 8.13.- Fenómenos físicos que los alumnos tienen problemas a la hora de superar

Los resultados muestran como la nueva metodología docente propuesta para la mejora de las Prácticas de Laboratorio, en las materias referidas, ha conseguido paliar, en cierta medida, los malos resultados obtenidos por los estudiantes en cuestiones relativas a ciertos fenómenos físicos, considerados fundamentales, en las pruebas de calificación de las materias en cuestión.

Cabe destacar, a modo resumen del capítulo VII, que la implantación de la mejora de las PL ha sido paulatina:

- 2004–05 y 2005–06.- Prácticas de Laboratorio (PL) antes de iniciar la nueva propuesta de mejora (inicio del estudio).
- 2006–07 y 2007–08.- primer cambio en las PL: introducción de Prácticas

Virtuales (PV) junto con Prácticas Reales (PR).

- 2008–09 y 2009–10: segundo cambio en las PL: introducción de PR originales de nuevo montaje y PV comerciales.
- 2010–11 y 2011–12: tercer cambio en las PL: PR originales de nuevo montaje junto con PV comerciales y originales (fin de estudio).

	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12
CIFRAS SIGNIFICATIVAS	3,1	2,9	3,5	3,4	4,3	4,9	5,4	5,7
SISTEMAS DE UNIDADES	4,5	4,4	4,3	4,7	4,9	5,3	6,0	6,7
LEY DE OHM	5,5	5,3	5,7	5,8	5,8	6,4	6,7	7,0
MÓVIL EN PLANO INCLINADO CON ROZ.	5,1	4,9	5,2	4,8	4,4	6,2	6,8	6,9
CÍRCULO DE MOHR	3,8	3,3	3,9	3,9	2,9	3,0	3,6	3,5

Tabla 8.14.- Notas medias de los bloques temáticos de la tabla 8.13, en las convocatorias de las materias de “Física Aplicada” y “Física”

	2004/05	2005/06	2006/07	2007/08	2008/09	2009/10	2010/11	2011/12
VIBRACIONES	5,0	5,3	5,5	5,7	4,8	5,6	6,7	6,9
FUERZA DE LORENTZ SOBRE PARTÍCULA CARGADA Y SOBRE CIRCUITO DE CORRIENTE	5,5	5,3	5,7	5,8	5,8	6,4	6,7	7,0
ROTACIÓN DE UN FLUIDO EN RECIPIENTE CILÍNDRICO	5,1	4,9	5,2	4,8	4,4	6,2	6,8	6,9
CICLOS DE CARNOT, OTTO Y DIESEL	3,8	3,3	3,9	3,9	2,9	3,0	3,6	3,5
DIFRACCIÓN DE UNA ONDA PLANA	3,1	2,5	2,9	2,3	2,9	2,7	2,9	2,8

Tabla 8.15.- Notas medias de los bloques temáticos de la tabla 8.13, en las convocatorias de las materias de “Física Aplicada” y “Ampliación de Física”

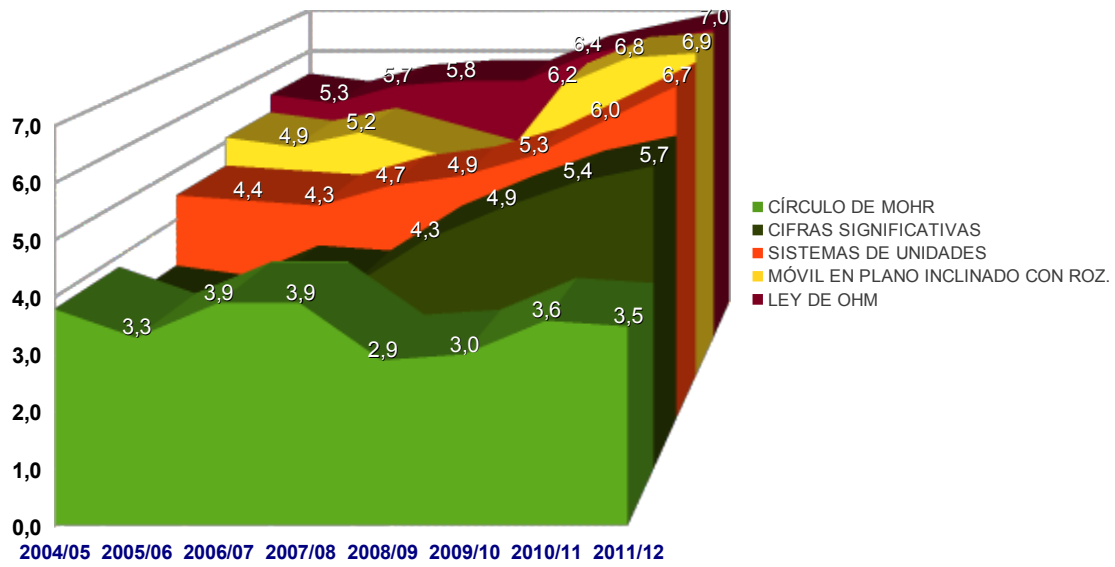


Figura 8.22.- Evolución anuales en las notas medias de los bloques temáticos de la tabla 8.13, en las convocatorias de las materias de “Física Aplicada” y “Física”

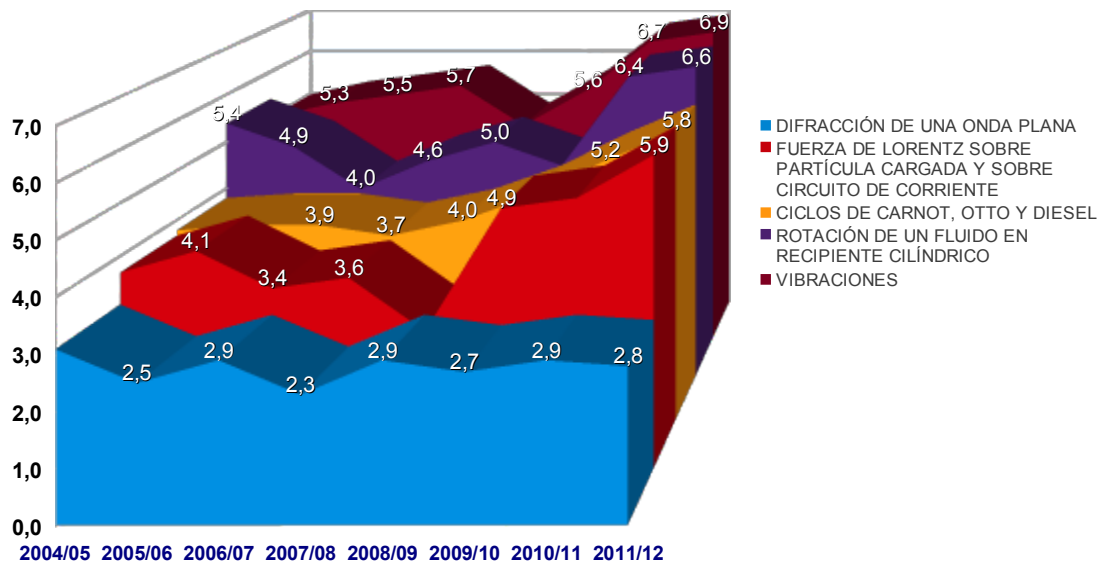


Figura 8.23.- Evolución anuales en las notas medias de los bloques temáticos de la tabla 8.13, en las convocatorias de las materias de “Física Aplicada” y “Ampliación de Física”

En la siguiente tabla se expresan el porcentaje de mejora entre las notas obtenidas antes y después de la implantación completa de la metodología propuesta en las Prácticas de Laboratorio (PL), en los bloques temáticos de la tabla 8.13.

	MEDIA INICIAL	MEDIA FINAL	% DE INCREMENTO
CIFRAS SIGNIFICATIVAS	3,0	5,6	85%
SISTEMAS DE UNIDADES	4,5	6,4	43%
LEY DE OHM	5,4	6,9	27%
PLANO INCLINADO CON ROZ.	5,0	6,9	37%
CÍRCULO DE MOHR	3,6	3,6	0%
VIBRACIONES	5,2	6,8	32%
DIFRACCIÓN	2,8	2,9	2%
FUERZA DE LORENTZ	3,9	5,5	41%
ROTACIÓN DE UN FLUIDO	5,2	6,5	26%
CARNOT, OTTO Y DIESEL	3,9	5,5	43%

Tabla 8.16.- Incremento en las notas de los bloques temáticos de la tabla 8.13, al inicio y fin de la implantación total de las PL

De esta manera se ha alcanzado, en parte, el objetivo principal que se buscaba con este trabajo de investigación y que se expone en la presente memoria.

En el punto siguiente, se indicarán las conclusiones que se pueden extraer de este trabajo: de la investigación en la materia, del desarrollo de la metodología docente, del diseño de las nuevas Prácticas de Laboratorio, de las pruebas de evaluación de las propias Prácticas y de los resultados obtenidos en el actual apartado.

5. Bibliografía

- [1] Avaliación Docente da Universidade da Coruña (UDC). <http://avaliemos.udc.es/>. Acceso Junio 2012.
- [2] Encuestas sobre la calidad de la docencia realizadas por los estudiantes de la Escuela de Caminos, Canales y Puertos de la Universidade da Coruña (UDC). <http://caminos.udc.es/docencia/encuestas.htm> . Acceso Junio 2012.
- [3] Esquembre, F. "Creación de Simulaciones Interactivas en Java. Aplicación a la Enseñanza de la Física". Madrid. Prentice–Hall, **2005**.
- [4] Laboratorio de Física Aplicada da E.T.S. de Enxeñaría de Camiños, Canais e Portos da Universidade da Coruña. <http://sites.google.com/site/practicasfa/>. Acceso Mayo 2012.
- [5] Campus Virtual da Universidade da Coruña (MOODLE). <http://campusvirtual.udc.es/moodle/>. Acceso Mayo 2012.
- [6] Guía de apoyo para el uso de Moodle 1.9.4 (Alumno). http://download.moodle.org/docs/es/1.9.4_usuario_alumno.pdf . Acceso Junio de 2012.
- [7] Guía de apoyo para el uso de Moodle 1.9.4 (Profesor). http://download.moodle.org/docs/es/1.9.4_usuario_profesor.pdf . Acceso Junio de 2012.
- [8] GoogleDocs. <http://docs.google.com>. Acceso Abril 2012.
- [9] GoogleDrive. <http://drive.google.com>. Acceso Julio 2012.
- [10] Encuesta de Evaluación de la PV PLANO (movimiento en el plano inclinado). <https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?formkey=dG5FVHJpT0U3eVBCbIIHSWI3WUIzTFE6MA#gid=0> . Acceso Mayo 2012.
- [11] Encuesta de Evaluación de la PV LORENTZ (fuerza de LORENTZ sobre partícula carga en movimiento). <https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?formkey=dFdZU3k0R294bktUaT11N1ZwUktCNVE6MA#gid=0> . Acceso Mayo 2012.

- [12] Encuesta de Evaluación de la PV ROTACION (movimiento de rotación de fluido en un recipiente cilíndrico). <https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?pli=1&formkey=dGdjd3libGo3ZjJRbU1RU0ZRbGg1QkE6MA#gid=0> . Acceso Mayo 2012.
- [13] Encuesta de Evaluación de la PV CARNOT (ciclo de CARNOT en un motor ideal). <https://docs.google.com/spreadsheet/viewform?formkey=dGs5V2dmRIVHcmZhNTE4RHdWWUF2MGc6MQ#gid=0> . Acceso Mayo 2012.

MISCELÁNEA: prácticas propuestas para Ingeniería

1. Motivación

**2. Lenguajes de programación para Ingenieros
Marinos**

**3. Mejora en el control de calidad de las aplicaciones
utilizadas por los ingenieros marinos**

**4. Un Nuevo MOODLE para la metodología de la
enseñanza de Ingenieros Marinos de sistemas
hidráulicos y neumáticos**

5. Éxitos y tareas pendientes de MATLAB *Simulink*

6. Bibliográfica

MISCELÁNEA: prácticas propuestas para Ingeniería

1. Motivación

A continuación, se presentan cuatro propuestas sobre la mejora en la metodología de la enseñanza de los Ingenieros Marinos. Se procurará encontrar software óptimo para desenvolver el trabajo necesario teniendo en cuenta los recursos limitados que dispone el ingeniero. Se buscarán recursos en el campo de sistemas hidráulicos y neumáticos, y además se expondrá un estudio sobre transferencia de energía en edificios con la ayuda de nuevas *toolboxes* del software MATLAB.

Los recursos de software tienen la desventaja de que se limitan a las aplicaciones más comunes. Como posible solución, las universidades han propuesto enseñar diferentes lenguajes de programación para los diferentes flujos de aprendizaje. En la actualidad, los estudiantes de ingeniería deben aprender un lenguaje de programación adecuado que les permita automatizar fácilmente los problemas típicos que se puedan encontrar. Este hecho es más importante cuando se requiere una adecuada representación gráfica del problema, como suele acontecer en ingeniería.

A continuación se expondrán dos trabajos sobre el lenguaje de programación que se consideran más ventajoso para estos estudios, así como para el análisis óptimo de control de calidad. Los resultados muestran que “*Visual BASIC for Applications*” es el lenguaje más adecuado y que reduce el tiempo de programación y, además, es compatible con los recursos limitados que se puedan disponer en el lugar de trabajo.

Por otro lado, la exigencia del alto coste de los recursos didácticos hace que los sistemas hidráulicos y neumáticos sean temas difícil de enseñar. Para superar este problema, se ha desarrollado un recurso basado en MOODLE XAMPP. Como resultado, el rendimiento de los estudiantes han mostrado una mejoría y reflejado por unas mejores notas. En los siguientes puntos se propondrán mejoras futuras en este aspecto.

Finalmente, se mostrarán las principales ventajas de MATLAB *Simulink* basándose en trabajos de investigación desarrollados a lo largo de los últimos años. Este software presenta un código abierto que permite a investigadores crear y desarrollar nuevas “cajas de herramientas” (*toolboxes*). Estas *toolboxes* ofrecen flexibilidad a la hora de mejorar las simulaciones de construcciones teniendo en cuenta los nuevos parámetros que se están analizando actualmente. Los investigadores podrían definir, paso a paso, el efecto de la transferencia de calor y masa sobre el consumo de energía de un edificio y el confort térmico.

2. Lenguajes de programación para Ingenieros Marinos

2.1. Introducción

Actualmente, el software educativo para los estudiantes de ingeniería se limita a unas pocas aplicaciones típicas. En consecuencia, implica una serie de limitaciones para uso profesional. Una posible respuesta a estas restricciones es enseñar un lenguaje de programación diferente para diferentes estudios técnicos. Por ejemplo, se sabe que los estudiantes de Física estudian *Pascal*, los de Matemáticas aplican *Fortran* y *Mathematica*, y finalmente, los ingenieros tienden a usar C, cuyas solicitudes solían ser resueltas en MATLAB. Sin embargo, estas soluciones no son apropiadas para ingenieros marinos que tienen que trabajar in situ con recursos limitados, en contraste con un ingeniero más generalista. Por ejemplo, el software debe ser fácil de usar, teniendo en cuenta las variaciones que podrían tener que enfrentarse en una central o un barco. En estas condiciones, los ordenadores personales de una central térmica no se ajustan a la posibilidad de utilizar software como MATLAB. Por lo tanto, el ingeniero marino dispone de un uso limitado de recursos, tales como *MS Excel* y *Access*, y así mantenerse al día en sus estudios en cualquier lugar y momento. Por otra parte, hay que tener en cuenta que un ingeniero marino no siempre permanece en el mismo barco o central. En consecuencia, debe estar listo para iniciar su trabajo desde cero en un período de tiempo limitado.

Debido a que los profesionales y empresas han pedido una solución a este problema, la Universidad de A Coruña ha ofrecido apoyo financiero para subsanar este hecho con un programa comercial. Es por esto que se ha llevado a cabo un estudio inicial sobre el lenguaje óptimo de programación para estudios de posgrado y algunos ejemplos de sus aplicaciones.

El principal software de programación utilizado en ingeniería es MATLAB y *Visual BASIC*. En este sentido, en 2004, *The MathWorks* MATLAB afirmó que su producto es utilizado por más de un millón de personas en el campo industrial y académico [1]. MATLAB emplea un código de cálculo numérico y un lenguaje de programación creado por *The MathWorks*, lo que permite la manipulación sencilla de matrices, dibujo de funciones y datos, la implementación de algoritmos y la creación de interfaces de usuario, además de permitir la interacción con otros programas en diferentes lenguajes.

Otra propuesta valorada ha sido *Visual BASIC*. Es un lenguaje de programación de alto nivel que se desarrolló a partir de la versión anterior de DOS llamada BASIC. BASIC o "*Beginners All-purpose Symbolic Instruction Code*" (Código de Instrucción Simbólica Multipropósito para Principiantes), como su nombre indica, es un lenguaje de programación muy sencillo de aprender porque sus comandos son relativamente similares a los del idioma

inglés. Las diferentes empresas de software han producido diferentes versiones de BASIC, como *Microsoft QBASIC*. Sin embargo, parece que la gente sólo utiliza *Microsoft Visual BASIC* en la actualidad debido a que es un lenguaje de programación bien desarrollado y sus recursos de apoyo están disponibles en todas partes. La principal diferencia entre el *Visual BASIC for Applications* (VBA) y el antiguo BASIC es el entorno visual tanto de la programación como de los eventos. En BASIC, la programación se lleva a cabo en un código de sólo texto que se ejecuta de forma secuencial, mientras que en *Visual BASIC*, la programación se lleva a cabo a través de un código gráfico. En el antiguo BASIC, el usuario debía escribir el código del programa para cada objeto gráfico que quiera que se muestre en la pantalla, incluida su posición y su color. Sin embargo, en *Visual BASIC*, el usuario sólo tiene que arrastrar y soltar cualquier objeto gráfico en cualquier parte del formulario, además de poder cambiar su color en cualquier momento utilizando las propiedades de *Windows*. Por el contrario, cada objeto tiene que ser programado de forma independiente para poder responder a estas acciones ya que los usuarios pueden hacer clic en un objeto determinado al azar. Por lo tanto, un programa de *Visual BASIC* se compone de muchos subprogramas, cada uno tiene sus códigos de programación propios, que se pueden ejecutar de forma independiente, al mismo tiempo que se vincula con los demás subprogramas de una manera u otra [2].

En los últimos años, *Microsoft VBA* ha demostrado ser un código de programación diseñado para permitir a los desarrolladores crear soluciones personalizadas utilizando todo el poder de *Microsoft Visual BASIC*. Las personas que usan las aplicaciones de VBA puede automatizar y ampliar las funciones de aplicación, reduciendo así el ciclo de desarrollo de la personalización de soluciones de ingeniería [3 – 5]. El VBA es un lenguaje muy sencillo que se comunica con *Excel*, un lenguaje de programación fácil de usar que puede ser fácilmente utilizado por los estudiantes que están interesados y dispuestos a experimentar un proceso de aprendizaje gratificante.

Después de analizar los principales programas que se podrían aplicar, según las necesidades ingenieriles, se sugirió validar la viabilidad de VBA debido a su tiempo prolongado de programación basado en su sistema *macroprogramming* (programación mediante macros), especialmente cuando se aplica por *Microsoft Excel* [6].

En este caso, ha surgido un estudio más profundo para resolver, por ejemplo, un diagrama psicrométrico a diferentes presiones para el diseño de un sistema de calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC).

2.2. Materiales

2.2.1. Microsoft VBA

Como ya se ha explicado anteriormente, *Microsoft* presenta el VBA, cuyo código se compila [7] en un lenguaje intermedio llamado “código P” [8], el código de este último se almacena en el hospedaje de aplicaciones (*Access*, *Excel*, *Word*) como una secuencia independiente en archivos de almacenamiento estructurado (por ejemplo, **.doc* o **.xls*), independiente de los flujos de documentos. El código intermedio es ejecutado [7] por una máquina virtual. A pesar de su parecido con antiguos dialectos de BASIC, el VBA no es compatible con cualquiera de ellos a excepción de *Microsoft Visual BASIC*, en el cual el código fuente de los módulos de VBA puede ser directamente importado y que comparte la misma biblioteca y máquina virtual [1].

Ramal	
Nombre de Boca	51
Volumen (m3)	30
Renov. /h	15
Cantidad	1
Nº conducto	
Diámetro conducto (m) (para que la velocidad no sea superior a la indicada)	0,1632

Datos del fluido		Datos de conductos	
HR (%)	60	Vel. máx. (m/s)	12
Presión (Pa)	101325	Rugosidad	0,001
Temperatura (°C)	25	Pérdida carga total (mm.c.a.)	40
		Rendimiento ventilador	0,78

Conducto principal	
Coeficiente de fricción	0,023735
Pérdida carga lineal (mm.c.a./m)	0,36
Potencia del ventilador (kw) (para pérdida de carga indicada)	1,38
Diámetro principal (m)	0,488
Caudal principal (m3/s)	2,25

Figura 0.01.- Módulo de selector de ventilación

CALCULADORA PSICRÓMETRICA

p, TBS, TBH | p, TBS, HR | p, TBS, w | p, TBS, h | p, w, h

Datos

TBS (°C) 23

TBH (°C) 16

TBH (°C) 15,0 p (kPa) 101,325

TBS (°C) 23,0 pv (kPa) 1,360

t^º rocío (°C) 11,5 pvsat (kPa) 2,810

h (kJ/kg) 44,7 w (kg/kg aire seco) 0,0085

v (m³/kg) 0,859 HR (%) 48,4

J.A.O.G.©

Figura 0.02.- Módulo psicrométrico

Calculadora de carga térmica

Datos del recinto

Local Refrigeración Nº personas 6

Pared Vent. Este qsen personas (kcal/h per.) 61,3

Área (m²) 20,3 qlat personas (kcal/h per.) 51,8

k (kcal/h m²°C) 32,3 Il. fluorescente (kW) 0

Dt verano (°C) 1 Il. Incandescente (kW) 2

Dt invierno (°C) 0 Aparatos eléctricos (kW) 1,5

Nº Pared actual 1 Ventilación/Infiltraciones (m³/h) 510

DT Infiltraciones (°C) 7

DW (g vapor/kg aire seco) 9,7

Margen de cálculo (%) 10

Resultados

Calor sensible interno 4.854,4 (kcal/h)

Qsen. trans. ver. actual 655,7 (kcal/h) Qsen. inv. trans. actual 0,0 (kcal/h)

Qsen. trans. ver. total 14.382,6 (kcal/h) Qsen. inv. trans. total 0,0 (kcal/h)

Qsen. total verano 4.854,4 (kcal/h) Qsen. total invierno 0,0 (kcal/h)

Q latente 3.664,6 (kcal/h)

Insertar pared | Borrar pared | Borrar proyecto | ? | ← | → | 📄 | ↻

Figura 0.03.- Módulo de carga térmica

2.3. Resultados y discusiones

Como se observa en las figuras 0.01 – 0.06, los estudiantes alcanzaron cada objetivo antes de lo esperado. En la figura 0.02, se observa la calculadora psicrométrica. Introduciendo dos variables de humedad del aire y la presión de cada estado en un tiempo de programación de 22 horas. Este período de tiempo relativamente largo dedicado a la programación se debe a la necesidad de una clara resolución numérica de cada algoritmo psicrométrico. Tan pronto como el método numérico fue depurado el tiempo de ejecución en el VBA fue más corto. Las figuras 0.01 y 0.03 muestran el selector de ventilación y los módulos de carga de calor, empleado en el desarrollo de los cuales fue de 8 horas, ya que sólo se llevó a cabo una simple automatización de cada cálculo.

Se necesitó menos tiempo de lo esperado a la hora de diseñar los módulos gráficos. En particular, el generador psicrométrico multipresión (Figura 0.04) fue diseñado con las mismas ecuaciones que en el módulo anterior y, en consecuencia, el único problema que se planteaba era la representación gráfica de cada curva para condiciones fijas de los rangos de presión y temperatura. Esta representación requiere un tiempo más largo para conseguir la precisión de código VBA, independientemente de que se realicen en *Microsoft Excel*. El tiempo fue de unas 25 horas.

Por último, se llevó a cabo otra representación gráfica para la selección de conductos de climatización, como se puede observar en la figura 0.05. Sólo fue necesario realizar el cálculo numérico correspondiente para cada curva además de un sencillo gráfico diseño con *MS Excel* para su representación. Todo el proceso requiere de unas 10 horas para ser completado. En la figura 0.06, se representa el software resultado de la interconexión de todos estos módulos. Fueron necesarias unas 10 horas para la interconexión de dichos módulos y ejecutar una representación gráfica del método de resolución para el sistema HVAC.

En este caso práctico, de acuerdo con [6], se puede demostrar que este método posee claras ventajas en relación con otros lenguajes de programación debido a que (i) se necesita menos tiempo para automatizar sus cálculos y (ii) no hay nada que adquirir o instalar, ya que todos los componentes están presentes en *MS Excel* [9]. Esta reducción temporal se basa en el hecho de que la mayoría de las operaciones fueron automatizados antes en *MS Excel* y se implementan con pocos algoritmos de VBA. Otra clara ventaja es el resultado gráfico, que realmente fue sencillo debido al diseño gráfico previo en *MS Excel*. Posteriormente, el resultado visual se ha mejorado por medio de algoritmos propios de VBA de acuerdo a las diferentes situaciones.

Por otra parte, VBA también muestra algunas desventajas. A pesar del hecho de que haya una herramienta especial de *Excel* llamada grabadora de macros, siendo muy útil ya que dice qué palabras usar, no hay suficiente información acerca de un completo código-fuente para proyectos de reales [10 – 11]. Además, no hay ningún archivo ejecutable final el cual proporcionaría una mayor estabilidad a la resolución del software.

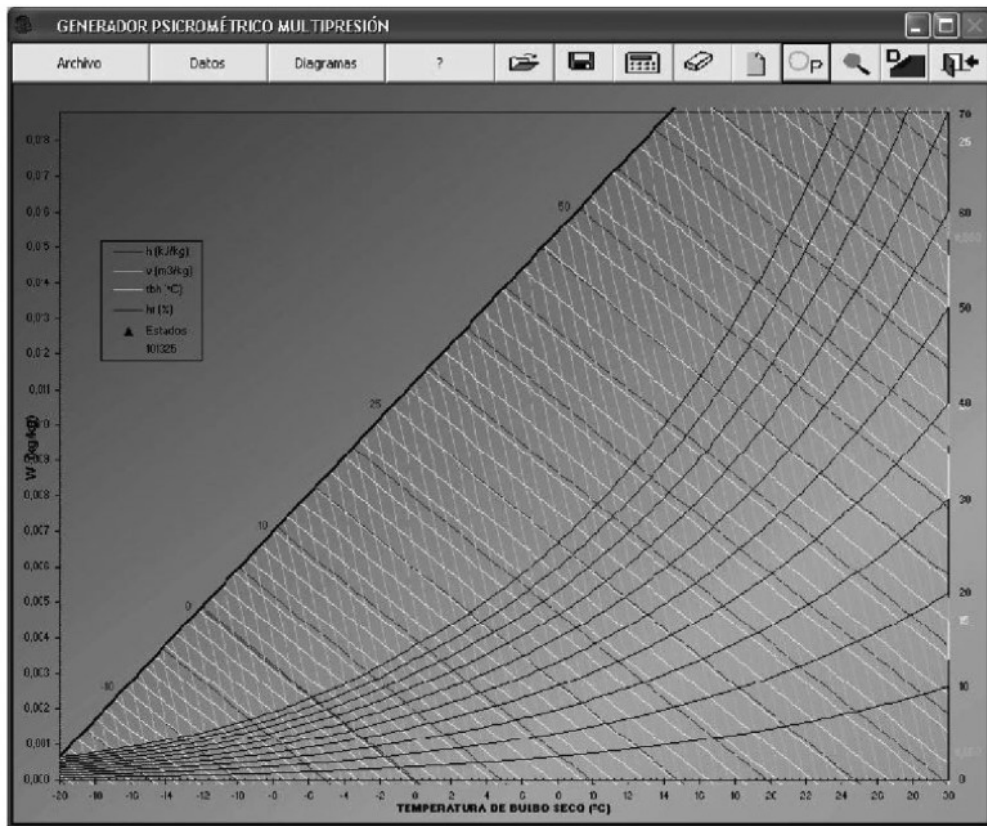


Figura 0.04.- Diagrama psicrométrico multipresión

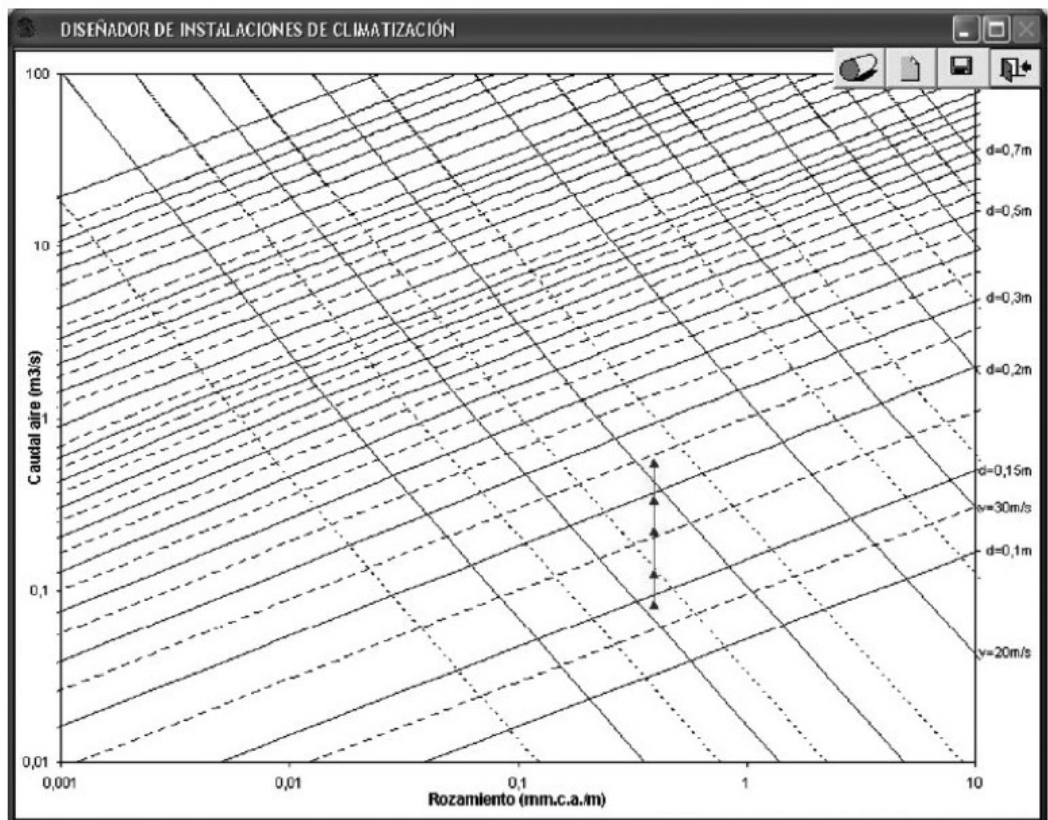


Figura 0.05.- Módulo gráfico del selector de conducto de climatización

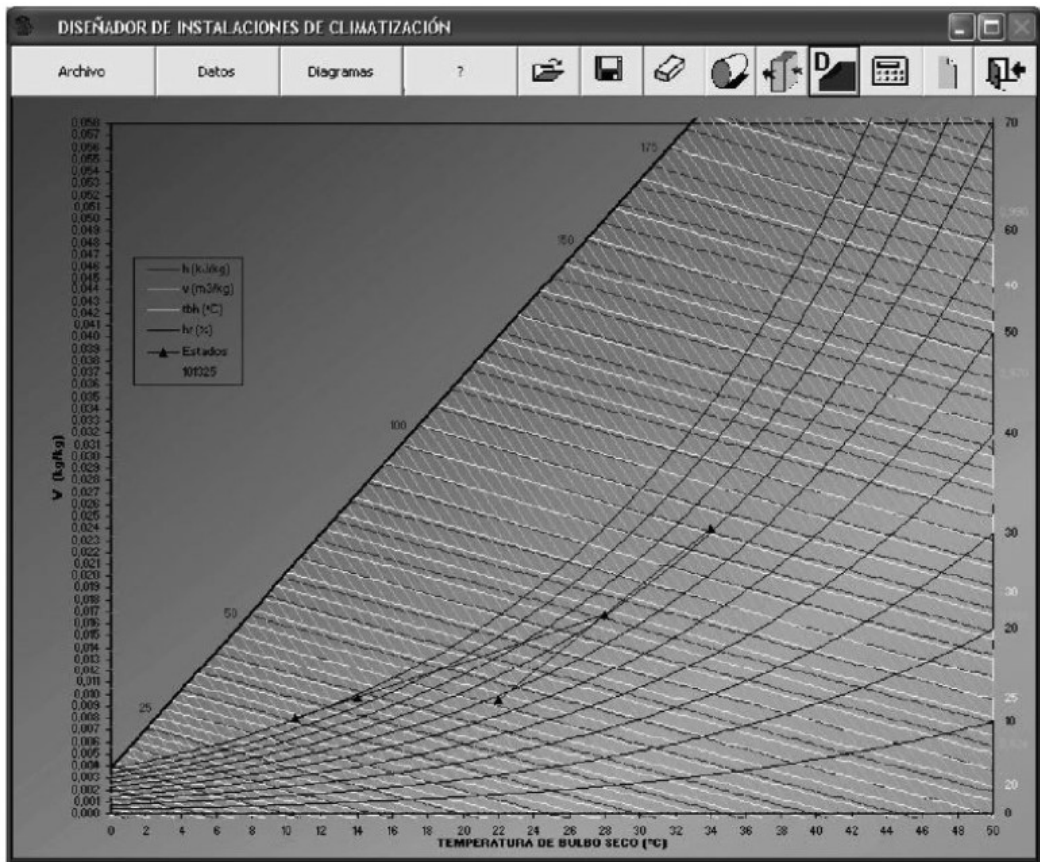


Figura 0.06.- Software final

De esta experiencia, la conclusión que se puede extraer es que un profesor debe tener en cuenta las diferencias básicas cuando tiene que elegir entre los diferentes lenguajes de programación. *Visual BASIC* es una herramienta autónoma para crear componentes de software independientes, tales como programas ejecutables, componentes COM y controles *ActiveX*, y es útil para el desarrollo de una solución técnica desde cero. VBA ofrece las mismas poderosas herramientas que el *Visual BASIC* y es la mejor opción para personalizar el software que ya cumple la mayoría de los estándares requeridos. Además, una de las principales ventajas de *Microsoft VBA* es que la versión 6.5 del mismo es un componente básico en *Microsoft Office 2007* y, además, se incluye en *MS Access*, *MS Excel*, *MS Outlook*, *MS PowerPoint* y *MS Word*.

Finalmente, se puede afirmar que el VBA se mantendrá durante los próximos años, en aplicaciones tales como *Microsoft Office 2008 para Mac* [12]. Por otra parte, debe llevarse a cabo más investigación sobre estos métodos de programación, tanto en *MS Office* u otras aplicaciones gratuitas de código abierto, para poder resolver las típicas situaciones de interés en ingeniería [5] y para crear un nuevo sistema de tutoría donde enseñar lenguajes de programación informática [13]. Los estudiantes de Ingeniería marina fueron desafiados a desarrollar un software para diseñar un esquema completo de los sistemas de aire acondicionado en un barco. Para ello, se crearon seis grupos compuesto por tres a cuatro estudiantes. El primer grupo desarrolló una calculadora psicrométrica y el segundo, una carta psicrométrica bajo condiciones de presión diferentes. Este tipo de gráfico no existe en el mercado por lo que no está a la venta, y por lo tanto, este grupo tuvo que lidiar con el módulo más difícil, mostrando cómo el VBA puede implementar aplicaciones de software con la mayoría de cálculos automatizados por *MS Excel*.

2.4. Conclusiones

Microsoft Visual BASIC for Applications 6.5 es una herramienta interesante para los Ingenieros Marinos cuando están trabajando in situ. Está disponible en *Microsoft Windows Server 2003*, *Windows XP* y *Windows Vista*, sistemas operativos en plataforma de 32 bits de *Intel*. Sus características de programación sencilla y amigable, junto con su fácil automatización para el cálculo y su representación gráfica de los datos a través de *MS Excel*, lo convierten en una plataforma ideal para automatizar las aplicaciones necesarias para Ingenieros Marinos a la hora de trabajar in situ. Además, este método de programación se incluirá en próximas versiones de *Microsoft Office* y *OpenOffice*, por lo que, se mantendrá en uso durante los próximos años. Por último, las mejoras de VBA, así como versiones de software libre, que capaciten a ingenieros principiantes, deberán ser analizadas y juzgadas en futuras investigaciones.

3. Mejora en el control de calidad de las aplicaciones utilizadas por los Ingenieros Marinos

3.1. Introducción

En la actualidad, existe una cierta tendencia a emplear los recursos privados, tales como software de gráficos de control de calidad [14 – 16] que permiten resolver los problemas típicos de la ingeniería. Sin embargo, cuando un ingeniero marino intenta resolver los problemas típicos de trabajo con los recursos de software que dispone en un barco o estación eléctrica, no puede depender de las licencias necesarias y problemas relacionados que dificultan su funcionamiento. Por otra parte, los lenguajes de programación como FORTRAN, *Pascal*, C, y *Visual BASIC* [17] no son apropiados para los ingenieros marinos que deben trabajar in situ con recursos limitados, a diferencia de un ingeniero generalista que se basa en otros servicios [18].

Por otro lado, uno de los software más importantes que pueden ayudar a los ingenieros marinos en el mantenimiento de la calidad de cualquier servicio son los gráficos de control [19]. Los gráficos de control son herramientas típicas para el estudio de control de la calidad que ayuda al estudiante de ingeniería a distinguir entre situaciones en las que el proceso está funcionando como se esperaba y aquellos en los que se ha desviado drásticamente de los valores objetivo. Para desarrollar un gráfico de control, un ingeniero debe representar gráficamente los datos en función del tiempo, con los límites de control diseñado para alertar al analista de los acontecimientos más allá de la variabilidad de muestreo normal [20]. Para llevar a cabo estos estudios en las centrales eléctricas, un ingeniero marino debe emplear un lenguaje de programación que le permita automatizar la resolución con respecto a la condición particular de la central.

Como resultado de trabajos de investigación anteriores [21] y reuniones con los ingenieros marinos con experiencia y las empresas, los profesores del Departamento de Energía y Propulsión Marina, del cual formo parte, han llegado a la conclusión de que el software de programación debe ser fácil de usar y compatible con los ordenadores de las centrales. Además, el hecho de que un ingeniero marino casi nunca se queda en la misma nave o centrales eléctricas debe ser tomado en consideración y, en consecuencia, debe estar listo para iniciar su trabajo a partir de cero en un período de tiempo limitado.

Como consecuencia de las investigaciones anteriores, la Universidad de A Coruña, en su programa IV, propuso a los profesores de ingeniería marina a diseñar una nueva metodología para la enseñanza de la ingeniería, que les permitió reducir el tiempo transcurrido cuando se realizan estudios de mantenimiento de ingeniería marina en el trabajo.

En consecuencia, sobre la base de experiencias anteriores en la enseñanza de la Termodinámica [21], los profesores analizaron los principales recursos informáticos de software, tales como C, MATLAB, *Mathematica*, EES, *Pascal*, *Fortran*, *Visual BASIC* y *Visual BASIC for Applications* (VBA). A partir de este estudio, se ha concluido que VBA es el mejor software para resolver problemas típicos de ingeniería que se pueden encontrar en el lugar de trabajo.

En los últimos años, *Microsoft* VBA ha demostrado ser un código de programación integrado diseñado para permitir a los desarrolladores a crear soluciones personalizadas utilizando todo el poder de *Microsoft Visual BASIC*. Las personas que usan las aplicaciones que hospeda VBA pueden automatizar y ampliar las funciones de aplicación, reduciendo así el ciclo de desarrollo de soluciones de ingeniería a medida [3 – 5]. VBA es un lenguaje muy sencillo para combinar con *Excel*, un lenguaje de programación sencillo de utilizar que puede ser fácilmente empleado por los estudiantes que estén interesados y dispuestos a experimentar un proceso de aprendizaje muy gratificante y que les sirva de apoyo.

El problema radicaba en que los profesores no encontraban ninguna información en la búsqueda bibliográfica para realizar un análisis en profundidad de este lenguaje, puesto que no hay libros adecuados para un estudio intensivo de VBA. En consecuencia, los profesores del Departamento de Energía de propulsión y Marina, en colaboración con el Departamento de Informática, inició un proceso de autoaprendizaje para lograr su objetivo.

En este caso, se propuso un estudio intensivo para generar un gráfico de control de los recursos de software que permitiesen automatizar el proceso de cálculo, lo que facilita un estudio rápido en el control de calidad centrado en los resultados obtenidos y no en los procesos de cálculo. Como se ha explicado, VBA fue seleccionado debido a su sistema de programación en macros implementadas por *MS Excel* [6].

3.2. Objetivos y herramientas

El principal objetivo era la de automatizar los gráficos de control de variables, con la posibilidad de *MS Excel* junto con la sencillez de introducción de datos de *Visual BASIC*, para determinar la viabilidad real de VBA con respecto al software privado. Con la ayuda del Departamento de Informática, el Departamento de Energía y Propulsión Marina comenzó a resolver los problemas típicos de automatización con las grabadoras de macros y enviando el código generado al módulo correspondiente del mismo archivo de *MS Excel*.

El lenguaje de programación seleccionado fue VBA de *Microsoft Office Excel 2003*. *Microsoft* posee VBA, cuyo código se compila [7] [9 – 11] en un lenguaje intermedio llamado “código P” [8], el código de este último se almacena en el hospedaje de aplicaciones (*Access*, *Excel* y *Word*) como una secuencia independiente en archivos de almacenamiento

estructurado independiente de los flujos de documentos. El código intermedio se ejecuta a continuación [7] a través de una máquina virtual.

Como resultado de ello, el recurso de software resultante sólo puede operar en el sistema operativo *Windows 98* o versiones superiores. Las operaciones de cálculo y gráficos se hacen en *Microsoft Excel*, y se crea un informe en formato *MS Word*. Por lo tanto, *MS Excel* y *MS Word* debe ser de la versión 2000 o superior.

3.3. Metodología

3.3.1. Gráficos de control de datos

Como se mencionó anteriormente, todos los procesos estadísticas de gráficos de control muestran los datos, o valores estadísticos calculados a partir de los datos, en función del tiempo, con los límites de control diseñado para alertar al analista de los hechos más allá de la variabilidad normal. Todos los gráficos de control se puede utilizar para estudios de FASE I, en la que los datos determinan la ubicación de los límites de control, y los estudios de FASE II, en el que los que los datos se comparan con un patrón preestablecido.

3.3.2. Gráficos de variables básicas

El tipo clásico de gráfico de control, desarrollado originalmente en los años 1930, se construye periódicamente recogiendo los valores de los datos y representándolos en función del tiempo. Si se recoge más de un valor de un dato, al mismo tiempo, se trazan las estadísticas como la media, rango, mediana o la desviación estándar. Los límites de control se añaden a la gráfica para la señalización de desviaciones inusualmente grandes de la línea central y las normas de ejecución se emplean para detectar otros patrones inusuales.

3.3.3. Características del software

El software diseñado debe proporcionar un procedimiento para el diseño de gráficos de control que detecte las desviaciones de una magnitud especificada dentro de un tiempo aceptable. En una aplicación típica, el usuario especifica un objetivo medio y la duración del promedio deseado antes de que se detecte una desviación de esa magnitud. El procedimiento determina el número de muestras y los parámetros de suavizado que lograrán el rendimiento deseado.

3.3.4. Los estudiantes

Los conocimientos adquiridos durante el segundo curso de los estudios de ingeniería marina proporcionan a los alumnos los métodos de cálculo de *Visual BASIC*. En un curso previo, los estudiantes trabajan con *Microsoft Office* y, por último los alumno aprenden

acerca de la metodología de cálculo de gráficos de control y métodos matemáticos. Después de este curso, los estudiantes se han dividido en cuatro grupos para automatizar el proceso de desarrollo de software. El primer grupo automatizaron el estudio estadístico de datos reales. El segundo grupo diseñaron “pantallas”, de fácil uso, para la introducción de datos. El tercer grupo preparó los archivos y el último grupo probó el software de acuerdo con las soluciones de libros y manuales.

3.4. Resultados y discusión

3.4.1. Diseño del software

Esta sección muestra los pasos para el diseño apropiado y uso de este programa:

- (1) Identificar las variables clave del proceso.
- (2) Establecer el intervalo de tiempo para recoger las muestras.
- (3) Recoger comentarios y agruparlos en subgrupos.
- (4) Los datos de cada grupo en los cuadros de entrada de datos y pulsar el botón para insertar datos. Este software debe calcular automáticamente los límites de control provisionales. Estos límites, junto con el rango promedio, deben quedar reflejados en el gráfico.
- (5) Definir si el gráfico está fuera de control. Para ello, se debe tener en cuenta los siguientes puntos:
 - 1) Hay puntos fuera de los límites.
 - 2) Hay más de seis puntos consecutivos que aumentan o disminuyen.
 - 3) Hay más de ocho puntos consecutivos por encima o por debajo del promedio.
 - 4) Las 14 filas de datos muestran un comportamiento de zigzag.
 - 5) ¿Dos de cada tres puntos están en una línea recta?
- (6) Eliminar los grupos de datos causados por causas asignables. Automáticamente el software debe volver a calcular y representar los límites de control.
- (7) Después del análisis, la gráfica de promedios se hará notar en los límites del gráfico de control si el proceso es considerado como controlado. Para ello, los límites de control deben estar dentro del área delimitada por las

especificaciones. Estas especificaciones son dos valores característicos del producto que es analizado y son introducidos en el programa la primera vez que los datos son insertados. Las especificaciones de un producto desconocido pueden ser obtenidas desde el control de los límites de una versión anterior del mismo producto cuando está bajo control.

La información de salida debe ser obtenida a través del menú de impresión o de la generación de un informe en formato *MS Word*. Este informe debe constar de tres gráficos de control y una tabla de datos que muestre los valores numéricos obtenidos.

3.4.2. La automatización del cálculo

La metodología se inició con la automatización del cálculo en *MS Excel*, como se muestra en la figura 0.07. En esta figura se puede ver que los estudiantes deben automatizar la selección de las constantes de *MS Excel* con respecto a los datos del problema.

3.4.3. Pantallas de fácil uso

Después de que el cálculo fue automatizado y se obtuvo la solución general del problema, se podrá generar la interfaz necesaria. Esta pantalla servirá de ayuda a aquellos que no saben y quieren obtener la solución matemática del problema.

Como se muestra en la figura 0.08, cuando se inicia el programa se muestra el menú principal de operación. Esta pantalla muestra los menús: archivo, datos, gráficos y ayuda como se puede apreciar en otros software de Visual BASIC. También fueron utilizados botones para guardar, abrir, imprimir, borrar, insertar, recorrer, media, límites y eliminar salida del grupo.

La figura 0.08 muestra la pantalla principal del software. En esta pantalla, se han añadido el número de grupos, los comentarios del diario y los límites de especificación. Finalmente, se han añadido los datos de salida como valores medios y límites en la parte inferior de la pantalla.

3.4.4. Archivos de compilado

Con el fin de servir a la finalidad deseada del software, se requiere lo siguiente: un archivo ejecutable que localice los archivos en cada directorio y los accesos directos correspondientes para la inicialización y desinstalación del software. Este compilado se llevó a cabo con software privado, ya que VBA no presenta esta opción.

3.5. Resultados de la prueba

Una vez que el software ha sido desarrollado, ha sido probado respecto a estudios de casos reales. En particular, la evolución temporal de la temperatura de los gases de escape del motor principal de un buque mercante. Esta temperatura es de especial interés debido a su relación con las actividades de mantenimiento y prevención de riesgos laborales en la sala de máquinas. Como consecuencia de ello, esta temperatura se midió en cada guardia, con tres muestras por subgrupo. La temperatura media de cada subgrupo se representa en la figura 0.08 y se realizó un análisis para ver si hay puntos fuera de control. En este caso de estudio, durante una de las guardias se encontró un valor por encima del límite superior de control y, de acuerdo con la metodología de gráficos de control, fue eliminado. Una vez que este punto se ha eliminado, los valores medios y límites de control se vuelven a calcular automáticamente, como se puede ver en las figuras 0.09 y 0.10. Finalmente, se puede considerar el proceso como controlado, debido a que los límites de control están dentro del área delimitada por las especificaciones, como se puede observar en la figura 0.11.

Una vez que el software fue desarrollado y probado, ayudó a los estudiantes en la solución de un gran número de problemas de gráficos de control en pocas horas, lo que facilita a utilizar la mayor parte de su tiempo para entender los resultados obtenidos mediante el estudio de los gráficos.

3.6. Conclusiones

Como puede observarse VBA es una interesante herramienta para el diseño de nuevos recursos de ingeniería de software y de implementar los siguientes métodos de aprendizaje. Esta nueva metodología para cada aplicación de ingeniería permite a los estudiantes autoadaptarse a cada situación real en el trabajo. Además, una vez que el software ha sido desarrollado, éste ayudó a los estudiantes en la solución de un gran número de problemas de gráficos de control en pocas horas, lo que ayuda a utilizar la mayor parte de su tiempo para entender los resultados obtenidos mediante el estudio de los gráficos.

Por otro lado, a pesar de que VBA presenta claras ventajas con respecto a lenguajes de programación típicos, no se ha empleado a fondo durante los últimos años por los profesores e ingenieros. Cabe mencionar que este lenguaje no presenta sus propias herramientas de embalaje para generar, instalar y desinstalar los archivos e iconos. Como futura aplicación de las nuevas versiones de *Microsoft Office*, será interesante para poner en práctica estas herramientas y de esa manera obtener una metodología de enseñanza definitiva que requiera menos tiempo. Esta metodología debe ser implementada con más información, como libros y guías para los estudiantes [13]. Por último, deben llevarse a cabo

futuras investigaciones para la cuantificación del tiempo real de aprendizaje a través de este nuevo método.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2										
3			CONSTANTS							
4		DATA	0	n	a2	n	d3	n	d4	
5		NUMBER OF SUBGROUPS	0	0	0	0	0	0	0	
6		SAMPLES PER GROUP	0	2	1.88	2	0	2	3.267	
7		A2	0	3	1.023	3	0	3	2.574	
8		d3	0	4	0.729	4	0	4	2.282	
9		d4	0	5	0.577	5	0	5	2.114	
10				6	0.483	6	0	6	2.004	
11				7	0.419	7	0.076	7	1.924	
12				8	0.373	8	0.136	8	1.864	
13				9	0.337	9	0.184	9	1.816	
14				10	0.308	10	0.223	10	1.777	
15				11	0.285	11	0.256	11	1.744	
16				12	0.266	12	0.283	12	1.717	
17				13	0.249	13	0.307	13	1.693	
18				14	0.235	14	0.328	14	1.672	
19				15	0.223	15	0.347	15	1.653	
20				16	0.212	16	0.363	16	1.637	
21				17	0.203	17	0.378	17	1.622	
22				18	0.194	18	0.391	18	1.608	
23				19	0.187	19	0.403	19	1.597	
24				20	0.18	20	0.415	20	1.585	
25										

Figura 0.07.- Automatización del cálculo en MS Excel

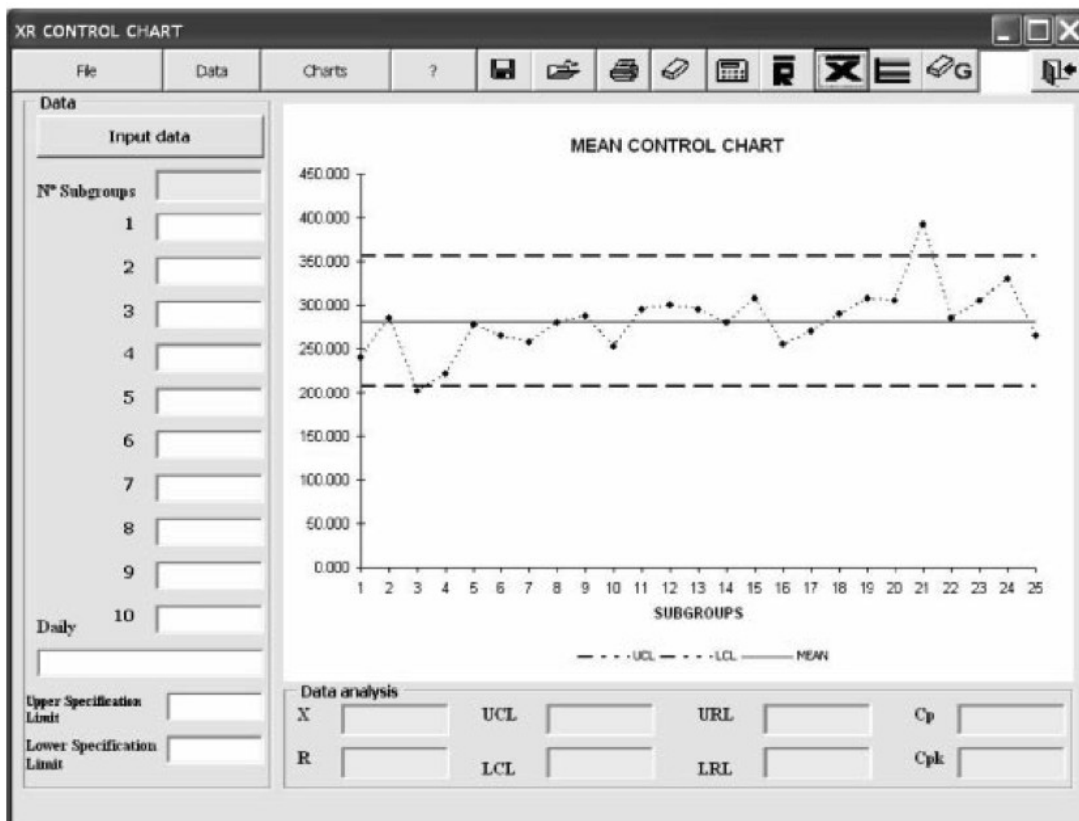


Figura 0.08.- Pantalla principal del software

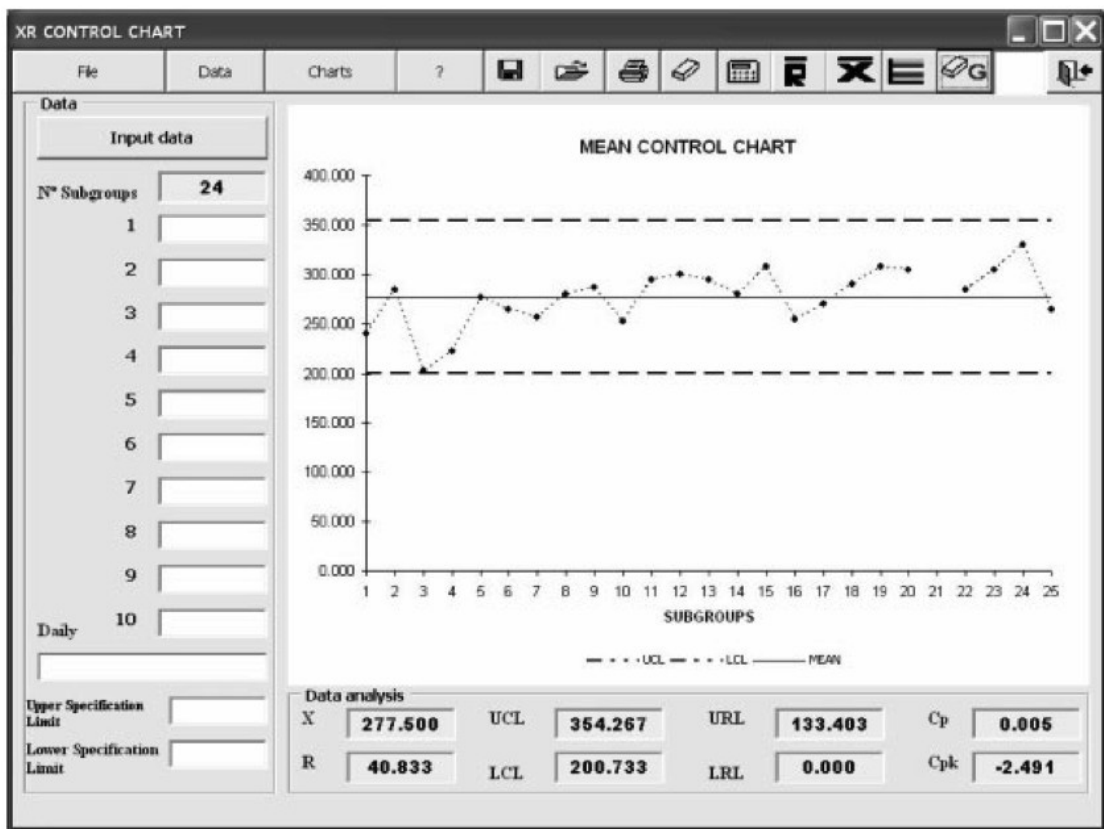


Figura 0.09.- Corrección del gráfico de control

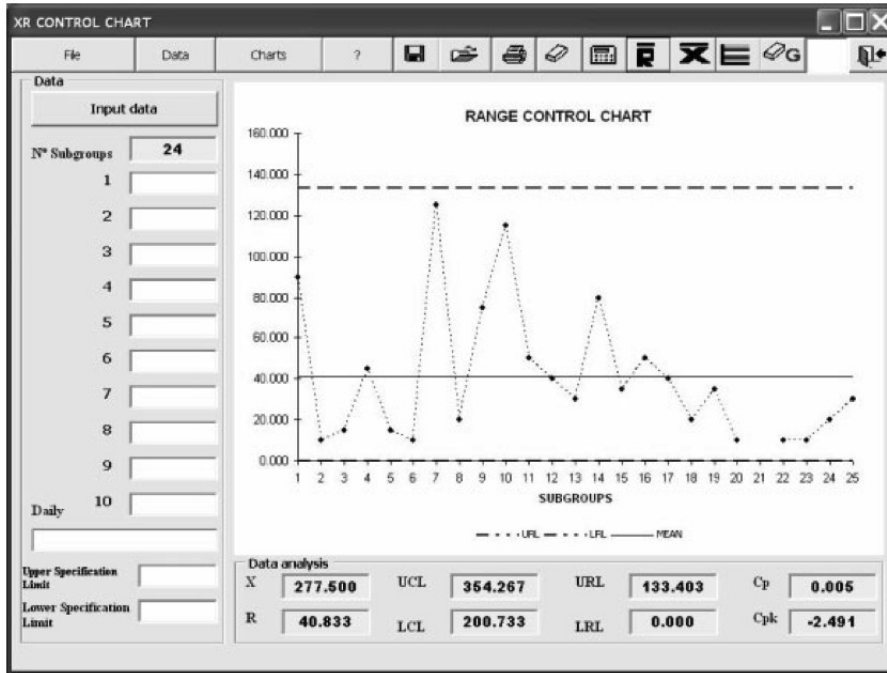


Figura 0.10.- Rango del gráfico de control

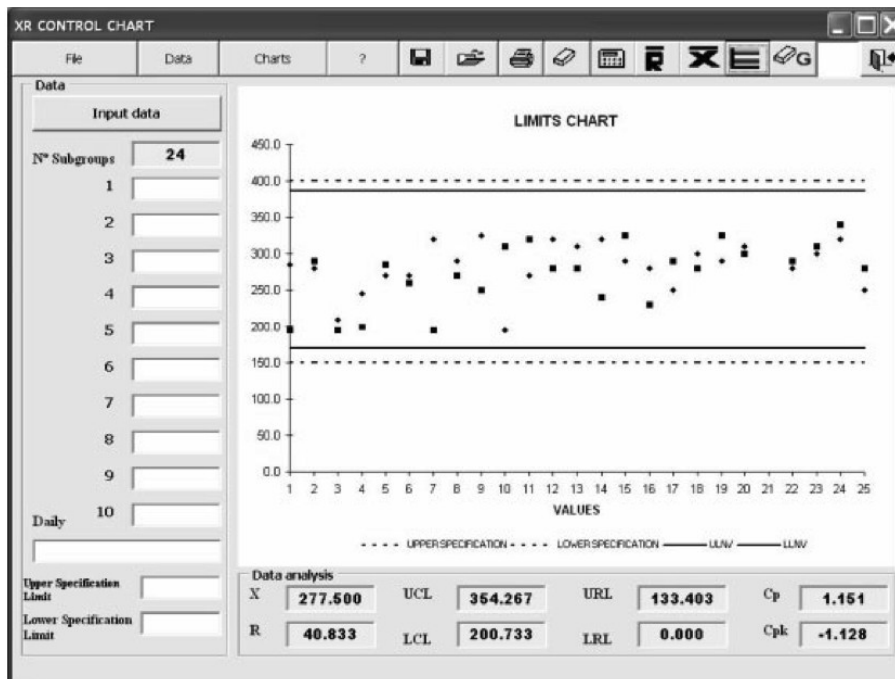


Figura 0.11.- Comparación entre los límites obtenidos en el estudio de la presente propuesta y los límites de estudios previos

4. Un Nuevo MOODLE para la Metodología de la Enseñanza de Ingenieros Marinos de sistemas hidráulicos y neumáticos

4.1. Introducción

En la actualidad, los sistemas hidráulicos y neumáticos se enseñan generalmente con la ayuda de libros, vídeos y experimentos de laboratorio. Estos laboratorios resultan costosos y, por lo tanto, tratan de instruir a todos los estudiantes matriculados en un curso en un tiempo relativamente corto, por ejemplo, todos los estudiantes matriculados en cursos de hidráulica y neumática llevan a cabo experimentos en conjunto acerca de cómo estos componentes trabajan en entornos industriales. Este método convencional implica el uso de equipos relativamente caros, especialmente si son de accionamiento eléctrico. Por lo tanto, la mayoría de los laboratorios ofrecen la instrucción sólo en algunos elementos de cada circuito. Una vez más, para reducir el tiempo dedicado a la instalación y análisis de cada circuito los estudiantes son agrupados conjuntamente.

Otro de los problemas relacionados con el gasto se refiere al libro de estudio, muchos de los cuales emplean figuras a color de alta definición que muestran el comportamiento de cada componente, así como del sistema en su conjunto.

Debido a las dificultades que llevan consigo estos métodos tradicionales, están surgiendo nuevos recursos de enseñanza. Por ejemplo, *Engineering Equation Solver* [22] (EEE) es uno de los que ha beneficiado el auto-aprendizaje de los estudiantes en temas de Termodinámica logrando mejoras perceptibles en su desempeño. Otro ejemplo es el *Visual BASIC for Applications* (VBA) que permite a los estudiantes mejorar su comprensión de los problemas de computación [21]. En la actualidad, MOODLE se cree que es la mejor solución para los métodos de enseñanza que requieran ilustraciones de los movimientos de componentes tales como bombas, compresores y válvulas. Además, esta aplicación *web* claramente se ajusta a las condiciones sugeridas por la Declaración de Bolonia, por la cual, este tipo de software se entiende como ayuda parcial a los estudiantes con acceso a Internet.

A pesar de haber sido testigo del crecimiento exponencial de los experimentos de MOODLE en las diferentes áreas de la Ingeniería, existen algunos problemas técnicos. Por ejemplo, cuando la demanda de experiencias de aplicación es elevada ni los estudiantes ni los profesores del área son capaces de tener acceso ininterrumpido a la *web* [23], o cuando los instructores deseen practicar una versión de prueba de sus cursos. La fuente de este problema es la propia demanda máxima que usualmente se presenta cuando un grupo de estudiantes intenta acceder al servidor de MOODLE al mismo tiempo, como es habitual al compartir este recurso entre los estudiantes de todos los departamentos de una universidad.

Sin embargo, al final, el sistema se ralentiza considerablemente y ni los estudiantes que podrán acceder a sus aplicaciones de forma rápida ni los profesores subir archivos con facilidad. Además, esta situación presenta dificultades especiales para los estudiantes de Ingeniería Marina que trabajan a bordo de sus buques y tienen un acceso limitado a la *web*.

4.2. Objetivos

En la presente propuesta, fueron empleados recursos de software MOODLE basados en la tecnología de XAMPP como un nuevo método de enseñanza de los sistemas hidráulicos y neumáticos destinados a mejorar el proceso de aprendizaje de los ingenieros marinos que no tienen acceso a la *web*.

Como resultado de ello, el recurso de software resultante sólo puede operar en el sistema operativo *Windows 98* o versiones superiores. Las operaciones de cálculo y gráficos se hacen en *Microsoft Excel* y se crea un informe en formato *MS Word*. Por lo tanto, *MS Excel* y *MS Word* debe ser de la versión 2000 o superior.

4.3. Materiales

4.3.1. Recursos de software

MOODLE.- paquete de software que se utiliza para crear cursos educativos basados en Internet y sitios *web*. Se trata de un proyecto global diseñado para apoyar un marco social constructivista de la educación y se suministra gratuitamente como software de código abierto (*open code software*). Se puede instalar en cualquier ordenador que pueda ejecutar PHP (acrónimo recursivo de *PHP Hypertext Pre-processor*, inicialmente *Personal Home Page*), soporte de una base de datos de tipo SQL (siglas de *Structured Query Language*, es decir, lenguaje de consulta estructurado), y se ejecuta en *Windows*, sistemas operativos *Mac* y varias versiones de *Linux* [24].

MOODLE es un acrónimo de *Modular Object–Oriented Dynamic Learning Environment* (Entorno de Aprendizaje Dinámico Orientado a Objetos y Modular) y es útil sobre todo para los programadores y teóricos de la educación. Como tal, se aplica tanto en la forma en que MOODLE se desarrolló y a la manera en que un estudiante o profesor puede abordar el estudio o la enseñanza de un curso en línea.

En la actualidad, están disponibles diferentes versiones de MOODLE para lograr diversos objetivos. En este caso, se analiza *My MOODLE at home* [25] junto con otra opción basada en *Windows XP* como un servidor local con XAMPP, que se describe a continuación.

My MOODLE at home ha sido desarrollado por la Universidad de La Habana. Su ventaja es que no es necesario configurar el MOODLE, o pasar por el complejo proceso de

construcción de la estructura de MySQL que había que hacer antes a través *MoodelWindowsInstaller*. Además, no es necesaria una conexión a Internet. Sin embargo, tiene acceso de alta velocidad, tiene derecho a la administración del servidor y está orientado al desarrollo de los contenidos o módulos [23]. A pesar de estas ventajas, este recurso de software no puede ser empleado en las redes locales y sólo se puede utilizar en el propio ordenador del usuario.

XAMPP.- *Windows XP* no es un sistema operativo diseñado para su uso como servidor *web*. Sin embargo, es un sistema operativo común en el que se puede instalar MOODLE para crear y configurar los cursos que desee. En este sentido, es esencial que MOODLE permita al profesor realizar copias de seguridad de los cursos y recuperarlos más tarde, de modo que se puede aprovechar de la velocidad y la comodidad de trabajar localmente y volcar el contenido extraído en un servidor remoto [26]. Además, para propósitos modestos como este caso de estudio, MOODLE puede ser empleado para configurar un servidor local o un servidor para su uso por unos pocos cientos de personas (como por ejemplo, un servidor en una escuela) en un entorno XAMPP.

XAMPP (acrónimo de X, es decir, para cualquiera de los diferentes sistemas operativos, *Apache*, MySQL, PHP, *Perl*) es un software desarrollado por el proyecto *Apache Friends*. Con este recurso, el ordenador se convierte en un servidor completo que ofrece, entre otras cosas: *Apache*, MySQL, PHP y un administrador gráfico de MySQL llamado *phpMyAdmin*. Es muy fácil de conseguir a través de la *web* [27], instalar e iniciar.

En otras palabras, se hace uso de al menos el *Apache* y MySQL, aunque los servicios de MOODLE también trabajan con otras bases de datos como PostgreSQL y PHP. En particular, como se indica en la documentación del proyecto, funciona bien tanto con *Apache* y *Apache 2*, en el caso de MOODLE 1.6 requiere por lo menos la versión de MySQL 4.1.16, y una versión equivalente o superior de PHP 4.3.0. Sin embargo, las versiones requeridas para estos servicios dependen de la versión de MOODLE empleada.

Por último, en un servidor remoto al que se accede a través de Internet por otros usuarios, existe un alto riesgo de perder el control de la computadora y la información almacenada, si el sistema no ofrece las garantías de seguridad necesarias. Por lo tanto, XAMPP fue elegido como la opción más sencilla disponible y se instala en un ambiente de trabajo WAMP a partir de un fichero autoejecutable. Para reducir el tiempo de arranque del sistema operativo, se planteó una rutina de puesta en marcha al inicio y se utilizó un panel de control para el cierre, como se muestra en la figura 0.12.

Recursos de software complementarios.- otros recursos de software complementarios que se emplean para generar circuitos esquemáticos y figuras animadas

son *FluidDraw*, *FluidSIM* [28] y *GIF Animator* [29]. Además, estos recursos de software permiten la simulación de sistemas hidráulicos y neumáticos junto con sus componentes eléctricos para obtener los parámetros necesarios como la velocidad del cilindro y el flujo de masa de aire, como se muestra en la figura 0.13. Como paso final útil, los alumnos podrían desarrollar sus propios informes prácticos utilizando recursos de software como *FluidDraw 5* [30], tal y como se muestra en la figura 0.14.

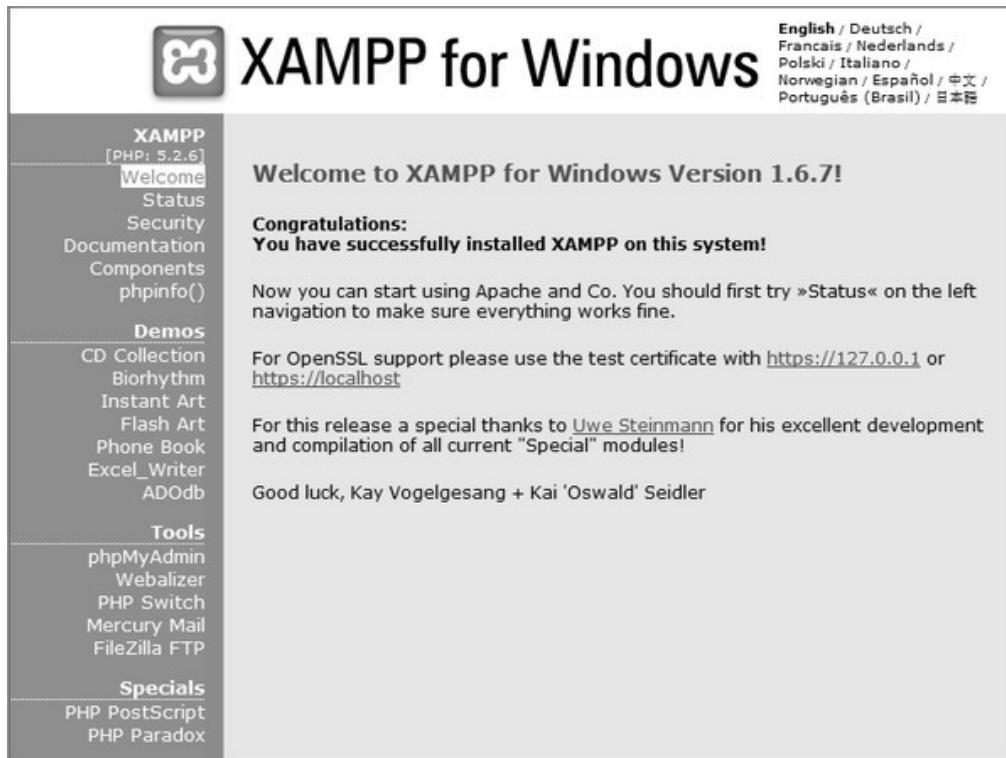


Figura 0.12.- XAMPP para Windows

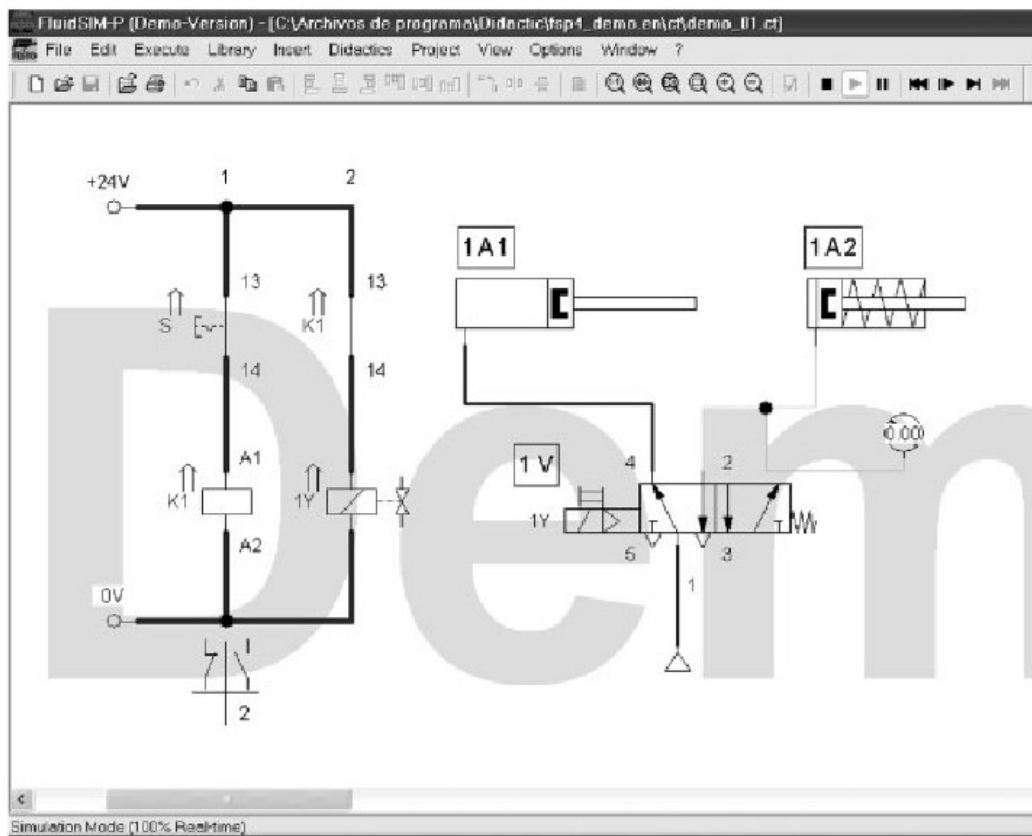


Figura 0.13.- Ejemplo de Fluidsim 4

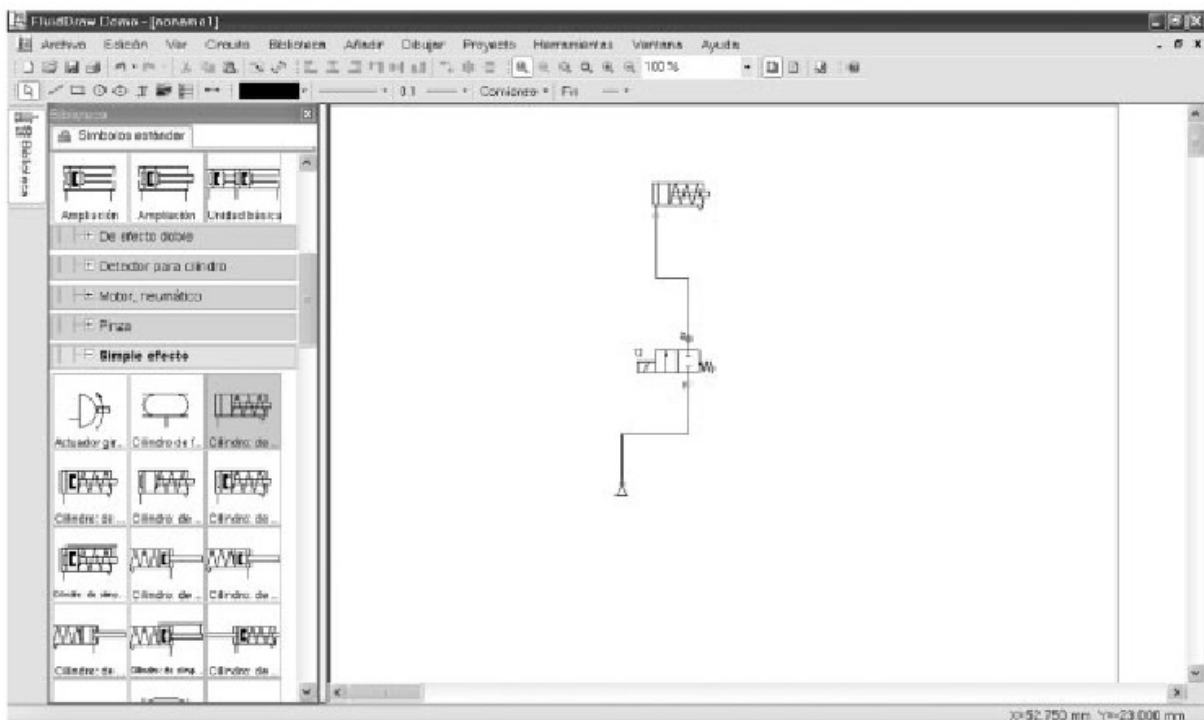


Figura 0.14.- Ejemplo de *FluidDraw*

4.3.2. Laboratorio de sistemas hidráulicos y neumáticos

Este laboratorio presentan diferentes paneles didácticos de FESTO y componentes auxiliares, como compresores de aire y diversos mecanismos hidráulicos que son controlados por diferentes válvulas diferentes, como se muestra en las figuras 0.15 y 0.16.

4.4. Métodos

La metodología empleada en esta propuesta es comparar los métodos convencionales de enseñanza de los sistemas hidráulicos y neumáticos y MOODLE, con y sin mejoras XAMPP. En este contexto, el curso tradicional se basa en libros como guía y las prácticas de laboratorio donde los estudiantes utilizan cada componente para el desarrollo de los circuitos diseñados en clase. Durante el año, algunos de los estudiantes de Ingeniería Marina siguió el curso embarcados y lo completaron. Veinticinco estudiantes realizaron la prueba para el sistemas hidráulicos y otro tanto para sistemas neumáticos, como examen final. Estas pruebas incluyeron preguntas sobre las características del movimiento particular de los componentes hidráulicos y neumáticos, y el comportamiento que se espera en la integración de los diferentes circuitos. Los resultados fueron evaluados en una escala de cero a diez, donde se considera una puntuación de cinco, el requisito mínimo para aprobar el examen.

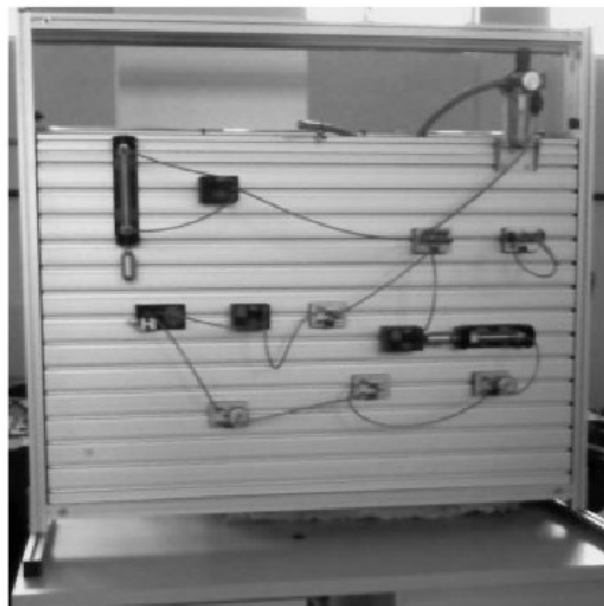


Figura 0.15.- Panel didáctico de aprendizaje FESTO



Figura 0.16.- Sistema neumático de barcos

El segundo caso fue el método tradicional mejorado con el uso de MOODLE en un entorno XAMPP. En consecuencia, MOODLE fue instalado en *Windows XP* como servidor local, y se desarrolló un curso de neumática e hidráulica que se basó principalmente en imágenes de los movimientos que intentan explicar el comportamiento real de los componentes del circuito neumático o hidráulico en servicio. Las imágenes estáticas fueron creadas usando *FluidDraw*, y las imágenes animadas utilizando *GIF Animator* y *FluidSIM* [28], mientras que una cámara de vídeo grabó circuitos reales en el laboratorio y las imágenes fueron visualizadas usando la grabadora de vídeo de *Windows* [31]. El software libre *Desktop Activity Recorder* demostró ser especialmente útil. Este software registraba la actividad de la pantalla del PC en archivos *avi* o *flv* (*Flash*) incluyendo vídeo con audio.

Se podría acceder a este curso de MOODLE más tarde en cualquier momento, incluso a bordo de buques, a través de copias de seguridad individuales de MOODLE. Finalmente, después de que los estudiantes completaron sus clases y el período de aprendizaje en el laboratorio y se prepararon para el examen final, utilizaron este curso para practicar. Se facilitaron las dos pruebas mencionadas anteriormente a este nuevo grupo de 25 estudiantes.

4.5. Resultados

Las figuras 0.17 – 0.20 ponen de manifiesto los contenidos más importantes de un curso de MOODLE XAMPP con fotos reales a color, *gif* animados y vídeos. Las figuras 0.21

y 0.22 muestran las mejoras logradas en las puntuaciones de los estudiantes que utilizaron esta nueva herramienta. Se expresan los porcentajes obtenidos por los estudiantes que consiguieron marcas adecuadas en las pruebas.

4.6. Discusión

En el estudio de esta propuesta, la investigación se llevó a cabo en MOODLE con la aplicación XAMPP para impartir un curso sobre los sistemas hidráulicos y neumáticos, estructurado como se muestra en la figura 0.18. Antes de esto, se han hecho algunos intentos para desarrollar metodologías para crear un curso MOODLE sin tener que recurrir a la *web*, por ejemplo, MOODLE *at home* [25]. Su metodología permite que los profesores desarrollen sus cursos sin acceso a la *web*. Posteriormente, desde que fue desarrollado en español se suscitó un interés considerable entre los profesores universitarios en países como España y Cuba.

Se propuso el software XAMPP como una nueva mejora en los métodos anteriores. Este software permite a los desarrolladores a trabajar con el sistema *Windows XP* usado como un servidor local para un pequeño número de usuarios y por lo tanto no se ve afectado significativamente por problemas de demanda máxima. En consecuencia, los archivos de un tamaño considerable, como vídeos e imágenes de alta definición se pueden cargar sin ningún problema, como se muestra en las figuras 0.17, 0.19, 0.20. Además, como se muestra en la figura 0.17, el contenido principal de los sistemas hidráulicos y neumáticos, se pueden desarrollar con facilidad.



Figura 0.17.- Contenido del curso MOODLE

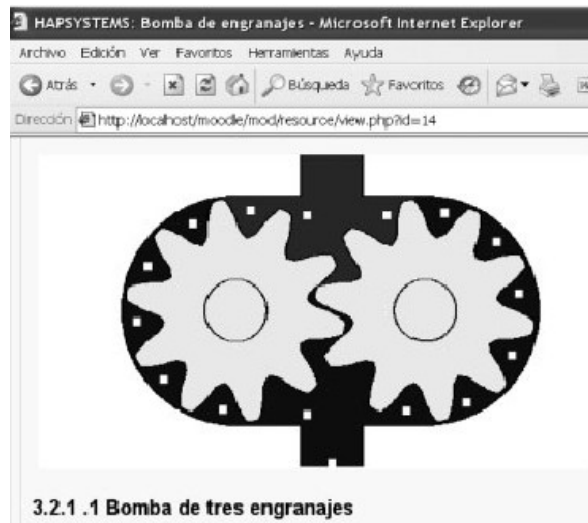


Figura 0.19.- *gif* animado mostrando como opera una bomba de engranajes

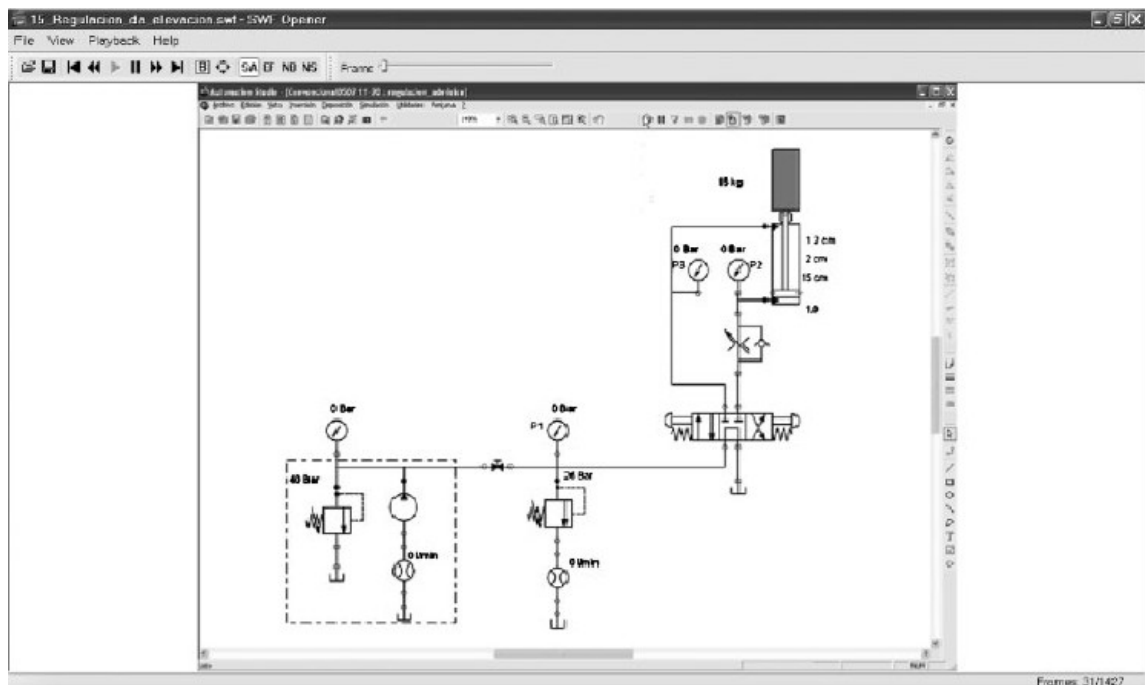


Figura 0.20.- Vídeo cargado en MOODLE

Con posterioridad, el análisis de los resultados de los cursos de neumática e hidráulica, y las calificaciones obtenidas por los estudiantes en cada una de las dos pruebas para los cursos con y sin MOODLE reveló una mejora perceptible en las notas obtenidas al comparar el número de estudiantes que no aprobaron la prueba con el porcentaje acumulado que alcanzó a llegar a cuatro puntos como se muestra en las figuras 0.21 y 0.22. La curva muestra el porcentaje total de estudiantes que no obtuvo mejores calificaciones acumulativas en la prueba que sus notas en los cursos individuales. Por lo tanto, parece que en el curso de sistemas neumáticos, sin MOODLE, el 16% de los estudiantes no mostró mejoría frente al 44% de los alumnos del curso de sistemas hidráulicos.

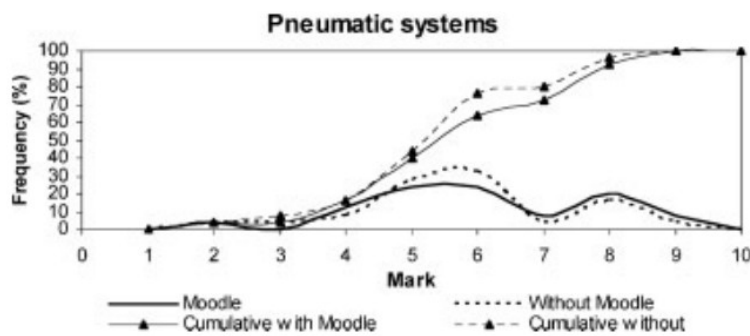


Figura 0.21.- Resultados del test en sistemas neumáticos con y sin MOODLE (XAMPP)

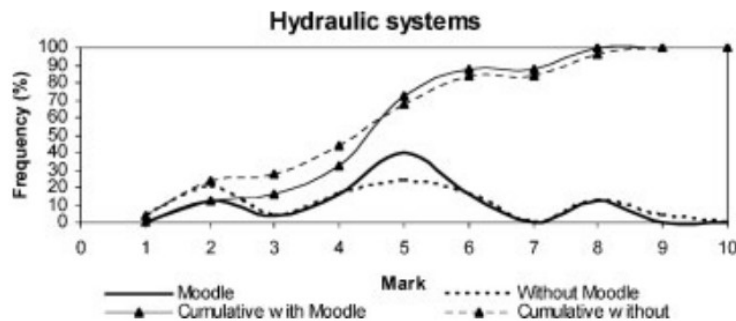


Figura 0.22.- Resultados del test en sistemas hidráulicos con y sin MOODLE (XAMPP)

La mejora en el rendimiento de los estudiantes con las metodologías de MOODLE se discute y se muestran en las figuras 0.21 y 0.22, cabe señalar que cinco puntos es el requisito mínimo para aprobar el examen. Es evidente que el porcentaje de estudiantes de los sistemas neumáticos, que no pasó la prueba con y sin MOODLE es la misma (16%). En los sistemas hidráulicos, el 44% de los estudiantes del curso sin MOODLE no pasó la prueba frente al 32% de los estudiantes con MOODLE.

Estas diferencias deben surgir debido a que los cursos de los sistemas hidráulicos suelen enseñar a los estudiantes a llevar a cabo un análisis en profundidad de cada uno de los componentes, tales como bombas, motores y circuitos y no se limitan a una comprensión puramente integral de los circuitos, como ocurre en el caso de los cursos de sistemas neumáticos.

Una distribución de frecuencias de las mismas cifras conduce a resultados similares. Se puede observar que si bien en los cursos de los sistemas neumáticos con y sin MOODLE el porcentaje de estudiantes con una puntuación acumulada de cuatro puntos fue similar, la puntuación más alta de los dos se obtuvo para el curso de MOODLE, mientras que, para el curso, sin MOODLE, la mayoría de los estudiantes obtuvo una puntuación más cercana a cinco puntos.

Ocurre similar en los sistemas hidráulicos, pero de una manera homogénea en torno a los datos mostrados. La razón de estas diferencias es que los cursos de sistemas neumáticos se centran en la comprensión de los circuitos generales y su comportamiento global, independientemente de si los estudiantes lo entienden o no.

En conclusión, se puede afirmar que el sistema de hospedaje local permite a los Ingenieros Marinos continuar sus estudios cuando están trabajando a bordo de un barco a pesar de tener acceso intermitente a los recursos *web*. Por otra parte, respecto al rendimiento de los estudiantes, el uso de paneles didácticos en el laboratorio implica restricciones de tiempo, mientras que los recursos informáticos no. Por lo tanto, a mayor tiempo de uso de estos recursos, mejores marcas se podrán esperar.

Si se asume que el tiempo necesario para desarrollar esta herramienta fue de 85 horas utilizando vídeos e imágenes previamente grabados, este método ha demostrado ser un sistema de enseñanza más económico que los costosos libros con figuras coloreadas y vídeos. Además, este método permite al estudiante analizar cada sistema de circuito desarrollado en el laboratorio.

Finalmente, a pesar de que fue visible con la aplicación MOODLE XAMPP una clara mejora en el rendimiento, se debe mejorar en futuras versiones de MOODLE y XAMPP algunos problemas que fueron descubiertos. El primer problema se refiere al acceso desde otro ordenador a la máquina local que precisa cambiar la dirección URL sustituyendo el término *localhost* con la dirección IP del ordenador que actúa como acceso al servidor. Además, el tamaño de la copia de seguridad de MOODLE está limitado a 16 MB y por lo tanto, el número de cursos MOODLE de gran tamaño que se puede exportar es limitado.

Deben llevarse a cabo futuros estudios en las aplicaciones de MOODLE XAMPP ya que presentan características poco comunes que son útiles. Por ejemplo, puede ser

empleado para examinar a cada estudiante de manera independiente. Este es un problema real, ya que la mayoría de las cifras y respuestas de los exámenes pueden ser fácilmente copiados por los estudiantes debido a la estrechez en las aulas de informática. Además, se proponen varias opciones de *chat* y conferencias de vídeo para futuros estudios para abordar las preocupaciones de los estudiantes debido a la larga distancia.

4.7. Conclusiones

La exigencia del alto costo de los recursos didácticos hace que "sistemas hidráulicos y neumáticos" sea un tema complicado de enseñar. Por otra parte, esta situación se ve agravada por los altos costos de los laboratorios didácticos, recursos de software, y los libros con figuras a color.

Para superar estos problemas, se desarrolló un recurso MOODLE el cual permite a los estudiantes entender el comportamiento de trabajo de cada componente basándose en figuras dinámicas y escalables, y vídeos. Además, se empleó XAMPP del proyecto *Apache Friend* ya que permite a *Windows XP* actuar como servidor, y por lo tanto funciona extraordinariamente rápido. Una vez que el curso ha sido desarrollado, puede ser enviado a los estudiantes que no tengan acceso a la red para ejecutar la aplicación.

Se hizo evidente que esta aplicación produce una mejoría definitiva a partir de las calificaciones del examen final de ingenieros marinos. A pesar de esta mejora, se descubrieron algunos problemas que deben ser corregidos en futuras versiones de MOODLE y XAMPP, como tener que acceder a través de un *localhost* y la limitación en el tamaño de las copias de seguridad. Se deben llevar a cabo más estudios en las aplicaciones de MOODLE XAMPP, estas aplicaciones presentan características inusuales y son valiosas en algunas aplicaciones como los exámenes. Además, se propone para estudios futuros las diferentes opciones de *chat* y videoconferencias para hacer frente a las preocupaciones de los estudiantes debido a la larga distancia.

5. Éxitos y tareas pendientes de MATLAB Simulink

5.1. Introducción

Hoy en día, el trabajo de los ingenieros suele aproximarse al de los investigadores ya que sus tareas diarias tienden hacia la sofisticación, la imaginación y el conocimiento multidisciplinario. En este sentido, se observó en el último par de años una clara tendencia en los estudios de Ingeniería hacia un conocimiento básico de las diferentes disciplinas de la misma. Así, en estos estudios iniciales, aplicaciones eléctricas, electrónicas, mecánicas, termodinámicas, en mecánica de fluidos, en métodos numéricos y en lenguajes de

programación, son de conocimiento común para la mayoría de los ingenieros. A partir de este conocimiento, los ingenieros graduados encuentran, en su entorno real, nuevos problemas que no estaban previstos en los libros y las nuevas tecnologías de enseñanza. Por otra parte, la reducción de los costos de procesamiento, la mejora de la producción y ampliar la presencia de la compañía en busca de nuevos mercados, suponen nuevas tareas ingenieriles. La originalidad del ingeniero proporciona a menudo una solución típica.

Debido a esta situación en la vida real, la mayoría de los ingenieros necesitan recursos de software de fácil uso y de código abierto, para adaptarse a cada situación individual. Por ejemplo, en años anteriores, los ingenieros de marina necesitaron ajustar las tareas de mantenimiento para adaptarse a las diferentes estaciones energéticas. En este sentido, se han desarrollado diversas investigaciones de los departamentos de energía, mecánica, matemáticas y computación de las Universidades de A Coruña y Porto para poder definir las mejores soluciones para estos problemas. Los resultados mostraron que una herramienta casi olvidada llamada “*Visual BASIC for Applications*” (VBA) permite la modificación y ajuste de cada parámetro de control de mantenimiento diferente, y así poder adaptarse al trabajo de rutina diario del ingeniero.

En los últimos años, se detectaron en MATLAB ventajas similares. Por lo que, ha sido empleado por la mayoría de profesores para enseñar matemáticas y, en la mayoría de los casos, métodos numéricos, así como para iniciarse en lenguajes de programación. Por otra parte, temas más específicos, como los Controladores Lógicos Programables (*Programmable Logic Control*, PLC) fueron entrenados con MATLAB *Simulink*. Este software es una “caja de herramientas” de MATLAB (*toolbox*) que se presenta de una manera sencilla para entender las matemáticas y representar los procesos con diagramas de bloques llegando a ser uno de los recursos más importantes empleados por los ingenieros en su vida laboral.

En este capítulo, las principales ventajas de MATLAB *Simulink* se ven reflejadas por los distintos trabajos de investigación desarrollados durante los últimos años por diferentes unidades de investigación de todo el mundo, de una manera resumida. En particular, *Simulink* presenta un código abierto que permite a los investigadores en edificaciones desarrollar nuevas “cajas de herramientas” para mejorar las simulaciones de construcción teniendo en cuenta los nuevos parámetros que están siendo investigados [32 – 35]. Por ejemplo, se ha llevado a cabo resultados de ciertos factores, como el calor y la transferencia de masa a través de la envolvente del edificio, en comparación con otros recursos de software comercial. Paso a paso, y basándose en trabajos de investigación anteriores, los investigadores podrían desarrollar investigaciones recientes con más profundidad sobre el efecto de esta transferencia de calor y masa sobre el consumo de energía de un edificio y el confort térmico. La Agencia Internacional de la Energía (AIE) [36] ha organizado estos esfuerzos para mejorar dichos procesos de simulación en sus diferentes anexos como, por

ejemplo los anexos 41 y 55, y así obtener más conocimiento sobre simulaciones de la construcción. Una vez alcanzados nuevos conocimientos en profundidad sobre simulaciones de la construcción, se diseñaran nuevos estándares para la certificación de nuevos edificios y nuevos recursos de software de aplicaciones generales. Este es el procedimiento general en el trabajo de investigación actual sobre simulación de edificios y en ambientación interior.

En consecuencia, las tareas pendientes tienden a utilizar aplicaciones de fácil uso en materia de COMSOL y aplicaciones en PLC, y los nuevos métodos de control de Calefacción, Ventilación y Aire acondicionado (*Heating, Ventilating and Air Conditioning*, HVAC) deben ser implementados de manera que se establezca, en un futuro próximo, un área común de trabajo para los ingenieros y los investigadores.

5.2. Materiales y métodos

5.2.1. MATLAB *Simulink*

Simulink es un entorno de varios dominios de simulación y diseño basado en modelos para sistemas dinámicos y embebidos. Proporciona un entorno gráfico interactivo y un conjunto personalizado de bibliotecas de bloques que favorecen el diseño, simulación, implementación y pruebas de una variedad de sistemas de tiempos variables, incluidas comunicaciones, controles y señal de vídeo, y procesamiento de imágenes. Añadir productos extiende el software de modelado *Simulink* para dominios múltiples, así como proporciona herramientas para las tareas de diseño, implementación, verificación y validación.

Simulink está integrado con MATLAB, proporcionando acceso inmediato a herramientas que permitan el desarrollo de algoritmos, analizar y visualizar las simulaciones, la creación de secuencias de comandos de procesamiento por lotes, personalizar el entorno de modelado, y la definición de las señales, parámetros y datos de prueba.

5.2.2. Herramientas HAM

Las herramientas HAM (*HAM tools*) es un nuevo material desarrollado para MATLAB *Simulink* por Angela Sasic [37] [38] con el objetivo de simular la transferencia de calor y masa a través de la envolvente del edificio y que trabaja bajo una fuente *open code* (código libre). Como se ha comentado anteriormente, permite a los ingenieros e investigadores la opción de modificar el código de simulación de todo el edificio en conformidad con las condiciones de cada caso individual.

La librería de *HAM tools* es parte del modelo de *Simulink* de la *toolbox* de Física de la Construcción Internacional, y está disponible para su descarga en la *web* [39]. Presenta dos

grandes bloques: la construcción de la envolvente de un edificio (paredes, ventanas) y la zona termal (espacios ventilados). Los componentes de los modelos proveen cálculos detallados del estado hidrotérmico de cada subcomponente en la estructura de acuerdo con las condiciones que rodea a los que está expuesto cada componente.

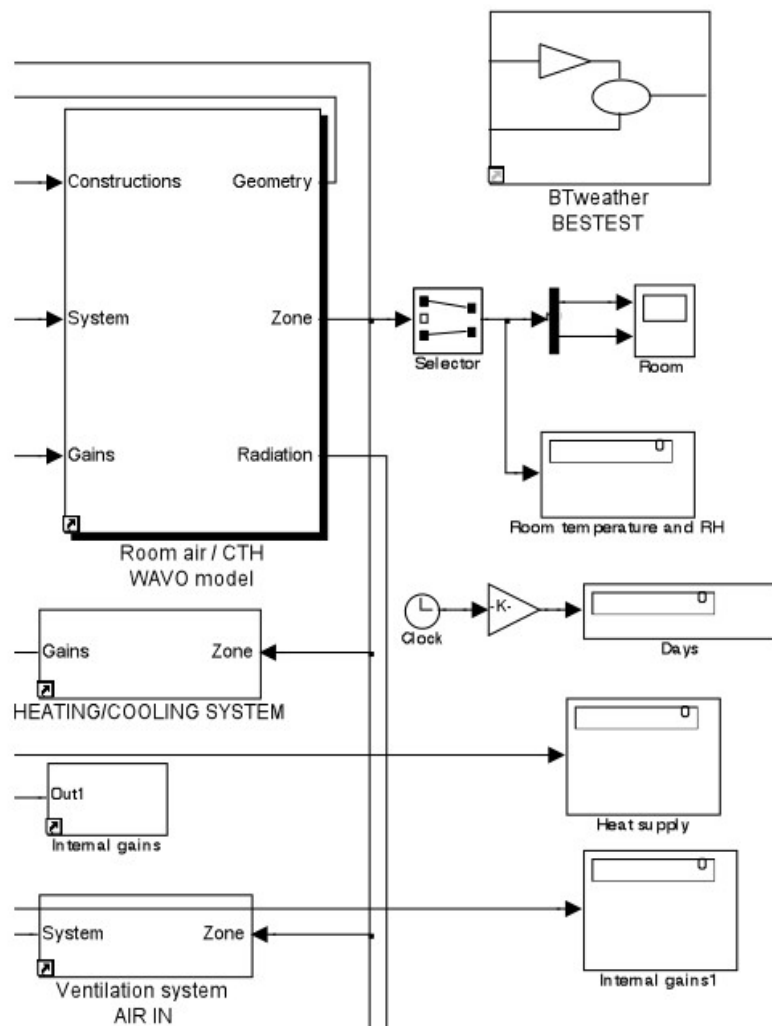


Figura 0.23.- Bloque de MATLAB para la simulación de construcciones

En la figura 0.23 se pueden ver los bloques principales que representan los diferentes muros exteriores/interiores, piso, techo, y componentes definidas de la ventana, independientemente de sus propiedades físicas, térmicas y de humedad, de acuerdo con la estructura BESTEST. Las características de la edificación se definen en el bloque de la zona térmica que muestra las áreas de superficie, orientaciones, e inclinación de cada muro. EL volumen de la sala, la ganancia solar en el aire, y la temperatura inicial se ajustarán consecuentemente. Se considerarán también otros parámetros, como las ganancias internas, el cambio de aire y los sistemas de calefacción / refrigeración.

5.3. Éxito de MATLAB *Simulink*

5.3.1. Simulación

En este capítulo, la construcción de muros, la renovación del aire interior, y las ganancias internas se ajustaron de acuerdo con edificios reales y simulados para períodos de días en los que los edificios estuvieran desocupados, con el objetivo de definir la precisión de la simulación con respecto a muestras de datos reales. En este sentido, se ajustó la base de datos climáticos empleados en las simulaciones con los medidos en la realidad y no los valores promedios que ofrece la normativa. Basándose en datos climáticos reales muestreados en ese período de tiempo.

HAM *tools* desarrolla tanto el calor, el aire y el balance de humedad que hay que tener en cuenta a partir de la humedad generada por los ocupantes, el intercambio de humedad debido a los sistemas de ventilación, y la transferencia de humedad entre el aire interior y la envoltura del edificio.

En este sentido, la transferencia de calor puede ser definida por los procesos de conducción y convección, como se refleja en las siguientes expresiones:

$$q = q_{conductive} + q_{convective}$$

$$q_{conductive} = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x}$$

$$q_{convective} = m_a \cdot c_{pa} \cdot T + h_{evap}$$

Donde:

λ es la conductividad térmica (W / mK)

T es la temperatura (°C)

m_a es la densidad de la tasa de flujo de humedad de aire seco (kg / m² s)

c_{pa} es el calor específico del aire seco (J / kg K)

h_{evap} es el calor latente de evaporación (J / kg)

Al mismo tiempo, durante el proceso de cálculo, la transferencia de humedad de flujo se separó en las fases líquida y vapor, como se puede ver en las siguientes expresiones:

$$m_l = K \cdot \frac{\partial P_{suc}}{\partial x}$$

Donde:

m_l es la densidad de la tasa de flujo de humedad en fase de vapor (kg / m² s)

K es la conductividad hidráulica

P_{suc} es la presión de succión (Pa)

Como se puede ver en la ecuación siguiente la fase de vapor se dividió en la difusión y la convección:

$$m_v = -\delta_p \cdot \frac{\partial p}{\partial x} + m_a \cdot x_a$$

Donde:

δ_p es la permeabilidad a la humedad (s)

x_a es el contenido de vapor de agua (kg / kg)

El flujo de masa de aire a través de la estructura impulsada por las diferencias de presión de aire en toda la estructura se muestra a continuación:

$$m_a = r_a \cdot \rho_a$$

Donde:

r_a es la densidad de la tasa de flujo de aire (m³ / m²s)

ρ_a es la densidad de una parte del material (kg / m³)

En el caso de la energía final y el balance de humedad:

$$-\frac{\partial}{\partial x} q = c \cdot \rho_o \cdot \frac{\partial T}{\partial t}$$

$$-\frac{\delta}{\partial x} m = \frac{\partial w}{\partial t}$$

Donde:

ρ_o es la densidad del material seco (kg / m³)

c es la capacidad calorífica específica del material (J / kg K)

w es la masa de humedad por volumen (kg / m³)

t es el tiempo (s)

x es el espacio (m)

Se muestran a continuación las expresiones del calor obtenido discretizado, y las ecuaciones de balance de humedad:

$$\frac{T_i^{n+1} - T_i^n}{\Delta t} = \frac{1}{C^n} \cdot \left\{ \left[\frac{(T_{i-1} - T_i)}{R_{i-1} + R_i} + \frac{(T_{i+1} - T_i)}{R_{i+1} + R_i} \right] - h_{evap} \cdot \left[\frac{(p_{i-1} - p_i)}{R_{p,i-1} + R_{p,i}} + \frac{(p_{i+1} - p_i)}{R_{p,i+1} + R_{p,i}} \right] \right\} \dots$$

$$+ \begin{cases} m_a \cdot c_{pa} \cdot (T_{i-1} - T_i)^n, m_a > 0 \\ m_a \cdot c_{pa} \cdot (T_i - T_{i+1})^n, m_a < 0 \end{cases}$$

$$\frac{w_i^{n+1} - w_i^n}{\Delta t} = \frac{1}{d} \cdot \left\{ \left[\frac{(p_{i-1} - p_i)}{R_{p,i-1} + R_{p,i}} + \frac{(p_{i+1} - p_i)}{R_{p,i+1} + R_{p,i}} \right] - \left[\frac{(P_{suc,i-1} - P_{isuc,i})}{R_{suc,i-1} + R_{suc,i}} + \frac{(P_{suc,i+1} - P_{suc,i})}{R_{suc,i+1} + R_{suc,i}} \right] \right\} \dots$$

$$+ \begin{cases} 6.21 \cdot 10^{-6} \cdot m_a \cdot (p_{i-1} - p_i)^n, m_a > 0 \\ 6.21 \cdot 10^{-6} \cdot m_a \cdot (p_i - p_{i+1})^n, m_a < 0 \end{cases}$$

Donde i es el nodo objetivo e $(i + 1)$ y $(i - 1)$ son el nodo anterior y siguiente, y n y $(n + 1)$ los pasos de tiempo anteriores y correspondiente.

Para resolver estas ecuaciones de equilibrio, fueron creados modelos de habitaciones a partir del IBPT [40].

5.3.2. Constante de tiempo

La inercia térmica de un edificio es un término intuitivo difícil definir. Por ejemplo, en una forma indirecta, se describe por el factor de utilización. El factor de utilización muestra la parte de las ganancias energéticas que puede almacenarse en la construcción de edificios, para ser transmitida en la zona cuando sea necesario. En este sentido, se refiere a los requisitos de calor con las pérdidas y las ganancias de caloríficas, como se puede ver a continuación:

$$Q_{heat} = Q_{loss} - \eta Q_{gain}$$

Donde:

Q_{heat} es el requisito de calor (W)

Q_{loss} es la pérdida calorífica (W)

Q_{gain} es la ganancia calorífica (W)

η es el factor de utilización, que tiene un valor entre 0 y 1

Por otro lado, el factor de utilización es una función de la constante de tiempo.

$$\tau = \frac{\sum C}{\sum H}$$

Donde:

C es la suma de la capacidad térmica C_i de cada construcción basado en un período de respuesta de 24 horas.

H es la suma del factor de pérdida de calor de cada construcción, ventilación y fuga de aire.

Para definir esta constante de tiempo, se suelen emplear datos reales muestreados. La constante de tiempo se determina normalmente a partir de un lento período de enfriamiento con una temperatura exterior baja constante. Se requieren condiciones de temperatura constante climática, humedad relativa, velocidad del aire, lluvia y radiación solar, entre otros, durante períodos de tiempo tan largos como se pueda.

Debido al hecho de que es muy difícil obtener este tipo de condiciones climáticas constantes durante largos períodos de tiempo, la definición real de la inercia térmica de un edificio no está bien determinada y, por lo tanto, el proceso de investigación resulta difícil. Como posible solución a este problema, HAM *tools* ofrecen una forma clara de definir estos parámetros. Se define las inercias térmicas esperadas alta y baja de dos edificios, de acuerdo con el espesor de cada muro construido. De hecho, el antiguo edificio presenta la pared más gruesa y el nuevo la más delgada. Una vez que este software se ajusta a estas condiciones particulares (Figura 0.24), se simula bajo un clima constante.

De esta simulación, se toma el logaritmo de la diferencia de temperaturas interior en comparación con la exterior y su curva se ajusta a una línea recta por el método de mínimos cuadrados, como se muestra en la figura 0.25. En este sentido, debemos recordar que la constante de tiempo es la inversa del coeficiente de la variable independiente (tiempo) dada por el ajuste de la curva. En consecuencia, ambos edificios se simularon bajo condiciones climáticas constantes con el fin de determinar las constantes temporales de construcción.

Finalmente, fueron propuestas diferentes alternativas de simulación como, por ejemplo, la eliminación de las ganancias por calor solar, la reducción de los cambios de aire, y la aplicación de la simulación con los revestimientos permeables. Todos estos resultados se muestran en la tabla 0.1.

Como se puede ver en dicha tabla, el nuevo edificio muestra una clara tendencia a cambiar su constante de tiempo cuando las ganancias de calor se eliminan y cuando los cambios de aire se reducen. Por otro lado, el efecto de revestimientos permeables es liviano debido al hecho de que fue aplicado sobre una reducida superficie interior del edificio que puedan controlar el ambiente interior liberando humedad.

	Without Heat Gain	Initial Conditions	Air Renovation Reduction	Permeable Coverings
New	37	178	185	188
Old	67	111	112	115

Tabla 0.01.-Limitaciones de tiempo para cada modificación

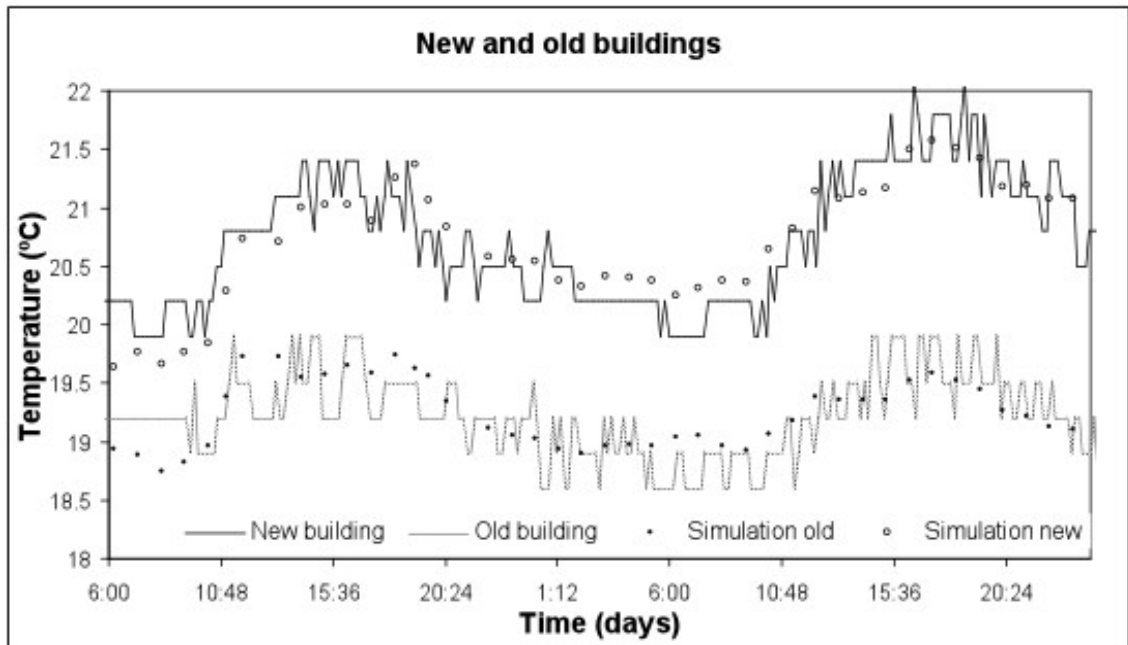


Figura 0.24.- Datos reales de la muestra y resultados de simulación para las escuelas nuevas y antiguas

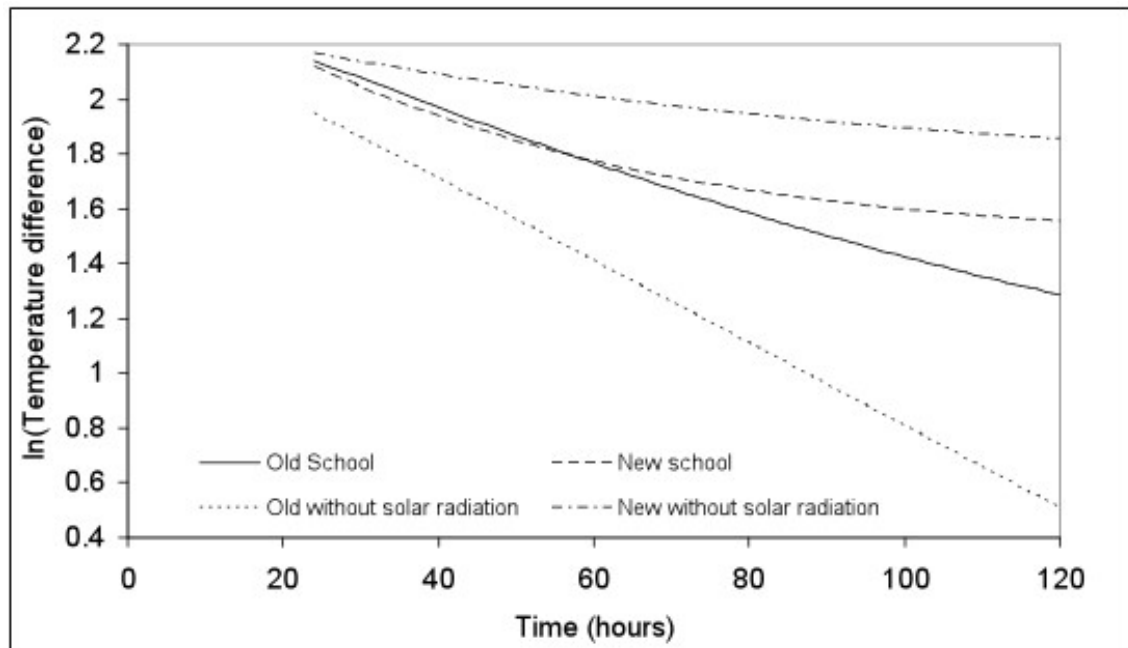


Figura 0.25.- Los datos de la simulación en edificios viejos y nuevos, con y sin efecto de la radiación solar

5.3.3. Nuevos Sistemas de Control

Otra ventaja mostrada por *Simulink* es la de simular un verdadero sistema de Calefacción, Ventilación y Aire acondicionado (HVAC) en virtud de nuevos algoritmos de control [41] [42]. Además, este sistema de climatización (HVAC) puede ser implementado en las *HAM tools*, en este caso, estos resultados están pendientes de un análisis más profundo. Por otra parte, los nuevos sistemas HVAC deben ser desarrollados de acuerdo con nuevos algoritmos de control que están siendo definidos por nuevos investigadores.

En este sentido, las nuevas patentes demostraron la viabilidad de reducir el consumo energético de los edificios con nuevos algoritmos de control HVAC sobre la base de balances térmicos de confort energético. Ejemplos de esta nueva metodología de sistemas de control fueron simulados y validados con datos muestreados reales a lo largo de los últimos años, y los principales resultados se mostrarán en esta sección.

Hoy en día, la mayoría de ingenieros piensan que la verdadera mejora en los sistemas HVAC se relaciona con la detección de un sensor de tiempo más corto y una rápida reacción a un sistema de calefacción o refrigeración. A pesar de ello, se alcanzó un nivel de precisión adecuado en sistemas de control en los últimos años y, hoy en día, no es el mejor enfoque para mejorar el confort térmico y el consumo de energía en los edificios.

Como se mostró anteriormente, es necesario desarrollar un nuevo sistema de control basado en nuevos algoritmos de confort térmico. De una manera sencilla, trabajos previos han definido el confort térmico, con temperaturas fijas de los puntos de trabajo (*set point*) de 18 a 23°C y 23 a 27°C en invierno y verano, respectivamente, conforme a las normas actuales [43] [44]. Estas temperaturas constantes de los *set point* resultan del alto consumo de energía a pesar de temperaturas más adecuadas en los puntos de operación y que no se considere el confort térmico local.

Durante la investigación del confort térmico, fueron desarrollados nuevos modelos locales de confort térmico por los investigadores en años precedentes. Sus resultados mostraron una relación adecuada entre la energía y el confort térmico mediante la entalpía del aire húmedo que puede ayudar a definir los parámetros esperados de confort térmico. Por ejemplo, cuando un algoritmo de confort térmico se emplea y se fija en cada momento, mejor es la temperatura del punto de operación (*set point*), más claro es el incremento en el confort térmico y decremento del consumo de energía que se obtiene. Por ejemplo, en las figuras 0.26, 0.27 y 0.28, se puede ver la temperatura real de la muestra, la humedad relativa, y el confort térmico en un ambiente interior.

Al mismo tiempo, estas cifras muestran que la temperatura máxima y mínima de configuración en concordancia con una máxima y mínima en el algoritmo del Voto Medio

Estimado (*Predicted Mean Vote*, PMV). En consecuencia, el mismo ambiente interior experimentará un cambio en sus valores de humedad relativa.

Por último, a partir de estos resultados, se puede concluir que cada valor del PMV de 0.5 y -0.5 corresponden al menor consumo de energía estando dentro de las condiciones de confort térmico en verano e invierno. Este es un resultado prometedor que debe ser analizado en futuras investigaciones.

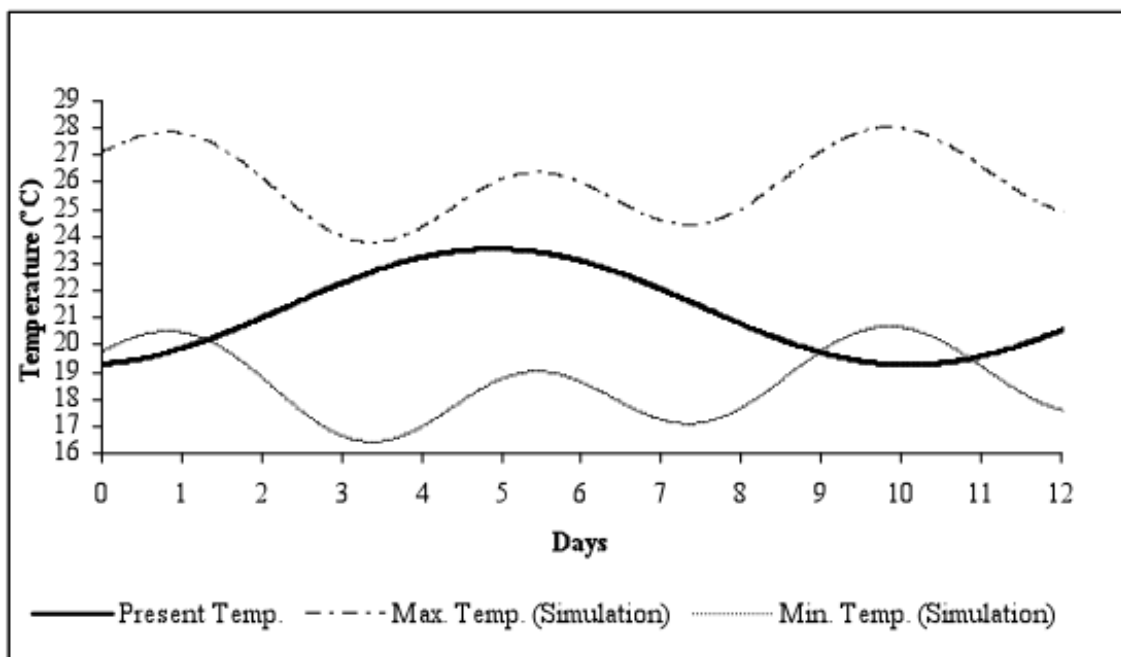


Figura 0.26.- Ambiente interior: temperatura muestreada y simulada

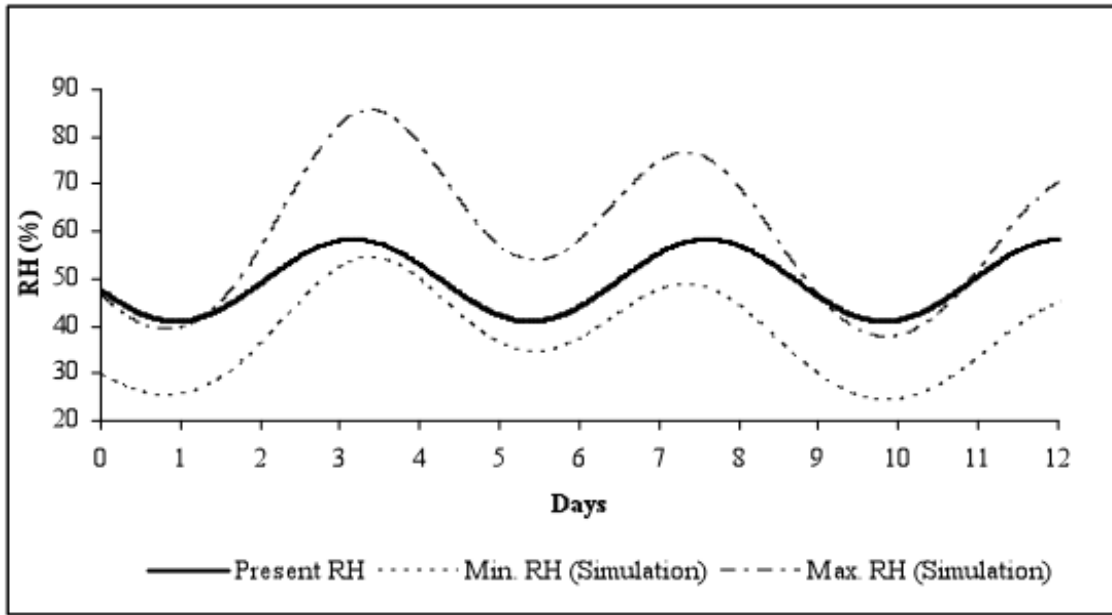


Figura 0.27.- Ambiente interior: humedad relativa muestreada y simulada

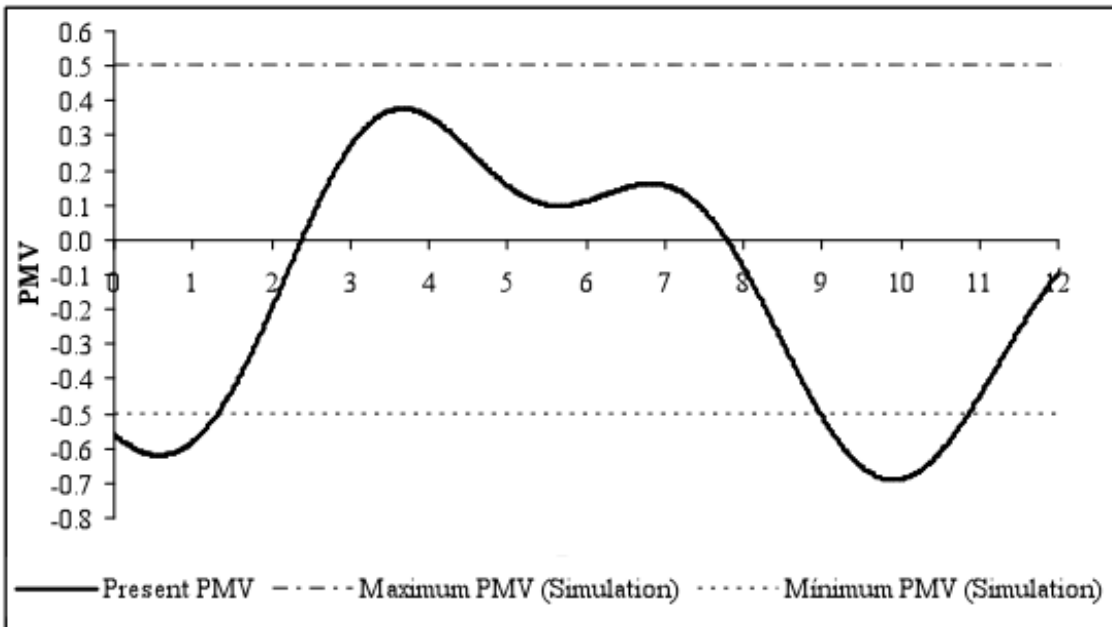


Figura 0.28.- Ambiente interior: condiciones de confort térmico muestreadas y simuladas

5.4. Obras futuras y tareas pendientes

A pesar de ser *Simulink* una herramienta fácil de usar basada en fuentes *open code*, presenta algunas áreas de mejora. Entre ellas, se puede encontrar una necesidad de mejorar las *HAM tools* con un conocimiento más profundo sobre el consumo de energía y sus factores relacionados. Hay futuras mejoras en *Simulink* que resultan necesarias como, por ejemplo, una necesidad común para definir el efecto de las condiciones meteorológicas sobre el consumo de energía de un edificio.

Como se ha mostrado anteriormente, el confort térmico puede ser un parámetro clave en el momento de definir el consumo de energía. Es decir, cuando se trata de definir el consumo energético de los edificios, uno de los factores más importantes es el confort térmico. Este parámetro permite definir los niveles de temperatura máxima y mínima que se puede encontrar en un ambiente interior. En consecuencia, se definen temperaturas de punto de trabajo y su consumo de energía relacionado.

A pesar de esto, el confort térmico es un concepto general que debe ser ajustado para cada ambiente térmico diferente. En este sentido, un nuevo concepto de confort térmico local debe mejorar considerablemente los sistemas HVAC. Para definir esta condición de comodidad, se están desarrollando nuevos índices y se deben investigar en un futuro próximo.

En este sentido, el análisis de las condiciones climáticas y el índice *humidex* (índice de estrés producido por el calor o, también nombrado, índice de bochorno) mostraron resultados adecuados. Por otro lado, la definición de las condiciones locales interiores de confort térmico como un porcentaje de personas insatisfechas en edificios reales para definir el efecto de los revestimientos internos sobre el consumo de energía de un edificio y el confort térmico mostró un comportamiento adecuado con un bajo coste en sensores. Así, en el desarrollo de esta tarea sólo fueron necesarios sensores de temperatura y humedad relativa, los resultados encontrados fueron muy satisfactorios en este caso.

A pesar de estos esfuerzos, este es un estado difícil de lograr debido al hecho de que el confort térmico local es un concepto subjetivo que no es fácil de determinar. En consecuencia, sólo se pueden definir un porcentaje de los ocupantes previstos, que estarán dentro de las condiciones de confort térmico. En un futuro próximo, las redes neuronales pueden ser el mejor enfoque y será ventajoso para definir el confort térmico interior como una función de este tipo de sistema de control con las *HAM tools*. Generalmente, se puede confiar en las nuevas normas de los datos reales de muestra como, por ejemplo, la norma ISO 13790, entre otras. En este sentido, una simulación con las *HAM tools* de las normas actuales sobre los datos incluidos en la muestra puede dar lugar a la mejora de las futuras

normas y la definición de nuevas herramientas de validación de este útil recurso de software.

Como se comentó anteriormente, en cada estudio académico de Ingeniería, se pueden encontrar estudios de casos reales que deben ser resueltos por los diferentes recursos de software privado. Será beneficioso recordar que todos ellos se pueden calcular por MATLAB a través de sus diferentes *toolboxes* (“cajas de herramientas”), al igual que *Simulink*, siendo un espacio común de trabajo para los investigadores e ingenieros. Podría ser una primera aproximación hacia un trabajo de investigación más aplicado que, una vez iniciado por los ingenieros, pueda ser desarrollado en profundidad por investigadores que dominen un lenguaje de programación común y un procedimiento matemático. Cuando se emplea MATLAB se pueden desarrollar diferentes algoritmos de programación en lenguaje C.

A pesar de esto, no son tan sencillos los lenguajes de programación, como el olvidado VBA, que presentan un salto claro hacia un método de programación visual y fácil de usar. Por ejemplo, *Simulink* es un método de programación visual que debe ser mejorado para poderse adaptar más fácilmente y así para desarrollar determinadas funciones con recursos de software como COMSOL y *LabView*.

Finalmente, el hecho de usar este software es sólo un comienzo, pero se muestran resultados asombrosos en un futuro próximo si se logra una plataforma de desarrollo común entre los ingenieros y los investigadores.

5.5. Conclusiones

Se han mostrado las principales ventajas de MATLAB *Simulink* en función de los trabajos de investigación desarrollados en los últimos años por las unidades de investigación. En particular, el código abierto *Simulink* permite a los investigadores definir la construcción de nuevas “caja de herramientas” como las HAM *toolbox* que tengan en cuenta los nuevos parámetros para ser investigado en futuros trabajos de una manera abierta. En este sentido, factores como el calor y la transferencia de masa a través de la envolvente del edificio se pueden definir con la ayuda de los recursos de software privado. Además, basándose en el código abierto, los investigadores más recientes podrían definir, paso a paso, el efecto de esta transferencia de calor y masa sobre el consumo de energía de un edificio y el confort térmico.

Estos esfuerzos fueron organizados y presentados en los anexos de la AIE (por ejemplo, anexos 41 y 55). El objetivo de esta documentación es la obtención de diferentes puntos de vista de un problema común de los investigadores e ingenieros en países de todo el mundo. Son necesarias más reuniones, y se deben desarrollar tareas en los próximos años para resolver la base de simulaciones de edificios y crear nuevas aplicaciones.

6. Bibliografía

- [1] Mathworks. <http://www.mathworks.com>. Acceso Abril 2012.
- [2] Visual Basic Tutorial. <http://www.vbtutor.net>. Acceso Abril 2012.
- [3] Visual Basic for Applications Frequently Asked Questions. <http://msdn.microsoft.com/en-us/isv/bb190540.aspx>. Acceso Abril 2012.
- [4] Verma, M. P. "Steam tables for pure water as an ActiveX component in Visual Basic 6.0". Computers & Geosciences 29 (9), 1155 – 1163. **2003**.
- [5] Verhoef, A.; Degreve, J.; Huybrechs, B.; van Veen, H.; Pex, P; Van der Bruggen, B. "Simulation of a hybrid pervaporation – distillation process". Computers & Chemical Engineering 32 (6), 1135 – 1146. **2008**.
- [6] Wu, C.; Liua, Y. "Development and evaluation of an ergonomic software package for predicting multiple – task human performance and mental workload in human-machine interface design and evaluation", Computers & Industrial Engineering 56 (1), 323 – 333. **2009**.
- [7] Microsoft Help. ACC: Visual/Access Basic Is Both a Compiler and an Interpreter. <http://support.microsoft.com/kb/109382>. Acceso Abril 2012.
- [8] Microsoft P-Code technology. <http://msdn.microsoft.com/es-es/default.aspx>. Acceso Abril 2012.
- [9] Discovering Macros VBA for Excel Introduction. <http://www.excel-vba.com/excel-vba-introduction.htm>. Acceso Abril 2012.
- [10] Jelen, B.; Syrstad, T. "VBA and macros for Microsoft Office Excel 2007 (2nd edition)" (páginas 42 – 52). Indianapolis. QUE publishing, **2008**.
- [11] Roman, S. "Writing Excel Macros with VBA" (chapter 15). Sebastopol. O'Reilly, **2002**.
- [12] Microsoft Mac BU Delivers Strongest Launch in History of Office for Mac Group releases Service Pack 1, announces the return of Visual Basic for Applications in next version. <http://www.microsoft.com/presspass/press/2008/may08/05-13MacBU2008PR.msp>. Acceso Abril 2012.

- [13] El-Khouly, M. M.; Far, B. H.; Koono, Z. "Expert tutoring system for teaching computer – programming languages". Expert Systems with Applications 18 (1), 27 – 32. **2000**.
- [14] Statgraphics Centurion web page. http://www.statgraphics.com/control_charts.htm#variables. Acceso Mayo 2012.
- [15] Aspenwatch. <http://truepotential.com/products/aspen-watch.cfm>. Acceso Mayo 2011.
- [16] Loop scout. <http://www.loopscout.com>. Acceso Enero 2012.
- [17] Stavropoulos, Y.; Kiparissides, C. "Development of a prototype MSPC software package for on-line process monitoring and statistical quality control". Computer Applications in Engineering Education 9 (3), 157 – 170. **2001**.
- [18] Process doctor. <http://www.theprocessdoctor.co.uk/index.html>. Acceso Enero 2012.
- [19] Wu, Z.; Shamsuzzaman, M. "Design and application of integrated control charts for monitoring process mean and variance". Journal of Manufacturing System 24 (4), 302 – 314. **2005**.
- [20] Shamsuzzaman, M.; Wu, Z. "Control chart design for minimizing the proportion of defective units". Journal of Manufacturing System 25 (4), 269 – 278. **2006**.
- [21] Orosa, J. A. "Programming Languages for Marine Engineers". Computer Applications in Engineering Education 19 (3), 591 – 597. **2011**.
- [22] Orosa, J. A. "Computer software for reducing the learning time of marine engineers". Computer Applications in Engineering Education 19 (4), 647 – 650. **2011**.
- [23] Montoto, A.; Domínguez, L.; Fonseca, Y.; Vidal-Larramendi, J. "Mi Moodle en casa". Acimed: Revista cubana de los profesionales de la informacion y la comunicacion en salud 16 (3), 13 – 22 . **2007**.
- [24] Moodle web page. http://docs.moodle.org/en/About_-Moodle. Acceso Mayo 2012.
- [25] Mi Moodle en casa estadística de acceso. http://e-spacio.uned.es/fez/stat_details.php?action1/4show_detail&pid1/4bibliuned:19944. Acceso Diciembre 2011.

- [26] Sanchez, M. "Instalacion de Moodle en Microsoft Windows XP". <http://www.educa.madrid.org>. Acceso Noviembre 2011.
- [27] XAMPP for Windows, Apache friend's project. <http://www.apachefriends.org/en/xampp.html>. Acceso Noviembre 2011.
- [28] FluidSim 4, demo version. http://www.artsystems.de/fluidsim/index4_15_e.htm. Acceso Noviembre 2011.
- [29] Microsoft Gif animator. http://www.jhepple.com/gif_animator.htm. Acceso Agosto 2009.
- [30] FluidDraw 5, demo version. http://www.artsystems.de/f_draw/index5_e.htm. Acceso Enero 2011.
- [31] Desktop Activity Recorder. <http://www.speedapps.com>. Acceso Enero 2011.
- [32] Wit, M. "WAVO A simulation model for the thermal and hygric performance of a building". Faculteit bouwkunde, Technische Universiteit Eindhoven. **2000**.
- [33] International Building Physics. <http://www.ibpt.org>. Acceso Mayo 2012.
- [34] Rode, C.; Gudum, C.; Weitzmann, P.; Peuhkuri, R.; Nielsen, T.R.; Sasic Kalagasidis, A.; Hagentoft, C. E. "International building physics toolbox. General report R-02". Sweden. Department of Building Physics, Chalmer University of Technology, **2000**.
- [35] Hauer, A.; Mehling, H.; Schossig, P.; Yamaha, M.; Cabeza, L.; Martin, V.; Setterwall, F. "Advanced thermal energy storage through phase change materials and chemical reactions—feasibility studies and demonstration projects". International Energy Agency Implementing Agreement on Energy Conservation through Energy Storage. Annex 17. Final Report.
- [36] International Energy Agency. <http://www.iea.org>. Acceso Mayo 2012.
- [37] Nielsen, T. R.; Peuhkuri, R.; Weitzmann, P.; Gudum, C. "Modelling Building Physics in Simulink. Working draft. Report SR-02-03". Danmark. BYG DTU (Institut for Byggeri og Anlæg, Danmarks Tekniske Universitet), **2002**.
- [38] Kalagasidis, A. S. "BFTools. Building physics toolbox block documentation". Sweden. Department of Building Physics, Chalmer University of Technology, **2002**.

- [39] Kalagasidis, A. S. "HAM – Tools . International Building Physics Toolbox. Block documentation. R:02–6". Sweeden. Department of Building Physics, Chalmers University of Technology, **2003**.
- [40] Weitzmann, P.; Kalagasidis, A. S.; Nielsen T. R.; Peuhkuri, R.; Hagentoft, C. "Presentation of the international building physics toolbox for simulink". Eighth International IBPSA Conference . Eindhoven, Netherlands, August **2003**.
- [41] Orosa, J. A.; Oliveira, A. C. "Hourly indoor thermal comfort and air quality acceptance with passive climate control methods". *Renewable Energy* 34 (12), 2735 – 2742. **2009**.
- [42] Orosa, J. A.; Oliveira, A. C. "Energy saving with passive climate control methods in Spanish office buildings". *Energy and Buildings* 41 (8), 823 – 828. **2009**.
- [43] Ya Feng. "Thermal design standard for energy efficiency of residential buildings in hot summer/cold winter zones". *Energy and Buildings* 36 (12), 1309 – 1312. **2004**.
- [44] Toftum J.; Jorgensen A. S.; Fanger P. O. "Upper limits for indoor air humidity to avoid uncomfortably humid skin". *Energy and Buildings* 28 (1), 1 – 13. **1998**.

CONCLUSIONES

- A partir de las pruebas finales de las asignatura de Física Básica en las distintas Titulaciones que se imparten en la Escuela de Caminos de la UDC, se detecta que los errores conceptuales más corrientes se producen en los siguientes aspectos: uso de los distintos Sistemas de Unidades, cálculo con cifras significativas, dinámica del punto material con rozamientos (movimiento en un plano inclinado con rozamiento), geometría de masa (círculo de MOHR), máquinas termodinámicas (ciclo de CARNOT), mecánica de fluidos (rotación de un líquido en su recipiente), electromagnetismo (ley de OHM; movimiento de una carga puntual en el seno de un campo magnético uniforme), ondas y oscilaciones (vibraciones; difracción de ondas planas).
- El plan de mejora que se propuso para paliar las deficiencias expuestas en el punto anterior fue el perfeccionamiento de las Prácticas de Laboratorio obligatorias en las materias de Física de los primeros cursos de las Titulaciones ofertadas en la Escuela de Caminos de la UDC, en especial trabajar las temáticas comentadas donde el alumno tenía bajas calificaciones.
- Después de valorar las distintas posibilidades de software, se ha optado por el programa denominado EJS (*Easy Java Simulations*) por su condición de código libre y, sobre todo, por la versatilidad que presenta para crear simulaciones de fenómenos físicos en distintas condiciones.
- Se ha diseñado una Práctica Virtual (PV) correspondiente a movimiento de una carga puntual en el seno de un campo magnético uniforme. Puede observarse que una vez implantada totalmente esta PV los alumnos mejoran en un 41% su nota en los finales.
- Por lo que respecta a la práctica de rotación de un fluido (también PV) se obtuvo un porcentaje de mejora sobre el 26%. Este incremento es inferior al obtenido en la PV de magnetismo posiblemente porque incomprensión inicial era inferior.
- En las máquinas termodinámicas, después de implantar en su totalidad la PV original sobre el ciclo de CARNOT, el progreso en los resultados asciende a un 43% aproximadamente.

- En el bloque de mecánica del punto con y sin rozamiento, después de la aplicación de la práctica (PV) se observó una mejoría en torno al 37%.
- Para el refuerzo en vibraciones se han utilizado Prácticas Virtuales (PV) comerciales, cuyo proveedor es la Universitat de les Illes Balears. Se ha podido constatar un aumento final del 32% en la precisión en el uso de las mismas.
- Mediante el montaje real de una Práctica de Laboratorio (PR) en la que se realizaron medidas directas e indirectas de magnitudes fundamentales como la longitud, el área, el volumen, la masa o la densidad, se han trabajado los Sistemas de Unidades más utilizados en Ingeniería (SI, STT, CGS, BGS), y el cálculo de cifras significativas en la expresión de un resultado. En este caso el porcentaje de mejora entre los datos iniciales del estudio y los cursos más recientes ha sido sobre un 43% en aplicación de Sistemas de Unidades y un 85% en el uso de cifras significativas.
- También mediante Prácticas Reales (PR) se han estudiado diversas magnitudes eléctricas básicas y su relación mutua a través de la Ley de OHM. En este caso la mejora conseguida en las notas de los alumnos en la temática referida ha sido de un 27%. Éste es resultado tremendamente alentador, ya que la mayoría de estudiantes no escogen Electrotecnia en el último curso de Bachillerato.
- Asimismo, para valorar mejor la validez del método se han cotejado los resultados obtenidos en preguntas específicas sobre el fenómeno trabajado en la práctica mediante PRE-TEST y POST-TEST, antes y después de la realización de las Prácticas de Laboratorio. Analizando las preguntas que sirvieron como indicadores, la mejora más destacable tuvo lugar en la cuestión 8, que hacía referencia la interferencia entre ondas, y la que menos la 4, en la que se pregunta sobre la definición de intensidad de corriente eléctrica. El motivo puede ser la no elección de la asignatura de Electrotecnia, en segundo de Bachillerato, por parte de la mayoría de los alumnos.
- Analizando los TEST por Titulaciones se puede apreciar que, en la mayoría de los casos, la Titulación de Ingeniería Superior de Caminos, Canales y Puertos obtiene mejores resultados que la Ingeniería Técnica en Obras Públicas, tanto en el PRE-TEST como en el POST-TEST. El motivo puede estar en la diferencia de nota de corte de acceso a una y otra Titulación, ya que en la Superior la puntuación es más alta.

- A partir de la plataforma MOODLE se ha generado un cuestionario específico para las distintas PV realizadas, tal como se muestra en la memoria. Los resultados satisfactorios, que se dan en cada uno de los temas, avalan la adquisición adecuada de los conceptos trabajados en las simulaciones diseñadas.
- En las encuestas de satisfacción realizadas anualmente por la Universidad da Coruña se obtiene un aumento progresivo de la puntuación recibida desde el comienzo del método en las cuestiones 13, 14, 18, 22, 24. El caso de la cuestión 13 es especialmente relevante en tanto que se valora globalmente el material práctico del Laboratorio

Sin embargo, en el año 2008–09 se produce una disminución en satisfacción debido a una serie de problemas con los aparatos técnicos, tal y como se expone en la memoria.

- Las encuestas de satisfacción realizadas por la propia Escuela de Caminos de la UDC, muestran una tendencia al alza que refuerza el resultado de las pruebas de la UDC, en especial en las cuestiones 3 y 7 que fueron las valoradas en esta memoria.
- Se han realizado cuestionarios de satisfacción exclusivamente de las PV mediante *GoogleDocs* y en los resultados se aprecia que el alumnado considera que las prácticas no tienen una especial dificultad de ejecución y valora positivamente el cuestionario de calificación llevado a cabo en MOODLE. Los estudiantes valoran con un 3.6 (entre 1 y 5 puntos) las PV llevadas a cabo en su globalidad. Cabe señalar que la PV ROTACIÓN resultó ser a práctica considerada más útil.
- *Microsoft Visual BASIC for Applications* es una interesante herramienta para los Ingenieros Marinos en el desarrollo de sus tareas cotidianas. En particular, una programación sencilla y amigable, una fácil automatización del cálculo y una sencilla representación gráfica de los datos en *Excel* han sido las características que lo convierten en una plataforma ideal para automatizar aplicaciones necesarias en el trabajo diario. Como consecuencia de lo anterior, VBA ha ayudado a los estudiantes en la solución de un gran número de tareas en pocas horas permitiendo utilizar la mayor parte del tiempo en entender los resultados a través de los gráficos.

- MOODLE ofrece un ahorro de costes en laboratorios didácticos, recursos de software y libros con figuras a color. Ello es debido a que permite a los estudiantes entender el comportamiento de trabajo de los componentes basándose en figuras dinámicas y vídeos. En particular, MOODLE XAMPP ha permitido a *Windows XP* actuar como servidor de acceso rápido de cada uno de los cursos desarrollados. Por este motivo dichos cursos pueden ser utilizados por estudiantes que no tengan acceso a la red.
- MATLAB *Simulink* ha permitido crear nuevas *toolboxes*, como HAM *toolbox*, que consideren nuevos parámetros necesarios para el desarrollo de investigaciones futuras y que, hasta el momento, aparecen prefijados en la mayoría de recursos de software del mercado.

TRABAJO FUTURO

Somos conscientes que algunos de los conceptos del programa no fue debidamente tratado por falta de tiempo y material. Por tanto, en el futuro proponemos crear nuevos mecanismos y herramientas de mejora que tengan en consideración bloques temáticos que no fueron abarcados con la nueva metodología tales como, las aplicaciones del círculo de MOHR y el estudio de la difracción que sufre una onda plana.

También deberán ser analizadas y juzgadas en futuras investigaciones mejoras en el software *Microsoft VBA*, así como otras versiones de software libre, que capaciten a ingenieros principiantes.

Así mismo, se descubrieron algunos problemas que deben ser corregidos en futuras versiones de MOODLE y XAMPP, como tener que acceder a través de un *localhost* o la limitación en el tamaño de las copias de seguridad. Se deben llevar a cabo más estudios en las aplicaciones de MOODLE XAMPP, estas aplicaciones presentan características inusuales y son valiosas en algunas aplicaciones como los exámenes. Se propone para estudios futuros las diferentes opciones de *chat* y videoconferencias para hacer frente a las preocupaciones de los estudiantes debido a la larga distancia.

Se antoja necesario otro trabajo, ya en perspectiva, que consistiría en volcar las Prácticas Virtuales a un entorno educativo más global, como puede ser MOODLE, con el que trabaja la propia Universidade da Coruña en su campus virtual. Y si es preciso, orientar la página web de las Practicas al dominio de la propia universidad (www.udc.es).

Para concluir, se hace interesante crear colaboraciones entre distintas Escuelas Técnicas y Facultades Científicas para la mejora de la docencia en las materias que dispongan Prácticas de Laboratorio.

ANEXOS

VII. Organización de las PL

Anexo 7.01.- Temario asignatura “Física”, grado de IOP curso 2011–12



TEMARIO
FÍSICA
GRAO EN ENXEÑARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
E.T.S. DE ENXEÑEIRO DE CAMIÑOS, CANAIS E PORTOS
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

CURSO 2011/12



Temario:

- I. CÁLCULO VECTORIAL
- II. MECÁNICA DO PUNTO. SISTEMAS DE UNIDADES
- III. SISTEMAS DE VECTORES ESVARANTES
- IV. ELECTROMAGNETISMO
- V. ONDAS

Titorías:

Simón F Garrido	EXT. 5437	consultar disponibilidade	simon.fgarrido@udc.es
Carmen García Fernández	EXT. 5434	consultar disponibilidade	-

Bibliografía de consulta:

Física Xeral:

- J. Rossel. *“Física General”*. Alfa Centauro.
- R. A. Serway. *“Física”*. Nueva Editorial Americana.
- P.A. Tipler. *“Física para la ciencia y la tecnología (2 tomos)”*. Ed. Reverté.
- S. Burbano de Ercilla, E. Burbano García, C. Gracia Muñoz. *“Física General”*. Mira Editores.
- M. Alonso, E. J. Finn. *“Física (2 tomos)”*. Addison-Wesley Interamericano.
- J. M. De Juana. *“Física General (2 tomos)”*. Prentice Hall.

Contido Específico:

- A. Durá, J. Vera. *“Fundamentos Físicos de las Construcciones Arquitectónicas. Volumen I: Vectores Deslizantes, Geometría de Masas y Estática”*. Universidad de Alicante.
- F. P. Beer, E. R. Johnston Jr. *“Mecánica Vectorial para Ingenieros (2 tomos)”*. McGraw Hill.
- M. Vázquez, E. López. *“Mecánica para Ingenieros”*. Ed. Noela.
- R. K. Wangness. *“Campos Electromagnéticos”*. Editorial Limusa.

Anexo 7.02.- Temario asignatura “Ampliación de Física”, grado de IOP curso 2011–12



TEMARIO
AMPLIACIÓN DE FÍSICA
GRAO EN ENXEÑARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
E.T.S. DE ENXEÑEIRÓS DE CAMIÑOS, CANAIS E PORTOS
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

CURSO 2011/12



Temario:

- I. XEOMETRÍA DE MASAS
- II. MECÁNICA DO SÓLIDO RÍXIDO
- III. MECÁNICA DE FLUÍDOS
- IV. TERMODINÁMICA

Titorías:

Simón F Garrido	EXT. 5437	consultar disponibilidade	simon.fgarrido@udc.es
Carmen García Fernández	EXT. 5434	consultar disponibilidade	-

Bibliografía:

Física Xeral:

- J. Rossel. *"Física General"*. Alfa Centauro.
- R. A. Serway. *"Física"*. Nueva Editorial Americana.
- P.A. Tipler. *"Física para la ciencia y la tecnología (2 tomos)"*. Ed. Reverté.
- S. Burbano de Ercilla, E. Burbano García, C. Gracia Muñoz. *"Física General"*. Mira Editores.
- M. Alonso, E. J. Finn. *"Física (2 tomos)"*. Addison-Wesley Interamericano.
- J. M. De Juana. *"Física General (2 tomos)"*. Prentice Hall.

Contido Específico:

- A. Durá, J. Vera. *"Fundamentos Físicos de las Construcciones Arquitectónicas. Volumen I: Vectores Deslizantes, Geometría de Masas y Estática"*. Universidad de Alicante.
- F. P. Beer, E. R. Johnston Jr. *"Mecánica Vectorial para Ingenieros (2 tomos)"*. McGraw Hill.
- I. H. Shames. *"Mecánica de Fluidos"*. McGraw Hill.
- Y. A. Çengel, M. A. Boles. *"Termodinámica"*. McGraw Hill.

Anexo 7.03.- Temporalización contenido “Física” (1º cuatrimestre 2011–12)

CALENDARIO CURSO 2011/2012 (1oC)
FÍSICA (F)

	LU	MA	ME	XO	VE		
Setiembre							
Semana 12 – 16			2S	2C		S) F – CV(S.01) C) F – CV(S.01)	2S 2C
Semana 21 – 23		2S	2C	2S	2C	S) CV(S.01_Funcions Vectorials)+CV(B.01) – MPTO_Cinemática(S.02) C) CV(B.01) – MPTO_Cinemática(S.02)	4S 4C
Semana 26 – 30		2S	2C	2S	2C	S) MPTO(B.02) – MPTO_Dinámica(S.03) C) MPTO(B.02) – MPTO_Dinámica(S.03)	4S 4C
Octubre							
Semana 03 – 07		2S	2C	2C	2S	S) MPTO(B.03) – MP MPTO Enerxías(S.04) C) MPTO(B.03) – MPTO_Enerxías(S.04)	4S 4C
Semana 10 – 14		2S	2C	2S	2C	S) MPTO(B.04) – MPTO_Momentos(S.05) C) F – MPTO(B.04)	4S 2C
Semana 17 – 21		2S	2C	2S	2C	S) MPTO(B.05) – MPTO_Choques(S.06) C) MPTO_Momentos(S.05) – MPTO(B.05)	4S 4C
Semana 24 – 28		2S	2C	2S	2C	S) MPTO(B.06) – SVECT(S.07) C) MPTO_Choques(S.06) – MPTO(B.06)	4S 4C
Noviembre							
Semana 30 – 04	2S	2C	2C	2S	2C	S) F – SVECT(B.07) C) SVECT(S.07) – SVECT(B.07)	2S 4C
Semana 07 – 11		2S	2C	2S	2C	S) EM(S.08) – EM(B.08) C) EM(S.08) – EM(B.08)	4S 4C
Semana 14 – 18		2S	2C	2S	2C	S) EM_E conductor(S.09) – EM(B.09) C) EM_E conductor(S.09) – EM(B.09)	4S 4C
Semana 21 – 25		2S	2C	2S	2C	S) EM_BIOT-SAVART(S.10) – EM(B.10) C) EM_BIOT-SAVART(S.10) – EM(B.10)	4S 4C
Semana 28 – 02		2S	2C	2S	2C	S) EM_Inducción(S.11) – EM(B.11) C) EM_Inducción(S.11) – EM(B.11)	4S 4C
Diciembre							
Semana 05 – 09	2S	2C	2C	2S	2C	S) F – F C) F – F	2S 2C
Semana 12 – 16		2S	2C	2S	2C	S) ONDAS(S.12) – ONDAS(B.12) C) ONDAS(S.12) – ONDAS(B.12)	4S 4C
Semana 19 – 23		2S	2C	2S	2C	S) ONDAS_Propagación(S.13) – ONDAS(B.13) C) ONDAS_Propagación(S.13) – ONDAS(B.13)	4S 4C
Semana 26 – 30	2S	2C	2C	2S	2C	S) F – F C) F – F	0S 0C
Enero							
Semana 02 – 06	2S	2C	2C	2S	2C	S) F – F C) F – F	0S 0C
Semana 09 – 13		2S	2C	2S	2C	S) ONDAS_Son(S.14) – ONDAS(B.14) C) ONDAS_Son(S.14) – ONDAS(B.14)	4S 4C
Semana 16 – 20		2S	Examen	Examen FINAL	Examen	S) B.XTRA(problemas sen resolver) C)	2S 0C
						Simón F. Garrido	
						Carmén García Fernández	

Anexo 7.04.- Temporalización contenido “Ampliación de Física” (2º cuatrimestre 2011–12)

CALENDARIO CLASES CURSO 2011/2012 (2oC)
AMPLIACION DE FÍSICA (AF)

	LU	MA	ME	XO	VE		
Febrero							
Semana 30 – 03	exámenes	exámenes	2C	2C	2S	S) E – XMASAS(S.01) C)	2S 4C
Semana 06 – 10		2S	2C	2C	2S	S) XMASAS(B.01_1) – XMASAS(S.02) C) XMASAS(B.01_1) – XMASAS(S.02)	4S 4C
Semana 13 – 17		2S	2C	2C	2S	S) XMASAS(B.01_2) – XMASAS(B.02) C) XMASAS(B.01_2) – XMASAS(B.02)	4S 4C
Semana 20 – 24	Exámenes	Exámenes	2C	2C	2S	S) F – MSÓLIDOR(S.03) C) XMASAS(B.02) – MSÓLIDOR(S.03)	2S 4C
Marzo							
Semana 27 – 02		2S	2C	2C	2S	S) MSÓLIDOR(B.03) – MSÓLIDOR(S.04) C) MSÓLIDOR(B.03) – MSÓLIDOR(S.04)	4S 4C
Semana 05 – 09		2S	2C	2C	2S	S) MSÓLIDOR(B.04_1) – MSÓLIDOR(S.05) C) MSÓLIDOR(B.04_1) – MSÓLIDOR(S.05)	4S 4C
Semana 12 – 16		2S	2C	2C	2S	S) MSÓLIDOR(B.04_2) – [CONGRESO] C) MSÓLIDOR(B.04_2) – [CONGRESO]	4-2S 4C
Semana 19 – 13		2S	2C	2C	2S	S) MSÓLIDOR(S.05) – FLUÍDOS(S.06) C) MSÓLIDOR(S.05) – FLUÍDOS(S.06)	4S 4C
Semana 26 – 30		2S	2C	2C	2S	S) FLUÍDOS(B.06) – FLUÍDOS(S.07) C) FLUÍDOS(B.06) – FLUÍDOS(S.07)	4S 4C
Abril							
Semana 02 – 06	Exámenes	Exámenes	Exámenes	Exámenes	Exámenes	S) F C) F	0S 0C
Semana 09 – 13	Exámenes	2S	2C	2C	2S	S) FLUÍDOS(B.07) – FLUÍDOS(S.08) C) FLUÍDOS(B.07) – FLUÍDOS(S.08)	4S 4C
Semana 16 – 20		2S	2C	2C	2S	S) FLUÍDOS(B.08) – TERMOD(S.09) C) FLUÍDOS(B.08) – TERMOD(S.09)	4S 4C
Semana 23 – 27		2S	2C	2C	2S	S) TERMOD(B.09) – TERMOD(S.10) C) TERMOD(B.09) – TERMOD(S.10)	4S 4C
Mayo							
Semana 30 – 04	Exámenes	Exámenes	2C	2C	2S	S) F – TERMOD(B.10) C) [SESIÓN INFOR] – TERMOD(B.10)	2S 4C
Semana 07 – 11		2S	2C	2C	2S	S) TERMOD(S.11) – TERMOD(B.11) C) TERMOD(S.11) – TERMOD(B.11)	4S 4C
Semana 14 – 18		2S	2C	Exámenes	Exámenes	S) TERMOD(SB.12) – F C) TERMOD(SB.12)	2S 2C
Semana 21 – 25		2S PROBA2	2C	2C	2S	S) B.XTRA(problemas) – B.XTRA(problemas) C)B.XTRA(problemas) – B.XTRA(problemas)	4S 4C
Semana 28 – 01	exámenes	exámenes FINAL	exámenes	exámenes	exámenes	S) C)	0S 0C
						Simón F. Garrido	56-2S
						Carmén García Fernández	62C

Anexo 7.05.- Información previa al comienzo de las PL, grado IOP curso 2011–12



PREVIA PRÁCTICAS DO LABORATORIO (PL)
FÍSICA + AMPLIACIÓN DE FÍSICA
GRAO EN ENXEÑARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
E.T.S. DE ENXEÑEIRÓS DE CAMIÑOS, CANAIS E PORTOS
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

CURSO 2011/12



PRÁCTICAS DO LABORATORIO = PL
GRUPO DE PRÁCTICAS DO LABORATORIO = GPL

- **XOVES 03 DE NOVIEMBRE.-** AS 16:00 REMATA O PRAZO LÍMITE PARA FORMAR **GPL** VÍA EMAIL. CONSULTAR INSTRUCCIÓN DE INSCRICIÓN EN POSTERIORES DOCUMENTOS.

EXCLÚENSE DE FACER AS PL:

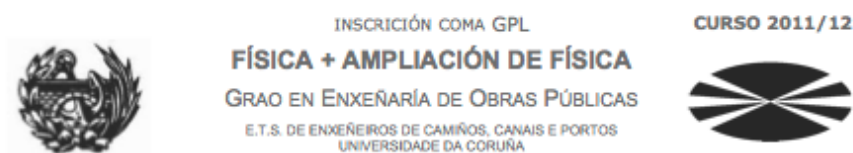
- ALUMNOS DE SEGUNDO ANO QUE FIXERAN, **OU NON**, AS PL NA MATERIA "AMPLIACIÓN DE FÍSICA" DO PRIMEIRO CURSO DO GRAO EN IOP EN ANOS ANTERIORES AO ACTUAL (EN CASO DE DÚBIDA CONSULTE CO PROFESOR RESPONSABLE)
- **VENRES 04 DE NOVIEMBRE.-** POLA TARDE PODERASE CONSULTAR NA WEB A SEGUINTE INFORMACIÓN:
 - LISTAXE COS GPL DEFINITIVOS.
 - HORARIO E GUIÓNS DAS PL.

SIMÓN F GARRIDO

correo da PL: practicafA@gmail.com

web das PL: <http://sites.google.com/site/practicafA/>

Anexo 7.06.- Información inscripción GPL para PL, grado IOP curso 2011–12



Os alumnos do Grao en IOP matriculados de "Física" e "Ampliación de Física" que poidan (consultar condicións en documento precedente) e queiran facer as PL este ano, agruparanse en Grupos de Prácticas do Laboratorio, denominados a partir de agora GPL, tendo en conta os seguintes aspectos:

1º – Cada GPL debe ser de 3 persoas.

2º – A información facilitada para a creación dun GPL deberá ser:

- os datos dos 3 alumnos (nome, apelidos e NIE),
- un e-mail do grupo (usado ao longo do curso para o contacto grupo - profesor).

Estase na obriga de enviar esta información vía e-mail ao correo das PL,

practicasyFA@gmail.com

no asunto do correo especificarase o Grao que este cursando o alumno, neste caso "INSCRIPCIÓN GPL. Grao en IOP".

IMPORTANTE: responderase ao e-mail de rexistro, sen esta confirmación **non se considerará formado o GPL**.

3º – Os alumnos que non se organicen na data sinalada non poderán realizar as PL este ano, como consecuencia non se poderán presentar a ningún exame da materia durante o curso 2011/12 (aparecerán nos exames coma "NON PRESENTADO").

4º – Os alumnos que non fagan completamente as PL (presencia + realización + informe) non se poderán presentar a ningún exame da materia durante o curso actual 2011/12 (aparecerán nos exames coma "NON PRESENTADO").

5º – O feito de superar positivamente as PL implicará quedar exento das mesmas en anos posteriores. A nota das PL será válida so no curso académico actual.

6º – A listaxe definitiva dos GPL, o horario e os guións das PL estarán dispoñibles, no taboleiro do Laboratorio, e na páxina web das prácticas, a tarde do **VENRES 04 DE NOVIEMBRE**.

A data límite para a formación dos GPL é o **XOVES 03 DE NOVIEMBRE** ás 16:00.

Anexo 7.07.- Formación GPL para PL, grado IOP curso 2011–12 (datos ocultos)

GPL v.3		CURSO 2010/11	
AMPLIACIÓN DE FÍSICA			
GRADO EN ENXEÑARÍA DE OBRAS PÚBLICAS			
E.T.S. DE ENXEÑEIRO DE CAMIÑOS, CANAIS E PORTOS			
UNIVERSIDADE DA CORUÑA			
GPL A01	3	B	ANDREA
GPL A02	3	G	JULIÁN
GPL A03	3	N	AROLINA
GPL A04	3	G	IGUEL
GPL A05	3	G	MARIO MAXIMINO
GPL A06	3	L	MANUEL
GPL A07	3	M	BERNARDO
GPL A08	3	C	MARIA DEL CARMEN
GPL A09	3	G	DANIEL
GPL A10	3	N	ADRIAN
GPL A11	3	D	ICENTE, GABRIEL
GPL A12	3	C	ISMAEL
GPL A13	3	F	ERGE
GPL A14	3	I	BELEN
GPL A15	3	A	S, NOELIA
GPL A16	3	A	OFIA
GPL A17	3	C	MÓNICA
GPL A18	3	F	LUIS
GPL A19	3	R	ALEJANDRO
GPL A20	3	B	MARIO
GPL A21	3	P	MIGUEL RICARDO
GPL A22	3	L	MANUEL
GPL A23	3	L	JUAN MANUEL
GPL A24	3	A	IGUEL
GPL A25	3	R	S, DIEGO
GPL A26	3	B	ALEJANDRO MANUEL
GPL A27	3	O	MKEL
GPL A28	3	R	ANDRO
GPL A29	3	D	ORGE
GPL A30	3	V	VARO
GPL A31	3	M	EDRO FELIPE
GPL A32	3	V	ERTO
GPL A33	3	P	E, GONZALO
GPL A34	3	G	MARTIN
GPL A35	3	F	MARCOS
GPL A36	3	V	EA
GPL A37	3	E	JURA
GPL A38	3	E	JAMBA, JACOBO
GPL A39	3	M	CRISTIAN
GPL A40	3	B	MUEL
GPL A41	3	C	JUBEN
GPL A42	3	F	JUSTIN
GPL A43	3	H	PABLO
GPL A44	3	S	DANIEL
GPL A45	3	D	QUEZ, SABELA
GPL A46	3	C	QUEZ, JAVIER
GPL A47	3	Z	IA
GPL A48	3	K	RONDO, NATHALY BEATRIZ
GPL A49	3	L	FABIOLA
GPL A50	3	A	LARA
GPL A51	3	H	IA
GPL A52	3	E	VE, JORGE
GPL A53	3	R	IA
GPL A21	3	V	IA
GPL A22	3	T	MAIS
GPL A23	3	E	MARTA
GPL A24	3	F	E, NATALIA
GPL A25	3	Z	IG, VERÓNICA
GPL A26	3	D	LUCIA
GPL A27	3	R	CRISTÓBAL
GPL A28	3	G	CHEZ, NORBERTO
GPL A29	3	Z	E, GONZALO JULIÁN
GPL A30	3	E	S, JOSE JAVIER
GPL A31	3	F	ELL, GONZALO
GPL A32	3	W	DA, DAVID
GPL A33	3	L	RTÍN, ROMÁN
GPL A34	3	B	ALBERTO
GPL A35	3	W	CZ, RUDDH
GPL A36	3	DI	LUCIA
GPL A37	3	B	ANTIAGO
GPL A38	3	C	MANUEL
GPL A39	3	G	RUBÉN
GPL A40	3	C	R IVÁN
GPL A41	3	E	QU, ANTONIO
GPL A42	3	T	E, AGUSTÍN
GPL A43	3	O	SE ANTONIO
GPL A44	3	N	PABLO LUIS
GPL A45	3	A	ADRIÁN
GPL A46	3	V	IA
GPL A47	3	A	CIA, IGOR
GPL A48	3	O	ALLO, LAURA
GPL A49	3	D	DANIEL
GPL A50	3	C	MARIO
GPL A51	3	M	QUEZ, JAVIER
GPL A52	3	U	TO, DAVID
GPL A53	3	S	TA, EDUARDO JAVIER
GPL A54	3	Y	ALBERTO
GPL A55	3	T	QUEZ, BRUNO
GPL A56	3	K	ORTRICIA
GPL A57	3	D	RAUL
GPL A58	3	F	O, NATALIA
GPL A59	3	V	QU, LUCIA
GPL A60	3	P	QUE IGNACIO
GPL A61	3	C	QUEZ, ERAS
GPL A62	3	H	O, ÓSCAR
GPL A63	3	N	JOSE ANTONIO
GPL A64	3	M	GULLERMO
GPL A65	3	P	QUEZ, JAVIER
GPL A66	3	P	ROQUE
GPL A67	3	N	QUEZ, JULIAN
GPL A68	3	Z	LAURA
GPL A69	3	Z	ENOL
GPL A70	3	S	USANA
GPL A71	3	S	SANTOS, DANIELA FILIPA
GPL A72	3	F	S, SAMUEL ANTONIO
GPL A73	3	S	S, CARLOS
GPL A74	3	S	LUIS
GPL A75	3	A	ESMERALDA
GPL A76	3	Y	QUEZ, DAVID ENRIQUE
GPL A77	3	H	IA, ALEXANDRO
GPL A78	3	A	QUEZ, HERNÁN
GPL A79	3	Y	SANTIAGO

PARA REFERENCIAS FUTURAS, O CÓDIGO DE GRUPO DÉBESE NOMEAR CO FORMATO COMPLETO:

GPL.Axx

OS ALUMNOS QUE NON APAREZAN NESTA TÁBOA NON PODERÁN REALIZAR AS PL DESTE CURSO E NON SE PODERÁN PRESENTAR A NINGÚN EXAME DA MATERIA DURANTE O CURSO ACTUAL 2010 – 2011 (APARECERAN NOS EXAMES COMA "NON PRESENTADO")



Prácticas do Laboratorio (PL)

1. Realización das PL.

As Prácticas de Laboratorio (PL) das materias "Física" e "Ampliación de Física" para o curso 2011/12 constarán da realización dunha serie de experiencias a desenvolver no Laboratorio de Física Aplicada (na planta soto do edificio das aulas).

O número de PL a facer será de **dúas** (unha por cuatrimestre). O número de días que terá que vir cada GPL son **dous** (un por cuatrimestre). O título, así como un guión explicativo sobre cada unha das PL estará na web das PL ao longo do curso.

O horario das PL será os Venres pola mañá (en **marrón**) ou ao mediodía (en **verde**):

	horario
Venres (Ve)	10:00 – 12:00
Venres (Ve)	12:30 – 14:30

Estase na obrigatoria asistir á clase programada no Laboratorio para poder ter as PL aprobadas. Calquera cambio no horario avisarase con 24 horas de antelación por email aos GPL afectados. Os GPL poden cambiar de día/hora por causa xustificada intercambiándose por outro GPL (consultar primeiro co profesor responsable: Simón F Garrido, días antes da sesión).

Cada GPL está na obriga de entregar un informe (IPL), realizado e entregado no propio Laboratorio.

2. Normas básicas.

- Acudir á porta do laboratorio dun xeito **ordenado e puntual**.
- Levar material (**guións**, bolígrafos, **calculadora**, etc) para traballar cos datos obtidos nas experiencias.
- Non se permite nin comer, nin beber, **nin levar o móbil acendido** ao laboratorio.

Anexo 7.08b.- Información General PL, grado IOP curso 2011–12



HORARIO DAS PL
FÍSICA + AMPLIACIÓN DE FÍSICA
 GRAO EN ENXEÑARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
 E.T.S. DE ENXEÑEIRO DE CAMIÑOS, CANAIS E PORTOS
 UNIVERSIDADE DA CORUÑA

CURSO 2011/12



3. Horarios.

QUENDA 2011 (1º CUATR - FÍSICA)

LU	MA	ME	XO	VE
Outubro				
21			24 CONVOCATORIA PL	25
Novembro				
31	1		3 FORMACION GPL	4 INFO GPL
07				11 GPL.A01 GPL.A08 GPL.A02 GPL.A09 GPL.A03 GPL.A10 GPL.A04 GPL.A11 GPL.A05 GPL.A12 GPL.A06 GPL.A13 GPL.A07 GPL.A14
14				18 GPL.A15 GPL.A21 GPL.A16 GPL.A22 GPL.A17 GPL.A23 GPL.A18 GPL.A24 GPL.A19 GPL.A25 GPL.A20 GPL.A26
21				25 GPL.A27 GPL.A33 GPL.A28 GPL.A34 GPL.A29 GPL.A35 GPL.A30 GPL.A36 GPL.A31 GPL.A37 GPL.A32 GPL.A38 GPL.A39
Decembro				
28				02

Anexo 7.08c.- Información General PL, grado IOP curso 2011–12



HORARIO DAS PL
FÍSICA + AMPLIACIÓN DE FÍSICA
 GRAO EN ENXEÑARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
 E.T.S. DE ENXEÑEIRO DE CAMIÑOS, CANAIS E PORTOS
 UNIVERSIDADE DA CORUÑA

CURSO 2011/12



QUENDA 2012 (2º CUATR – AMPLIACIÓN DE FÍSICA)

LU	MA	ME	XO	VE
Marzo				
27 MAIL GPL		29 INFO PL NA WEB	01	02 GPLA01 GPLA02 GPLA03 GPLA04 GPLA05 GPLA06 GPLA07
05				09 GPLA08 GPLA09 GPLA10 GPLA11 GPLA12 GPLA13 GPLA14 GPLA15 GPLA16 GPLA17 GPLA18 GPLA19 GPLA20 GPLA21
12				16 GPLA22 GPLA23 GPLA24 GPLA25 GPLA26 GPLA27 GPLA28 GPLA29 GPLA30 GPLA31 GPLA32 GPLA33 GPLA34
19				23 GPLA35 GPLA36 GPLA37 GPLA38 GPLA39 GPLA40
26				30



Para completar as Prácticas de Laboratorio (PL) nas materias de "Física" e "Ampliación de Física" do presente curso, os alumnos deberán realizar individualmente unha serie de Prácticas Virtuais (PV) respondendo a un cuestionario relativo a cada unha das simulacións propostas.

Instrucións xerais:

- A información relativa ás PV repartirase entre a **web das PL e o campus virtual MOODLE** na materia de "Ampliación de Física".
 - Na web das PL estarán as instrucións básicas, e os arquivos necesarios.
 - No MOODLE estará o cuestionario final.
- A temática das PV é sobre fenómenos básicos que se estudaron nas clases teórico-prácticas, tanto de "Física" como de "Ampliación de Física". Neste caso:
 - **Movemento nun plano inclinado (Mecánica do Punto).**
 - **Forza de LORENTZ (Electromagnetismo).**
 - **Rotación dun fluído (Mecánica de Fluídos).**
 - **Ciclo de CARNOT (Termodinámica).**
- A realización completa de cada PV constará de 2 pasos:
 - Familiarización da cada **simulación** (recomendable uns 20 minutos).
 - Realización do **cuestionario** (vía MOODLE) axudándose da propia simulación. O test confirma e avalía a comprensión da PV en si (tempo limitado).
- Unha vez finalizado os cuestionarios daranse por concluídas as prácticas das materias referidas.
- O **prazo máximo** para completar todo este proceso (os dous pasos) será o día **31 de Maio de 2012 (inclusive)**.
- Para calquera dúbida:

practicafsa@gmail.com

Sobre as Simulacións das PV:

- Son **4 simulacións** realizadas en Java (4 arquivos) que se executan (dobre click) de xeito independente. Son válidas para calquera sistema operativo.
- Para poder traballar con elas, o alumno deberá ter instalada a **JRE de Java** no ordenador onde se dispoña a realizar as PV. É gratuita e moi sinxela de instalar.
- Na web das PL facilitaranse os enlaces á descarga de dito software (JRE e as propias simulacións).

Anexo 7.09b.- Información General PV, grado IOP curso 2011–12



PRÁCTICAS VIRTUAIS (PV)
FÍSICA + AMPLIACIÓN DE FÍSICA
GRAO EN ENXEÑARÍA DE OBRAS PÚBLICAS
E.T.S. DE ENXEÑEIROUS DE CAMIÑOS, CANAIS E PORTOS
UNIVERSIDADE DA CORUÑA

CURSO 2011/12



- Cada simulación pode constar de varias fiestras:
 - Unha coa **descrición da PV**,
 - O panel da propia simulación cos botóns que accionan a mesma (ACCIÓN, STOP, RESET, PAUSA, etc.). Olo: Pechando esta fiestraponse fin á simulación.
 - Outras fiestras
 - onde se poden modificar/visualizar os valores dos parámetros en xogo;
 - que **conteñan as instrucións** de como se traballa coa PV.
- Para modificar o valor numérico dunha magnitude ou parámetro hai que ter en conta o seguinte:
 - Só se aceptan o signo + e -, números e o punto decimal.
 - Unha vez introducido o valor numérico darlle ao ENTER
 - O fondo do texto do valor numérico pode estar en ...
 - amarelo, cando se está modificando o valor numérico.
 - vermello, cando o valor está mal escrito.
 - branco, cando o valor numérico do parámetro foi aceptado.
- É moi importante seguir as **instrucións ou pasos** que se mostran en cada PV para o correcto funcionamento das mesmas.

Sobre o Cuestionarios das PV:

- Estarán activos no MOODLE de "Ampliación de Física" no punto 7 da páxina principal ata o día límite referido (**31 de Maio de 2012**).
- Haberá un test relativo a cada PV, é dicir, serán **4 cuestionarios**.
- Dispoñedes de **3 tentativas para resolver cada cuestionario**. Cada tentativa péchase ao darlle ao botón de "Enviar".
- Cada tentativa ten unha duración máxima de **30 minutos**.
- Cada cuestionario constará de **10 preguntas**.
- Cada **pregunta vale 1 punto**, pero cada resposta errónea **penaliza cun factor 0.1**. A puntuación máxima é de **10 puntos**.
- Serán preguntas tipo test cunha **única resposta posible**.
- No caso de fallar unha resposta o sistema permite elixir outra, e outra..., ata obter a correcta, coa penalización referida.
- **Para a correcta realización dos cuestionarios haberá que ter estudado a parte teórica (libros, apuntes, descrición da PV) de cada PV.**
- **A través das simulacións poderase contestar á gran maioría de preguntas dos cuestionarios. Utilizade as mesmas para responder as preguntas numéricas.**



Identificación.-

GPL.

Obxecto e descrición da práctica.-

Procedemento experimental.-

Cuestión 1.

Crear novo resorte e apuntar a constante teórica do mesmo (K) .

$K_{teórica} =$

Presentar as masas, o número de oscilacións, os tempos, os períodos e os cadrados dos mesmos nunha táboa.

<i>masa</i> (kg)	<i>N</i> (ciclos)	<i>tempo</i> (s)	<i>T</i> (s)	<i>T²</i> (s ²)

Axustar os datos obtidos (m_i, T_i^2) . Calcular a constante experimental do resorte K .

$K_{exp} =$

Comprobar a validez do resultado comparando o dato teórico e o experimental da constante en termos relativos (%).



Cuestión 2.

Crear novo resorte e apuntar a constante teórica do mesmo (K) e a masa escollida entre as posibilidades que mostra o guión (m) :

$K =$	$m =$
-------	-------

Presentar o número de oscilacións, os tempos, os periodos e os cadrados dos mesmos nunha táboa.

Número de oscilacións (N)	<i>tempo</i> (s)			T_{exp} (s)	$T_{teórico}$ (s)
5					
10					
15					
20					

Determinar cal é o rango mais axeitado de N para a realización desta práctica (para dita masa intermedia escollida), comparando as datos teórico e experimental do periodo en termos relativos (%).

$N =$

Observacións e conclusións finais.-



Identificación.-

GPL.

Obxecto e descrición da práctica.-

Procedemento experimental.

Cuestión 1. (BGS)

- a) Caracterizar o material entre as tres posibilidades.

- b) Determinar a resolución do aparato escollido para medir. Tomar 5 medidas do diámetro, ϕ_i , en distintos puntos do material, en polgadas.
- c) Presentar en táboas tódalas medidas tomadas (incluídas **incertezas**) e os parámetros necesarios para estimación da incerteza combinada (\bar{x} , σ_x , σ_{x-1}).

resolución =	
	$u(\phi_i) =$
n	ϕ_i ()
1	
2	
3	
4	
5	

$\bar{x}(\phi) =$	
$\sigma_{x-1} =$	
$\sigma_x =$	
$u_c(\phi) =$	

1	
2	

- d) Expresar o diámetro do material coa súa incerteza.

$\bar{\phi} \pm u_c(\phi) =$



Cuestión 2. (STT)

- a) Caracterizar o material entre as tres posibilidades de modelos (A, B, C),
 b) Cada modelo pode estar fabricado en distintos materiais (Plástico. Aceiro. Bronce. Latón. Aluminio). Anotade o código pa peza (**LETRA.NUMERO**)

--

- c) Determinar a resolución do aparato escollido para medir. Tomar 5 medidas de cada lonxitude, ϕ_i e h_i , en distintos puntos do material, en mm.
 d) Presentar en táboas tódalas medidas tomadas (incluídas **unidades** e as **incertezas**) e os parámetros necesarios para estimación das incertezas combinadas (\bar{x} , σ_x , σ_{n-1}).

resolución =		
Vol1	$u(\phi_i, h_i) =$	
n	ϕ_i ()	h_i ()
1		
2		
3		
4		
5		

$x(\phi) =$	
$\sigma_{n-1} =$	
$\sigma_x =$	
$u_c(\phi) =$	
$x(h) =$	
$\sigma_{n-1} =$	
$\sigma_x =$	
$u_c(h) =$	

resolución =		
Vol2	$u(\phi_i, h_i) =$	
n	ϕ_i ()	h_i ()
1		
2		
3		
4		
5		

$\bar{x}(\phi) =$	
$\sigma_{n-1} =$	
$\sigma_x =$	
$u_c(\phi) =$	
$x(h) =$	
$\sigma_{n-1} =$	
$\sigma_x =$	
$u_c(h) =$	



resolución =		
Vol3	$u(\phi_i, h_i) =$	
n	ϕ_i ()	h_i ()
1		
2		
3		
4		
5		

$\bar{x}(\phi) =$	
$\sigma_{n-1} =$	
$\sigma_s =$	
$u_c(\phi) =$	
$\bar{x}(h) =$	
$\sigma_{n-1} =$	
$\sigma_s =$	
$u_c(h) =$	

e) Cálculo dos volumes dos cilindros que compoñen a figura e as súas incertezas.

$V^1 \pm u_c(V^1)$	$V^2 \pm u_c(V^2)$	$V^3 \pm u_c(V^3)$

f) Calcular e expresar o volume da peza coa súa incerteza,

$V_{\text{peza}} \pm u_c(V) =$

Cuestión 3. (CGS)

a) Utilizárase a mesma peza da cuestión 2. Anotade o código (**LETRA.NUMERO**)

--

b) Determinar a resolución da balanza. Tomar 5 medidas da masa, m_i , en gramos.

c) Presentar en táboas tódalas medidas tomadas (incluídas **unidades** e as **incertezas**) e os parámetros necesarios para estimación das incertezas combinadas (\bar{x} , σ_x , σ_{n-1}).

resolución =	
	$u(m_i) =$
n	m_i ()
1	
2	
3	
4	
5	

$\bar{x}(m) =$	
$\sigma_{n-1} =$	
$\sigma_s =$	
$u_c(m) =$	



d) Calcular e expresar a densidade da peza coa súa incerteza,

$\rho_{\text{pesa}} \pm u_c(\rho) =$

Observacións e conclusións finais.-

Formulas necesarias para o cálculo dos erros das medidas.-

$\sigma_x = \frac{\sigma_{n-1}}{\sqrt{n}}$ $u_c(x) = \sqrt{\sigma_x^2 + (\text{resolución})^2 + \dots}$ $u_c(V^j) = V^j \sqrt{\left(\frac{u_c(h^j)}{h^j}\right)^2 + \left(2 \frac{u_c(\phi^j)}{\phi^j}\right)^2} \quad j=1, 2, 3$ $u_c(V) = \sqrt{u_c^2(V^1) + u_c^2(V^2) + u_c^2(V^3)}$ $u_c(\rho) = \rho_{\text{pesa}} \sqrt{\left(\frac{u_c(m)}{m}\right)^2 + \left(\frac{u_c(V)}{V_{\text{pesa}}}\right)^2}$
--

ANEXOS

VIII. Procesos de evaluación de las PL

Anexo 8.01a.- Prueba Electromagnetismo PRE–TEST (sección A) curso 2010–11

PRE – TEST

SECCIÓN A
GRADO EN TECNOLOGÍA DE LA INGENIERÍA CIVIL

CÓDIGO DE GRUPO:

TEST de ELECTROMAGNETISMO (marcar con una **X** la respuesta correcta):

01.- ¿Qué expresa la ley de OHM? ...

- ... la dependencia entre la Potencia , la Intensidad y el Voltaje.
- ... la relación en la Resistencia y la Intensidad.
- ... la dependencia entre la Intensidad , la Resistencia y el Voltaje suministrado.

02.- ¿Qué entiendes por "Reóstato"? ...

- ... es una Bobina cilíndrica.
- ... es una Resistencia cilíndrica.
- ... es un Condensador cilíndrico.

03.- En un circuito que se divide en dos ramales paralelos después de la fuente de alimentación ...

- ... la carga eléctrica siempre se reparte por los dos ramales por igual y la suma de los valores coincide con la de la fuente de alimentación.
- ... el voltaje puede ser distinto en cada ramal dependiendo que elementos eléctricos halla en cada uno de ellos.
- ... la intensidad se divide entre los dos ramales y la suma de los valores coincide con la de la salida de la fuente de alimentación.

04.- La intensidad de corriente eléctrica ...

- ... es una medida del flujo de cargas por unidad de sección del medio conductor.
- ... se considera su sentido el de avance de los electrones en el medio conductor..
- ... tiene el mismo sentido que el campo eléctrico existente dentro del medio conductor.

05.- Una fuente de alimentación ...

- ... es un aparato electrónico que permite mantener entre los extremos del mismo una diferencia de potencial determinado.
- ... es un aparato electrónico que permite mantener entre los extremos del mismo una intensidad determinada.
- ... es un aparato electrónico que permite mantener entre los extremos del mismo una resistencia determinada para todo el circuito constante.

Anexo 8.01b.- Prueba Vibraciones PRE–TEST (sección A) curso 2010–11

PRE – TEST

SECCIÓN A
GRADO EN TECNOLOGÍA DE LA INGENIERÍA CIVIL

CÓDIGO DE GRUPO:

TEST de VIBRACIONES (marcar con una **X** la respuesta correcta):

06.- El movimiento oscilatorio simple implica...

- ... la existencia de una masa oscilante en un resorte.
- ... la existencia de un resorte oscilante.
- ... la existencia de la fuerza de HOOKE recuperadora.

07.- La relación entre los distintos parámetros de las ondas armónicas ...

- ... la velocidad de propagación es la relación entre el número de onda y la frecuencia.
- ... la velocidad de propagación es el producto entre la frecuencia y la longitud de onda.
- ... la velocidad de propagación es la relación entre el periodo y la longitud de onda.

08.- Interferencia se puede definir como ...

- ... superposición o coincidencia espacio - temporal de varias ondas.
- ... efecto producido por la condición límite entre medios de propagación de ondas.
- ... reacción de una onda al encontrarse con un obstáculo de dimensiones semejantes a su longitud de onda.

09.- Para determinar la constante de HOOKE de un resorte ...

- ... existen dos métodos de cálculo: estático y dinámico.
- ... se puede determinar en la relación: peso colgado frente al alargamiento producido.
- ... existen dos métodos de cálculo: cinemático y dinámico.

10.- Respecto al número de oscilaciones sufridas por un resorte ...

- ... cuanta más masa, más período en las oscilaciones.
- ... es independiente del período de las oscilaciones de la masa colgada.
- ... cuanta más masa, menos período en las oscilaciones.

Anexo 8.02a.- Prueba Electromagnetismo PRE–TEST (sección B) curso 2010–11

PRE – TEST

SECCIÓN B
GRADO EN INGENIERÍA DE OBRAS PÚBLICAS

CÓDIGO DE GRUPO:

TEST de ELECTROMAGNETISMO (marcar con una **X** la respuesta correcta):

01.- ¿Qué expresa la ley de OHM? ...

- ... la dependencia entre la Potencia , la Intensidad y el Voltaje.
- ... la relación en la Resistencia y la Intensidad.
- ... la dependencia entre la Intensidad , la Resistencia y el Voltaje suministrado.

02.- ¿Qué entiendes por "Reóstato"? ...

- ... es una Bobina cilíndrica.
- ... es una Resistencia cilíndrica.
- ... es un Condensador cilíndrico.

03.- En un circuito que se divide en dos ramales paralelos después de la fuente de alimentación ...

- ... la carga eléctrica siempre se reparte por los dos ramales por igual y la suma de los valores coincide con la de la fuente de alimentación.
- ... el voltaje puede ser distinto en cada ramal dependiendo que elementos eléctricos halla en cada uno de ellos.
- ... la intensidad se divide entre los dos ramales y la suma de los valores coincide con la de la salida de la fuente de alimentación.

04.- La intensidad de corriente eléctrica ...

- ... es una medida del flujo de cargas por unidad de sección del medio conductor.
- ... se considera su sentido el de avance de los electrones en el medio conductor..
- ... tiene el mismo sentido que el campo eléctrico existente dentro del medio conductor.

05.- Una fuente de alimentación ...

- ... es un aparato electrónico que permite mantener entre los extremos del mismo una diferencia de potencial determinado.
- ... es un aparato electrónico que permite mantener entre los extremos del mismo una intensidad determinada.
- ... es un aparato electrónico que permite mantener entre los extremos del mismo una resistencia determinada para todo el circuito constante.

Anexo 8.02b.- Prueba Vibraciones PRE–TEST (sección B) curso 2010–11

PRE – TEST

SECCIÓN B
GRADO EN INGENIERÍA DE OBRAS PÚBLICAS

CÓDIGO DE GRUPO:

TEST de VIBRACIONES (marcar con una **X** la respuesta correcta):

06.- El movimiento oscilatorio simple implica...

- ... la existencia de una masa oscilante en un resorte.
- ... la existencia de un resorte oscilante.
- ... la existencia de la fuerza de HOOKE recuperadora.

07.- La relación entre los distintos parámetros de las ondas armónicas ...

- ... la velocidad de propagación es la relación entre el número de onda y la frecuencia.
- ... la velocidad de propagación es el producto entre la frecuencia y la longitud de onda.
- ... la velocidad de propagación es la relación entre el periodo y la longitud de onda.

08.- Interferencia se puede definir como ...

- ... superposición o coincidencia espacio - temporal de varias ondas.
- ... efecto producido por la condición límite entre medios de propagación de ondas.
- ... reacción de una onda al encontrarse con un obstáculo de dimensiones semejantes a su longitud de onda.

09.- Para determinar la constante de HOOKE de un resorte ...

- ... existen dos métodos de cálculo: estático y dinámico.
- ... se puede determinar en la relación: peso colgado frente al alargamiento producido.
- ... existen dos métodos de cálculo: cinemático y dinámico.

10.- Respecto al número de oscilaciones sufridas por un resorte ...

- ... cuanta más masa, más período en las oscilaciones.
- ... es independiente del período de las oscilaciones de la masa colgada.
- ... cuanta más masa, menos período en las oscilaciones.

Anexo 8.03a.- Prueba Electromagnetismo POST–TEST (sección A) curso 2010–11

POST – TEST

SECCIÓN A
GRADO EN TECNOLOGÍA DE LA INGENIERÍA CIVIL

CÓDIGO DE GRUPO:

TEST de ELECTROMAGNETISMO (marcar con una **X** la respuesta correcta):

01.- ¿Qué expresa la ley de OHM? ...

- ... la dependencia entre la Potencia , la Intensidad y el Voltaje.
- ... la relación en la Resistencia y la Intensidad.
- ... la dependenda entre la Intensidad , la Resistencia y el Voltaje suministrado.

02.- La asociación de resistencias en serie en circuito implica ...

- ... la resistencia equivalente como suma de las inversas de resistencias individuales.
- ... la resistencia equivalente como suma de las resistencias individuales.
- ... la resistencia equivalente se anula.

03.- La Fuerza de LORENTZ ...

- ... es debida a la aceleración de una partícula cargada en una zona cualquiera del espacio.
- ... es debida al movimiento de una partícula cargada en el seno de un campo E.
- ... es debida al movimiento de una partícula cargada en el seno de un campo B.

04.- La intensidad de corriente eléctrica ...

- ... es una medida del flujo de cargas por unidad de sección del medio conductor.
- ... se considera su sentido el de avance de los electrones en el medio conductor..
- ... se mide en Coulomb.

05.- La ley de BIOT - SAVART ...

- ... muestra como calcular el valor del campo B debido a una cierta intensidad de carga.
- ... muestra como calcular el valor del campo E debido a una cierta intensidad de carga.
- ... muestra como calcular el valor de la fuerza magnética debido a una cierta intensidad de carga dentro de un campo B .

Anexo 8.03b.- Prueba Vibraciones POST–TEST (sección A) curso 2010–11

POST – TEST

SECCIÓN A
GRADO EN TECNOLOGÍA DE LA INGENIERÍA CIVIL

CÓDIGO DE GRUPO:

TEST de VIBRACIONES (marcar con una **X** la respuesta correcta):

06.- La velocidad de propagación de un onda...

- ... es siempre constante para ondas mecánicas.
- ... no depende de la fase en la que está el medio (sólido – líquido - gas).
- ... depende de las condiciones "elásticas" del medio.

07.- Respecto a las ondas estacionarias ...

- ... se llaman antinodos los puntos en los que la onda es siempre nula.
- ... se llaman nodos los puntos en los que la onda es siempre nula.
- ... se llaman vientre los puntos en los que la onda es siempre nula.

08.- Interferencia se puede definir como ...

- ... superposición o coincidencia espacio - temporal de varias ondas.
- ... efecto producido por la condición límite entre medios de propagación de ondas.
- ... reacción de una onda al encontrarse con un obstáculo de dimensiones semejantes a su longitud de onda.

09.- Para determinar la constante de HOOKE de un resorte ...

- ... existen dos métodos de cálculo: estático y dinámico.
- ... no existe procedimiento experimental para determinarla.
- ... existen tres métodos de cálculo: cinemático, estático y dinámico.

10.- Respecto a la clasificación de las ondas ...

- ... las ondas mecánicas son siempre transversales.
- ... las ondas electromagnéticas son siempre transversales.
- ... el sonido es un ejemplo de onda transversal.

Anexo 8.04a.- Prueba Electromagnetismo POST–TEST (sección B) curso 2010–11

POST – TEST

SECCIÓN B
GRADO EN INGENIERÍA DE OBRAS PÚBLICAS

CÓDIGO DE GRUPO:

TEST de ELECTROMAGNETISMO (marcar con una **X** la respuesta correcta):

01.- ¿Qué expresa la ley de OHM? ...

- ... la dependencia entre la Potencia , la Intensidad y el Voltaje.
- ... la relación en la Resistencia y la Intensidad.
- ... la dependencia entre la Intensidad , la Resistencia y el Voltaje suministrado.

02.- La asociación de resistencias en serie en circuito implica ...

- ... la resistencia equivalente como suma de las inversas de resistencias individuales.
- ... la resistencia equivalente como suma de las resistencias individuales.
- ... la resistencia equivalente se anula.

03.- La Fuerza de LORENTZ ...

- ... es debida a la aceleración de una partícula cargada en una zona cualquiera del espacio.
- ... es debida al movimiento de una partícula cargada en el seno de un campo E.
- ... es debida al movimiento de una partícula cargada en el seno de un campo B.

04.- La intensidad de corriente eléctrica ...

- ... es una medida del flujo de cargas por unidad de sección del medio conductor.
- ... se considera su sentido el de avance de los electrones en el medio conductor.
- ... se mide en Coulomb.

05.- La ley de BIOT - SAVART ...

- ... muestra como calcular el valor del campo B debido a una cierta intensidad de carga.
- ... muestra como calcular el valor del campo E debido a una cierta intensidad de carga.
- ... muestra como calcular el valor de la fuerza magnética debido a una cierta intensidad de carga dentro de un campo B .

Anexo 8.04b.- Prueba Vibraciones POST–TEST (sección B) curso 2010–11

POST – TEST

SECCIÓN B
GRADO EN INGENIERÍA DE OBRAS PÚBLICAS

CÓDIGO DE GRUPO:

TEST de VIBRACIONES (marcar con una **X** la respuesta correcta):

06.- La velocidad de propagación de un onda...

- ... es siempre constante para ondas mecánicas.
- ... no depende de la fase en la que está el medio (sólido – líquido – gas).
- ... depende de las condiciones "elásticas" del medio.

07.- Respecto a las ondas estacionarias ...

- ... se llaman antinodos los puntos en los que la onda es siempre nula.
- ... se llaman nodos los puntos en los que la onda es siempre nula.
- ... se llaman vientre los puntos en los que la onda es siempre nula.

08.- Interferencia se puede definir como ...

- ... superposición o coincidencia espacio - temporal de varias ondas.
- ... efecto producido por la condición límite entre medios de propagación de ondas.
- ... reacción de una onda al encontrarse con un obstáculo de dimensiones semejantes a su longitud de onda.

09.- Para determinar la constante de HOOKE de un resorte ...

- ... existen dos métodos de cálculo: estático y dinámico.
- ... no existe procedimiento experimental para determinarla.
- ... existen tres métodos de cálculo: cinemático, estático y dinámico.

10.- Respecto a la clasificación de las ondas ...

- ... las ondas mecánicas son siempre transversales.
- ... las ondas electromagnéticas son siempre transversales.
- ... el sonido es un ejemplo de onda transversal.

Anexo 8.05a.- Prueba calificable "PV PLANO" diseñada en MODDLE, curso 2011-12


Previsualizar PV PLANO

[Comezar novamente](#)

Os/as estudantes verán este cuestionario nunha xanela segura

Nota: Este cuestionario non está dispoñible neste momento para os seus alumnos e alumnas


Páxina: 1 2

1  Un obxecto que se situa, a velocidade cero, nun plano descenderá _____ segundo o valor do ángulo de inclinación do propio plano respecto da horizontal.
Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. con máis ou menos peso
- b. con máis ou menos aceleración
- c. máis ou menos distancia


[Enviar](#)

2  No caso de que exista rozamento no exemplo anterior, o coeficiente _____ limitará o ángulo mínimo para o cal o móbil descenderá polo plano. Para valores menores o móbil non descenderá polo mesmo.
Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. dinámico
- b. estático
- c. estático e dinámico


[Enviar](#)

3  Supóñase un plano de 81 m con 30° respecto da horizontal e no extremo do mesmo colócase un móbil. Calcular a velocidade cando as rodas dianteiras, sen rozamento, chegan ao fin do plano:
Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. 26.5 m/s
- b. 5.60 m/s
- c. 4.9 m/s
- d. 74.1 m/s


[Enviar](#)

4  Neste caso, o plano ten 109 m con 50° respecto da horizontal e no punto intermedio do mesmo colócase un móbil. Calcular o tempo que tarda o móbil en chegar ao fin do plano:
Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. Entre 27.0 s e 28.0 s.
- b. Entre 3.7 e 3.9 s.
- c. Entre 53.5 s e 55.5 s.
- d. Entre 3.0 s e 3.5 s.

[Enviar](#)

5  Que parámetro mantense constante no movemento de descenso dun móbil, sen rozamento, en distintos puntos dun plano inclinado respecto da horizontal?
Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. A velocidade.
- b. A aceleración.
- c. A lonxitude percorrida.

[Enviar](#)

[Gardar sen enviar](#) [Enviar páxina](#) [Enviar todo e terminar](#)

Anexo 8.05b.- Prueba calificable "PV PLANO" diseñada en MODDLE, curso 2011–12

Previsualizar PV PLANO

[Comezar novamente](#)

Os/as estudantes verán este cuestionario nunha xanela segura

Nota: Este cuestionario non está dispoñible neste momento para os seus alumnos e alumnas

Páxina: 1 2

6 ✎ Supóñase un plano de 122 m con 55° respecto da horizontal e no extremo do mesmo colócase un móbil. Calcular a velocidade cando as rodas dianteiras chegan ao fin do plano se existe rozamento entre as rodas (caucho) e o plano húmido (formigón):
Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. 38.3 m/s
- b. 6.0 m/s
- c. 115.0 m/s
- d. 6.6 m/s

[Enviar](#)

7 ✎ No móbil do caso anterior substitúense as rodas por uns esquis e o plano esta cheo de neve. Determinar a aceleración e tempo do móbil no final da rampa para 20° de inclinación e 75 m de lonxitude:
Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. 2.9 m/s² e 7.75 s
- b. 2.9 m/s² e 6.95 s
- c. 19.4 m/s² e 7.75 s
- d. 19.4 m/s² e 6.95 s

[Enviar](#)

8 ✎ Atopar o valor aproximado de inclinación para o cal un móbil, sen velocidade inicial, con rodas de madeira sobre unha lona de coiro, queda en equilibrio sen desplazarse.
Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. Descende para calquer ángulo.
- b. Aproximadamente 16.6° .
- c. Aproximadamente 36.6° .
- d. Aproximadamente 26.6° .

[Enviar](#)

9 ✎ Estudar para que materiais en xogo (roda vs. plano), un móbil sen velocidade inicial non descendería por un plano de inclinación entre $[40^\circ, 45^\circ]$ respecto da horizontal
Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. Encerado sobre neve.
- b. Caucho sobre madeira.
- c. Caucho sobre formigón seco.
- d. Madeira sobre madeira.
- e. Caucho sobre formigón húmido.
- f. Madeira sobre coiro.

[Enviar](#)

10 ✎ Un coche sitúase no punto intermedio dunha rampa de formigón de 47° sen velocidade inicial o feito de que o chan estea _____ fai que a aceleración que toma o coche sexa maior e, polo tanto, tarda menos en chegar ao final da rampa. Comprobar os valores da aceleración na simulación.
Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. seco
- b. húmido

[Enviar](#)

[Gardar sen enviar](#) [Enviar páxina](#) [Enviar todo e terminar](#)

Anexo 8.06a.- Prueba calificable "PV LORENTZ" diseñada en MODDLE, curso 2011–12


Previsualizar PV LORENTZ

[Comezar novamente](#)

Os/as estudantes verán este cuestionario nunha xanela segura

Nota: Este cuestionario non está dispoñible neste momento para os seus alumnos e alumnas

Páxina: 1 2


1  Unha partícula con masa (m) e cargada (q) que se mueve, con velocidade v , no seno dun campo magnético B sofre o efecto dunha forza de tipo newtoniano que é proporcional a...

Notas: --/1

Escolle unha resposta.

- a. $m v B$
- b. $q m B$
- c. $B v q$
- d. $v m q$

[Enviar](#)


2  A forza no caso anterior calcúlase como _____ dos valores referidos na resposta anterior.

Notas: --/1

Escolle unha resposta.

- a. produto escalar
- b. suma escalar
- c. produto vectorial
- d. suma vectorial

[Enviar](#)


3  Debido as forzas resultantes, o movemento que sofre a partícula cargada referida no seno dun campo magnético uniforme, sen considerar efectos gravitatorios, nunca poderá ser un _____

Notas: --/1

Escolle unha resposta.

- a. Movemento Elíptico.
- b. Movemento Helicoidal.
- c. Movemento Rectilíneo.
- d. Movemento Circular.

[Enviar](#)


4  Se a velocidade inicial da partícula cargada forma un ángulo diferente a 0° , 90° , 180° co campo magnético B , esta moverase segundo un _____ de radio determinado polo valor da Forza de LORENTZ .

Notas: --/1

Escolle unha resposta.

- a. Movemento Helicoidal Uniforme (MHU)
- b. Movemento Rectilíneo Uniforme (MRU)
- c. Movemento Elíptico Uniforme (MEU)
- d. Movemento Circular Uniforme (MCU)

[Enviar](#)

5  Se a velocidade inicial da partícula cargada forma un ángulo de 0° , 180° co campo magnético B , esta moverase segundo un _____ de radio determinado polo valor da Forza de LORENTZ.

Notas: --/1

Escolle unha resposta.

- a. Movemento Helicoidal Uniforme (MHU)
- b. Movemento Elíptico Uniforme (MEU)
- c. Movemento Circular Uniforme (MCU)
- d. Movemento Rectilíneo Uniforme (MRU)

[Enviar](#)

[Gardar sen enviar](#) [Enviar páxina](#) [Enviar todo e terminar](#)

Anexo 8.06b.- Prueba calificable "PV LORENTZ" diseñada en MODDLE, curso 2011–12


Previsualizar PV LORENTZ

[Comezar novamente](#)

Os/as estudantes verán este cuestionario nunha xanela segura

Nota: Este cuestionario non está dispoñible neste momento para os seus alumnos e alumnas

Páxina: 1 2


6  Se a velocidade inicial da partícula cargada forma un ángulo de 90° co campo magnético B, esta moverase segundo un _____ de radio determinado polo valor da Forza de LORENTZ .

Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. Movemento Helicoidal Uniforme (MHU)
- b. Movemento Circular Uniforme (MCU)
- c. Movemento Rectilíneo Uniforme (MRU)
- d. Movemento Elíptico Uniforme (MEU)

[Enviar](#)


7  Cal das seguintes accións non consegue que a partícula cargada cambie de sentido no movemento de xiro?

Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. Cambiar a polaridade da imán.
- b. Cambiar o sentido da velocidade da partícula.
- c. Cambiar o sentido da carga.
- d. Cambiando o valor da masa.

[Enviar](#)


8  Axudándose das formulas teóricas calcular o valor do radio de curvatura do movemento da partícula de 3 g e 0.8 C no seno do campo magnético de 10 mT en función da velocidade inicial

Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. $0.475v$
- b. $0.575v$
- c. $0.675v$
- d. $0.375v$

[Enviar](#)


9  No movemento da partícula cargada (m,q) no seno dun certo campo magnético B invertido e que forme un ángulo inicial co campo B, a posición final da mesma no caso dos valores ($B = 5 \text{ mT}$, $m = 10 \text{ g}$, $q = 2 \text{ C}$, $\text{ang} = 60^\circ\text{C}$) será _____ da posición inicial da partícula.

Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. no polo S á dereita ($x > 0$)
- b. no polo S á esquerda ($x < 0$)
- c. no polo N á esquerda ($x < 0$)
- d. no polo N á dereita ($x > 0$)

[Enviar](#)

10  No movemento da partícula cargada (m,q) no seno dun certo campo magnético B que forme un ángulo inicial co campo B, a posición final da mesma no caso dos valores ($B = 20 \text{ mT}$, $m = 2 \text{ g}$, $q = 0.5 \text{ C}$, $\text{ang} = 135^\circ\text{C}$) será:

Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. Fora do imán na cara y_0 .
- b. Fora do imán na cara y_{max} .
- c. Fora do imán na cara x_{min} .
- d. Fora do imán na cara x_{max} .

[Enviar](#)

[Gardar sen enviar](#) [Enviar páxina](#) [Enviar todo e terminar](#)

Anexo 8.07a.- Prueba calificable "PV ROTACIÓN" diseñada en MODDLE, curso 2011–12

Previsualizar PV ROTACION

[Comenzar novamente](#)

Os/as estudantes verán este cuestionario nunha xanela segura

Nota: Este cuestionario non está dispoñible neste momento para os seus alumnos e alumnas

Páxina: 1 2

1  O estudo da rotación dun fluído no seu recipiente implica unha serie de condicións como son: non movemento relativo entre fluído e recipiente, libre de tensións _____ e aceleración constante.

Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. oblicuas
- b. normais
- c. cortantes
- d. perpendiculares

[Enviar](#)

2  Que forma adopta a superficie libre dun fluído nun recipiente cilíndrico cando este rota segundo o seu eixo de simetría?

Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. Paraboloides
- b. Semiesfera
- c. Hiperboloides

[Enviar](#)

3  Se o vértice da superficie libre do fluído en rotación ten altura (z) _____ pódese observar o fondo do recipiente.

Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. nula
- b. calquera
- c. positiva
- d. negativa

[Enviar](#)


4  O valor da altura do vértice da superficie libre do fluído en rotación depende do valor...

Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. da densidade do fluído
- b. da velocidade angular
- c. do radio do recipiente contenedor
- d. da tensión superficial do fluído

[Enviar](#)

5  Nun recipiente cilíndrico de altura 1,0 m e radio 0,3 m introdúcese un certo fluído que ocupa 0,85 m de altura no mesmo. Se a velocidade coa que rota o recipiente é de 4 rad·s⁻¹. Que altura terá o vértice da superficie libre do fluído rotado?

Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. 0 m e o fluído non sae do recipiente.
- b. +0,71 m e o fluído sae fora do recipiente.
- c. +0,81 m e o fluído non sae do recipiente.
- d. -0,81 m e o fluído non sae do recipiente.
- e. -0,71 m e o fluído sae fora do recipiente.

[Enviar](#)

[Gardar sen enviar](#) [Enviar páxina](#) [Enviar todo e terminar](#)

Anexo 8.07b.- Prueba calificable "PV ROTACIÓN" diseñada en MODDLE, curso 2011–12

Previsualizar PV ROTACION

[Comenzar novamente](#)

Os/as estudantes verán este cuestionario nunha xanela segura

Nota: Este cuestionario non está dispoñible neste momento para os seus alumnos e alumnas

Páxina: 1 2

6  Notas: --/1

No caso de que a altura fose 1.0 m, radio 0.8 m, o fluído ocupase 0.85 m de altura no mesmo, e a velocidade de rotación fose de 4 rad·s⁻¹. Que altura terá o vértice da superficie libre do fluído rotado, neste caso?

Escolla unha resposta.

- a. -0.71 m e o fluído non sae do recipiente.
- b. -0.81 m e o fluído sae fora do recipiente.
- c. +0.59 m e o fluído sae fora do recipiente.
- d. +0.65 m e o fluído non sae do recipiente.
- e. 0 m e o fluído sae do recipiente.

[Enviar](#)

7  Notas: --/1

Nun recipiente similar ao anterior con altura 1.0 m e radio 0.75 m, o fluído ocupa 30% de altura no mesmo, e a velocidade de rotación é de 6 rad·s⁻¹. Que altura terá o vértice da superficie libre do fluído rotado, neste caso?

Escolla unha resposta.

- a. -0.31 m e o fluído sae fora do recipiente.
- b. 0.31 m e o fluído non sae do recipiente.
- c. -0.21 m e o fluído non sae do recipiente.
- d. +0.21 m e o fluído sae fora do recipiente.
- e. 0 m e o fluído non sae do recipiente.

[Enviar](#)

8  Notas: --/1

No caso de que a altura e radio fosen os mesmos pero o fluído ocupase 60% de altura no mesmo, sendo a velocidade de rotación a mesma. Que altura terá o vértice da superficie libre do fluído rotado, neste caso?

Escolla unha resposta.

- a. -0.14 m e o fluído non sae do recipiente.
- b. 0 m e o fluído sae do recipiente.
- c. +0.14 m e o fluído sae fora do recipiente.
- d. -0.08 m e o fluído non sae do recipiente.
- e. +0.08 m e o fluído sae fora do recipiente.

[Enviar](#)

9  Notas: --/1

Se agora o radio do recipiente é a metade que a altura, o fluído ocupa 0.41 m de altura no mesmo, e ademais a velocidade de rotación é de 8 rad·s⁻¹. Que altura terá o vértice da superficie libre do fluído rotado, neste caso?

Escolla unha resposta.

- a. 0 m e o fluído non sae do recipiente.
- b. -0.30 m e o fluído non sae do recipiente.
- c. +0.30 m e o fluído non sae do recipiente.
- d. +0.10 m e o fluído sae fora do recipiente.
- e. -0.10 m e o fluído sae fora do recipiente.

[Enviar](#)

10  Notas: --/1

Conservando o valor do radio e a altura do fluído pero nunha rotación de 10 rad·s⁻¹. Que altura terá o vértice da superficie libre do fluído rotado, neste caso?

Escolla unha resposta.

- a. +0.22 m e o fluído non sae do recipiente.
- b. -0.22 m e o fluído non sae do recipiente.
- c. 0 m e o fluído sae do recipiente.
- d. +0.11 m e o fluído sae fora do recipiente.
- e. -0.11 m e o fluído sae fora do recipiente.

[Enviar](#)

[Gardar sen enviar](#) [Enviar páxina](#) [Enviar todo e terminar](#)

Anexo 8.08a.- Prueba calificable "PV CARNOT" diseñada en MODDLE, curso 2011–12


Previsualizar PV CARNOT

[Comezar novamente](#)

Os/as estudantes verán este cuestionario nunha xanela segura

Nota: Este cuestionario non está dispoñible neste momento para os seus alumnos e alumnas

Páxina: 1 2


1  Un ciclo ideal de CARNOT componse de 4 procesos do gas perfecto:

Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. isóbara 1, adiabática 1, isóbara 2, adiabática 2.
- b. isoterma 1, isocora 1, isoterma 2, isocora 2.
- c. isocora 1, adiabática 1, isocora 2, adiabática 2.
- d. isoterma 1, adiabática 1, isoterma 2, adiabática 2.

[Enviar](#)


2  O valor do "coeficiente adiabático" caracteriza os procesos adiabáticos e non coincide

Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. coa pendente da recta p-V do proceso, en escala logarítmica.
- b. coa relación entre os calores específicos do gas a p e V constantes.
- c. coa relación entre o traballo e o calor do proceso.
- d. coa relación entre a enerxía interna e a entalpía do proceso.

[Enviar](#)


3  O rendemento dunha máquina cíclica que traballe entre dous focos a distinta temperatura segundo un ciclo de CARNOT só depende _____ do gas.

Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. do volume mínimo
- b. do volume máximo
- c. das temperaturas (máxima e mínima) de traballo
- d. do coeficiente adiabático

[Enviar](#)


4  O rendemento dunha máquina cíclica que traballe entre dous focos a distinta temperatura segundo un ciclo de CARNOT é _____ posible.

Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. o máximo
- b. o mínimo

[Enviar](#)

5  Depende a velocidade do motor de catro tempos cos valores que toma o ciclo teórico de CARNOT que forma os estados do gas?

Notas: --/1

Escolla unha resposta.

- a. Non.
- b. Si, excepto o rendemento.
- c. Si.
- d. Non, só o rendemento.

[Enviar](#)

[Gardar sen enviar](#) [Enviar páxina](#) [Enviar todo e terminar](#)

Anexo 8.08b.- Prueba calificable "PV CARNOT" diseñada en MODDLE, curso 2011–12

Previsualizar PV CARNOT

[Comenzar novamente](#)

Os/as estudantes verán este cuestionario nunha xanela segura

Nota: Este cuestionario non está dispoñible neste momento para os seus alumnos e alumnas

Páxina: 1 2

6 <small>κ</small> Notas: --/1	A área que forma un ciclo de CARNOT que funciona entre dous valores límites de volumen e temperatura coincide _____ do propio ciclo.
Escolla unha resposta.	<input type="radio"/> a. co calor neto <input type="radio"/> b. co traballo e o calor do ciclo <input type="radio"/> c. coa variación da enerxía <input type="radio"/> d. co traballo total
	Enviar
7 <small>κ</small> Notas: --/1	Calcular o rendemento teórico dun motor ideal que traballa entre dúas temperaturas determinadas ($T_1=20^\circ\text{C}$ e $T_2=200^\circ\text{C}$), no caso dun gas de volumen mínimo 5 L e máximo 15 L que complete un ciclo de CARNOT.
Escolla unha resposta.	<input type="radio"/> a. 40.6% <input type="radio"/> b. 25.3% <input type="radio"/> c. 0% <input type="radio"/> d. 122.1%
	Enviar
8 <small>κ</small> Notas: --/1	Identificar nun motor teórico os valores de presión que teñen lugar no ciclo de CARNOT xerado dos seguintes datos de volumen, temperatura e coeficientes adiabático do gas introducido no pistón do motor ($V_A = 10\text{ L}$, $V_C = 4\text{ L}$, $T_A = 303\text{ K}$, $T_C = 503\text{ K}$, $\gamma = 1.8$):
Escolla unha resposta.	<input type="radio"/> a. $p_A_{2.4\text{ atm}}$, $p_B_{4.5\text{ atm}}$, $p_C_{8.1\text{ atm}}$, $p_D_{4.3\text{ atm}}$ <input type="radio"/> b. $p_A_{2.5\text{ atm}}$, $p_B_{3.3\text{ atm}}$, $p_C_{10.3\text{ atm}}$, $p_D_{7.8\text{ atm}}$ <input type="radio"/> c. $p_A_{2.4\text{ atm}}$, $p_B_{3.6\text{ atm}}$, $p_C_{10.1\text{ atm}}$, $p_D_{6.8\text{ atm}}$ <input type="radio"/> d. $p_A_{2.5\text{ atm}}$, $p_B_{3.7\text{ atm}}$, $p_C_{10.3\text{ atm}}$, $p_D_{6.9\text{ atm}}$
	Enviar
9 <small>κ</small> Notas: --/1	Se analizamos o ciclo de CARNOT dun motor teórico para volumes máximos entornando aos 5 litros e mínimos menores que 1 litro:
Escolla unha resposta.	<input type="radio"/> a. O valor do coeficiente adiabático cambia sustancialmente a "forma" do ciclo. <input type="radio"/> b. O valor da temperatura "fría" cambia sustancialmente a "forma" do ciclo. <input type="radio"/> c. A adiabática de compresión aseméllase a unha isocora. <input type="radio"/> d. A adiabática de expansión aseméllase a unha isocora.
	Enviar
10 <small>κ</small> Notas: --/1	Se analizamos o ciclo de CARNOT dun motor teórico para volumes iniciais entornando aos 20 litros e variación máxima de volume de 4 - 5 litros:
Escolla unha resposta.	<input type="radio"/> a. Non é posible atopar valores que formen o ciclo teórico. <input type="radio"/> b. O valor do coeficiente adiabático cambia sustancialmente a "forma" do ciclo. <input type="radio"/> c. Non é sinxelo identificar os procesos en cada movemento do motor. <input type="radio"/> d. O valor da temperatura "fría" cambia sustancialmente a "forma" do ciclo.
	Enviar

[Guardar sen enviar](#) [Enviar páxina](#) [Enviar todo e terminar](#)

PV PLANO - avaliación

Avaliación das Prácticas Virtuais (PV) de "Física" e "Ampliación de Física" do Grao en IOP do curso 2011-12.
Este TEST ten fins estatísticos que servirán para a mellora das PV en cursos venideros.

***Obligatorio**

En que grupo de teoría estás? (1 / 2) *

Grupo 1 (prof. Simón F Garrido) Grupo 2 (prof. Carmen García)

Avalía a dificultade da utilización da SIMULACIÓN... *

1 2 3 4 5

moi difícil ● ● ● ● ● moi fácil

Avalía a dificultade do CUESTIONARIO (moodle)... *

1 2 3 4 5

moi difícil ● ● ● ● ● moi fácil

Avalía a medida no que a simulación axudoute a comprender mellor o plano inclinado... *

1 2 3 4 5

nada ● ● ● ● ● moito

Que nota global lle porías á SIMULACIÓN... *

3 considérase "aprobado"

1 2 3 4 5

moi mala ● ● ● ● ● moi boa

Podes facer algún comentario sobre a PV (simulación / TEST) a continuación...
incidencias, dúbidas, erros, etc.

© Con la tecnología de [Google Docs](#).

Anexo 8.10.- Test "PV LORENTZ – evaluación" con *GoogleDocs*, curso 2011–12

PV LORENTZ - avaliación

Avaliación das Prácticas Virtuais (PV) de "Física" e "Ampliación de Física" do Grao en IOP do curso 2011-12.
Este TEST ten fins estatísticos que servirán para a mellora das PV en cursos venideros.

***Obligatorio**

En que grupo de teoría estás? (1 / 2) *
Grupo 1 (prof. Simón F Garrido) Grupo 2 (prof. Carmen García)

Avalía a dificultade da utilización da SIMULACIÓN... *

1 2 3 4 5

moi difícil ● ● ● ● ● moi fácil

Avalía a dificultade do CUESTIONARIO (moodle)... *

1 2 3 4 5

moi difícil ● ● ● ● ● moi fácil

Avalía a medida no que a simulación axudoute a comprender mellor o efecto producido pola forza de LORENTZ nunha carga móbil... *

1 2 3 4 5

nada ● ● ● ● ● moito

Que nota global lle porías á SIMULACIÓN... *
3 considérase "aprobado"

1 2 3 4 5

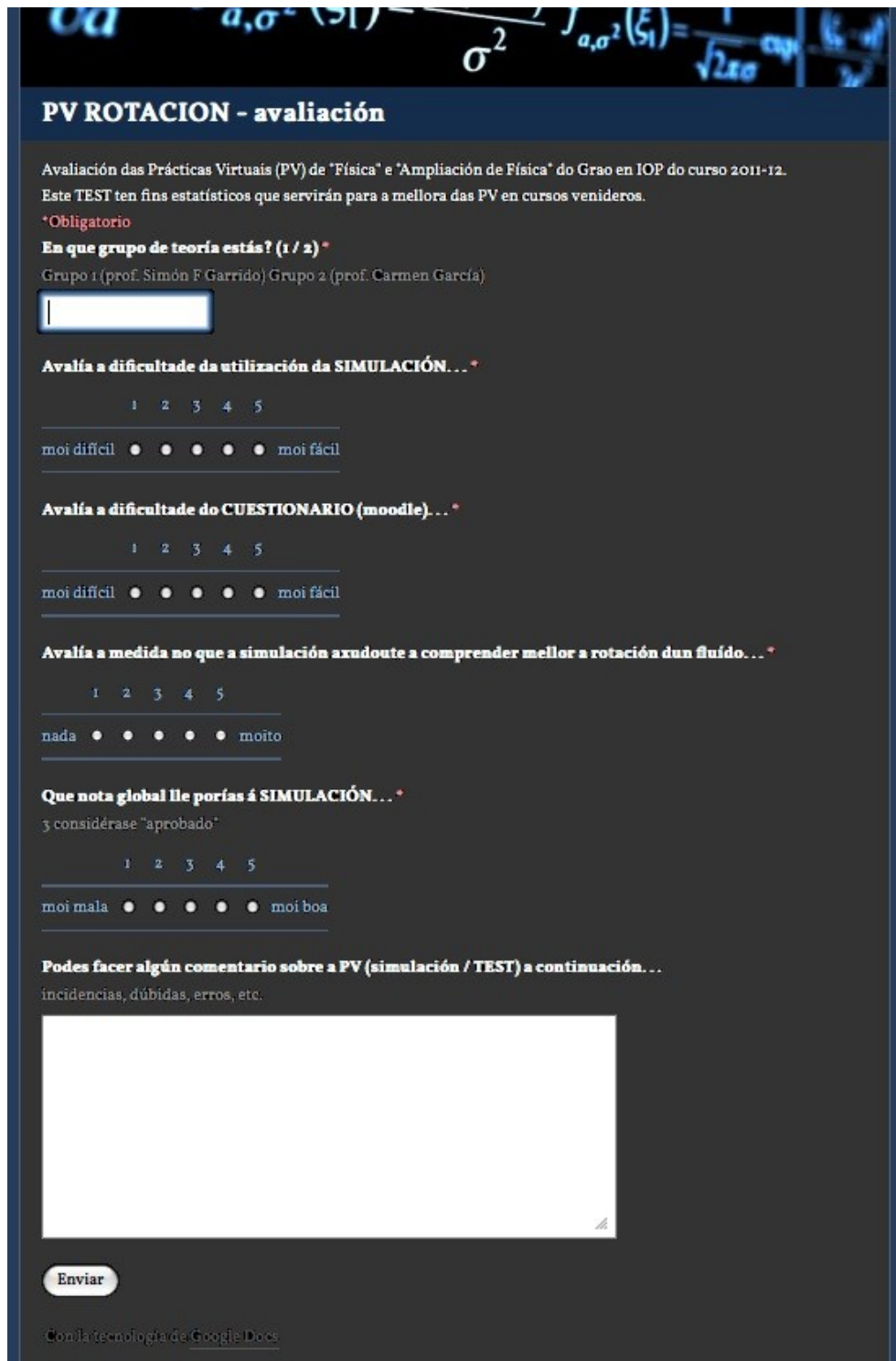
moi mala ● ● ● ● ● moi boa

Podes facer algún comentario sobre a PV (simulación / TEST) a continuación... *
incidencias, dúbidas, erros, etc.

Enviar

Con la tecnología de [Google Docs](#)

Anexo 8.11.- Test "PV ROTACIÓN – evaluación" con *GoogleDocs*, curso 2011–12



PV ROTACION - avaliación

Avaliación das Prácticas Virtuais (PV) de "Física" e "Ampliación de Física" do Grao en IOP do curso 2011-12.
Este TEST ten fins estatísticos que servirán para a mellora das PV en cursos venideros.

***Obligatorio**

En que grupo de teoría estás? (1 / 2) *
Grupo 1 (prof. Simón F Garrido) Grupo 2 (prof. Carmen García)

Avalía a dificultade da utilización da SIMULACIÓN... *

1 2 3 4 5

moi difícil ● ● ● ● ● moi fácil

Avalía a dificultade do CUESTIONARIO (moodle)... *

1 2 3 4 5

moi difícil ● ● ● ● ● moi fácil

Avalía a medida no que a simulación axudoute a comprender mellor a rotación dun fluído... *

1 2 3 4 5

nada ● ● ● ● ● moito

Que nota global lle porías á SIMULACIÓN... *
3 considérase "aprobado"

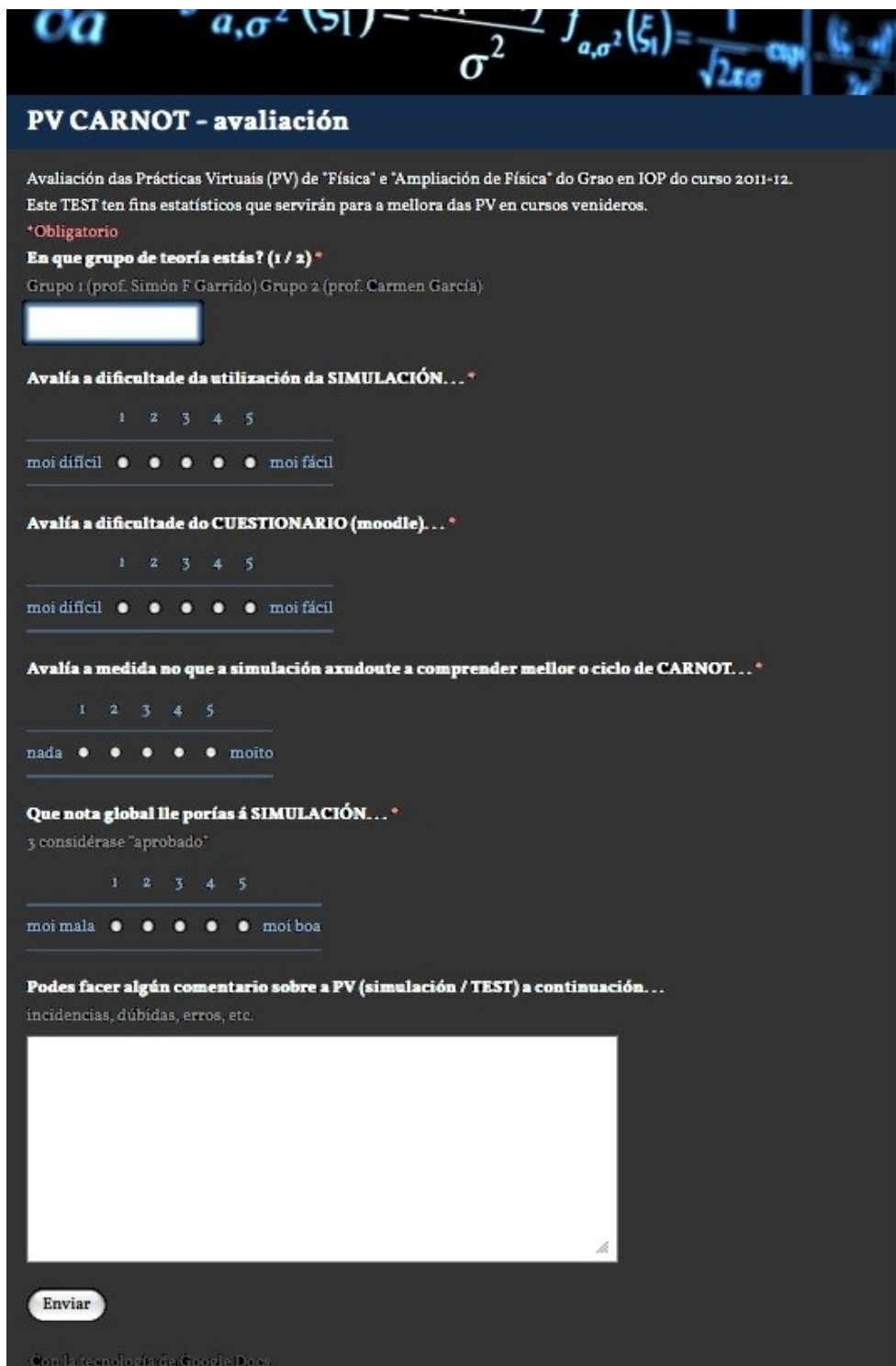
1 2 3 4 5

moi mala ● ● ● ● ● moi boa

Podes facer algún comentario sobre a PV (simulación / TEST) a continuación... *
incidencias, dúbidas, erros, etc.

Enviar

Con la tecnología de [Google Docs](#)



PV CARNOT - avaliación

Avaliación das Prácticas Virtuais (PV) de "Física" e "Ampliación de Física" do Grao en IOP do curso 2011-12.
Este TEST ten fins estatísticos que servirán para a mellora das PV en cursos venideros.
***Obligatorio**

En que grupo de teoría estás? (1 / 2) *
Grupo 1 (prof. Simón F Garrido) Grupo 2 (prof. Carmen García)

Avalía a dificultade da utilización da SIMULACIÓN... *

1 2 3 4 5

moi difícil ● ● ● ● ● moi fácil

Avalía a dificultade do CUESTIONARIO (moodle)... *

1 2 3 4 5

moi difícil ● ● ● ● ● moi fácil

Avalía a medida no que a simulación axudoute a comprender mellor o ciclo de CARNOT... *

1 2 3 4 5

nada ● ● ● ● ● moito

Que nota global lle porías á SIMULACIÓN... *
3 considérase "aprobado"

1 2 3 4 5

moi mala ● ● ● ● ● moi boa

Podes facer algún comentario sobre a PV (simulación / TEST) a continuación...
incidencias, dúbidas, erros, etc.

© Con esta tecnoloxía de Google Docs.

